

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**KRONİK BEL AĞRILI HASTALARDA GÜVENLİ
TRANSFORAMİNAL EPİDURAL ENJEKSİYON İÇİN,
KADAVRA ÜZERİNDE L₁-S₁ SEVİYELERİNDE GÜVENLİ
ÜÇGEN ARALIĞINA YERLEŞTİRİLEN SPİNAL İĞNENİN
KOMPLİKASYON OLUŞTURABİLECEK YAPILARA
UZAKLIKLARININ ÖLÇÜLMESİ**

Dr. Emine Aysu ŞALVIZ

**ANESTEZİYOLOJİ ve REANİMASYON ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

DANIŞMAN

Doç. Dr. İbrahim AŞIK

ANKARA

2009

ÖNSÖZ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji Reanimasyon ve Algoloji Anabilim Dalı'ndaki eğitimim süresince bana yol gösteren, bilgi ve deneyimleriyle eğitimime ışık tutan, güvenini ve desteğini esirgemeyen Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı başkanı sayın Prof. Dr. Filiz Tüzüner şahsında tüm öğretim üyelerine, tez çalışmam esnasında bana büyük desteği olan ve yol gösteren tez hocam sayın Doç. Dr. İbrahim Aşık'a, tez yapım ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Uzm. Dr. Ali Abbas Yılmaz'a, Anatomi Anabilim Dalı başkanı sayın Prof. Dr. İbrahim Tekdemir şahsında Uzm. Dr. Halil İbrahim Acar'a, Uzm. Dr. Tülin Şen'e ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Mehti Şalvız'a, babam Ahmet Zeki Kılınç'a, annem Şaziye Kılınç'a ve ağabeyim Hüseyin Attila Kılınç'a teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Emine Aysu Şalvız

İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	i
İçindekiler.....	ii
Kısaltmalar Dizini.....	iv
Şekiller Dizini.....	v
Tablolar Dizini.....	vi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.Tarihçe.....	3
2.2.Ağrı Tanımı ve Sınıflandırılması.....	4
2.3.Ağrı Yolakları.....	6
2.3.1.Spinotalamik Traktus.....	9
2.3.2.Alternatif ağrı yolakları.....	9
2.3.3.Sempatik ve Motor sistemlerle entegrasyon.....	10
2.3.4.Serebral Korteks.....	10
2.4.Akut Ağrı.....	12
2.5.Kronik Ağrı.....	13
2.6.Kronik Ağrının Patofizyolojisi.....	15
2.7.Spinal Bölge Anatomisi.....	16
2.8.Bel Ağrısı.....	23
2.8.1. Aksiyel Eklem ağrısı.....	23
2.8.2. Radiküler ağrı.....	24
2.8.3. Spinal stenoz ve Kauda Ekina Sendromu.....	25
2.8.4. Başarısız Bel cerrahisi.....	26
2.8.5. Bel ağrısının Patofizyolojisi.....	27
2.9.Minimal İnvaziv Tedavi Yöntemleri.....	28
2.9.1.Zigafofizial eklem bloğu.....	28
2.9.2.Sakroiliak eklem bloğu.....	30
2.9.3.Diskografi.....	30
2.9.4.İntradiskal Elektrotermal Terapi (IDET).....	31

2.9.5.Anüloplasti.....	31
2.9.6.Nükleoplasti.....	31
2.9.7.Perkütan dekompresyon.....	31
2.9.8.Spinal Kord stimulasyonu.....	32
2.9.9.İntratekal infüzyon.....	32
2.9.10.Transforaminal epidural enjeksiyon yöntemi.....	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
4. BULGULAR.....	42
5. TARTIŞMA.....	50
6. SONUÇ.....	56
7. ÖZET.....	57
8. SUMMARY.....	58
9. KAYNAKLAR.....	59

KISALTMALAR DİZİNİ

AP: Antero-posterior

BOS: Beyin Omurilik Sıvısı

GDA: Geniş Dinamik Aralık

IASP: Uluslararası Ağrı Araştırma Derneği

IDET: İntradiskal Elektrotermal Terapi

mm: milimetre

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

TENS: Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu

VNS: Verbal Numaralama Skalası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Ağrı nöroanatomisi ve nörofizyolojisi, çeşitli yöntemlerin ve analjeziklerin etki biçimleri

Şekil 2: Ağrının algılanma süreci

Şekil 3: Vertebral kolon

Şekil 4: Lumbar vertebra anatomisi ve spinal sinirlerin intervertebral foramenlerden çıkışları

Şekil 5: Güvenli üçgen aralığı (Safe triangle)

Şekil 6: İnferior vena kavanın dalları ve lumbar venler (sol lumbar venöz sistem)

Şekil 7: Bel ağrısına sebep olan intervertebral disk problemleri

Şekil 8: Spinal stenoz

Şekil 9: Zigafofizial eklem enjeksiyonu

Şekil 10: Zigafofizial eklem bloğunda medial dal tekniğinin kullanılması

Şekil 11: Sakroiliak eklem enjeksiyonu

Şekil 12: Superior ve inferior pediküller, spinal sinirlerin intervertebral foramenlerden çıkışı

Şekil 13: Transforaminal yaklaşım

Şekil 14: Transforaminal uygulamada floroskopi altında kontrast yayılımı

Şekil 15: Spinal sinirlerin intervertebral foraminalardan çıkışı

Şekil 16: Kadavra üzerinde, sagittal düzleme 30° açı ile güvenli üçgen aralığına yerleştirilen spinal iğnenin görüntülenmesi ve spinal iğnenin komplikasyon sebebi olabilecek nörovasküler yapılara uzaklık ölçümleri (A: superior pediküle uzaklık, B: transvers ölçüm uzaklığı, C: vertikal ölçüm uzaklığı, D: asendan lumbal vene uzaklık)

Şekil 17: Kadavra diseksiyonu: intervertebral foramenlerden spinal sinirlerin çıkışı, güvenli üçgen aralığındaki seyirleri ve asendan lumbal ven ile ilişkisi

Şekil 18: Güvenli üçgen aralığına yerleştirilen spinal iğnenin yerinin ölçüm öncesinde floroskopi ile değerlendirilmesi

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: Kadavra 1 ölçümleri (mm)

Tablo 2: Kadavra 2 ölçümleri (mm)

Tablo 3: Kadavra 3 ölçümleri (mm)

Tablo 4: Kadavra 4 ölçümleri (mm)

Tablo 5: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin asendan lumbar vene uzaklıklarının median (min-maks) ve ortalama ile standart sapma değerleri

Tablo 6: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin superior pediküle uzaklıklarının median (min-maks) ve ortalama ile standart sapma değerleri

Tablo 7: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin spinal sinire transvers uzaklıklarının median (min-maks) ve ortalama ile standart sapma değerleri

Tablo 8: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin spinal sinire vertikal uzaklıklarının median (min-maks) ve ortalama ile standart sapma değerleri

Tablo 9: Herbir seviyedeki ölçümlerin sağ ve solda kendi aralarında karşılaştırılması

Tablo 10: Herbir ölçümün her seviyede sağ ve sol değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 11: Her seviyedeki pedikül ve inferior spinal sinir arasındaki uzaklık ölçümleri (mm)

Tablo 12: Her seviyedeki asendan lumbal ven ile spinal sinir arasındaki uzaklık ölçümleri (mm)

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ağrı, hastaları doktora getiren en sık semptomdur ve hemen her zaman patolojik bir süreci gösterir. Uluslararası Ağrı Araştırma Derneği (IASP) Taksonomi komitesi tarafından yapılan tanımlamaya göre ağrı, “vücudun belli bir bölgesinden kaynaklanan, doku harabiyetine bağlı olan veya olmayan, kişinin geçmişteki deneyimleriyle de ilgili, hoş olmayan emosyonel bir duyum ve davranış şeklidir”. Akut ve kronik olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılır. Akut ağrı bir hasara, bir hastalık durumuna veya kas ya da organların anormal fonksiyonlarına işaret eden bir semptom iken, kronik ağrı akut hastalığın genel seyrinden daha uzun süren veya iyileşme için makul bir zaman (1-3 ay) geçtikten sonra da devam eden ağrı olarak tanımlanır.

Bel ağrısı lumbosakral spinal bölgeden orijin alır ve 3 aydan daha uzun sürdüğünde, persistan karakterli olduğunda kronik bel ağrısı olarak nitelendirilir. Medikal ve sosyoekonomik problemlere yol açan önemli bir sorundur. Popülasyonun en az % 10'u her yıl sırt/bel ağrısı ile doktorlara ve fizyoterapistlere başvurmaktadır. Bunun yanısıra, popülasyonun % 80'inden fazlası yaşam boyu en az bir kez bel ağrısına maruz kalmaktadır ve akut bel ağrısından şikayet eden bu hastaların % 8'inde zamanla kronik bel ağrısı izlenmektedir. Sıklıkla 30-70 yaşları arasında, spor veya endüstriyel/trafik kazaları esnasında ortaya çıkmaktadır.

Kronik bel ağrısının en yaygın sebepleri internal disk dejenerasyonu, faset eklem ağrısı ve sakroiliak eklem ağrısıdır. İntervertebral disk hernisi de lumbosakral radikülopatinin en sık sebebidir ve hastaların % 10-15'inde cerrahiye ihtiyaç duyulacak kadar ciddidir. Hastaların büyük çoğunluğu ise konservatif tedaviye yanıt verir; ancak multidisipliner yaklaşım gerekmektedir. Bel ağrısı ve/veya radikülopati için sıkça kullanılan konservatif tedaviler oral medikasyonları, kas güçlendirici fiziksel terapileri, egzersizi, davranışsal ve kognitif terapileri, teröpatik enjeksiyonları, epidural steroid uygulamaları, intradiskal elektrotermal terapileri, anüloplastiyi ve intratekal infüzyonu içerir.

Bel ağrısı için epidural steroid uygulaması, 1952 senesinde Robecchi ve Capra tarafından S₁ sinir köküne periradiküler olarak hidrokortizon enjekte edilmesi ile başlamıştır. Epidural steroid uygulaması transforaminal, interlaminar veya kaudal olarak yapılabilir. Epidural steroid uygulamalarının % 20 den % 100'e kadar değişen başarı oranları mevcuttur.

Transforaminal epidural enjeksiyonlar lokalize nöral iritasyonda, diskojenik ağrıda ve cerrahi sonrası sendromda tanısal amaçlı olarak da kullanılabilir. Ağrı merkezlerine başvuran kesin tanı alamamış hastaların % 40-67'inde, 1/3000'inde görülen psikojenik ağrının ayırıcı tanısında ve psikosomatik ağrı tanısı almış hastalarda organik neden varlığını göstermede de endikedir.

Nöral foramenden çıkan sinir kökünün yönü çıktığı seviyeye göre farklılık gösterir. Lumbar bölgede sinir kökleri aşağı doğru ilerleyerek foraminayı lateral düzlemde terk ederler. Lumbar sinir kökleri, foramenin üst yarısında bulunurlar ve pedikül altında dikey düzlemle 40-50°'lik bir açı yapacak şekilde aşağı yönlendirilir. Bu nedenle; sinir köküne en yakın mesafeden yapılacak güvenli enjeksiyon için ve komplikasyonlardan (nöral yapılara uygulanan travma ile gelişebilen parestezi/parapleji, dural hasarlanma (total spinal anestezi), segmental arterlere yapılan enjeksiyon ile spinal kord iskemisi, enfeksiyon/sepsis ve steroidlere bağlı riskler) kaçınmak için foraminanın üst yarısında ve pedikülün hemen altında güvenli üçgen aralığı (safe triangle) tanımlanmıştır. Güvenli üçgen aralığının superiorunu pedikülün, lateralini vertebranın lateral sınırının ve medialini de spinal sinirin dış kısmının oluşturduğu varsayılır.

Biz çalışmamız ile kronik bel ağrısı olan hastalarda uygulanan transforaminal epidural enjeksiyon yaklaşımının güvenilirliğini artırmak ve komplikasyon riskini düşürmek için, kadavra üzerinde L₁-S₁ seviyeleri arasındaki her bir güvenli üçgen aralığına sagittal düzleme 30° açı yapacak şekilde tek tek spinal iğne yerleştirilerek üçgen sınırlarını oluşturan anatomik yapılara ve nörovasküler yapılara olması gereken uygun uzaklıkları bulmayı amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Yirminci yüzyılda bize miras kalan ağrı teorisi 300 yıl önce Descartes tarafından ortaya atılmıştır. Yirminci yüzyılın ilk yarısında ağrının anatomisi ve fizyolojisi ile ilgili yapılan deneyler üzerinde büyük etki yaratmıştır¹. Bu araştırmalar spesifik ağrı lifleri, ağrı yolları ve beyindeki ağrı merkezi üzerinde odaklanmıştır. Sonuç olarak, ağrının spesifik bir sensoriyal yansıtım sistemi olduğuna karar verilmiştir. Dolayısıyla ağrının 1950'lerde anlaşılan bu rijid anatomik yapısı sebebiyle, ciddi kronik ağrı çeşitli nörocerrahi yöntemleri ile tedavi edilmeye çalışılmıştır. Descartes'in "spesifite teorisi", 20. yüzyılın ortasına kadar bilinen gerçekleri ve tedavi biçimini yönlendirmiştir.

Spesifite teorisi; hasarın spesifik ağrı reseptörlerini ve liflerini aktive ettiğini, ağrı impulslarının spinal ağrı yolağından beyindeki ağrı merkezine ulaştığını öne sürmüştür. Böylece psikolojik ağrı deneyimi de periferik hasarla bağdaştırılmıştır. 1950'lerde geçmiş deneyimler, anksiyete ve depresyon gibi psikolojik durumların ağrıya katkısının olmadığı düşünülmüştür. Organik bir hastalığa ait semptomları olmadığı halde bel ağrısı olan hastalar psikiyatriye gönderilmiş ve böylece ciddi kronik ağrısı olan hastalar çoğunlukla tedavi edilememiştir. Sonuç olarak, klinik gözlemciler spesifikite teorisinin açık bir şekilde yanlış olduğunu farketmişlerdir.

Yeni bir teori için pekçok girişimde bulunulmuştur. Spesifite teorisine karşı "ideal teori" çeşitleri gündeme getirilmiştir; ancak anlaşılmaz ve yetersiz olarak nitelenmişlerdir¹. Zamanla geliştirilerek "kapı kontrol teorisi" oluşturulmuştur. Goldscheider², dorsal boynuzlardaki santral sumasyonun ağrının kritik belirleyicilerinden birisi olduğunu öne sürmüştür. Livingston³; dorsal boynuzlardaki sumasyonu, refere ağrıyı ve tedavi sonrası devam eden persistan ağrıyı açıklayabilmek için yansımali bir devrenin olduğunu varsaymıştır. Noordenbos⁴ ise, kendi teorisi ile geniş çaplı liflerin küçük çaplı lifleri inhibe ettiğini savunmuş ve dorsal boynuzlardaki substansia gelatinosanın sumasyon ve diğer dinamik proseslerde major rol oynadığını ileri sürmüştür. Bu teorilerin hiçbiri beynin pasif bir alıcı olmak dışındaki kesin rolünü belirleyememiştir. Bu ardışık

konseptler bu alanı doğru tarafa yönlendirmiştir: ağrının tek yanıtının perifer olduğu fikrinden uzaklaşarak spinal korda yönelinmiştir. En azından ağrı alanı beyne doğru bir yol oluşturmaktadır⁵.

2.2. Ağrı Tanımı ve Sınıflandırılması

Ağrı (pain), IASP Taksonomi komitesi tarafından yapılan tanımlamaya göre, “vücudun belli bir bölgesinden kaynaklanan, doku harabiyetine bağlı olan veya olmayan, kişinin geçmişteki deneyimleriyle de ilgili, hoş olmayan emosyonel bir duyum ve davranış şeklidir”. Objektif komponentleri de olmasına rağmen hemen her zaman subjektiftir.

Ağrı ve nosisepsiyon; nörofizyolojide birbirlerinin yerine kullanılmakla birlikte, birbirini içeren, ancak aynı olmayan iki kavramdır⁶. Ağrı, bedenin bir bölgesinden köken alan, hoş olmayan ve kişiyi kaçış veya paniğe iteleyen bir algı biçimidir. IAPS’ın kabul ettiği şekliyle ise, duysal ya da nahoş bir deneyimdir, doku hasarı vardır veya olmasa da hasarın yarattığına benzer şekilde bir algı mevcuttur. Nosisepsiyon ise, doku hasarı oluşturan bir uyarının (noksioz stimulus) özelleşmiş sinir uçları ile algılanması, santral sinir sistemine götürülmesi, belirli bölge ve nöral yapılarda entegrasyondan sonra gerekli reaksiyonun başlatılmasıdır. Sonuç olarak ağrı nosisepsiyonun algı şeklidir⁷.

Ağrı ileti sisteminin tümünü anlatan nosisepsiyon dört fizyolojik olayı içerir: Transdüksiyon, Transmisyon, Modülasyon ve Persepsiyon (algılama) (Şekil 1)

1.Transdüksiyon: Noksioz uyarının sensoriyal sinir uçlarında elektriksel aktiviteye dönüştürülmesidir, yani bir enerjinin başka bir enerjiye dönüşmesidir. Örneğin her sıcak uyarın ağrılı değildir. Sıcak bir uyarının ağrılı hale geçebilmesi için belirli bir derecenin üzerine çıkması gerekmektedir. Nosiseptörler normal ısıya karşı duyarsız kalırken ısının artışı ile duyarlı hale geçerler.

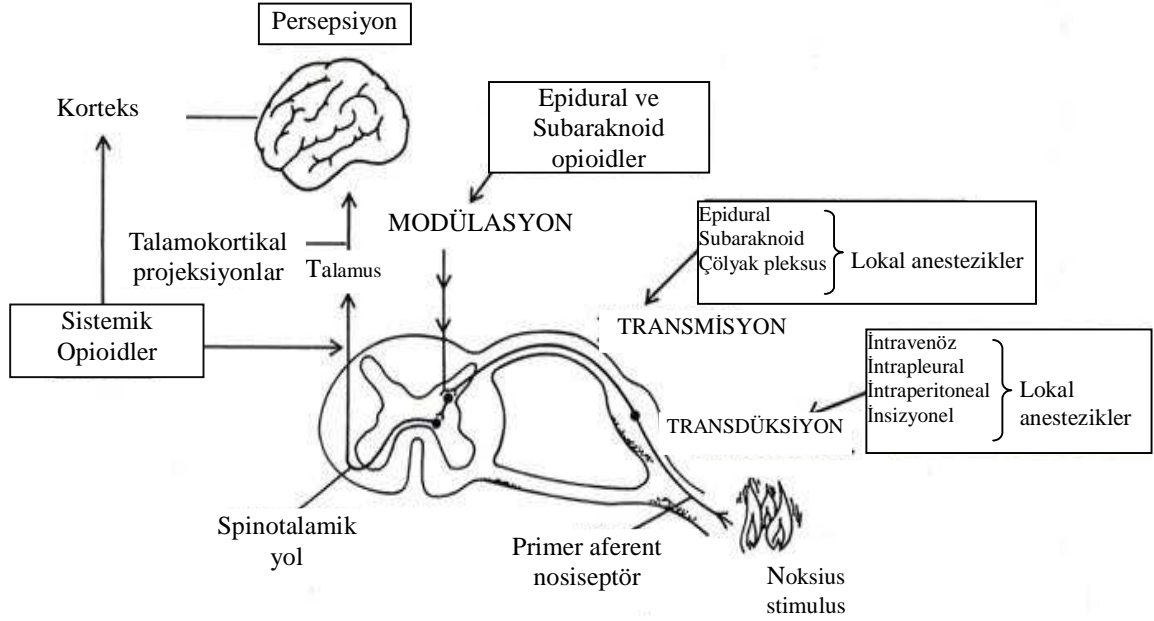
2. Transmisyon: Bilginin ilgili yapılardan santral sinir sistemine iletilmesidir. Transmisyonda nöral yollar üç bileşenden oluşur;

- spinal korda ulaşan primer sensoriyal afferent nöronları
- spinal kordtan beyin sapı ve talamusa uzanan çıkan kontrol sistemi nöronları
- talamokortikal projeksiyon

Transmisyon; transdüksiyondan sonra uyarının, A Δ ve C lifleri ile spinal kordun arka boynuzuna ulaştırılmasına denir⁸. Miyelinli A Δ lifleri hızlı ileten (5-30 m/sn), sensitizasyona açık, termal ve mekanik uyarılara duyarlı liflerdir. Dolayısıyla meydana getirdikleri ağrı keskin, iğneleyici ve iyi lokalizedir. Miyelinsiz C lifleri ise her türlü uyarana karşı duyarlılık gösteren ve yavaş ileten (0.5-2 m/sn) liflerdir. Dolayısıyla daha donuk, daha yaygın bir ağrı ve hiperestezi meydana getirirler⁷.

3.Modülasyon: Transmisyon iletilmesinin inen nöral yollar ile azaltılmasıdır. İlk uyarının algılanmasındaki baskılanma ya da büyütme ile yakından ilgilidir⁸. Modülasyon başlıca omurilik seviyesinde oluşur. Geçmişte spinal kord sadece ara bir durak olarak kabul edilirdi. Ancak 1965 yılında Melzack ve Wall tarafından ileri sürülen “kapı kontrol teorisi” ile ağrılı uyarının omurilikte ciddi bir engel ile karşılaştığı ortaya çıkmaktadır. Ağrılı uyarın spinal kord düzeyinde değişime uğramakta ve bu değişim sonucunda daha üst merkezlere iletilmektedir.

4. Persepsiyon: Transmisyon, transdüksiyon ve persepsiyon birlikte subjektif, emosyonel ve kişisel psikolojik özellikler ile etkileşir ve ağrının algılanmasını sağlar. Ağrının emosyonel ve fiziksel olarak algılanması olarak tanımlanabilir^{6,7}. Omurilikten geçen uyarın çeşitli çıkan yollar aracılığı ile üst merkezlere doğru iletilir ve persepsiyon gerçekleşir.

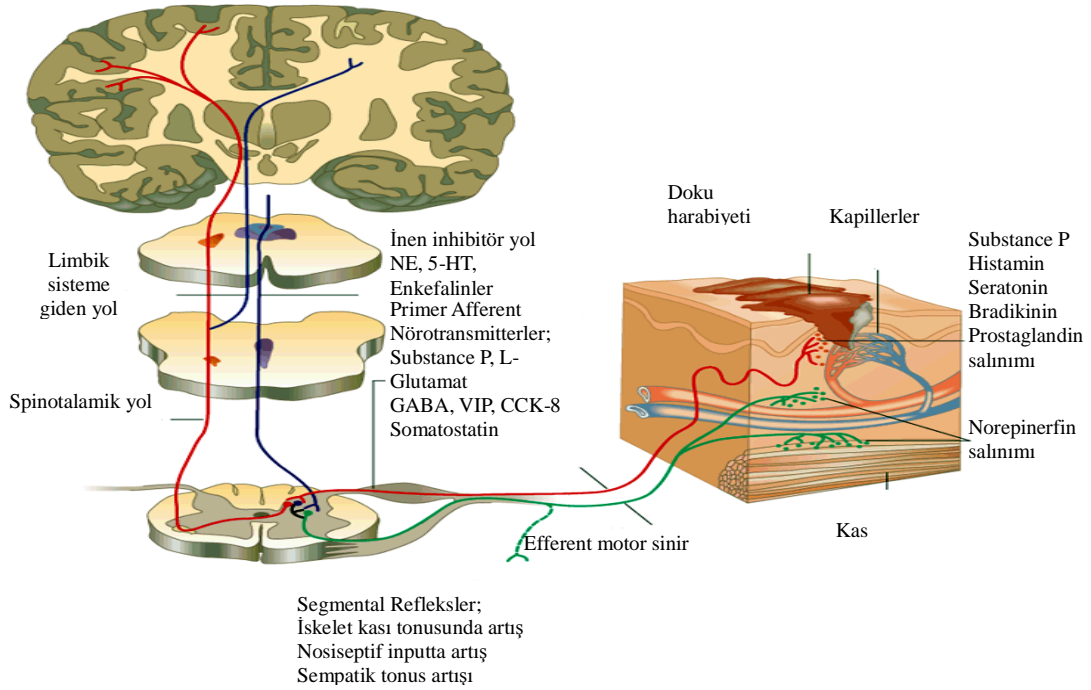


Şekil 1: Ağrı nöroanatomi ve nörofizyolojisi, çeşitli yöntemlerin ve analjeziklerin etki biçimleri

Bu olaylardan transdüksiyon anatomik olarak periferde (spinal kordda ve talamokortikal dağılımda) gerçekleşirken, modülasyon spinal kordda ve persepsiyon üst merkezlerde gerçekleşir.

2.3. Ağrı Yolakları

Ağrı periferden serebral kortekse noksius uyarıları taşıyan 3 nöronlu yolakla iletilir⁹ (Şekil 2). Primer afferent nöronlar, her spinal kord seviyesindeki dorsal kök ganglionlarında lokalizedir. Her nöronun bifurkasyon yapan tek bir aksonu mevcuttur, bir ucunu innerve ettiği periferik dokulara diğerini ise spinal kordun dorsal boynuzuna gönderir. Primer afferent nöron dorsal boynuzda, ikinci-sıra nöronu ile sinaps yapar. Bu nöronun aksonları ise orta hattı geçip karşı taraftaki spinotalamik traktustan yukarı çıkarak talamusa ulaşır. Talamik nukleusta ikinci-sıra nöronlar ile üçüncü-sıra nöronlar sinaps yapar ve üçüncü-sıra nöronlar da internal kapsülden ve korona radiatadan geçerek serebral korteksin post-santral girusuna ulaşan projeksiyonlar gönderirler.



Şekil 2: Ağrının algılanma süreci

Birinci-sıra nöronları: Bu nöronların çoğu aksonlarının proksimal ucunu spinal korda her bir servikal, torasik, lumbar ve sakral seviyede dorsal (duyusal) spinal kök aracılığı ile gönderirler. Bazı myelinsiz afferent (C) liflerin spinal korda ventral sinir kök (motor) yoluyla girdikleri gösterilmiştir. Bu durum, bazı hastaların dorsal sinir kökü transeksiyonu (rizotomi) sonrasında neden ağrı duymaya devam ettiklerini ve ventral kök stimülasyonundan sonra da neden ağrı oluştuğunu bildiren raporları açıklar. Birinci-sıra nöronları dorsal boynuzda ulaştıktan sonra ikinci sıra nöronları ile sinaps yaparlar. Ek olarak internöronlarla, sempatik nöronlarla ve ventral boynuz motor nöronlarıyla da sinaps yapabilirler.

İkinci-sıra nöronları: Afferent lifler spinal korda girerken kalınlıklarına göre ayrılırlar, kalın myelinli lifler mediale, ince myelinsiz lifler ise laterale toplanırlar. Ağrı lifleri ipsilateral dorsal boynuzun gri cevherindeki ikinci-sıra nöronlarıyla sinaps yapmadan önce Lissauer traktusunda birden üçe kadar spinal kord segmenti boyunca asendan veya

desendan yönde seyrederek. Çoğu durumda ise ikinci-sıra nöronlarıyla internöronlar aracılığı ile iletişim kurarlar.

Spinal kordun gri cevheri Rexed tarafından 10 laminaya ayrılmıştır. İlk 6 lamina dorsal boynuzu oluşturup tüm afferent nöral aktiviteyi alır. Asendan ve desendan nöral yollarla ağrı modülasyonunun esas bölgesidir. İkinci-sıra nöronları ya nosiseptif-spesifik veya “geniş dinamik aralık”lı (GDA) nöronlardır. Nosiseptif-spesifik nöronlar sadece noksioz uyarılarla ilgilidir, fakat GDA nöronları A Δ , A δ ve C liflerinden noksioz olmayan afferent uyarıları da alırlar. Nosiseptif-spesifik nöronlar lamina I’de somatotopik şekilde düzenlenmiş olarak bulunurlar ve ayrı, somatik algılayıcı alanları vardır. Normalde sessizdirler ve sadece yüksek eşikli noksioz uyarılara yanıt verirler, şiddetli ayırılma özellikleri çok zayıftır. Arka boynuzdaki en sık rastlanan hücre tipi GDA nöronlarıdır. Dorsal boynuzun her yerinde bulunmalarına karşılık, lamina V’de GDA nöronları çok daha yaygındır. GDA nöronları tekrarlayan uyarılarda karakteristik olarak stimulus şiddeti aynı kalsa da, ateşleme hızını eksponansiyel şekilde, dereceli bir tarzda (“wind-up”) artırırlar. Reseptif alanları da nosiseptif-spesifik nöronlara göre daha geniştir. Nosiseptif C liflerinin çoğu lamina I-II ve V’deki ikinci sıra nöronlarına kollateraller gönderir veya orada sonlanırlar.

Nosiseptif A δ lifleri ise esas olarak lamina I, V ve X’da sinaps yaparlar. Lamina I kütanöz ve derin somatik dokulardan gelen noksioz (nosiseptif) uyarılara yanıt verir. Lamina II’ye substansia gelatinoza da denir, pekçok internöron içerir ve kütanöz nosiseptiflerden gelen nosiseptif inputların işlenmesi ve modülasyonunda major rol alır. Burası özel ilgi çeken bir bölgedir çünkü opioidler için esas etki bölgesi olduğuna inanılır. Lamina III ve IV esas olarak nosiseptif olmayan duyuşal inputları alırken Lamina VIII ve IX tüm ön (motor) boynuzu oluştururlar. Lamina VII’ye intermediolateral kolon da denir ve preganglionik sempatik nöronların hücre gövdelerini içerir. Visseral afferentler esas olarak lamina V ve I’de sonlanırlar. Bu iki lamina somatik ve visseral inputların santral konverjans yaptıkları bölgeleri temsil ederler. Lamina V hem noksioz hem de noksioz olmayan duyuşal inputlara yanıt verir ve hem visseral hem de somatik ağrı afferentlerini alır. Visseral ve somatik duyuşal inputlar arasındaki konverjans fenomeni klinikte yansıyan ağrı olarak ortaya çıkar. Visseral

nosiseptif liflerin sayısı somatik liflere göre daha azdır, ancak daha geniş dağılım gösterirler, orantısız olarak daha fazla sayıda spinal nöronu aktive ederler ve somatotopik olarak organize olmamışlardır.

2.3.1. Spinotalamik traktus

İkinci-sıra nöronların çoğu orta hattı geçerek (anterior komissürde), spinal kordun kontrateral tarafına ulaşır ve daha sonra spinotalamik traktusu oluşturarak liflerini talamus, retiküler formasyon, nukleus rafe magnus ve periaquaduktal gri cevhere gönderir. Klasik olarak asıl ağrı yolağı olarak kabul edilen spinotalamik traktus, spinal kordun beyaz cevherinde anterolateral yerleşimdedir. Bu asendan traktus lateral ve medial olarak bölümlenebilir. Lateral spinotalamik (neospinotalamik) traktus esas olarak talamusun ventral posterolateral nukleusuna projeksiyonlar yollar ve ağrının yerleşim, şiddet ve süre gibi diskriminatif özelliklerini taşır. Medial spinotalamik (paleospinotalamik) traktus medial talamusa projeksiyon yollar ve ağrının otonomik ve hoş olmayan emosyonel algılanmasına ait özelliklerini iletir. Bazı spinotalamik lifler aynı zamanda periaquaduktal gri cevhere de projeksiyon yaparlar ve böylece asendan ile desendan yollar arasında önemli bir bağlantı olabilir. Kollateral lifler de retiküler aktive edici sistem ve hipotalamusa projeksiyon yaparlar; bunlar muhtemelen ağrıya uyarıcı yanıtta sorumludurlar.

2.3.2. Alternatif ağrı yolları

Ağrı lifleri diffüz olarak ipsilateral ve kontrateral taraflardan yukarı çıkarlar; bu sebeple kontrateral spinotalamik traktusun ablasyonunu takiben de bazı hastalar ağrı algılamaya devam eder. Bu nedenle diğer asendan ağrı yolları da önemlidir. Spinoretiküler traktusun ağrıya karşı uyarıcı ve otonomik yanıtların iletiminden sorumlu olduğu düşünülmektedir. Spinomezensefalik traktus antinosiseptif, desendan yolların aktivasyonunda önemli olabilir, çünkü periaquaduktal gri cevhere bazı projeksiyonları vardır. Spinohipotalamik ve spinotelensefalik traktuslar hipotalamusu aktive eder ve duyuşsal yanıtlar oluşturur. Spinoservikal traktus lateral servikal nukleusdan karşıya geçmeden çıkar, lifleri kontrateral talamusta sonlanır; bu traktus muhtemelen majör bir

alternatif ağrı yolağıdır. Son olarak, dorsal kolonlardaki bazı lifler (hafif dokunma, propriosepsiyon) ağrıya yanıt verirler ve bunlar medial ile ipsilateralden yukarı çıkarlar.

2.3.3. Sempatik ve Motor sistemlerle entegrasyon

Somatik ve visseral afferentler; spinal kord, beyin sapı ve yüksek merkezlerdeki iskelet motor ile sempatik sistemlerle tam olarak entegrasyon içindedir. Afferent dorsal boynuz nöronları hem direkt hem de indirekt olarak ön boynuz motor nöronlarıyla sinaps yaparlar. Bu sinapslar ağrıyla ilgili olan refleks kas aktivitesinden sorumludur. Benzer şekilde, afferent nosiseptif nöronlarla intermediolateral kolondaki sempatik nöronların sinapsları sempatik kaynaklı refleks vazokonstriksiyon, düz kas spazmı ve hem lokal hem de adrenal medulladan katekolamin salınımına neden olurlar.

Üçüncü-sıra nöronları: Talamusdadır ve sırasıyla parietal korteksin postsentral girusu ve silvian fissürün superior duvarındaki somatik duyuşsal alanları I ve II'ye lifler gönderir. Ağrının persepsiyonu ve lokalizasyonu bu kortikal bölgelerde oluşur. Lateral talamik nukleuslardan çoğu nöron, primer somatik duyuşsal kortekse projeksiyon yaparken, interlaminar ve medial nukleuslar anterior singulat girusa projeksiyon yapar ve muhtemelen ağrının acı çekme ve duyuşsal komponentlerinden sorumludur.

2.3.4. Serebral Korteks

Serebrumda ağrı ile ilgili bölümler I. ve II. somatosensorial alanlar, frontal lob (özellikle 9 ve 12) ve posterior parietal bölgelerle assosiasyon lifleridir. Postsantral girus (I. Duyusal alan), özellikle hızlı ağrının somatotopik örnek içinde temsil edildiğı yerdir ve "ağrı diskriminasyonu ile ilgilidir" denilebilir. Posterior parietal ve frontal bölgeler ise ağrının sembolizasyonu ile ilgilidir. Dokuzuncu ve 12. frontal alanlar ile talamus arasındaki ilişkilerin kesilmesi halinde, ağrılı uyaran algılandığı halde kişi bundan yakınmaz ve affektif reaksiyon yoktur⁷.

Bu karmaşık sistemle ağrı duyusu nosiseptör uyarımı ile başlayan, C ve A- δ lifleriyle medulla spinalise oradan da beyin sapına ve üst beyin merkezlerine ulaşan, yorumlanan ve yorum sonrası gerekenlerin yapılması için organizmada zincirleme aktivasyonlara yol açan bir olaylar dizisinden oluşur. Ağrı iletiminde günümüze kadar görevi tam olarak anlayamamış sistemlerin başında serebral korteks gelmektedir. Serebrumda ağrı ile ilgili bölümler; 1. ve 2. duysal alanlar, frontal lob, özellikle 9. ve 12. alanlar posterior parietal bölgelerle, beynin çeşitli bölümlerini birbirine bağlayan assosiasyon lifleridir. Birinci duysal alan ya da postsantral girus ağrının diskriminatif boyutuyla, posterior parietal ve frontal bölgeler ise ağrının sembolizasyonu ile ilgilidir. Frontal lobun 9. ve 12. alanları ile talamus arasındaki ilişkilerin kesilmesi halinde ağırlı uyarılar yine algılanabildiği halde, kişi bundan yakınmaz ve ağrı ile birlikte görülen affektif reaksiyonlar ortadan kalkar¹⁰. Kapı kontrol teorisinden sonra sadece dorsal boynuzda değil, beyin sapı merkezlerinde de ağırlı sinyallere karşı antinosiseptif bir aktivitenin ortaya çıkabildiği anlaşılmıştır. Özellikle endojen opioid peptidlerin keşfi ile ağırlı impulslara karşı spinal ve supraspinal düzeyde enkefalinerjik ve monoaminerjik bir inhibisyon varlığı gösterilmiştir. Bunlar başlıca 3 gruba ayrılabilir:

a. Mezensefalik periakvaduktal gri cevherde yer alan enkefalinerjik nöronlar:

Serebral korteks ve hipotalamus ile bağlantı içindedirler. Enkefalinerjik mezensefalik nöronlar bulbusta nukleus rafe magnus ve nukleus retikularis gigantoselülarisde bulunan serotoninerjik nöronlarla sinaps yaparlar. Böylece diensefalik endorfin ve mezensefalik enkefalin nöronları bulbustaki serotonin nöronlarını uyarırlar. Bu nöronlarda dorsolateral fasikulus içinden inerek, dorsal boynuz nosiseptif projeksiyon nöronları üzerine presnaptik ve postsnaptik bağlantılarla inhibisyon oluştururlar¹¹⁻¹³.

b. Bulbus ve pons üzerinde daha lateral yerleşimli çekirdekler:

Temel nörotransmitterleri noradrenalindir. Bu sistem yine dorsolateral funikulus yolu ile dorsal boynuz nosiseptif nöronları üzerine projekte olur. Noradrenalin nöronları kısmen diensefalik endorfin nöronları ile ilişkilidir ve dorsal boynuz projeksiyon nöronları üzerine etkileri inhibitördür. Burada α -adrenerjik reseptörleri kullanır¹¹⁻¹³.

c. Antinösesitif spinal segmental mekanizma:

Özellikle spinal yerleşimli enkefalinergic nöronlar önemli rol oynar. Dinorfin taşıyan nöronlar da bu bölgede yoğundur. Lokal enkefalinergic nöronlar, hem C lifleri hem de δ liflerinden gelen kollaterallerle eksite olur ve böylece hem postsinaptik hem de presinaptik olarak projeksiyon nöronunda inhibisyona yol açar. Spinal enkefalinergic nöronlar ayrıca serotonin ve noradrenalin taşıyan inisiyör sistemlerin eksitasyonu ile de primer afferent sinapslar üzerinde inhibisyon oluştururlar¹¹⁻¹³. Projeksiyon nöronları üzerinde hızlı ve kısa süreli inhibisyon enkefalinler ve GABA ile, daha uzun süreli inhibisyon ise endorfin, kısmen enkefalin ve somatostatin ile oluşmaktadır.

Bu karmaşık sistemle ağrı duyusu, nosiseptör uyarımı ile başlayan C ve A- Δ lifleri ile medulla spinalise oradan beyin sapına ve üst beyin merkezlerine ulaşan, yorumlanan ve yorum sonrası gerekenlerin yapılması için organizmada zincirleme aktivasyonlara yol açan bir olaylar dizisinden oluşur.

2.4. Akut ağrı

Akut ağrı hasarlanma, bir hastalık durumu, kas ya da organların anormal fonksiyonları sonucunda oluşan noksioz bir uyarıdır, bir hastalık semptomudur. Genellikle nosiseptiftir. Nosiseptif ağrı doku hasarını lokalize etmeye ve sınırlamaya yarar. Bu tip ağrı tipik olarak şiddetle orantılı bir nöroendokrin stresle birlikte dir. En sık formları arasında posttravmatik, postoperatif, obstetrik ağrı, miyokard enfarktüsü, pankreatit ve böbrek taşı ağrısı sayılabilir. Akut ağrı genellikle kendini sınırlar, tedavi ile birkaç gün ya da haftada geçer. Kaynak ve özelliklerine göre iki tip (somatik ve visseral) ağrı mevcuttur.

Somatik ağrılar da kendi içinde yüzeysel ve derin olarak iki gruba ayrılır. Yüzeysel somatik ağrı cilt, subkutanöz dokular ve müköz membranlardan kaynaklanan nosiseptif uyarı nedenidir. Karakteristik olarak iyi lokalize edilir ve keskin, batma, oyulma veya yanma hissi olarak tanımlanır. Derin somatik ağrı ise kaslar, tendonlar, eklem veya

kemiklerden kaynaklanır. Yüzeysel somatik ağrının aksine genellikle künttür ve daha az lokalize edilebilir.

Visseral ağrı bir iç organ veya onun kılıfının hastalığı veya fonksiyon bozukluğundan kaynaklanır. 4 alt gruba ayrılır:

1. Gerçek lokalize visseral ağrı
2. Lokalize parietal ağrı
3. Yansıyan visseral ağrı
4. Yansıyan parietal ağrı

Gerçek visseral ağrı künt, yaygın ve orta hattadır. Genellikle bulantı, kusma, kan basıncında ve kalp hızında değişikliklere neden olan anormal sempatik veya parasempatik aktivite ile ilgilidir. Parietal ağrı tipik olarak keskindir ve genellikle organın etrafında veya yansıyan uzak bir bölgede bıçaklanma hissi olarak tanımlanır. Kutanoz bölgelere yansıyan visseral veya parietal ağrı dokuların embriyojenik gelişim ve migrasyonu ile santral sinir sisteminde visseral ve somatik afferent uyarıların konverjansından kaynaklanır.

2.5. Kronik ağrı

Kronik ağrı akut hastalığın genel seyirinden daha uzun süren veya iyileşme için makul bir zaman geçtikten sonra da devam eden ağrı olarak tanımlanır. Bu süre 1-3 ay arasında değişir. Kronik ağrı nosiseptif, nöropatik veya ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir. Psikolojik mekanizmalar veya çevresel faktörler sıklıkla majör rol oynar. Kronik ağrısı olan hastalarda nöroendokrin stres yanıt baskılanır. Belirgin uyku veya affektif bozukluklar gelişir. Nöropatik ağrı klasik olarak paroksizmal ve yanıcı karakterdedir, hiperpati ile birlikte. Kronik ağrının en sık rastlanan çeşitleri arasında kas iskelet sistemi bozuklukları, kronik visseral bozukluklar, periferik sinirler, sinir kökleri veya dorsal sinir kökü ganglionundaki lezyonlar (kozalji, fantom ekstremite ağrısı), santral sinir sistemi lezyonları ve sinir sistemini invaze eden kanserler bulunur. Kas iskelet sistemi bozukluk ağrılarının çoğu nosiseptifken, nöral bozukluklardaki ağrılar nöropatiktir. Bazı bozukluklarda (kanser ve kronik bel ağrısı) ağrı genellikle bu ikisinin

karışımıdır. Nosisepsiyon; daha önce anlatılan transdüksiyon (dönüşüm), transmisyon (iletim), modülasyon ve persepsiyon (algılama) fizyolojik olaylarını içerir.

Kronik ağrının tanımı tartışmalıdır. Bonica¹⁴, kronik ağrıyı akut bir hastalığa bağlı 1 ayı geçen veya herhangi bir yaralanma ile ilişkili kronik patolojiye bağlı sürekli ağrı veya aylar/yıllar süren ağrı çekilen dönemler olarak tanımlamıştır. Genellikle kronik ağrı, rutin ağrı tedavi metodlarıyla kontrol altına alınamayacak kadar dirençlidir. Ağrı ayrıca olağan dışı durumlarda görülen ve periferden yukarı serebral yapılara sinir iletim mekanizmalarının tümünü kullanarak taşınan hoş olmayan duygu olarak da tanımlanmaktadır¹⁵. Spesifik nosiseptörler aracılığıyla taşınmaktadır. Spesifik nosiseptörler, hasarlanmadan sensoriyel liflere veya nöropatik ağrıda olduğu gibi hasardan santral sinir sistemine veya nosiseptif ağrıda olduğu gibi C ve Aδ lifleriyle bağlanarak ağrıyı iletirler¹⁶. Kronik ağrı kronik bir hastalıktır ve bu şekilde düşünülerek tedavisi yapılmalıdır.

Kronik ağrı periferik, santral veya psikolojik mekanizmaların kombinasyonu sonucunda ortaya çıkabilir. Nöropatik ağrı periferik ve santral mekanizmaları içerir. Santral mekanizmalar genellikle periferik sinirlerin, dorsal kök gangliyonlarının veya daha santral yapıların parsiyel lezyonları ile ilişkilidir. Periferik mekanizmalar spontan deşarjları içerir; reseptörler mekanik, termal veya kimyasal uyarılara hassaslaşır ve adrenerjik reseptörlerin sayısı ve duyarlılığın artar. Nöral inflamasyon da bulunabilir. Lokal anestezipler veya antikonvülzanların sistemik uygulanmasıyla travmatize veya sensitize nöronlarda spontan ateşleme olduğu gösterilmiştir. Periferik ve santral mekanizmalarla ağrısı olan bazı hastalarda sempatik sinir sistemi majör rol oynayabilir. Bazı hastalarda sempatik sinir bloklarının etkili olması bunu destekler. Psikolojik mekanizmalarla çevresel faktörler kronik ağrıda nadiren tek mekanizmadır. Fakat sıklıkla diğer mekanizmalarla da ilişkilidir. Psikojenik ağrısı olan hastalar erken yaşta büyük anksiyete, vücuda zarar gelme korkusu, sevdiğini kaybetme korkusu yaşamışlardır ve hayatın sonraki döneminde anksiyete ağrı olarak algılanır.

Amerika Birleşik Devletlerinde her 10 yetişkinden dördünün günlük yaşamlarında ağrı deneyimi yaşadıkları bilinmektedir (% 42). Elliott ve ark.¹⁷, 4 yıllık bir çalışma sonunda kronik ağrının nispeten yüksek insidansla ve düşük iyileşme oranıyla seyrettiğini bildirmişlerdir. Tüm popülasyonun % 8.3'ünde kronik ağrı olduğunu bildirirken iyileşme oranını % 5.4 olarak bildirmişlerdir. Verhaak ve ark.¹⁸, 15 epidemiyolojik çalışmadan yaptıkları derlemede kronik ağrının ortalama % 15 oranında görüldüğünü saptamışlardır. Kronik ağrı şikayetleri özellikle yaşlılarda ve kadınlarda daha sık görülmektedir. Bununla birlikte Barajas ve ark.¹⁹, ağrı prevalansını genç popülasyonda % 27.1 olarak raporlamışlardır. Spinal ağrının prevalansı tüm yaşam göz önünde tutulduğunda % 65-80 olarak bildirilmiştir²⁰⁻²².

2.6. Kronik ağrının patofizyolojisi

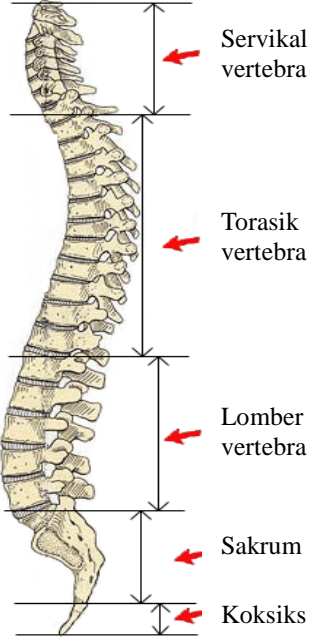
Kronik ağrı santral, periferik veya psikolojik mekanizmaların kombinasyonu sonucunda ortaya çıkabilir. Ağrının temelinde, kas-iskelet sistemi hastalıkları veya visseral bozukluklarda olduğu gibi nosiseptörlerin sensitizasyonu rol oynar. Nöropatik ağrı periferik-santral mekanizmaları içerir. Santral mekanizmalar genellikle periferik sinirlerin, dorsal kök ganglionlarının veya daha santral yapıların parsiyel ve tam lezyonları ile ilişkilidir. Periferik mekanizmalar ise spontan deşarjları içerir. Reseptörler mekanik, termal ve kimyasal uyarılara hassaslaşır ve adrenerjik reseptörlerin sayısı ve duyarlılığı artar. Nöral inflamasyon da söz konusu olabilir. Lokal anesteziğin ve antikonvülzanların sistemik uygulanmasının travmatize veya sensitize nöronların spontan ateşlemesini baskıladıkları gösterilmiştir. Santral mekanizmalarda segmental inhibisyonun kaybı, GDA nöronlarının wind-up'ı, deafferente nöronlardan spontan deşarjlar ve nöral bağlantılarda tekrar düzenlenmeden oluşur⁹.

Sempatik sinir sistemi periferik-santral ve santral mekanizmalarla ağrısı olan bazı hastalarda majör rol oynayabilir. Bazı hastalarda sempatik sinir bloklarının etkili olması sempatik yolla oluşan ağrı konseptini destekleyebilmektedir. Refleks sempatik distrofi, sinir avulsiyonu, amputasyonlarla deafferentasyon sendromları ve postherpetik nevralji sempatik bloklara sıklıkla yanıt veren ağrılı bozukluklar arasında bulunur.

Psikolojik mekanizmalar ve çevresel faktörler kronik ağrıda nadiren tek mekanizmadır; fakat sıklıkla diğer mekanizmalarla ilişkilidir. Psikojenik ağrısı olan hastalar tipik olarak erken yaşta büyük anksiyete, vücuda zarar gelme korkusu ve sevdiğini erken kaybetme durumunu yaşamışlardır; hayatın sonraki ileri döneminde ise anksiyete ağrı olarak algılanır.

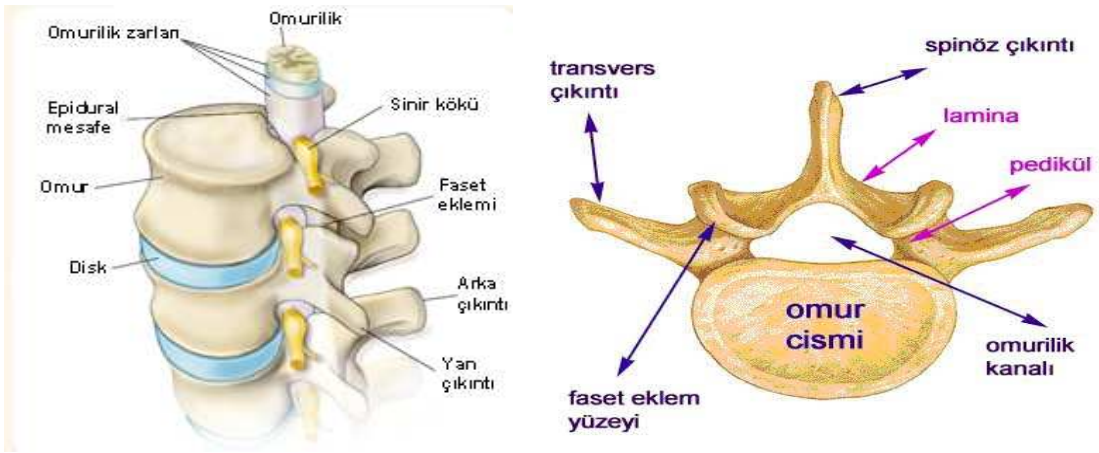
2.7. Spinal Bölge Anatomisi

Erişkinlerde vertebral kolonun 4 kurvatürü mevcuttur: servikal, torasik, lumbar ve sakral. Torasik ve sakral (pelvik) kurvatürler anteriora doğru konkav iken, servikal ve lumbar kurvatürler posteriora doğru konkavdır (Şekil 3)²³. Vertebral kolon 33 vertebra içerir: 7 servikal, 12 torasik, 5 lumbar, 5 sakral ve 4 koksigeal. Belirgin hareketler üst 25 vertebra tarafından gerçekleştirilir, alttaki sakruma ve koksikse ait 9 vertebra füzyona uğrar.



Şekil 3: Vertebral kolon²³

Anatomik olarak spinal bölge anterior, nöroaksiyel ve posterior olmak üzere 3 bölgeye ayrılır²⁴. Anterior kompartmanı vertebral korpus ve intervertebral disk oluşturur. Nöroaksiyel kompartmanı ise epidural boşluk ve nöral yapılar oluşturur. Posterior kompartmanda faset eklemler ve vertebral ark yapıları bulunmaktadır. Anterior ve nöroaksiyel kaynaklı ağrıların tanı ve tedavisinde epidural enjeksiyonlar kullanılır. Nöroaksiyel kompartman; posterior longitudinal ligaman, flavum ligamanı ve epidural membranları da içeren spinal kanalın tüm ligamentöz ve kemik yapılarını içine alır.



Şekil 4: Lumbar vertebra anatomisi ve spinal sinirlerin intervertebral foramenlerden çıkışları

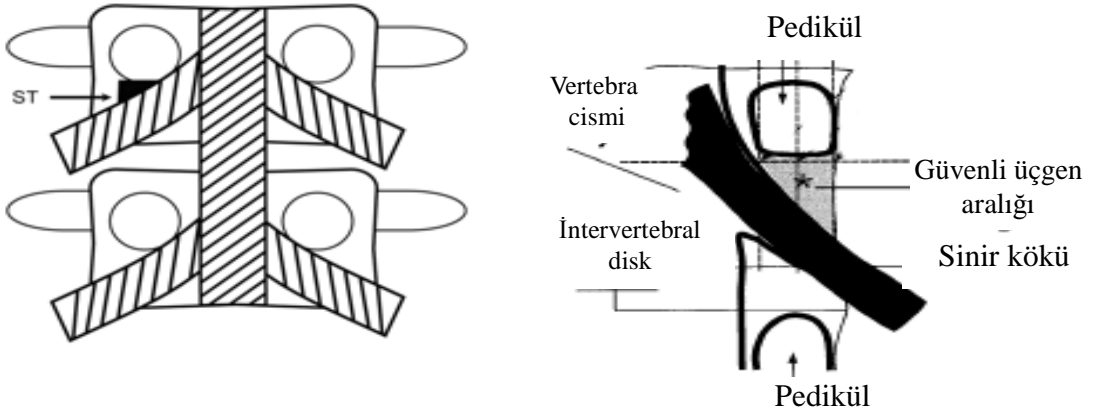
Vertebral foramenler vertebral kanal (omurilik kanalı) adı verilen süregen bir kanal oluştururlar (Şekil 4). Vertebral kanalın ön yüzü; vertebra korpuslarının arka yüzü, disk arka yüzeyleri ve posterior longitudinal ligaman tarafından oluşturulur. Arka duvar ise vertebra laminaları, yan duvarlar ve vertebraların pedikülleri tarafından oluşturulur. Pediküller arasındaki birbirine karşılık gelen superior ve inferior vertebral çentiklerin karşılıklı gelmesiyle oluşan intervertebral foramina vertebral kanalın lateral duvardaki boşluğunu oluşturur²⁵. Her bir intervertebral foramen önden intervertebral disk, ön yukarıdan üçte bir vertebral korpus, ön aşağıdan geri kalan vertebral korpus ve arkadan vertebral lamina, faset eklemler ve yukarı ve aşağıdan pediküller ile sınırlanır²⁵. Vertebral

kanalın tabanı ise posterior longitudinal ligaman, lamina ve ligamentum flavum tarafından sınırlanan dural sak tarafından oluşturulur.

Dural sak ve vertebral kanalın osseoligamentöz yapıları arasında epidural aralık bulunur. Epidural aralık foramen magnumdan sakral hiatusa kadar uzanım gösterir. Duramater, ligamentum flavum ve çevredeki vertebral arka ait periost arasında bulunan potansiyel bir boşluktur. Yetişkinde spinal kord L₁-L₂ seviyesine kadar uzanım gösterirken, dural sak sakral kanal boyunca S₂ seviyesine kadar ve sakral hiatus boyunca S₄-S₅ seviyesine kadar uzanım gösterir. Epidural boşluk epidural membran adı verilen ince areolar bir bağ doku ile doldurulmuştur²⁶. Bu membran lamina yüzeylerini ve pedikülleri örter. Önden vertebra gövdelerine ve posterior longitudinal ligamana kadar uzanır²⁷. Epidural aralık dorsal ve lateral kompartmanlara ayrılarak tanımlanır. Lateral kompartman anterior ile posterior bölümlere ayrılmaktadır^{28,29}. Anterior epidural aralık; önden vertebral korpusun arka duvarı, intervertebral disk, posterior longitudinal ligaman ve arkadan tekal sak ile sınırlanır. Posterior epidural aralık ise; önden tekal sak, arkadan ligamentum flavum ve vertebral ark ile sınırlandırılır. Ligamentum flavum özellikle kör interlaminar girişimlerde posterior epidural aralığın bulunmasında önemli olan kalın ve esnek bir yapıdır. Kişiden kişiye değişen lateral duvar esnekliği ve dural sak boyutu nedeniyle kaudal ve interlaminar enjeksiyonlar istenilen segmental blok düzeyine ulaşamayabilir²⁹⁻³¹. Nöral ark hizasında epidural boşluğun genişliği üst servikal bölgede 1.5-2 mm'den, en geniş olan lumbal seviyede 5-6 mm'ye çıkar ve daha sonra sakral bölgede 2 mm'ye kadar düşer. Epidural boşluk orta hatta en geniş olacak şekilde üçgen şekilli bir yapıya sahiptir. Faset eklemlere doğru ilerledikçe daralır.

İntervertebral foramina; yukarıdan ve aşağıdan ardışık iki vertebraya ait pediküller, önden vertebral korpus ile intervertebral disk ve arkadan da faset eklem kapsülü ile sınırlandırılmaktadır (Şekil 4). Sinir kökleri foraminadan çıkarken dura tarafından örtülmüştür (dural sleeve). Dural sak ve sinir kök kılıfı, meningovertebral ligament veya diğer adıyla Hoffmann ligamanlarıyla vertebra gövdesine ve pediküllere tutunur. Nöral foramenden çıkan sinir kökünün yönü çıktığı seviyeye göre farklılık gösterir. Lumbal bölgede sinir kökleri aşağı doğru ilerler ve foraminayı lateral düzlemde terk ederler.

Lumbar sinir kökleri, foramenin üst yarısında bulunurlar ve pedikül altında dikey düzlemle 40-50°'lik bir açı yapacak şekilde aşağı yönlendirilir. Bu nedenle; sinir köküne en yakın mesafeden yapılacak güvenli enjeksiyon için foraminanın üst yarısında ve pedikülün hemen altında güvenli üçgen aralığı (safe triangle) tanımlanmıştır. Güvenli üçgen aralığının superiorunu pedikülün, lateralini vertebranın lateral sınırının ve medial sınırını da spinal sinirin dış kısmının oluşturduğu varsayılır (Şekil 5).



Şekil 5: Güvenli üçgen aralığı (Safe triangle)

Sinovertebral sinir, nöral foraminanın lateralinden orijin alır ve spinal kanalın önünden dorsal kök ganglionuna doğru ilerler. Somatik ventral sinir kökü ve sempatik gri ramus kommunikansın dalıdır. Diskin dış anulusunu posterior longitudinal ligamenti epidural membranları ve duranın innervasyonunu sağlar. Ayrıca epidural aralıkta venler, arterler ve adipoz doku da bulunur. Her bir spinal sinir kökü spinal korda dorsal ve ventral kökler ile bağlanır. Daha sonra büyük bir ventral ve daha küçük bir dorsal ramus ile devam eder. Spinal sinir kökleri spinal sinir ile intervertebral foramende bağlantı yapar. Foramenin hemen dışında ventral ve dorsal ramilerine ayrılır. Spinal sinirler oldukça kısadır, genellikle içinde bulunduğu intervertebral foramenin uzunluğunu aşmazlar. Spinal sinire ait dorsal kök sensorial lifleri içerir. Daha kalın olan ventral kök ise spinal korda motor lifleri ve az miktarda da sensoriyel lifleri taşır³². Ek olarak L₁ ve L₂ spinal sinirlere ait ventral kökler preganglionik, sempatik ve efferent lifleri de içermektedirler. Spinal sinir kökleri, dural sakı terk ederken intervertebral foramenin üst kısmından

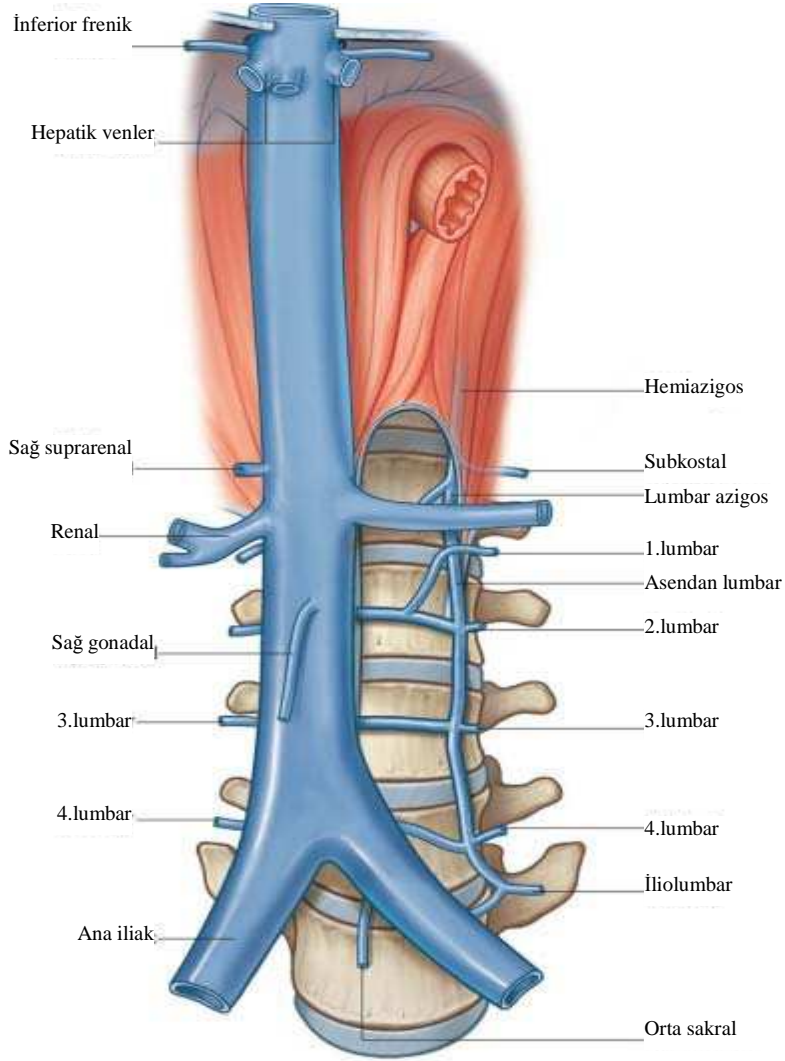
çıkarlar ve dural sak ile sarılmış olarak inferolaterale doğru yönelirler. Bu çıkış sırasında siniri çevreleyen duramater ve araknoid tabakasına dural kılıf (dural sleeve) adı verilir. Bu kılıf sinir kökünü intervertebral foramen ve spinal sinir oluşuncaya kadar çevrelemeye devam eder. Spinal sinirin proksimalinde ventral ve dorsal köklerin birleşmesinin hemen öncesinde dorsal kökte bir genişleme izlenir. Buraya dorsal kök ganglionu adı verilir. Burada sensorial liflere ait hücreler vardır. Ganglion sinir köküne ait dural kılıfla birlikte intervertebral foramenin yukarı medial bölümünde ilerler. Ancak eğer spinal sinir kısa ise distal yerleşimde seyredebilir. Sinir kök çiftleri dural sakdan değişik açılardan çıkabilirler. Sinir kılıfları L₁ ve L₂'de dural sakı geniş bir açıyla terk ederken, daha aşağı seviyelerde daha dar açıyla terk etmektedirler. Bu açı L₁ ve L₂ köklerinde 80° ve 70° iken L₃-L₄' te 60°, L₅' te ise 45°dir.

Vertebral kolonu ve spinal kordu besleyen arterler vertebral, asendan servikal, derin servikal, segmental, interkostal, subkostal, lumbar, medial ve lateral sakral arterlerin dallarıdır. Anterior spinal arter ve çiftleşmiş posterior spinal arterler de spinal kordu besleyen diğer longitudinal arterlerdir. Anterior spinal arter vertebral arter dallarından oluşur, anterior median fissür içinde aşağı kadar devam eder. Sulkal arterler anterior spinal arterden köken alır ve bu fissürden spinal korda girer. Bunlar spinal kordun yaklaşık 2/3'lük alanını destekler. Posterior spinal arterler, vertebral arter ve posteroinferior serebeller arterin dallarıdır, genellikle piamater içinde anastomoz kanallarını oluştururlar. Spinal sinir köklerindeki segmental medullar ve radiküler arterlerin de beslenmede büyük payı vardır.

Vertebral kanalın içinde ve dışında vertebral kolon boyunca seyreden spinal venler venöz pleksusu oluşturur. Bunlar internal (epidural venöz pleksus) ve eksternal vertebral venöz pleksus olarak adlandırılırlar. Bu pleksuslar, genelde anterior ile posteriorde yoğun, lateralde seyrek ve intervertebral foramina aracılığı ile ilişki kurarlar. Geniş ve kıvrımlı bazivertebral venler vertebral gövdelerin içindedir, foraminadan çıkıp vertebral gövdelerin posteriorunda belirir ve anterior eksternal/internal vertebral venöz pleksuslara drene olur, geniş sinüsleri oluşturur. İntervertebral venler spinal kordun

venlerinden ve vertebral venöz pleksuslardan da venler olarak boyna ve gövdenin segmental venlerine dökülür.

Spinal kordu drene eden venlerin dağılımı spinal arterlere benzer, sıklıkla 3 anterior ve 3 posterior spinal ven mevcuttur. Uzunlamasına yerleşmişlerdir, birbirleri ile rahatça iletişim kurarlar, anterior ile posterior medullar ve radiküler venlere dökülürler. Spinal kordu drene eden venler epidural alandaki internal vertebral venöz pleksusa bağlanır, bu pleksus da dural sinüslere ve kraniyumdaki vertebral venlere ulaşmak için foramen magnumdan geçer. İnternal vertebral pleksus vertebranın dış yüzeyinde eksternal venöz pleksusla da ilişki kurar.



Şekil 6: İnterior vena kavanın dalları ve lumbar venler (sol lumbar venöz sistem)

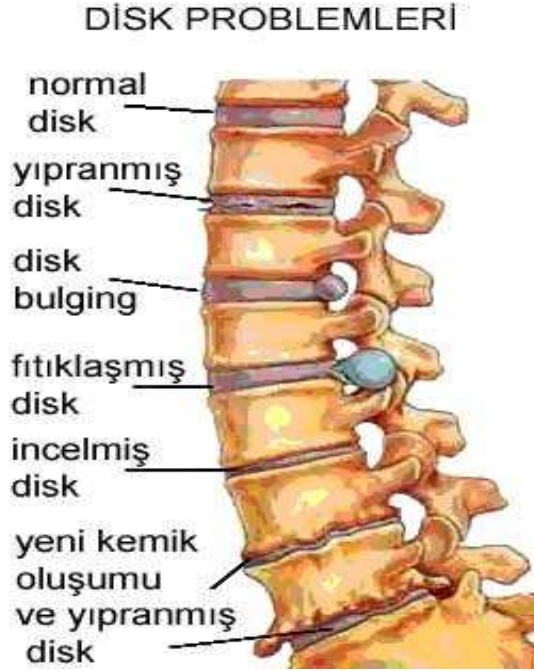
Dört çift lumbar ven kanı dorsal dallarla lumbar kaslardan ve ciltten toplar. Bunlar azigos ve hemiazigos venlerinin lumbar bölgeden orijin alan dalları ile anastomoz yaparlar. Pariyetal peritonun, posterior, lateral ve anterior abdominal duvarların drenajı lumbal venlerin abdominal dallarına doğrudur. Anteriorda abdominal dallar epigastrik venlerin inferior ve superior dalları ile anastomoz yapar. Bu anastomozlar inferior vena cavanın obstrüksiyonu durumunda kanın pelvisten ve alt ekstremiteden kalbe drenajını sağlar. Abdominal dallar superior epigastrik venlere ve internal torasik venler aracılığıyla superior vena cavaya dökülür. Lumbar venler vertebral kolonun yanında vertebral pleksus drenajını sağlar ve asendan lumbar venle bağlantı kurar. Asendan lumbar ven lumbar vertebranın transvers proses köklerinin önünde longitudinal seyreder. Üçüncü ve dördüncü lumbar venler yollarına sadıktırlar ve genellikle inferior vena cavaya posteriordan girebilmek için ilgili vertebra gövdelerinin önünde seyreder. Sol lumbar venler abdominal aortanın arkasından geçerler, bu sebeple daha uzundurlar. Birinci ve 2. lumbar venler daha değişkendir, inferior vena cavaya, asendan lumbar vene veya lumbar azigos venlerine dökülebilirler, sıklıkla birbirleriyle bağlantılıdır. İlk lumbar ven genellikle direkt olarak inferior vena cavaya dökülmez; 2. lumbar vene katılmak için yol değiştirir, direkt olarak asendan lumbar vene dökülür veya ilk lumbar vertebra gövdesinin önünden geçerek lumbar azigos venine katılır. İkinci lumbar ven, renal vene yakın olarak inferior vena cavaya, 3. lumbar vene veya asendan lumbar vene katılır (Şekil 6).

Asendan lumbar ven ana iliak, iliolumbar ve lumbar venlere bağlanır. Psoas major kası ve lumbar vertebraların transvers prosesleri arasında vertikal olarak uzanır. Sağlı sollu bir çift olarak bulunur. Bu venin, ilişkili olduğu azigos veninin ve 1. lumbar venlerin yolları oldukça değişkendir. Superiorda sağda azigosu ve solda hemiazigosu oluşturmak için subkostal vene bağlanır. Bu venler 12. torasik vertebranın önünden geçer ve daha sonra da diyafragmayı delerek toraksa geçer. Asendan lumbar ven inferior vena cavanın arkasına veya solda renal vene küçük bir ven ile bağlanır. Bu küçük ven azigos hattını temsil eder ve lumbar azigos ven olarak bilinir. Zaman zaman asendan lumbar ven 1. lumbar vende sonlanır ve daha sonra ilk lumbar vertebra ile lumbar arterin yanında seyreder.

2.8. BEL AĞRISI

Bel ağrısı lumbosakral spinal bölgeden orjin alır. Üç aydan daha uzun sürdüğünde ve persistan karakterli olduğunda kronik bel ağrısı olarak nitelendirilir. Akut bel ağrılı hastaların çoğu ise 2 ay içinde tedaviden yarar görür.

Populasyonun en az % 10'u her yıl sırt/bel ağrısı ile doktorlara ve fizyoterapistlere başvurmaktadır. Bunun yanısıra, populasyonun % 80'inden fazlası yaşamboyu en az bir kez bel ağrısına maruz kalmaktadır. Bel ağrısı sıklıkla 30-70 yaşları arasında, spor veya endüstriyel/trafik kazaları esnasında ortaya çıkmaktadır²³.



Şekil 7: Bel ağrısına sebep olan intervertebral disk problemleri

2.8.1. Aksiyal eklem ağrısı

Kronik bel ağrısının en yaygın sebepleri internal disk dejenerasyonu (Şekil 7), faset eklem ağrısı ve sakroiliak eklem ağrısıdır. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), kronik bel ağrılı hastalarda en iyi ve en uygun görüntüleme yöntemidir. MRG'de lumbar

intervertebral diskin posterior anulusunda parlak ödem sinyalinin, koyu renkli annulus fibrozisle çevrili olması internal disk dejenerasyonunun göstergesi olabilir ve hastanın şiddetli ağrısını açıklar³³. Kronik bel ağrılı hastalarda, internal disk dejenerasyonunun sonucu olarak diskojenik ağrı görülme prevalansı % 39'dur³⁴. Faset eklem ağrısının yaşlı hastalardaki prevalansı % 40 ve travmaya maruz kalmış çalışanlardaki prevalansı ise % 15'dir³⁵⁻³⁷. Faset eklem medial dal blokları ve faset eklem blokları tanının anlaşılmasını ve radyofrekans ablasyonu da ortalama 12 ay ağrı tedavisini sağlar. Sakroiliak eklem ağrı prevalansı % 15'dir^{38,39}. Tanı sakroiliak blokla kesinleştirilebilir. Bu hastalara medikasyonları, kas güçlendirici fiziksel terapileri, davranışsal ve kognitif terapileri, teröpatik enjeksiyonları, intradiskal elektrotermal terapileri, anüloplastiye ve intratekal infüzyonu içeren multidisipliner yaklaşım uygulanmalıdır.

2.8.2. Radiküler ağrı

Radiküler ağrı sinir köklerinin veya spinal sinir dorsal kök ganglionlarının stimülasyonu ile ortaya çıkar. Lumbar disk hernili ve radikülopatili hastaların % 60'ı ilk 2 ayda iyileşir; ancak hastaların % 20-30'unun persistan bel veya bacak ağrısı (veya her ikisi) 1 yıl daha sürer⁴⁰.

Lumbar disk hernisi sıklıkla fibröz halkanın ve arka longitudinal bağın zayıflığı veya dejenerasyonu sebebiyle nukleus pulposusun arkaya spinal kanala fıtıklaşmasıyla gelişir. Disk hernilerinin %90' ı L₅-S₁ veya L₄₋₅'de olur. Genelde hastalarda tek taraflı lumbar radikülopati mevcuttur. Sıklıkla o dermatom boyunca ağrı oluşturacak şekilde bitişik sinir kökleri sıkışır. Bazen "siyatik" terimi kullanılır, çünkü alt lomber sinir köklerinin sıkışması siyatik sinir boyunca ağrı oluşturur; ancak gerçek siyatik sinir basısına bağlı ağrı bunların ancak %1-2'sini oluşturur. Oturmak, fleksiyon ve artmış abdominal basınç ağrıyı artırırken ayakta durmak hafifletir. Muayenede düz bacak kaldırma testi genelde pozitifdir, pinprick testi ile ısıya duyarlılık azalmıştır, derin tendon refleksi azalmıştır veya yoktur.

Medikasyonlar (nonsteroidal anti-inflamatuar ajanlar, antidepresanlar.vb), fiziksel tedavi, transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), fonksiyonel restorasyonlar,

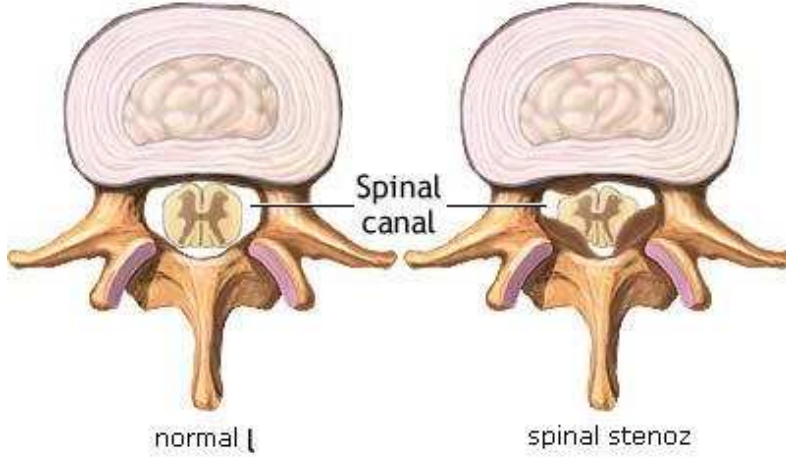
davranışsal ve kognitif terapi, epidural steroid enjeksiyonu, spinal kord stimülasyonu, nükleoplasti ve perkütanöz dekompresyon bu hastalarda multidisipliner yaklaşımın parçalarıdır. Epidural yolla kortikosteroid uygulaması en sık kullanılan tedavi yöntemlerinden biridir ve sinir kökü basılarına bağlı ağrılarda en etkin semptomatik tedavidir. Lumbar epidural boşluğa kaudal, interlaminar veya transforaminal yöntemlerle ulaşılabilir. Epidural kortikosteroidlerin etkinliği, yayınlarda % 18'den % 100'e kadar değişiklik göstermektedir. Bel ağrısı için epidural steroid uygulaması ilk olarak 1952 senesinde Robecchi ve Capra tarafından tanımlanmıştır⁴¹.

Disk herniasyonunu takiben yapılan patolojik çalışmalar herniasyon alanında inflamasyonun da olduğunu göstermektedirler. Epidural steroid enjeksiyonları tek başına lokal anestezi uygulamasından etkindir. Ağrının başladığı ilk iki haftada yapılan enjeksiyonlar daha etkilidir. En yaygın olarak metilprednizolon asetat ve triamsinolon diasetat kullanılır. Fistül oluşmasını önlemek için iğne çekilmeden önce steroidden temizlenmelidir. Steroidin anti-inflamatuar etkisi 12-48 saat içinde başlayana kadar lokal anestezi ağrıyı hızla geçirir. Ağrı sık olarak enjeksiyonu takiben geçici olarak şiddetlenir. Eğer ilk epidural uygulamada yanıt yoksa 2-4 hafta sonra ikinci bir enjeksiyon yapılabilir. Transforaminal epidural steroid enjeksiyonu; radiküler ağrıya sebep olan seviyeye anteriordan direkt uygulandığı, ilaç tek seviyeye enjekte edildiği ve orada lokalize olarak tüm epidural aralığa yayılmadan kaldığı için translaminar teknikten daha başarılıdır.

2.8.3. Spinal stenoz ve Kauda ekina sendromu

Dejeneratif lumbar spinal stenoz omurilik kanalının daralması ile gelişir, kadınlarda erkeklerden 3-5 kat daha yaygındır ve sıklıkla L₄₋₅ veya L₃₋₄ segmentini etkiler (Şekil 8). Hastaların ancak % 5'inde servikal stenoz mevcuttur⁴²⁻⁴⁴. Hastalarda kronik bel ağrı başlangıcı sinsidir; ancak bilateral lumbar radikülopatiye kadar ilerleyebilir. Yürümek ve esnemek ağrıyı artırırken, oturmak ve fleksiyon ağrıyı azaltır. Dejeneratif lumbar spinal stenoz tipik olarak yaşlı hastalarda geliştiği için periferik vasküler hastalıkların

varlığı ekarte edilmelidir. Muayenede düz bacak kaldırma testi ve fokal nörolojik defisit sıklıkla negatiftir.



Şekil 8: Spinal stenoz

Kauda ekina sendromunun klinik göstergeleri bel ağrısı, bilateral alt ekstremitte radikülopatisi, zayıflık, eyer tipi anestezi ve barsak/mesane disfonksiyonudur. MRG tanı için seçilecek ilk görüntüleme yöntemidir. TENS, medikasyonlar, fiziksel tedavi, epidural steroid enjeksiyonu ve intratekal infüzyonlar uygulanabilecek tedavi yöntemleridir.

2.8.4. Başarısız Bel Cerrahisi

Başarısız bel cerrahisi sendromu; bir veya daha fazla bel cerrahisi sonrası persistan olan veya tekrar gelişen bel ağrısı ile karakterizedir. Yanlış tanıya, yanlış hasta seçimine, yetersiz cerrahi dekompresyona/füzyona, enfeksiyona, epidural fibrozise veya tekrar eden cerrahi girişimlere bağlı gerçekleşebilir. İkinci bir cerrahi girişimle epidural fibrozis ve instabilite oranı % 60'ın üzerine çıkar⁴⁵. Epidural fibrozisin tanısında gadolinium ile çekilen MR altın standarttır. Medikasyonlar, minimal invaziv prosedürler, davranışsal ve kognitif tedaviler multidisipliner yaklaşımın parçalarıdır.

2.8.5. Bel ağrısının patofizyolojisi

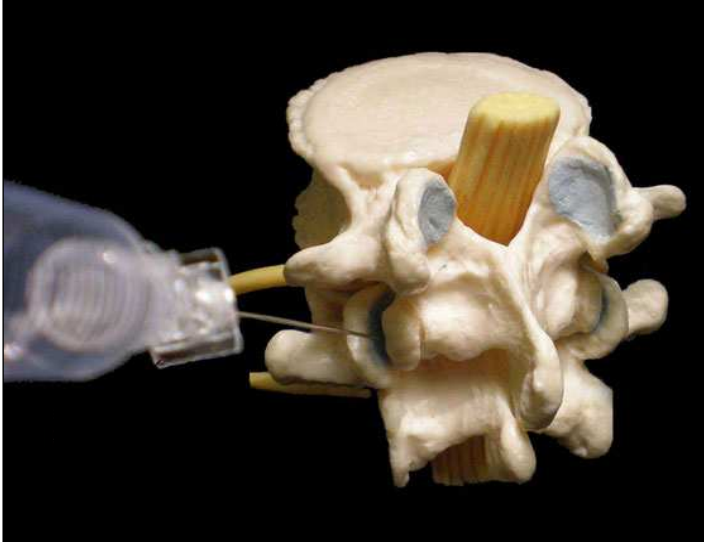
Bel ağrıları disk, sinir kökü, dura, kaslar, ligamentler, fasyalar ve faset eklemlerden kaynaklanabilir⁴⁶. Lomber disk hernisi bel ağrılarının en sık nedeni olarak gösterilmektedir⁴⁷. Disk herniasyonu kaynaklı ağrı sinir kökü kompresyonu ve anulus/posterior longitudinal ligamandaki nöroseptörlerin stimülasyonu sonucunda oluşabilir. Ancak sadece diske bağlı kompresyon veya kitle etkisinin bel ağrısındaki tek mekanizma olamayacağı bilinmektedir⁴⁸. Semptomlar herniasyonun ciddiyeti ile de ilişkili değildir, semptomların düzelmesine rağmen kompresyonun devam edebileceği gösterilmiştir^{49,50}. Buna ek olarak bilgisayarlı tomografi veya MRG ile kanıtlanmış disk hernilerinin asemptomatik olabileceği de gösterilmiştir^{51,52}. Radiküler ağrı için parsiyel aksonal hasar, nöroma formasyonu, fokal demyelinizasyon, intranöral ödem ve bozulmuş mikrosirkülasyonu da içeren pek çok mekanizma öne sürülmüştür⁵³⁻⁵⁶. Bir diğer teori de disk ve sinir kökünde kimyasal iritasyon ve inflamasyondur. Bunun mekanik faktör olsun veya olmasın bir ağrı jeneratörü işlevi gördüğü öne sürülmektedir^{57,58}. İnflamatuar etkiye kanıtlar nükleus pulposustan dorsal kök ganglionuna ilerleyen A- δ ve B- β liflerindeki baskılanmış akımlar ile gösterilmiştir^{57,59}. Ek olarak, nükleus pulposusun mekanik kompresyon olmaksızın epidural boşluğa geçişi ile azalmış sinir iletim hızı da gözlenmiştir^{55,56}. Fosfolipaz A₂ ve immün reaktivite ile ilişkili olan nükleus pulposusun epidural boşluğa geçişi sırasında oluşan mekanik hiperaljezi; disk materyalinde nitrik oksit seviyesi ile ilişkili olan ve anulus fibrozus ile nükleus pulposusun epidural boşluğa geçişi sonucunda oluşan termal hiperaljezi ve mekanik hipoaljezi^{60,61}, nükleus pulposusun basısı sırasında oluşan azalmış dorsal kök gangliyon kan akımı; yine nükleus pulposusun sinir kökü üzerinde basısı sonucu oluşan dorsal kök gangliyonunda endonöral sıvı basınç artışı⁵⁸ ve ezilmiş disk materyali sonucunda oluşan nitrik oksit bel ağrısından sorumlu tutulan etmenler olarak tanımlanmıştır⁶². Her ne kadar nükleus pulposus ve sinir kökü arasındaki inflammatuar reaksiyonun disk hernisine bağlı bel ağrısında önemli bir role sahip olduğu bilinse de patojenik mekanizma tam olarak anlaşılamamıştır^{53,62-65}. Kimyasal hasarla dorsal kök gangliyonundaki sensoriyal nöronların hasarlandığı bilinmektedir⁶⁶. Lee ve ark.⁶⁶ hasarlanmış sinir kökü modelinde yüksek fosfolipaz A₂ seviyelerini göstermiştir ve epidural steroidlerin etkinliği bu fosfolipaz A₂ aktivitesinin inhibisyonu olarak ileri

sürülmektedir. Çalışmalar epidural steroid enjeksiyonlarının disk ve sinir kökünde kimyasal iritasyon ile inflamasyonu azaltarak etki gösterdiğini ileri sürmektedirler^{66,67}. Ek olarak, nukleus pulpozusa epidural yaklaşımın sinir kökünde morfolojik ve fonksiyonel değişiklikleri azalttığı deneysel olarak gösterilmiştir⁶⁸. Metilprednizolonun nukleus pulpozusun epidural boşluğa doğru yer değiştirmesi sonucu oluşan sinir kökü hasarını azalttığı bildirilmiştir. Benzer olarak epidural olarak uygulanan betametazonun da termal hiperaljezide etkinliği gösterilmiştir⁶⁹.

2.9. MİNİMAL İNVAZİV TEDAVİ YÖNTEMLERİ

2.9.1. Zigafofizial eklem bloğu

Lumbar faset eklem, komşu vertebraların superior ve inferior artiküler proseslerinin eklem yapmasıyla oluşur. Her bir eklem aynı seviyedeki vertebradan çıkan medial dalla beslenir. Faset eklem bloğu intra-artiküler teknikle veya medial dal tekniği ile, hasta pron pozisyonda yatarken uygulanır³³ (Şekil 9).



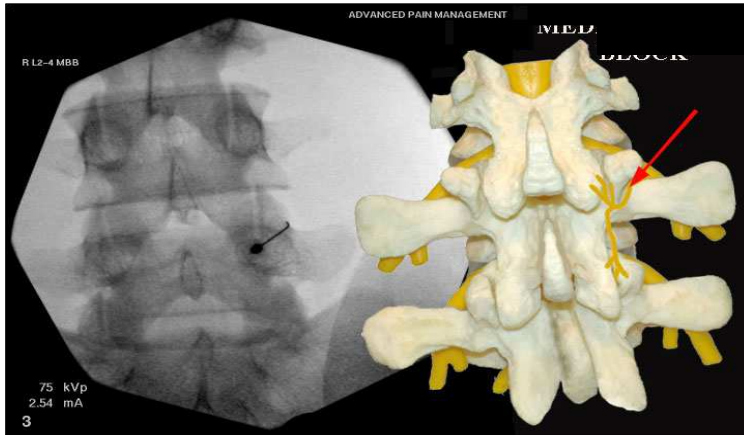
Şekil 9: Zigafofizial eklem enjeksiyonu

İntra-artiküler teknik

Antero-posterior (AP) floroskopik görüntüleme altında medial-lateral rotasyonla faset eklem görüntülenir. Lokal anestetik uygulaması sonrası 22-gauge iğne ile faset ekleme ulaşılır. İğnenin yeri kontrast madde ile kontrol edildikten sonra lokal anestetik (\pm steroid) enjekte edilir.

Medial Dal tekniği

Bu teknikte superior artiküler proses ve transvers proses AP floroskopisi ile görüntülenir. Hedefe 22-gauge iğne ile ulaşıldıktan ve yer kontrolü yapıldıktan sonra lokal anestetik enjekte edilir (Şekil 10).



Şekil 10: Zigafofizial eklem bloğunda medial dal tekniğinin kullanılması

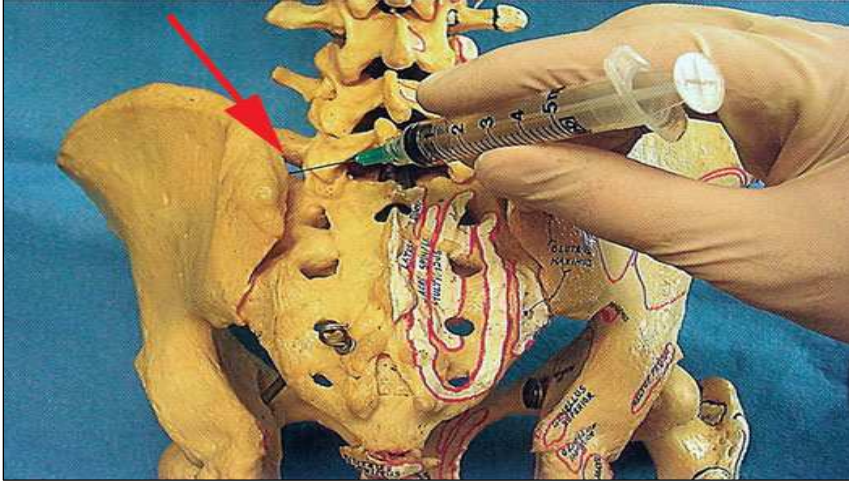
Radyofrekans Ablasyon

Lumbar medial dalların radyofrekans ablasyonu, faset eklem bloğundan fayda gören ancak faydanın geçici olduğu hastalara uygulanır. Medial dal tekniği ile aynı yaklaşım uygulanır. Superior artiküler proses ve transvers proses eklemine ulaşıp AP ve lateral floroskopik görüntüler doğru olarak elde edildikten sonra duyu/motor stimülasyonu

yapılır. Uygun stimulatoryları takiben 80°C ile 90 saniye radyofrekans ablyasyon uygulanır.

2.9.2. Sakroiliak eklem enjeksiyonu

Sakroiliak eklem sakrum ve iliumun artiküler yüzeylelerinin birleşimi ile oluşur. Hasta pron pozisyondayken sakroiliak eklem floroskopi ile görüntülenir. Eklem yerine ulaşılır ve kontrol sonrası lokal anestetik enjeksiyonu (\pm steroid) uygulanır (Şekil 11).



Şekil 11: Sakroiliak eklem enjeksiyonu

2.9.3. Diskografi

İntervertebral disk sinüvertebral sinir ile posteriordan ve sempatik sinir sisteminden gelen sinirler ile anterior ve lateralden inerve edilir.

Preoperatif antibiyotik uygulaması sonrası hasta pron pozisyondaya yatırılır. İntervertebral disk, inferior end-plateler dizildikten ve floroskop çevirilerek inferior end-plate'in orta noktasında superior artiküler proses görüntülendikten sonra görülür. Gerekli sterilizasyon uygulandıktan sonra 20-gauge'luk iğne, superior artiküler prosesin orta noktasının anterolateraline yerleştirilir. 25 gauge'luk iğne ile 20 gauge'luk iğnenin

içinden geçilir ve intervertebral diske ulaşılır³³. İğne yerleşimi AP ve lateral floroskopik görüntüler ile kontrol edilir. Kontrast madde ve antibiyotik basınç monitorizasyonu eşliğinde enjekte edilir. Kontrast yayılımının kontrolü için hastanın 2 saat içerisinde bilgisayarlı tomografisi çekilir.

2.9.4. İntradiskal Elektrotermal Terapi (IDET)

Standart lumbar diskografi ile aynı yöntem uygulanır. İğne nukleus içine yerleştirildikten ve konumu floroskopi ile kontrol edildikten sonra iğnenin içinden spineCATH kateter gönderilir. Kateterin nukleusun posterior yüzünde ve anular duvarda orta hattı geçtiği floroskopi ile görülür³³. Termal enerji hastanın toleransına göre 80-90°C olarak sırayla 6-4 dakika uygulanır.

2.9.5. Anüloplasti

Lumbar diskografi ile aynı yaklaşım kullanılır. DiscTRODE introducer iğne kullanılır. İğnenin yeri floroskopi ile teyit edildikten sonra DiscTRODE RF kateter iğnenin içinden gönderilir. Kateter pozisyonunun da kontrolü sonrası 65°C RF enerjisi 4 dakika uygulanır³³.

2.9.6. Nükleoplasti

Nükleoplastide de lumbar diskografi ile aynı yaklaşım kullanılır. Başlangıçta 6 kanallı 52°C ile 125 V'da koablasyon ve sonrasında 65 V'da koagülasyon uygulanır.

2.9.7. Perkütan dekompresyon

Lumbar diskografi ile aynı yaklaşım kullanılır. Dekompresör iğne (17-gauge) disk anulusuna ulaşmak amacı ile superior artiküler prosesin orta nokasının anterolateraline yerleştirilir. Nukleusun boyutu kontrast ve antibiyotikle floroskopi altında kontrol edilir. Dekompresyon yapan cihaz iğnenin içinden nukleusa gönderilir ve 1 mL nukleus dekompresyonu yapılır³³.

2.9.8. Spinal kord stimulasyonu

Spinal kord stimulasyonunda ağrının Melzack-Wall kapı kontrol teorisi esas alınır. Asıl mekanizma bilinmemektedir. İmplantasyon öncesi spinal kord stimulasyon denemesi gereklidir. İntravenöz antibiyotik uygulaması sonrası hasta pron pozisyonda yatırılır. Sterilizasyon sağlanır ve lokal anestetik uygulanır. Epidural aralığa paramedian yaklaşımla 15-gauge iğne ile ulaşılır. Direnç kaybı tekniği ve floroskopik görüntülerle iğnenin yeri belirlenir. Spinal kord stimulasyon kılavuzu istenen vertebral seviyeye kadar ilerletilir³³. İşlem sırasında hasta uyanıktır ve ağrı ile stimulasyon paternlerinin karşılaştırılmasında yardımcı olur. Epidural iğne dışarı alınarak kılavuz sabitlenir. Hasta spinal kord stimulatörünün etkinlik, tolerans ve yan etkilerini bir süre değerlendirir ve sonuca göre de kalıcı stimulatöre karar verilir. Kalıcı stimulatörün alıcısı/jeneratörü üst gluteal alana subkütanöz olarak yerleştirilir.

2.9.9. İntratekal infüzyon

İmplantasyon öncesi intratekal infüzyon denemesi yapılmalıdır. Rutin hazırlıklar sonrası 18-gauge Tuohy iğne paramedian yaklaşımla intratekal aralığa ilerletilir. BOS gelişi ve floroskopi ile yer kesinleştirildikten sonra 20-gauge kateter iğnenin içinden istenilen vertebra seviyesine kadar ilerletilir³³. Kateterden de BOS gelişi tekrar kontrol edildikten sonra iğne çıkarılır ve kateter eksternal infüzyon pompasına bağlanır. Minimal yan etkilerle, yöntemin etkinliği ve hasta tarafından toleransı iyi ise kalıcı hale getirilir. Pompa karnın alt kısmına subkütanöz olarak yerleştirilir.

2.9.10. Transforaminal epidural enjeksiyon yöntemi

Cathelin, Pasquier, Leri ve Sicard tarafından ilk kaudal epidural enjeksiyon 1901 senesinde uygulanmıştır⁷⁰⁻⁷². Bu dönemde hedef bölgeye ulaşım için interlaminar yaklaşım daha fazla tercih edilmiştir⁷³⁻⁷⁵; ancak daha sonra floroskopik yöntem kullanılmamasına bağlı iğnenin yanlış yerleşimi ve interlaminar yöntemin başarısının

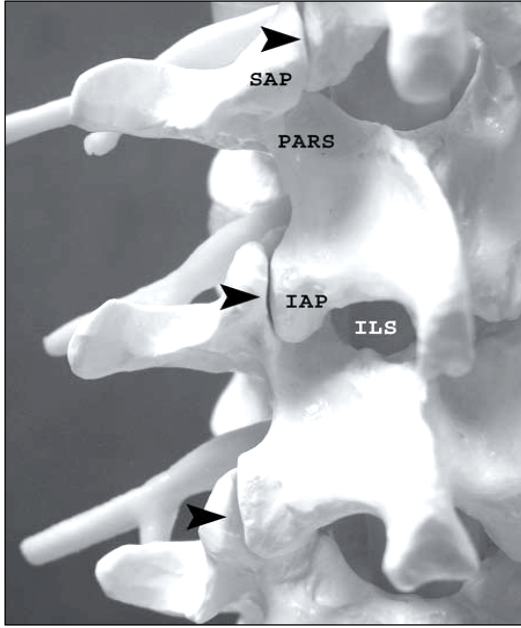
düşük olduğuna dair yayımların artması üzerine interlaminar yöntem ve steroidler tartışılmaya başlanmıştır^{76,77}.

Transforaminal yöntem interlaminar ve kaudal epidural yönetime alternatif olarak ortaya çıkmıştır. İlk epidural steroid uygulamaları transforaminal yöntemle yapılmıştır. Robecchi ve Capra⁴¹ 1952 senesinde S₁ sinir köküne periradiküler olarak hidrokortizon enjekte etmişler ve başarılı sonuç aldıklarını bildirmişlerdir. Macnab ve ark.⁷⁸ 1971 senesinde radikülopatide selektif sinir kökü enjeksiyonunun etkin olduğunu gösteren bir çalışma yapmışlardır. Selektif sinir kökü bloğu, selektif sinir kökü infiltrasyonu, sinir kökü kılıf enjeksiyonu isimleriyle de bilinen transforaminal epidural enjeksiyonlar radikülopatinin tanı ve tedavisinde o tarihlerden beri yaygın olarak kullanılmaktadır^{79,80}.

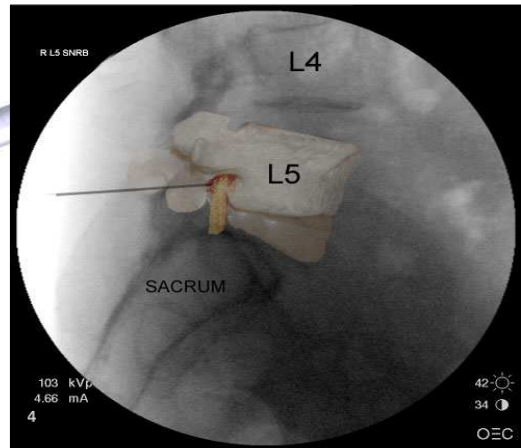
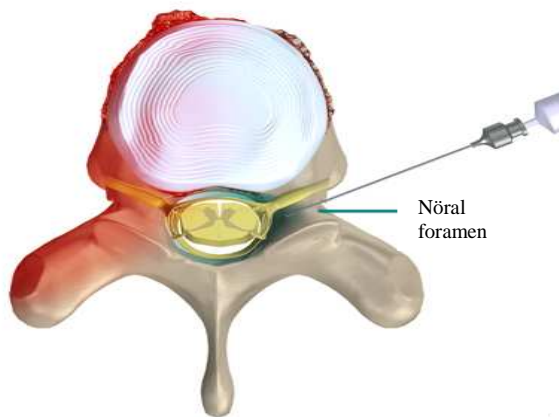
İlk olarak Tajima ve ark.⁸¹ tarafından lumbosakral transforaminal epidural enjeksiyonlar floroskopi eşliğinde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Daha sonra bu teknik zamanla geliştirilmiştir. İşlem hasta pron pozisyondayken kemik işaret noktalarını belirleyebilmek için floroskopi eşliğinde gerçekleştirilir. İşlem sırasında hasta pron, lateral veya yarı lateral pozisyonda yatar, tek veya çift iğne tekniği ile oblik veya posterior yaklaşım kullanılır. Gerekli sterilizasyon işlemleri yapıldıktan sonra transforaminal iğne (22- veya 25-gauge 3½-inch) pedikülün alt kısmına ve hedeflenen sinir kökünün hemen üst kısmına saat 6 yönünde yerleştirilir. Bogduk ve ark.³² işlemin daha güvenle yapılabilmesi için güvenli bir üçgen bölge tanımlamışlardır. Üçgen pedikülün yatay tabanı, intervertebral foramenin dış düşey sınırı, sinir kökü ve dorsal gangliyonu tarafından sınırlandırılmıştır. İğne bu güvenli üçgen içerisine yerleştirildiği zaman sinir kökünün yukarı ve dış kısmına denk gelmektedir.

Hasta posterior yaklaşım uygulamak için pron pozisyonda yatırılır. Floroskopa spinal prosesler orta hatta olacak şekilde pozisyon verilir. İğne transvers prosesin lateral sınırından ve yine ardışık iki transvers prosesin yarı mesafesinde olacak şekilde hedef bölgeye yönlendirilerek ciltten geçilir. Daha sonra transvers prosesin superior artiküler prosesle birleşim yerinin alt sınırına doğru yönlendirilir. İğne transvers prosesin kenarına yönlendirilip daha sonra yavaşça geri çekilerek pedikül tabanına doğru da yönlendirilir (Şekil 12, Şekil 13). Bu son yöntem kullanılmadan iğne doğrudan pediküle

yönlendirilerek de işlem gerçekleştirilebilir. Bunu takiben küçük hacimde kontrast madde enjekte edilerek sinir kökünde dağılım gözlenir. İğne eğer sinir kökünü saran epiradiküler membranı geçmişse, floroskopik olarak kontrastın dağılımına bağlı sinir köküne ait pozitif bir görünüm izlenir (Şekil 14). Ancak nörograma ait klasik kontrast dağılım paterni her zaman görülemeyebilir. Kontrast dağılımı sinir kökünün anormal pozisyonunu veya basısını da ortaya koyabilir⁸². Başarılı kontrast dağılımı gözlemlendikten sonra kortikosteroid ve lokal anestetik karışımı enjekte edilerek işlem tamamlanır.



Şekil 12: Superior ve inferior pediküller, spinal sinirlerin intervertebral foramenlerden çıkışı



Şekil 13: Transforaminal yaklaşım



Şekil 14: Transforaminal uygulamada floroskopi altında kontrast yayılımı

S₁ sinir köküne yaklaşımda da tek iğne tekniği kullanılır. Hasta yine pron pozisyonda yatırılır ve S₁ foramen floroskop ile bulunur. Oval S₁ pedikülünün hemen altında küçük bir radyolüsen daire izlenir. Anterior ve posterior foraminaların ayırt edilebilmesi için floroskop ile sefalokaudat yönden bakmak gerekebilir. İğne dikkatlice S₁ pedikülünün lateral ve inferioruna doğru ilerletilir. Daha sonra posterior foraminadan pedikülün iç kenarına doğru yavaşça ilerletilir. Posterior ve anterior foramina ve pelvis içerisine girmemek için çok dikkatli olmak gerekir. Posterior sakral kemiğe ilk temas S₁ foraminaya girmeden önce ilerlenecek derinlik ve iğne yönü açısından fikir verir. Kontrast dağılımı ile iğnenin yeri doğrulanır. Lokal anestezi ve kortikosteroid karışımı uygulanır.

Oblik yaklaşımla lumbar transforaminal epidural enjeksiyon gerçekleştirilecekse, hastaya ve floroskopa hedeflenen sinir kökü tarafındaki pedikülün oblik projeksiyonu görülebilecek şekilde pozisyon verilir⁸³. Superior artiküler proses vertebranın anterior ve posterior kenarları arasında izlenir. Artiküler prosesin tabanının pedikül ile aynı hatta olmasına dikkat edilir. İğne superior artiküler prosesin üzerine ve pedikülün tabanına yönlendirilerek pedikül altındaki kemik dokuya ulaşılan kadar yavaşça ilerletilir. Bunu takiben kontrast madde yavaşça verilir. Sinir köküne kontrast yayılımı gözlenir.

Transforaminal epidural enjeksiyonlar tanısal amaçlarla lokalize nöral iritasyonda, diskojenik ağrıda ve cerrahi sonrası sendromda endikedir. Transforaminal enjeksiyonların tanısal amaçlı kullanımı disk hernisi ve nörolojik defisiti olan hastaların büyük bölümünün ağrılarının nedeninin klinik bulgular, görüntüleme ve nörofizyolojik yöntemlerle açıklanamaması nedeni ile ortaya çıkmıştır^{84,85}. Dahası transforaminal enjeksiyonlar ağrı merkezlerine başvuran kesin tanı alamamış hastaların % 40-67' sinde, 1/3000'inde görülen psikojenik ağrının ayırıcı tanısında ve psikosomatik ağrı tanısı almış hastalarda organik neden varlığını göstermede de endikedir.

Disk hernisi olan hastalarda cerrahiden kaçınmak için transforaminal steroid uygulaması sık kullanılan bir yöntemdir. Ağrı basıdan çok sinir kökündeki inflamasyon nedeniyle olduğu için steroidin antiinflamatuvar etkisinden tedavide yararlanılmaktadır⁸⁶.

Diskektomi geçiren hastalarda, disk hernisi olmadan radikülopatinin tekrarladığı durumlarda hastalar transforaminal uygulamalardan fayda görmektedir. Bu hastalarda skar dokunun sinir üzerine bası yaptığı düşünülmektedir. Bu grup hastada tekrarlayan enjeksiyonlara ihtiyaç duyulabilir. Bunlara ek olarak diski innerve eden sinuvertebral sinir ve perinöral dokunun iritasyonu durumlarında da yöntem etkin olarak kullanılmaktadır.

Transforaminal epidural steroid uygulamasının en sık komplikasyonları nöral yapılara uygulanan travma ile persistan parestezi/parapleji, dural hasarlanma (total spinal anestezi), segmental arterlere yapılan enjeksiyon ile spinal kord iskemisi, enfeksiyon/sepsis ve steroidlerle ilişkilidir. Abram ve O'Connor⁸⁷ epidural steroid uygulamasına bağlı 2 menenjit vakası bildirmişlerdir. Transforaminal epidural steroid enjeksiyonlarının komplikasyonlarına ait yayınlanmış bir derleme bulunmamaktadır. Steroidlere ait yan etkiler bu ilaçların kimyasal ve farmakolojik özelliklerine bağlıdır. Flushing kortikosteroidlerin kullanımına bağlı diğer bir yan etkidir. Clifford ve ark.⁸⁸ flushing görülme insidansını % 11 olarak bildirmişlerdir.

Ventral lumbar epidural alan ve foramende vasküler yapılar fazla olduğu için floroskopik yöntemle yapılan transforaminal lumbosakral epidural uygulamalarda % 8.9' dan % 21.3'e kadar değişiklik gösteren intravasküler uygulama bildirilmiştir. Smuchk ve ark.⁸⁹ floroskopik yöntemle epidural ve vasküler bölgeye enjeksiyon insidansını % 8.9 olarak görmüşler. Sadece intravasküler enjeksiyon oranını ise % 4.2 olarak belirlemişlerdir. Bu komplikasyon özellikle spinal stenoz ve protrüde olan disk veya intraabdominal/spinal kanal tümör kitlesi sebebiyle obstrüksiyonu olan, epidural venleri distandü olan hastalarda daha fazla görülür. İğne ile olan epidural ven travması genelde kendi kendini sınırlar; ancak kontrol edilemez kanama meydana gelirse spinal kord kompresyonu ile nörolojik defisit gelişebilir.

Transforaminal steroid uygulamasına bağlı epidural abse nadir görülen bir komplikasyondur. Kabbara ve ark.⁹⁰ uygulamayı takiben 11 gün sonra metisilin dirençli stafilokokkus aureusa bağlı bir abse vakasını bildirmişler. Hasta cerrahi müdahale ve vankomisin tedavisi sonrasında 1 yıllık süre içinde sağlığına kavuşmuştur. Enfeksiyondan cilt florasına uygun antisepsiyon yapılmaması sorumlu tutulmuştur.

Anterior epidural boşlukta posterior boşlukta olmayan foraminal arterler bulunmaktadır. Bu nedenle transforaminal uygulamalarda spinal kordu besleyen anastomozlar yapan arteriyel ağın başlangıcı olan foraminal arterlerin hasarlanma riski mevcuttur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'na ait % 10 formaldehit ile fikse edilmiş 32-67 yaşları arasındaki 4 erkek kadavrada lumbal bölge bilateral şekilde diseke edildi. Lumbal spinal sinirlerin arka dalları ve bunlara eşlik eden vasküler yapılar korunarak yüzeysel kaslar erektor spina kası uzaklaştırıldı. Tüm lumbal seviyelerde önce spinal sinirlerin arka dalları gözlendi. Bu sinire ait dallar ortaya konduktan sonra faset eklem ile ilişkileri değerlendirildi. Ardından intertransvers bağ geçilerek spinal sinirlerin ön dallarının oluşturduğu, psoas major kası içindeki lumbal pleksus'a ulaşıldı. Bu dallar proksimale doğru izlenerek tüm lumbal seviyelerde intervertebral foramen'den çıkış yerinde spinal sinirlere ulaşıldı.

Diseksiyonlar sırasında spinal sinir etrafındaki vasküler yapıların korunmasına özellikle dikkat edildi. Transvers çıkıntılarının önünde, intervertebral foramen üzerinden vertikal olarak uzanan asendan lumbal ven ve bu venin bağlantılı olduğu lumbal venler ortaya konarak spinal sinirler ile ilişkileri değerlendirildi (Şekil 15). Venlerin yanında seyrettiği lumbal arterler de diseke edilerek ortaya kondu. Üst ve alt pediküller görülecek şekilde bağ dokusu uzaklaştırıldı.

Yapıların hepsi değerlendirildikten sonra, farklı kaynaklarda foraminal enjeksiyonda güvenli alan olarak tarif edilen spinal sinir ile üst pedikül arasında kalan bölgeye, spinal iğne sagittal düzlem ile yaklaşık 30 derecelik bir açı yapacak şekilde yerleştirildi. Doğru alanda olduğumuzu direk olarak görmemize rağmen klinik uygulamalara benzer şekilde, doğru alanda olup olmadığımızı doğrulamak amacıyla skopi altında uygulama tekrarlandı. Doğru alanda olduğumuzu gözledikten sonra iğnenin çevredeki komplikasyon oluşturabilecek önemli nörovasküler yapılara uzaklıklarını değerlendirdik.

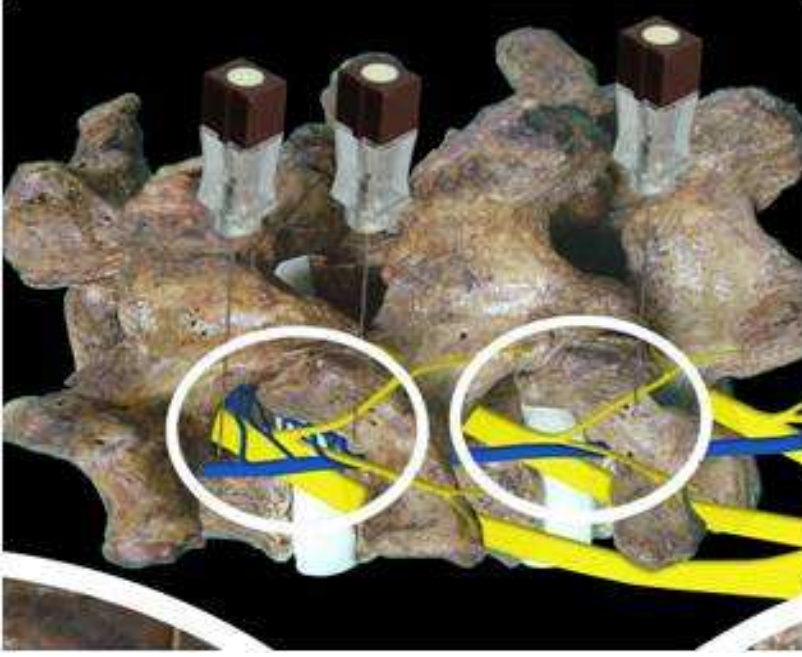
Spinal sinirlerin ön dallarını ortaya konmak amacıyla erektor spina ve psoas major kasları kaldırıldığında intervertebral foramenin dış ağzında, spinal sinir üzerinde yoğun bir vasküler ağ gözlendi. Diseksiyon ilerletildiğinde bu vasküler ağ lumbal arter ve venlerin oluşturduğu görüldü.

Asendan lumbal ven transvers çukıntuların önünde, intervertebral foramenin üzerinde vertikal olarak uzandığı ve çok varyasyon gösterdiği tespit edildi (çapı 1,26 mm ile 7,60 mm arasında). Bunun yanı sıra bazı seviyelerde tam olarak oluşmuş ve tüm seviyelerde devam eden bir asendan lumbal venin görülemediği durumlarla da karşılaşıldı. Bir seviyede (iki transvers çukıntı arasındaki alanda) bazı alanlarda çok küçük çaplı da olsa, foraminal enjeksiyonun yapıldığı spinal sinir ile üst pedikül arasındaki bölgede (üst üçgen) bu vene bağlanan lumbal venlerin katılımı ile oldukça kalınlaştığı gözlemlendi. Bu nedenle enjeksiyon yapılan alanı (alttan spinal sinir, üstten superior pedikülün sınırladığı bölgeyi) lateralden sınırlayan ve önemli komplikasyonlara yol açabilecek bir yapı olarak değerlendirildi. Lumbal arterlere ait dalların ise venlere göre daha laterale yerleştii izlendi. Spinal sinirin oblik olarak seyretmesi nedeniyle üst pedikülün altında kalan güvenli alan mediale doğru gidildikçe daralıyordu.

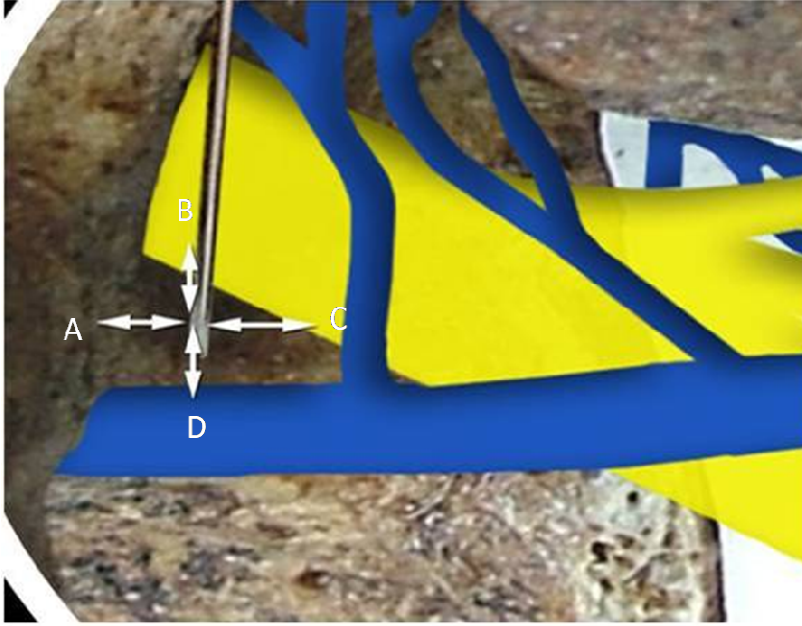
Enjeksiyon tekniğine uygun olarak güvenli olduğu düşünölen bu sahaya yerleştiren iğnenin spinal sinire, üst pediküle ve asendan lumbal vene olan uzaklıkları ölçöldü, floroskopi eşliğinde de iğnenin uygun yerde olduğu teyid edildi (Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18).

Non-parametrik Kruskal-Wallis testi ile herbir seviyedeki ölçömlerin ortalama değerleri ve standart sapmaları değerlendirildi. Ki-kare testi ile sağ ve soldaki tüm ölçömler her seviyede kendi aralarında karşılaştırıldı. Wilcoxon Signed Ranks testi ile de tüm ölçömlerin sağ ve solda farklılık gösterip göstermediği araştırıldı. Ki-kare ve Wilcoxon Signed Ranks testlerinde $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Güvenli üçgen aralığına ulaşıırken, faset eklemlerin birbirine çok yaklaşması ve oblik girişimi engelleyen iliak kanatlar nedeniyle özellikle L₅-S₁ seviyesinde oldukça zorlandı.



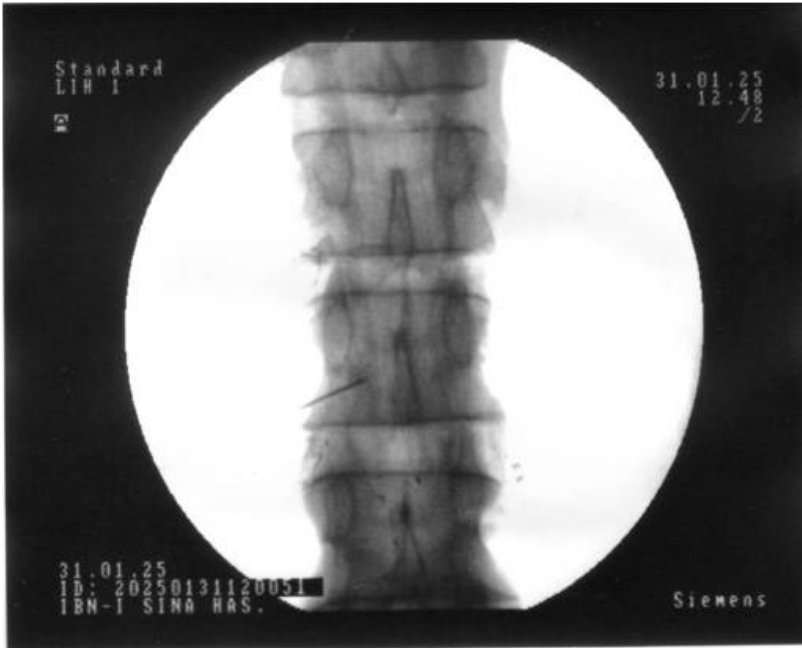
Şekil 15: Spinal sinirlerin intervertebral foraminalardan çıkışı



Şekil 16: Kadavra üzerinde, sagittal düzleme 30° açı ile güvenli üçgen aralığına yerleştirilen spinal iğnenin görüntülenmesi ve spinal iğnenin komplikasyon sebebi olabilecek nörovasküler yapılara uzaklık ölçümleri (A: superior pediküle uzaklık, B: transvers ölçüm uzaklığı, C: vertikal ölçüm uzaklığı, D: asendan lumbal vene uzaklık)



Şekil 17: Kadavra diseksiyonu: intervertebral foramenden spinal sinirlerin çıkışı, güvenli üçgen aralığındaki seyirleri ve asendan lumbal ven ile ilişkisi



Şekil 18: Güvenli üçgen aralığına yerleştirilen spinal iğnenin yerinin ölçüm öncesinde floroskopi ile değerlendirilmesi

4. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 4 kadavradan, lomber vertebraların her bir seviyesinde bilateral ölçümler “Gereç ve Yöntem” bölümünde belirtildiği gibi sırayla alınmıştır. Aşağıdaki tablolar (Tablo 1-4) tüm kadvraların her bir ölçümünü milimetre (mm) cinsinden belirtmektedir.

Tablo 1: Kadavra 1 ölçümleri (mm)

			Spinal sinir		
Seviye		V. lum. as.	Sup. Pedikül	Transvers	Vertikal
L ₁	Sağ	2,45	0,86	2,01	1,11
	Sol	2,25	0,71	0,78	1,31
L ₂	Sağ	1,98	0,38	0,27	1,13
	Sol	3,65	1,45	0	0
L ₃	Sağ	1,81	0,90	0,50	1,30
	Sol	-*	1,44	0,89	0,87
L ₄	Sağ	-*	0,85	0,29	0,67
	Sol	-*	0,83	0,56	1,47
L ₅	Sağ	-*	0,33	1,01	0,68
	Sol	-*	0,79	1,34	2,01

*Darlıklar sebebi ile iğnenin asendan lumbal vene uzaklık ölçümleri sol L₃-L₄ ve bilateral L₄-L₅, L₅-S₁ seviyelerinde elde edilememiştir.

Tablo 2: Kadavra 2 ölçümleri (mm)

			Spinal sinir		
Seviye		V. lum. as.	Sup. Pedikül	Transvers	Vertikal
L ₁	Sağ	-*	0,93	1,01	1,06
	Sol	-*	1,02	0,86	0,92
L ₂	Sağ	-*	1,03	0,91	0,7
	Sol	-*	0,97	0,64	0,52
L ₃	Sağ	-*	1,03	0,83	0,76
	Sol	-*	0,95	0,44	0,47
L ₄	Sağ	-*	0,93	0,61	0,32
	Sol	-*	0,67	0,59	0,44
L ₅	Sağ	-*	0,61	0,31	0,47
	Sol	-*	0,52	0,29	0,38

*Bu kadvrada hematoma sebebi ile asendan lumbal venle ilgili ölçümler hiçbir seviyede yapılamamıştır.

Tablo 3: Kadavra 3 ölçümleri (mm)

			Spinal sinir		
Seviye		V. lum. as.	Sup. Pedikül	Transvers	Vertikal
L ₁	Sağ	1,59	1,09	0,87	0,72
	Sol	1,91	1,07	1,01	0,75
L ₂	Sağ	1,68	0,92	0,83	0,62
	Sol	2,1	1,1	0,91	0,77
L ₃	Sağ	1,57	1,12	0,76	0,69
	Sol	2,25	1,21	1,23	0,83
L ₄	Sağ	1,99	0,95	0,92	0,8
	Sol	2,49	0,91	0,87	0,81
L ₅	Sağ	-*	0,89	0	0
	Sol	-*	0,25	0	0

*Darlıklar sebebi ile iğnenin asendan lumbal vene uzaklık ölçümleri bilateral L₅-S₁ seviyelerinde elde edilememiştir.

Tablo 4: Kadavra 4 ölçümleri (mm)

			Spinal sinir		
Seviye		V. lum. as.	Sup. Pedikül	Transvers	Vertikal
L ₁	Sağ	1,05	1,29	2,3	1,87
	Sol	1,24	1,45	1,53	1,52
L ₂	Sağ	1,49	1,37	2,14	2,04
	Sol	2,04	2	1,58	3,1
L ₃	Sağ	2,81	0,92	2,4	2,34
	Sol	3,1	1,51	2,1	2,38
L ₄	Sağ	2,48	2,04	2,81	1,94
	Sol	2,85	1,34	1,61	2,07
L ₅	Sağ	-*	1,85	1,46	1,5
	Sol	-*	2,92	1,03	1,27

*Darlıklar sebebi ile iğnenin asendan lumbal vene uzaklık ölçümleri bilateral L₅-S₁ seviyelerinde elde edilememiştir.

Her 4 kadavrada elde edilen farklı seviyelerdeki farklı ölçümlerin kendi aralarında bilateral ortalama ile standart sapma değerleri Kruskal-Wallis testi ile hesaplanmıştır (Tablo 5-8). Spinal iğnenin bilateral lumbal seviyelerde asendan lumbal vene uzaklıkları

ölçülmüş, en büyük değerler sırasıyla L₃₋₄ sol, L₄₋₅ sol ve L₂₋₃ sol'da saptanmıştır.. Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde superior pediküle uzaklıkları ölçüldüğünde en büyük değerler sırasıyla L₂₋₃ sol ve L₃₋₄ sol'da elde edilmiştir. Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde spinal sinire transvers uzaklıkları değerlendirildiğinde ise en büyük uzaklık L₁₋₂ sağ'da elde edilmiştir. Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde spinal sinire vertikal uzaklıkları ölçüldüğünde L₃₋₄ sağ ve L₄₋₅ sol'da en büyük değerler saptanmıştır.

Tablo 5: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin asendan lumbar vene uzaklıklarının ortalama ile standart sapma değerleri (mm)

Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde asendan lumbal vene uzaklıkları	Ortalama ± S.Deviasyon
L ₁₋₂ sağ	1,6967 ± 0,70607
L ₁₋₂ sol	1,8000 ± 0,51391
L ₂₋₃ sağ	1,7167 ± 0,24705
L ₂₋₃ sol	2,5967 ± 0,91271
L ₃₋₄ sağ	2,0633 ± 0,65767
L ₃₋₄ sol	2,6750 ± 0,60104
L ₄₋₅ sağ	2,2350 ± 0,34648
L ₄₋₅ sol	2,67 ± 0,25456
L _{5-S₁} sağ	-
L _{5-S₁} sol	-
Total sağ	1,90 ± 0,51319
Total sol	2,3880 ± 0,67593

Tablo 6: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin superior pediküle uzaklıklarının ortalama ile standart sapma değerleri (mm)

Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde superior pediküle uzaklıkları	Ortalama ± S.Deviasyon
L ₁₋₂ sağ	1,0425 ± 0,19103
L ₁₋₂ sol	1,0625 ± 0,30347
L ₂₋₃ sağ	0,9250 ± 0,41073
L ₂₋₃ sol	1,38 ± 0,46036
L ₃₋₄ sağ	0,9925 ± 0,10243
L ₃₋₄ sol	1,2775 ± 0,25316
L ₄₋₅ sağ	1,1925 ± 0,56665
L ₄₋₅ sol	0,9375 ± 0,28628
L _{5-S₁} sağ	0,92 ± 0,66081
L _{5-S₁} sol	1,12 ± 1,220008
Total sağ	1,0145 ± 0,40522
Total sol	1,1555 ± 0,57614

Tablo 7: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin spinal sinire transvers uzaklıklarının ortalama ile standart sapma değerleri (mm)

Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde spinal sinire transvers uzaklıkları	Ortalama ± S.Deviasyon
L ₁₋₂ sağ	1,548 ± 0,7137
L ₁₋₂ sol	1,0450 ± 0,33710
L ₂₋₃ sağ	1,038 ± 0,7882
L ₂₋₃ sol	0,7825 ± 0,65444
L ₃₋₄ sağ	1,123 ± 0,8634
L ₃₋₄ sol	1,1650 ± 0,70231
L ₄₋₅ sağ	1,158 ± 1,1313
L ₄₋₅ sol	0,9075 ± 0,48870
L _{5-S₁} sağ	0,695 ± 0,6622
L _{5-S₁} sol	0,6650 ± 0,62495
Total sağ	1,112 ± 0,8036
Total sol	0,9130 ± 0,54443

Tablo 8: Dört kadavradaki herbir lumbar seviyede spinal iğnenin spinal sinire vertikal uzaklıklarının ortalama ile standart sapma değerleri (mm)

Spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde spinal sinire vertikal uzaklıkları	Ortalama ± S.Deviasyon
L ₁₋₂ sağ	1,19 ± 0,48532
L ₁₋₂ sol	1,1250 ± 0,35256
L ₂₋₃ sağ	1,1225 ± 0,65138
L ₂₋₃ sol	1,0975 ± 1,37299
L ₃₋₄ sağ	1,2725 ± 0,76208
L ₃₋₄ sol	1,1375 ± 0,84764
L ₄₋₅ sağ	0,9325 ± 0,70159
L ₄₋₅ sol	1,1975 ± 0,72099
L _{5-S₁} sağ	0,6625 ± 0,62654
L _{5-S₁} sol	0,9150 ± 0,90342
Total sağ	1,0360 ± 0,62093
Total sol	1,0945 ± 0,80701

Ki-kare testi ile herbir seviyedeki ölçümler kendi aralarında sağ ve solda ayrı ayrı olmak üzere karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilememiştir ($p > 0,05$) (Tablo 9).

Tablo 9: Herbir seviyedeki ölçümlerin sağ ve solda kendi aralarında karşılaştırılması

	P değeri
Asendan lumbal ven-sağ	$p = 0,436$
Asendan lumbal ven-sol	$p = 0,272$
Superior pedikül-sağ	$p = 0,802$
Superior pedikül-sol	$p = 0,291$
Spinal sinire transvers uzaklık-sağ	$p = 0,667$
Spinal sinire transvers uzaklık-sol	$p = 0,886$
Spinal sinire vertikal uzaklık-sağ	$p = 0,487$
Spinal sinire vertikal uzaklık-sol	$p = 0,873$

Wilcoxon Signed Ranks testi ile her seviyede yapılan herbir ölçümün sağ ve solda farklılık gösterip göstermediği karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilememiştir ($p > 0,05$) (Tablo 10).

Tablo 10: Herbir ölçümün her seviyede sağ ve sol değerlerinin karşılaştırılması

Asendan lumbal ven	Superior pedikül	Spinal sinire transvers uzaklık	Spinal sinire vertikal uzaklık
L ₁ sol-sağ: $p = 0,180^f$	L ₁ sol-sağ: $p = 0,715^f$	L ₁ sol-sağ: $p = 0,144^f$	L ₁ sol-sağ: $p = 0,715^f$
L ₂ sol-sağ: $p = 0,180^f$	L ₂ sol-sağ: $p = 0,144^f$	L ₂ sol-sağ: $p = 0,141^f$	L ₂ sol-sağ: $p = 0,715^f$
L ₃ sol-sağ: $p = 0,180^f$	L ₃ sol-sağ: $p = 0,144^f$	L ₃ sol-sağ: $p = 0,581^f$	L ₃ sol-sağ: $p = 0,465^f$
L ₄ sol-sağ: $p = 0,180^f$	L ₄ sol-sağ: $p = 0,068^f$	L ₄ sol-sağ: $p = 0,465^f$	L ₄ sol-sağ: $p = 0,068^f$
L ₅ sol-sağ: -*	L ₅ sol-sağ: $p = 0,715^f$	L ₅ sol-sağ: $p = 0,593^f$	L ₅ sol-sağ: $p = 1,000^f$

*: Darlık sebebi ile ölçüm yapılamamıştır.

^f: $p > 0,05$ olması sebebi ile sağ ve sol arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Her seviyede spinal sinir ile superior pedikül ve spinal sinir ile asendan lumbal ven uzaklıkları ölçülmüştür (Tablo 11-12). L₁-S₁ seviyeleri arasında 4 kadavrada yapılan ölçümlerde spinal sinir ile superior pedikül arasındaki uzaklık ölçümleri 0,25-5,1mm arasında ve spinal sinir ile asendan lumbal ven arasındaki uzaklık ölçümleri de 2,25-5,29 mm arasında seyretmiştir. Ölçümler arasında anlamlı artış ya da azalış paternleri veya istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. (p>0.05).

Tablo 11: Her seviyedeki superior pedikül ve spinal sinir arasındaki uzaklık ölçümleri (mm)

	L ₁₋₂ sağ	L ₁₋₂ sol	L ₂₋₃ sağ	L ₂₋₃ sol	L ₃₋₄ sağ	L ₃₋₄ sol	L ₄₋₅ sağ	L ₄₋₅ sol	L _{5-S1} sağ	L _{5-S1} sol
Kadavra 1	1,97	2,02	1,51	1,45	2,2	2,31	1,52	2,3	1,01	2,8
Kadavra 2	1,99	1,94	1,73	2,49	1,79	1,42	1,25	1,11	1,08	0,9
Kadavra 3	1,81	1,82	1,54	1,87	1,81	2,04	1,75	1,72	0,89	0,25
Kadavra 4	3,16	2,97	3,41	5,1	3,26	3,89	3,98	3,41	3,35	4,19

Tablo 12: Her seviyedeki asendan lumbal ven ile spinal sinir arasındaki uzaklık ölçümleri (mm)

	L ₁₋₂ sağ	L ₁₋₂ sol	L ₂₋₃ sağ	L ₂₋₃ sol	L ₃₋₄ sağ	L ₃₋₄ sol	L ₄₋₅ sağ	L ₄₋₅ sol	L _{5-S1} sağ	L _{5-S1} sol
Kadavra 1	4,46	3,03	2,25	3,65	2,31	-*	-*	-*	-*	-*
Kadavra 2	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Kadavra 3	2,46	2,92	2,51	3,01	2,43	3,48	2,91	3,36	-*	-*
Kadavra 4	3,35	2,78	3,63	3,62	5,21	5,2	5,29	4,46	-*	-*

*Darlıklar sebebi ile asendan lumbal venin spinal sinire uzaklık ölçümleri kadavra 1,3 ve 4'de alt bazı seviyelerde elde edilememiştir. Kadavra 2'de ise asendan lumbal vendeki hematoma sebebi ile hiçbir seviyede ölçüm alınamamıştır.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda 4 kadavrada L₁-S₁ seviyeleri arasında yapılan ölçümlerde; spinal iğnenin bilateral lumbar seviyelerde asendan lumbal vene uzaklıkları $1,6967 \pm 0,70607$ ile $2,6750 \pm 0,60104$ (Ort \pm S.D) arasında, superior pediküle uzaklıkları $0,9250 \pm 0,41073$ ile $1,38 \pm 0,46036$ arasında, spinal sinire transvers uzaklıkları $0,7825 \pm 0,65444$ ile $1,548 \pm 0,7137$ arasında ve spinal sinire vertikal uzaklıkları $0,6625 \pm 0,62654$ ile $1,2725 \pm 0,76208$ arasında seyretmiştir. Bu ölçümlerin hiçbirinde sağ-sol arasında veya seviyeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir.

L₁-S₁ seviyeleri arasında 4 kadavrada yapılan ölçümlerde spinal sinir ile superior pedikül arasındaki uzaklık ölçümleri 0,25-5,1mm arasında ve spinal sinir ile asendan lumbal ven arasındaki uzaklık ölçümleri de 2,25-5,29 mm arasında seyretmiştir.

Herniye diskin sinir kökü üzerine mekanik basınç uygulaması, yırtık disk materyalinin kimyasal iritasyona sebep olması ve lokal inflamasyon radikülopati ile sonuçlanabilir^{91,92}. Teknoloji ilerledikçe radikülopati tedavisinde cerrahi dışı çeşitli minimal invaziv metodların popülaritesi de artmıştır.

Epidural enjeksiyonların amacı steroidi veya lokal anestetigi inflamasyonun içine/yakınına, inflame sinir köküne ya da kauda ekinaya enjekte etmektir⁴⁹. Epidural alana transforaminal yaklaşım ise spesifik olması ve hem tanısal hem de teröpatik bir girişim olması sebebiyle kabul görmüştür⁹³ ve sıklıkla kullanılmaktadır. Pekçok çalışma transforaminal epidural steroid enjeksiyonunun lumbosakral radiküler ağrı tedavisinde etkili olduğunu göstermiştir⁹⁴⁻⁹⁷. Sinir köküne transforaminal enjeksiyon patolojik alanda steroid konsantrasyonunu artırmakta ve epidural alanda dilüsyonun yaratacağı etkiyi azaltmaktadır. Üç aydan daha kısa süreli diske bağlı radiküler ağrısı olan 31 hastanın dahil edildiği bir çalışmada transforaminal ve interspinöz kortikosteroid enjeksiyon tedavileri karşılaştırılmıştır. Tedavi sonrası 6., 30. günlerde ve 6. ayda yapılan kontrollerde günlük aktivite, iş, ağrı kontrolü, anksiyete ve depresyon açısından transforaminal yöntemin daha etkili tedavi sağladığı saptanmıştır⁹⁸. Her 2 gruba 20'şer hastanın dahil edildiği benzer başka bir çalışmada da, yine transforaminal ve

interlaminar tedavi yöntemleri retrospektif olarak karşılaştırılmıştır. İşlemlerin öncesi ile sonrasında VNS (Verbal Numaralama Skalası) skorları değerlendirilmiştir. Semptomatik lomber disk hernisi olan ve transforaminal yöntem uygulanan hastalarda erken dönem ile uzun dönem sonuçlarının daha iyi olduğu ve cerrahiye daha az gereksinim duyulduğu belirlenmiştir⁹⁹.

İnterlaminar epidural enjeksiyonlar kör uygulanabilirler, kolaydırlar ve komplikasyon riskleri düşüktür; ancak daha etkili olduğu düşünülen transforaminal yöntem teknik olarak daha karışıktır, zordur ve komplikasyonlardan kaçınmak için bu yöntem uygulanırken mutlaka floroskopi kullanılmalıdır^{29,100,101}. Tedavi ajanları interlaminar yöntem ile enjekte edildiğinde posterior epidural alanda kalabilir ve yayılmadığı için anterior epidural alandaki etkilenen sinir köklerine ulaşamayabilir⁹⁸, bu durum interlaminar yöntemin etkinliği için bir dezavantajdır ve anterior yayılımı görmek için transforaminal yöntemde floroskopi kullanılması gerektiğini bir kez daha vurgulamaktadır.

Etkin tedavi sağlanması sebebi ile kullanımı yaygınlaşan transforaminal epidural enjeksiyon Derby ve ark.⁸² tarafından ağrıya sebep olmadan iğnenin yerleştirilmesi şeklinde tanımlamışlardır. İğnenin hedefi güvenli üçgen aralığıdır, hemen pedikülün altına denk gelir ve sinirin üzerinde lateral olarak uzanır. Güvenli üçgen aralığının superiorunu pedikül, lateralini vertebranın lateral sınırı ve medialini de spinal sinirin dış kısmı oluşturur. Bazı çalışmalarda ilaçların anterior epidural alanda, güvenli üçgen aralığında, prolapse olmuş disk ile sinir kökü arasına uygulanmasının en etkili yol olduğu öne sürülmektedir^{94,95,102,103}. Pfirman ve ark.⁹² güvenli üçgen aralığının lateralinin (ekstraepinöral bölge) iğne ucu için en iyi hedef nokta olduğunu belirtmişlerdir; çünkü çalışmaları ile iğne bu bölgede olduğunda tedaviye bağlı ağrının intraepinöral bölgeden daha az olduğunu göstermişlerdir. Ancak; Mirkovic ve ark.¹⁰⁴ lomber intervertebral foramenlerin anatomik yapılarını 12 kadavra üzerinde, posterolateral perkütanöz intradiskal prosedürler için incelemişler ve lomber intervertebral foramenlerin boyutlarını ölçüp, sinir kök lokalizasyonlarını değerlendirdikten sonra “güvenli alan”ın sinirin medialinde olduğunu göstermişlerdir. Farklı çalışmalardaki değişiklik gösteren sonuçlar bu konu hakkındaki anatomik bilgi

yetersizliğini, komplikasyonlara yatkınlığı akıldan hiç çıkarmamak gerektiğini gözler önüne sermektedir.

Günlük pratikte en güvenilir ve deneyimli ellerde dahi; ciddi spinal stenoz, cerrahi sonrası skar dokuları, epidural fibrozis, ileri derecede disk dejenerasyonu ve L₅ sinir kök seviyesindeki darlıklar vb gibi anatomik zorluklar sebebi ile, iğne anterior epidural alana ilk denemede doğru olarak ilerletilemeyebilir. Bu durumda, bazı hastalarda iğne ile sinir kök penetrasyonu, intranöral enjeksiyon ve arteriyal/venöz penetrasyon gibi komplikasyonlar söz konusu olabilir. Örneğin; 2005'de yayınlanan bir vaka raporuna göre, T₁₂ kompresyon fraktürü ve göğüs duvarında ağrısı olan 67 yaşındaki bir hastaya, ağrısının radiküler olduğu düşünülerek T₁₂-L₁ seviyeleri arasından transforaminal epidural steroid enjeksiyonu güvenli üçgen aralığı kullanılarak yapılmıştır. Floroskopi eşliğinde problemsiz uygulanan işlemden sonra yaklaşık 5 dakika içerisinde T₁₀ seviyesi altında duyu ve motor kaybı gerçekleşmiş ve işlemden 6 saat sonra çekilen MRG normal olmasına rağmen 2 gün sonra çekilen MRG'de torakolumbar spinal kord enfarktı tespit edilmiştir. Yüksek doz kortikosteroid tedavisine yanıt vermeyen hastada kalıcı paraplejinin vasküler hasar sebebi ile geliştiği düşünülmüştür¹⁰⁵. Bu vaka, transforaminal işlem sonrasında parapleji gelişen ve yayınlanan 8. vakadır ve sebebin büyük olasılıkla Adamkiewicz arterine bağlı olduğu düşünülmektedir. Durum vasküler travmaya veya arteriyal spazma sekonder olabileceği gibi arter içine enjekte edilen steroidin sebep olduğu emboliye bağlı da gelişmiş olabilir. Ayrıca diğer bir komplikasyon olarak transforaminal yaklaşımda iğnenin minimal dural ponksiyon riski ile foramenin lateral yarısının üst sınırını penetre edebileceği de bilinmektedir⁹⁵. Transforaminal enjeksiyonların sinir kökünün üzerinden, pedikülün altından, saat 6 hizasından ve “güvenli üçgen” aralığından yapılması gerektiğine inanılıyor; ancak vasküler yapılardan bahsedilmemesi sebebi ile bu aralıkların dahi çok güvenli olmadığı akılda tutulmalıdır. 2000 yılında yayınlanan ve çok geniş olan bir derleme dahi foramen içindeki vasküler yapılar ile paraplejiye sebep olabilecek vasküler travma ve emboli riskinden söz etmemektedir. Adamkiewicz arterini de içeren radikülomedüller arterlerin foramenin ventral ve rostral kısımlarında yer aldığından, asendan lumbar venin spinal sinire yakın olan pozisyonundan bahsedilmemektedir. Bu nedenlerle sinir köklerinin anatomisi, sinirlerin intervertebral disklerle ve çevredeki vasküler yapılarla ilişkileri

konularındaki bilgimizi artırmak komplikasyonlardan kaçınabilmek açısından son derece önemlidir ki bu konuda pekçok anatomik çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir.

Lumbosakral köklerin anatomisi konusunda yayınlanan çeşitli çalışmalar köklerin pediküllerle ilişkilerini, oblik seyirlerini ve tekal sakla olan açılarını ölçmüşlerdir¹⁰⁶⁻¹¹⁰. Hay¹¹¹, 15 kadavra ile yaptığı bir çalışmada lumbar pediküllerin komşu nöral yapılara uzaklıklarını ölçmüştür. Medialde pedikülden dural saka, superior ve inferiora pedikülden sinir köklerine direkt ölçümler yapmış ve ayrıca pediküller arası mesafeleri de ölçmüştür. Ortalama değerler sırayla 1,5 mm, 5,3 mm ve 1,5 mm olarak elde edilmiştir. Pediküller arası mesafeler 23,2-24,4 mm ve ortalama sinir kökü açısı da 33.7-39.2° arasında seyretmiştir. L₁-L₅ arasındaki tüm parametreler ele alındığında bu çalışmada belirgin hiçbir değişiklik saptanamamıştır. Attar ve ark'nın¹¹² yaptığı 20 kadavralık bir çalışmada da pedikül genişlik ve yükseklikleri, pediküller arası uzaklıklar, pedikül ile inferior ve superior kökler arasındaki uzaklıklar, pedikül-dural sak mesafeleri, kök çıkış açıları ve sinir kök çapları ölçülmüştür. Superior ve inferiora lumbar pediküllerin komşu sinirlere uzaklıkları sırayla ortalama 2.9-6.2 mm ve 0.8-2.8 mm arasında ölçülmüştür. Ortalama kök çıkış açılarının da 35°-39° arasında seyrettiği saptanmıştır. L₁-L₅ seviyeleri arasında pediküller ile inferior ve superior sinir kök mesafelerinin değerlendirildiği başka bir çalışmada da sırayla 4.12 mm'den 5.52 mm'ye ve 1.10 mm'den 1.06 mm'ye değişen ölçümler elde edilmiştir¹¹³. Anatomistler, ortopedistler ve beyin cerrahları tarafından yapılan bu her 3 çalışma sonucunda da cerrahi sırasında vidaların pedikül medialine ve inferioruna yerleştirilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar biz anesteziistler için de değerlidir; çünkü biz transforaminal enjeksiyon yöntemini uygularken, genelde daha küçük bir aralık olan ve çalışmamızda her seviye için uzaklığını ayrı ayrı ölçtüğümüz, pedikül ile inferior sinir arasındaki mesafeyi kullanmaktayız. L₁-S₁ arasındaki her seviye için bizim pedikül ve inferior spinal sinir ölçümlerimiz de bilateral 0.25-5.1 mm değerleri arasında seyretti.

Cohen ve ark.¹¹⁴, 20 kadavralık çalışmalarında L₁-L₅ seviyeleri arasındaki ortalama sinir-kök açısını 40°³⁷⁻⁴² olarak saptamışlar ve S₁ kökünde ani bir açı azalması olduğundan da bahsetmişlerdir. Ebraheim ve ark.¹¹⁵ da sinir-kök açılarını 15 kadavrada

değerlendirmiş ve L₁-L₅ seviyelerindeki açıların 33.7° 'den 39.2°'ye değişim gösterdiğini, en düşük açının L₂'de ve en geniş açının da L₅'te olduğunu belirtmişlerdir. Suh ve ark.¹¹⁰ ise 33 kadavra ile yaptıkları bir çalışmada, lomber sinir kök orijinlerinin buldukları seviyedeki diskler ile ilişkilerini ve dural sakla açılarını incelemişlerdir. Tüm kadavralarda L₁'den S₁'e kadar sinir köklerinin açılarında belirgin düşüş olduğu, L₁'den L₄'e kadar olan sinir köklerinin ilişkili oldukları disk seviyelerinden daha altta olduğu, L₅ seviyesinin sıklıkla altta ve S₁ seviyesinin de sıklıkla üstte olmakla birlikte değişkenlik gösterdikleri gözlenmiştir. Biz çalışmamızda spinal sinir açılarını ölçmedik; ancak her seviyedeki bu açı değişikliği ile güvenli üçgen alanlarımızın yine her seviyede değişeceğini düşündük. Sinir ile kök veya disk arasındaki açı daraldıkça güvenli üçgen aralığı ölçümlerinden özellikle superior pediküle olan uzaklığın ve spinal sinire olan vertikal uzaklığın (pedikülün inferior spinal sinire olan uzaklığı) artması beklentisini taşıdık. Ancak ne Ebraheim ve ark.'nın¹¹⁵ açı sonuçlarına uygun olacak şekilde L₂'de en düşük ölçümleri, L₅'de en yüksek ölçümleri bulduk; ne de Suh ve ark.'nın sonuçlarına uyacak şekilde kaudale doğru ilerledikçe ölçümlerimiz arttı. Her iki uzaklık ölçüm parametrelerimizde de seviyeler arasında düzenli bir artış ya da azalış paterni gözlenmedi, istatistiksel olarak anlamlı değerler elde edilmedi.

Biz diğer çalışmalardan farklı olarak her seviyede spinal iğne ile asendan lomber ven ve spinal sinir ile asendan lomber ven arasındaki uzaklıkları da ölçtük. İşlem sırasındaki vasküler hasar sonucunda ciddi bir hematoma sebep olabilecek veya yanlış iğne yerleşimi sonucunda içine lokal anestetik madde/steroid enjeksiyonu yapılabilecek olan bu venden hiçbir çalışmada bahsedilmemektedir. Dolayısı ile asendan lomber venin güvenli üçgen olarak tanımlanan aralığın içinde veya lateral sınırında yer aldığı da bilinmemektedir. L₁-S₁ arasındaki her seviye için asendan lomber ven ve spinal sinir arasındaki ölçümlerimiz bilateral 2.25-5.29 mm değerleri arasında seyretmiştir. Bu da transforaminal enjeksiyon sırasında iğnenin bu ölçümlerin dışına çıkılması -özellikle laterale doğru- durumunda bu veni ponksiyone etme ihtimalini ve dolayısıyla komplikasyon insidansını arttırmaktadır. Bu konu bu çalışmada çıkan en önemli sonuçlardan birisidir.

Bizim alışmamızda en buyk dezavantajımız kadavra sayımızın az olması ve karşı cinsiyetten kadavra olmamasıydı.. Toplam 4 kadavra ile her seviyeyi birbiri ile ve sağı-solu birbiri ile karşılaştırırken belirgin artışlar, azalışlar ve farklılıklar elde edemedik. İstatistiksel olarak diğer çalışmalarla karşılaştırılabilecek şekilde anlamlı sonuçlara ulaşamadık.

Dört kadavramızın da erişkin olması, yaşlarının 32-67 arasında (<70 yaş) seyretmesi, yaşlı olmadıkları için lumbar lordoz veya kifozlarının olmaması, anatomik yapılarının çok değişmemiş olması avantajken; taze kadavra olmamaları ve fiksasyon için kullanılan formaldehitin anatomi üzerindeki etkisi dezavantaj olabilir.

6. SONUÇ

Kronik bel ağrısı olan hastalarda etkili analjezi sağlamak ve hastanın yaşam kalitesini artırmak esastır. Günümüzde tedavi için kullanılan cerrahi dışı minimal invaziv yöntemler giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemlerden biri de hem tanı hem tedavi için yaygın olarak kullanılan, anterior epidural bölgeye ulaşım sebebi ile etkinliği interlaminar epidural uygulamalardan daha fazla olan transforaminal epidural enjeksiyon yöntemidir. Transforaminal enjeksiyon yöntemi skopi altında selektif sinir bloğuna imkan tanır; ancak “güvenli üçgen” aralığına ulaşmak ve komplikasyona sebep olmadan işlemi gerçekleştirmek esastır. Biz de çalışmamızda transforaminal yöntemin; güvenilirliğini, etkinliğini ve hasta ile doktor memnuniyetini artırabilmek için uygun bölgeye uygulanmasını kadavralar üzerinde bu bölgenin anatomik çalışmasını yaparak sağlamayı amaçladık.

1. Çalışmaya dahil olan kadavralar 32-67 yaşları arasındaydı ve cinsiyetleri erkekti.
2. Bilateral olarak diseke edilen kadavraların lomber bölgelerindeki güvenli olduğu düşünülen anterior epidural üçgen alanlarına, sagittal düzleme 30° açıyla yerleştirilen spinal iğnenin asendan lumbal vene, superior pediküle ve vertikal ile transvers olarak spinal sinire uzaklıkları ölçüldü. Sağ-sol arasında veya L₁-S₁ seviyeleri arasında düzenli bir artış veya azalış ilişkisi saptanmadı. Herbir seviye için komplikasyonlardan ve yanlış bölge girişimlerinden kaçınmak amacı ile ortalama ölçüm değerleri alındı.
3. Her seviyede bilateral olarak spinal sinirin pediküle ve asendan lumbal vene olan uzaklıkları da yine komplikasyonlardan kaçınmak amacı ile ölçüldü. Seviyeler arasında ve sağ-sol arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmadı.
4. Spinal sinirin asendan lumbal vene olan uzaklığı ilk defa bir çalışmada yanlış bölgeye ilaç enjeksiyonunu engellemek ve hematoma riskini ortadan kaldırmak için ele alındı.

Sonuç olarak lomber bölgede transforaminal epidural enjeksiyon yöntemi kullanılırken ortaya çıkabilecek nörovasküler komplikasyonları engellemek amacı ile, spinal iğnenin

evre yapılarına olması gereken ideal ortalama uzaklıklarına her seviye için ayrı ayrı dikkat edilmesi gerektiği kanısındaız.

7. ÖZET

Kronik Bel Ağrılı Hastalarda Güvenli Transforaminal Epidural Enjeksiyon İçin, Kadavra Üzerinde L₁-S₁ Seviyelerinde Güvenli Üçgen Aralığına Yerleştirilen Spinal İğnenin Komplikasyon Oluşturabilecek Yapılara Uzaklıklarının Ölçülmesi

Son yıllarda transforaminal epidural enjeksiyonlar, kronik bel ağrısı olan hastaların tedavisinde interlaminar ve kaudal enjeksiyon yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Transforaminal yöntemin uygulanması diğer yöntemlerden daha karışıktır, zordur ve floroskopi altında dahi nörovasküler komplikasyon riski yüksek olabilmektedir. Bizim bu çalışmadaki amacımız; transforaminal yöntemin uygulanışı sırasında güvenli uygulama aralığını belirleyebilmek ve komplikasyonları önleyebilmek için çevre yapılara uygun uzaklıkları belirleyebilmektir.

Çalışmaya 32-67 yaşları arasında 4 erkek kadavra dahil edildi. Tüm kadvralarda bilateral lumbar bölge diseksiyonları sonrasında, bu bölgedeki güvenli olduğu farzedilen güvenli üçgen aralıklarına sagittal düzlemle 30° açı yapacak şekilde spinal iğneler yerleştirildi. Spinal iğnenin her seviyede asendan lumbal vene, superior pediküle, spinal sinire vertikal ve transvers uzaklıkları ölçüldü ve ayrıca spinal sinirin asendan lumbal vene ve superior pediküle direkt uzaklıkları da değerlendirildi.

Spinal iğnenin farklı seviyelerde asendan lumbal vene uzaklığı 1,05-3,65 mm, superior pediküle uzaklığı 0,33-2,92 mm, spinal sinire transvers uzaklığı 0-2,81 mm ve spinal sinire vertikal uzaklığı 0-3,1 mm arasında seyretmiştir. Spinal sinirin superior pediküle olan direkt ölçümleri 0,25-5,1 mm arasında seyrederken, asendan lumbal vene olan 2,25-5,29 mm arasında seyretmiştir. Kadavra 2'de hematoma sebebi ile asendan lumbal vene olan uzaklıklar hiçbir seviyede ölçülemezken, kadavra 1 ve 3'de kaudal seviyelerde darlık nedeniyle ölçülemez. Tüm seviyelerde alınan hiçbir ölçümde birbiri ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak artış veya azalış paterni izlenememiş, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilememiş; ancak güvenli ölçüm ortalamaları elde edilmiştir.

Bu çalışma ile güvenli üçgen bölgesinde dahi komplikasyonlardan kaçınmak için çevre anatomi yapılarına belirli ortalama uzaklıklar ile yaklaşılması gerektiği vurgulanmıştır ve daha önce hiçbir çalışmada ele alınmayan, önemli bir komplikasyon sebebi olabilecek asendan lumbal vene spinal sinirin uzaklığı ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Asendan lumbal ven; Güvenli üçgen aralığı; Kronik Bel Ağrısı; Nörovasküler komplikasyonlar; Transforaminal epidural enjeksiyon.

8. SUMMARY

Due to Safe Transforaminal Injection, Spinal Needles Placed at Safe Triangles of Everylevel Between L₁-S₁ on the Cadavres And The Distances of Structures Measured Because Of Preventing Complications

In recent years, transforaminal epidural injections have emerged as an alternative to interlaminar and caudal epidural injections for the patients with chronic back pain. Transforaminal technic is more complex and difficult than the other technics. Although it should be performed under fluoroscopy, its neurovascular complication risks are still higher. In this study, it was aimed to determine safe triangle area and to prevent complications by measuring mean distances to the important anatomic structures around.

Four adult (age of 32-67) cadavers were used for the study. Lumbar regions of all cadavers were dissected bilaterally and spinal needles were placed into safe triangles with an angle of 30° to the sagittal plane. The distances between spinal needle and vein lumbal asendan, spinal needle and superior pedicul were measured. Vertical and transvers lengths between spinal nerve and spinal needle were also evaluated. Furthermore; the intervals of spinal nerve-vein lumbal asendan and spinal nerve-superior pedicul were measured directly.

The distance between spinal needle and vein lumbal asendan differed from 1,05 to 3,65 mm, spinal needle and superior pedicul ranged from 0,33 to 2,92 mm. Spinal needle's interval to spinal nerve differed from 0 to 2,81 mm transversly and ranged from 0 to 3,1 mm vertically. Direct measurements of spinal nerve to superior pedicul were between 0,25 and 5,1 mm and to vein lumbal asendan were between 2,25 and 5,29 mm. We had no chance to obtain some of the quantitatives of vein lumbal asendan because of a hematoma and narrowness. There were not statistically significant differences between L₁-S₁ levels; however mean and min/max values were acquired one by one for every level.

This study emphasizes to consider mean distances to the anatomic structures for avoiding neurovascular complications, especially to lumbal asendan vein which was not described anatomically previously.

Key Words: Chronic Back Pain; Neurovascular complications; Safe triangle; Transforaminal epidural injection; Vein lumbal asendan.

9. KAYNAKLAR

1. Melzack R, Wall PD: The Challenge of Pain, Basic Books 2nd ed. London: Penguin, 1996.
2. Goldscheider A: Uber den Schmerzes in physiologischer and klinicher Hinsicht. Berlin: Hirschwald, 1894.
3. Livingston WK: Pain Mechanisms. New York: Macmillan, 1943.
4. Noordenbos W: Pain. Amsterdam: Elsevier, 1959.
5. Melzack R, Katz J: A Conceptual Framework for Understanding Pain in the Human. In: Waldman SD ed. Pain Management. 1st ed. Philadelphia, Saunders Elsevier, 2007: 3-10.
6. Jones SL: Anatomy of Pain. In Acute Pain Mechanisms and Management. In: Sinatra RS, Hord AH, Ginsberg B, Preble LM, eds. Mosby Year Book Boston, 1992: 8-28.
7. Ertekin C. Ağrının nöroanatomi ve nörofizyolojisi. In: Yegül İ, ed, Ağrı ve Tedavisi. İzmir: Yapım Matbaacılık, 1993: 1-17.
8. Sorkin L.S, Wallace M.S. Acute pain mechanisms. In Sandler AN, ed. The Surgical Clinics of North America. Philadelphia: WB Saunders, 1999: 213-229.
9. Hug CC. Pain management. In: Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ, eds. Clinical Anesthesiology. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002: 309-358.
10. Yücel A. Hasta Kontrollü Analjezi. İstanbul: Ufuk Matbaacılık, 13-31.
11. Collins JV. Mechanisms of Pain and Control. In: Collins JV, ed. Principles of Anesthesiology General and Regional Anesthesia. 3rd ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1993; 1317-1348.
12. Katz N, Ferrante FM, Nociception. FM, Ferrante TR. Postoperative pain management. In: VadeBoncouer, ed. 1st ed. USA: Churchill Livingstone, 1993: 17-67.
13. Morgan EG, Mikhail SM. Pain management. In: Morgan EG, Mikhail SM, eds. Clinical Anesthesiology. Stamford: Appleton and Lange, 1996: 274-316.
14. Bonica JJ. Definitions and taxonomy of pain. In: Bonica JJ, ed. The Manangement of Pain, 2nd ed. Philedelphia: Lea&Febiger, 1990;1: 18-27.
15. Schmidt AP, Schmidt SR. How effective are opioits in relieving neuropathic pain? Pain Clinic 2002;14: 183-193.

16. Millan MJ. The induction of pain: An integrative review. *Prog Neurobiol* 1999;57: 1-164.
17. Elliott AM, Smith BH, Hannaford PC, Smith WC, Chambers WA. The course of chronic pain in the community: Results of a 4-year follow-up study. *Pain* 2002;99: 299-307.
18. Verhaak PF, Kerssens JJ, Dekker J, Sorbi MJ, Bersinq JM. Prevalence of chronic benign pain disorder among adults: A review of the literature. *Pain* 1998;77: 231-239.
19. Barajas C, Bosch F, Banos J. Epilot survey of pain prevalence in school children. *Pain Clin* 2001;13: 95-102.
20. Lawrence RC, Helmick CG, Arnett FC. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorder in the USA. *Arthritis Rheum* 1998;41: 778-799.
21. Manchikanti L, Singh V, Saini B. Epidemiology of the low back pain. In: Manchikanti L, ed. *Interventional Pain Management: Low Back Pain- diagnosis and treatment*. Paducah: ASIPP publishing 2002: 3-20.
22. Hellsing A, Bryngelsson I. Predictors of musculoskeletal pain in men. A twenty-year follow-up from examination at an enlistment. *Spine* 2000;25: 3080-3086.
23. Moore KL, Dalley AF. Back. In: Moore KL, Dalley AF, Agur AMR; eds. *Clinically Oriented Anatomy*. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2006: 480-553.
24. Bogduk N. The innervation of the lumbar spine. *Spine* 1983;8: 286-293.
25. Bogduk N. In *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*. In: Bogduk N, ed. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone, 1997: 55-66.
26. Wiltse LL, Fonesca AS, Amster J, Dimartino P, Ravessoud FA. Relationship of the dura, Hofmann's ligaments, Batson's plexus, and a fibrovascular membrane lying on the posterior surface of the vertebral bodies and attaching to the deep layer of the posterior longitudinal ligament; an anatomical, radiologic, and clinical study. *Spine* 1993;18: 1030-1043.
27. Hogan Q. Lumbar epidural anatomy: A new look by cryomicrotome section. *Anesthesiology* 1991;75: 767-775.
28. Hogan QH. Epidural anatomy examined by cryomicrotome section. Influence of age, vertebral level and disease. *Reg Anesth* 1996;21: 295-306.
29. Weinstein SM, Herring SA, Derby R: Epidural steroid injections. *Spine* 1995;20: 1842-1846.

30. Manchikanti L. The role of neural blockade in the management of chronic low back pain. *Pain Digest* 1999;9: 166-181.
31. White AH, Derby R, Wynne G. Epidural injections for diagnosis and treatment of low back pain. *Spine* 1980; 5: 78-86.
32. Bogduk N. Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum. In: Bogduk N, ed. New York: Churchill Livingstone, 1997; 127-144.
33. Lee DJ. Chronic Pain Management. In: Stoelting RK, Miller RD, eds. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2007; 630-646.
34. Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. The prevalence and clinical features of internal disc disruption in patients with chronic low back pain. *Spine* 1995;20: 1878-1883.
35. Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. Clinical features of patients with pain stemming from the lumbar zygapophyseal joints: Is the lumbar facet syndrome a clinical entity? *Spine* 1994;19: 1132-1137.
36. Schwarzer AC, Wang SC, Bogduk N, McNaught PJ, Laurent R. Prevalence and clinical features of lumbar zygapophyseal joint pain: A study in an Australian population with chronic low back pain. *Ann Rheum Dis* 1995;54: 100-106.
37. Manchikanti L, Pampati V, Fellows B, Bakhit CE. Prevalence of lumbar facet joint pain in chronic low back pain. *Pain Phys* 1999;2: 59-64.
38. Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine* 1995;20: 31-37.
39. Maigne JY, Aivaliklis A, Pfefer F. Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. *Spine* 1996;21: 1889-1992.
40. Benoist M. The natural history of lumbar disc herniation and radiculopathy. *Joint Bone Spine* 2002;69: 15-60.
41. Robechhi A, Capra R. L'idrocortisone (composto F). Prime esperienze cliniche in campo reumatologico . *Minerva Med* 1952;98: 1259-1263.
42. Grabias S. Current concepts review: The treatment of spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62: 308-313.

43. Hall S, Bartleson JD, Onofrio BM, Baker HL Jr, Okazaki H, O'Duffy JD. Lumbar spinal stenosis: Clinical features, diagnostic procedures and results of surgical treatment in 68 patients. *Ann Intern Med* 1985;103: 271-275.
44. Tile M, McNeil SR, Zarins RK, Pennal GF, Garside SH. Spinal stenosis: Results of treatment. *Clin Orthop* 1976;115: 104-108.
45. Fritsch WE, Heisel J, Rupp S. The failed back surgery syndrome-reasons, intraoperative findings and long-term results: A report of 182 operative treatments. *Spine* 1996;21: 626-633.
46. Kuslich SD, Ulstrom CL, Michael CJ. The tissue origin of low back pain and sciatica: A report of pain response to tissue stimulation during operation on the lumbar spine using local anesthesia. *Orthop Clin North Am* 1991;22: 181-187.
47. Mixer WJ, Barr JS. Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Eng J Med* 1934;211: 210-215.
48. Sehgal N, Fortin J. Internal disc disruption and low back pain. *Pain Physician* 2000;3: 143-157.
49. Saal JA, Saal JS, Herzog RJ. The natural history of lumbar intervertebral disc extrusions treated nonoperatively. *Spine* 1990;15: 683-686.
50. Delauche-Cavallier M-C, Budet C, Laredo J-D et al. Lumbar disc herniation: Computed tomography scan changes after conservative treatment of nerve root compression. *Spine* 1992;17: 927-933.
51. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg* 1990;72: 403-408.
52. Wiesel SW. A study of computer-assisted tomography. 1. The incidence of positive CAT scans in an asymptomatic group of patients. *Spine* 1986; 9: 549-551.
53. Devor M. Pain arising from the nerve root and the dorsal root ganglia and chronically injured axons: A physiological basis for the radicular pain of nerve root compression. *Pain* 1977;3: 25-41.
54. Olmarker K, Rydevik B, Holm S. Edema formation in spinal nerve roots induced by experimental, graded compression: An experimental study on the pig cauda equina with special reference to differences in effects between rapid and slow onset of compression. *Spine* 1989;14: 569-573.

55. Olmarker K, Rydevik B, Holm S, Bagge U. Effects of experimental graded compression on blood flow in spinal nerve roots: A vital microscopic study on the porcine cauda equina. *J Orthop Res* 1989;7: 817-823.
56. Olmarker K. Mechanical and biochemical injury of spinal nerve roots: An experimental perspective. In: Weinstein JN, Gordon SL, eds. *Low Back Pain: A Scientific and Clinical Overview*. Rosemont. IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1996; 215-233.
57. McCarron RF, Wimpee MW, Hudkins PG, Laros GS. The inflammatory effects of nucleus pulposus: A possible element in the pathogenesis of low back pain. *Spine* 1987;12: 760-764.
58. Yabuki S, Igarashi T, Kikuchi S. Application of nucleus pulposus to the nerve root simultaneously reduces blood flow in dorsal root ganglion and corresponding hindpaw in the rat. *Spine* 2000;25: 1471-1476.
59. Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Vaidyanathan S. Mechano- and chemosensitivity of lumbar dorsal roots and dorsal root ganglia: An in vitro study. *Trans Orthop Res Soc* 1994;19: 109.
60. Kawakami M, Weinstein JN, Tamaki. The difference in nociceptive potential of the nucleus pulposus and the annulus fibrosus. In: Weinstein JN, Gordon SL, eds. *Low Back Pain: A Scientific and Clinical Overview*. Rosemont. IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1996; 209-213.
61. Kawakami M, Tamaki T, Weinstein JN, Hashizume H, Nishi H, Meller ST. Pathomechanism of pain-related behavior produced by allografts of intervertebral disc in the rat. *Spine* 1996;21: 2101-2107.
62. Kang JD, Georgescu HI, McIntyre-Larkin L, Stefanovic-Racic M, Donaldson WF 3rd, Evans CH. Herniated lumbar intervertebral discs spontaneously reduce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin-6, and prostaglandin E2. *Spine* 1996;21: 271-277.
63. Saal JS, Franson RC, Dobrow R, Saal JA, White AH, Goldthwaite N. High levels of inflammatory phospholipase A2 activity in lumbar disc herniations. *Spine* 1990; 15:674-678.
64. Olmarker K, Blomquist J, Stromberg J, Nannmark U, Thomsen P, Rydevik B. Inflammation properties of nucleus pulposus. *Spine* 1995;20: 665-669.

65. Nygaard OP, Mellgren SI, Osterud B. The inflammatory properties of contained and noncontained lumbar disc herniation. *Spine* 1997;22: 2484-2488.
66. Lee HM, Weinstein JN, Meller ST, Hayashi N, Spratt KF, Gebhart GF. The role of steroids and their effects on phospholipase A2. An animal model of radiculopathy. *Spine* 1998;23: 1191-1196.
67. Minamide A, Tamaki T, Hashizume H, Yoshida M, Kawakami M, Hayashi N. Effects of steroids and lipopolysaccharide on spontaneous resorption of herniated intervertebral discs. An experimental study in the rabbit. *Spine* 1998;23: 870-876.
68. Olmarker K, Rydevik B, Nordborg C. Autologous nucleus pulposus induces neurophysiologic and histologic changes in porcine cauda equina nerve roots. *Spine* 1993;181: 1425-1432.
69. Hayashi N, Weinstein JN, Meller ST, Lee HM, Spratt KF, Gebhart GF. The effect of epidural injection of betamethasone or bupivacaine in a rat model of lumbar radiculopathy. *Spine* 1998;23: 877-885.
70. Cathelin F. Mode d'action de la cocaine injecte dans l'espace epidural par le proceda de canal sacre. *C R Soc Biol* 1901;53: 478-479.
71. Pasquier MM, Leri D. Injection intra-et extradurals de cocaine a dose minime dans le traitement de la sciaticque. *Bull Gen Ther* 1901;142: 196.
72. Sicard MA. Les injections medicamenteuse extradurales par voie sacrococcygiene. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales (Paris)* 1901;53: 396.
73. Bogduk N, Christophidis N, Cherry D. Epidural use of steroids in the management of back pain. Report of Working Party on Epidural Use of Steroids in the Management of Back Pain. Canberra, Commonwealth of Australia, National Health and Medical Research Council, 1994: 1-76.
74. Manchikanti L. The role of neural blockade in the management of chronic low back pain. *Pain Digest* 1999;9: 166-181.
75. Manchikanti L, Singh V, Bakhit C, Fellows B. Interventional techniques in the management of chronic pain: Part 1.0. *Pain Physician* 2000;3: 7-42.
76. White AH, Derby R, Wynne G. Epidural injections for diagnosis and treatment of low back pain. *Spine* 1980;5: 78-86.

77. Hodgson PSA, Mack B, Kopacz D. Needle placement during lumbar epidural anesthesia deviates toward the non-dependent side (abstract). *Reg Anesth* 1996;21: 26.
78. Macnab I. Negative disc exploration: An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg* 1971;53: 891-903.
79. Kikuchi S, Hasue M. Combined contrast studies in lumbar spine disease – myelography (peridurography) and nerve root infiltration. *Spine* 1988;13: 1327-1331.
80. Stanley D, McLoren MI, Euinton HA, Getty CJ. A prospective study of nerve root infiltration in the diagnosis of sciatica. A comparison with radiculopathy, computed tomography and operative findings. *Spine* 1990;15: 540-543.
81. Tajima T, Furukawa K, Kuramochi E. Selective lumbosacral radiculography and block. *Spine* 1980;5: 68-77.
82. Derby R, Bogduk N, Kine G. Precision percutaneous blocking procedures for localizing spinal pain. Part 2. The lumbar neuraxial compartment. *Pain Digest* 1993;3: 175-188.
83. Woodward JL, Herring SA, Windsor RE. Epidural procedures in spine pain management. In: Leonard TA, ed. *Pain Procedures in Clinical Practice*, 2nd. Philadelphia: Hanley and Belfus, 2000: 341-376.
84. Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. The relative contributions of the disc and zygapophyseal joint in chronic low back pain. *Spine* 1994;19: 801-806.
85. Schwarzer AC, Wang SC, O'Driscoll D, Harrington T, Bogduk N, Laurent R. The ability of computed tomography to identify a painful zygapophysial joint in patients with chronic low back pain. *Spine* 1995;20: 907-912.
86. Chen B, Stitik TP, Foye PM. Spinal Injection Procedures. In: Gans BM, ed. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 4th ed. Philadelphia: Lipincott Williams&Wilkins, 2004: 369-387.
87. Abram SE, O'Connor TC. Complications associated with epidural steroid injections. *Reg Anesth* 1996;212: 149-162.
88. Everett CR, Baskin MR, Speech D, Novoseletsky D, Patel R. Flushing as a side effect following trasforaminal epidural steroid injection. *Pain Physician* 2004;7: 427-429.

89. Smuck M, Fuller BJ, Yoder B, Huerta J. Incidence of simultaneous epidural and vascular injection during lumbosakral transforaminal epidural injections. *Spine J* 2007;7: 79-82.
90. Kabara A, Rosenberg KR, Untal C. Meticillin-resistant staphylococcus aureus epidural abscess after transforaminal epidural steroid injection. *Pain Physician* 2004;7: 269-272.
91. Vad VB, Bhat AL, Lutz GE, Cammisa F. Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy: a prospective randomized study. *Spine* 2002;27: 11-16.
92. Pfirrmann CW, Oberholzer PA, Zanetti M, Boos N, Trudell DJ, Resnick D, Hodler J. Selective nerve root blocks for the treatment of sciatica: evaluation of injection site and effectiveness: A study with patients and cadavers. *Radiology* 2001;221: 704-711.
93. Slosar PJ, White AH. The use of selective nerve root blocks: diagnostic, therapeutic, or placebo? *Spine* 1998;23: 2253-2254.
94. Botwin KP, Gruber RD, Bouchlas CG, Torres-Ramos FM, Sanelli JT, Freeman ED, Slaten WK, Rao S. Fluoroscopically guided lumbar transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar stenosis. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81: 898-905.
95. Slipman CW, Chow DW. Therapeutic spinal corticosteroid injections for the management of radiculopathies. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2002;13: 697-711.
96. Praemer A, Furnes S, Rice DP. Musculoskeletal conditions in the United States. *Am Acad Orthop Surg* 1976;22: 1-199.
97. Tiso RL, Cutler T, Catania JA, Whalen K. Adverse central nervous system sequelae after selective transforaminal block: the role of corticosteroids. *Spine J* 2004;4: 468-74.
98. Thomas E, Cyteval C, Abiad L, Picot MC, Taourel P, Blotman F. Efficacy of transforaminal versus interspinous corticosteroid injection in discal radiculalgia-a prospective, randomised, double-blind study. *Clin Rheumatol* 2003;22: 299-304.
99. Schaufele MK, Hatch L, Jones W. Interlaminar versus transforaminal epidural injections for the treatment of symptomatic lumbar intervertebral disc herniations. *Pain Physician* 2006;9: 361-6.
100. Lew HL, Coelho P, Chou LH. Preganglionic approach to transforaminal epidural steroid injections. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83: 378.

101. Botwin KP, Gruber RD, Bouchlas CG, Torres-Ramos FM, Freeman ED, Slaten WK. Complications of fluoroscopically guided transforaminal lumbar epidural injections. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81: 1045-1050.
102. Furnes S, Rice DP. Musculoskeletal conditions in the United States. *Am Acad Orthop Surg* 1976;22: 1-199.
103. Johnson BA, Schellas KP, Pollei SR. Epidurography and therapeutic epidural injections: technical considerations and experience with 5334 cases. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999;20: 697-705.
104. Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD. Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures. *Spine* 1995;20: 1965-71.
105. Scott EG, Falco F. Paraplegia following a thoracolumbar transforaminal epidural steroid injection. *Pain Physician* 2005;8: 309-14.
106. Rausching W. Normal and pathologic anatomy of the lumbar root canals. *Spine* 1987;12: 1008-19.
107. Crock HV. Normal and pathological anatomy of the lumbar spinal nerve root canals. *J Bone Joint Surg (Br)* 1981;63-B: 487-90.
108. Niel N, Feuerstein M. Angulated course of spinal nerve roots. *J Neurosurg* 1970;32: 349-52.
109. Parke WW. In: Herkowitz HN, Garfin SR, Balderston RA, eds. *Rothman-Simeone: the spine*. Vol. 1, 4th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 1999: 29-73.
110. Suh SW, Shingade VU, Lee SH, Bae JH, Park CE, Song JY. Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs. *J Bone Joint Surg* 2005;87: 518-22.
111. Hay MC. Anatomy of lumbar spine. *Med J Aust* 1976;1(23): 874-6.
112. Attar A, Ugur HC, Uz A, Tekdemir I, Egemen N, Genc Y. Lumbar pedicle: surgical anatomic evaluation and relationships. *Eur Spine J* 2001;10: 10-15.
113. Soyuncu Y, Yıldıırım FB, Sekban H, Ozdemir H, Akyıldız F, Sindel M. Anatomic evaluation and relationship between the lumbar pedicle and adjacent neural structures. *J Spinal Disord Tech* 2005;18: 243-246.
114. Cohen MS, Wall EJ, Brown RA, Rydevik B, Garfin SR. Cauda equina anatomy II: extratechal nerve roots and dorsal root ganglia. *Spine* 1990;15: 1248-1251.
115. Ebraheim NA, Xu R, Darwich M, Yeasting RA. Anatomic relations between the lumbar pedicle and the adjacent neural structures. *Spine* 1997;22: 2388-2341.

