

T.C.

S.B. Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi  
Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği

USG Eşliğinde Aksiller Yaklaşım İle Brakiyal Pleksus Blokajı Uygulanan Hastalarda Etkin  
Minimum Lokal Anestezik Volümünün Araştırılması

Uzmanlık Tezi  
Dr.Necati Alper ERDOĞMUŞ

Eğitim Ve İdari Sorumlusu: Uzm. Dr. Mustafa BAYDAR

Tez danışmanı : Uzm. Dr. Semih BAŞKAN

ANKARA 2015

## TEŞEKKÜR

Anestezi ve Reanimasyon asistanlığım süresince deneyim, bilgi birikimi, yardımlarını esirgemeyen, en iyi ve güncel bilgilerin eğitimini vermeye çalışırken, otoritesi yanında sevecen ve ilgili tavırlarıyla, sevgi ve saygımızı her zaman içtenlikle sunduğumuz değerli klinik şefim Uzm. Dr. Mustafa Baydar'a ve değerli hocalarım Prof. Dr. Nermin Göğüş'e, Prof. Dr. Işıl Özkoçak'a ve Uzm. Dr. Cüneyt Aksu'ya,

Yardım ve ilgisini her zaman gördüğüm tez danışmanım Uzm. Dr. Murat Akçay, Uzm. Dr. Semih Başkan ve Uzm. Dr. Müge Çakırca başta olmak üzere diğer tüm değerli uzmanlarıma, sevgili asistan arkadaşlarıma,

Bana yardımlarını esirgemeyen ve her zaman dostluklarıyla da yanımda olan birbirinden değerli anestezi teknisyenlerine, yoğun bakım ve servis hemşirelerine,

Ameliyathanede çalışan tüm görevlilere, uyanma odası hemşirelerine,

Anestezi sonrası yoğun bakım ünitesi hemşirelerine,

Üzerimde emeği olan tüm değerli hocalarıma,

Bugünlere ulaşmamda sonsuz emek ve özverileri olan canım anneme ve babama ve kardeşime,

Ve sonsuz desteğini esirgemeyen SEVGİLİ EŞİME,

En içten sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum...

Dr. Necati Alper ERDOĞMUŞ

# İÇİNDEKİLER

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Teşekkür .....                                          | II  |
| İÇİNDEKİLER.....                                        | III |
| Şekiller dizini .....                                   | IV  |
| Tablolar dizini.....                                    | V   |
| Grafikler dizini .....                                  | VI  |
| Kısaltmalar dizini.....                                 | VII |
| GİRİŞ VE AMAÇ .....                                     | 1   |
| GENEL BİLGİLER .....                                    | 2   |
| Tarihçe .....                                           | 2   |
| Plexus Brachialis Anatomisi.....                        | 3   |
| Periferik Sinir Sistemi .....                           | 9   |
| Periferik Sinir .....                                   | 11  |
| Lokal Anestezikler.....                                 | 12  |
| Rejyonel Anestezi.....                                  | 22  |
| Pleksus Brakialis Bloğunda Uygulanan yöntemler.....     | 24  |
| Aksiller blok yönteminde teknikler .....                | 25  |
| Ultrasonografinin Temel Prensipleri.....                | 28  |
| Brakiyal Pleksus Bloğunun Aksiller Girişim Yöntemi..... | 36  |
| MATERYAL VE METOD.....                                  | 38  |
| İstatistiksel Analiz .....                              | 41  |
| BULGULAR.....                                           | 42  |
| TARTIŞMA.....                                           | 54  |
| ÖZET .....                                              | 58  |
| ABSTRACT .....                                          | 59  |
| KAYNAKÇA .....                                          | 60  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1. Brakial pleksus anatomisi
- Şekil 2. Supin duran kolda üst ekstremitenin periferik sinir inervasyonu
- Şekil 3. Pron duran kolda üst ekstremitenin periferik sinir inervasyonu
- Şekil 4. Pron duran kolda üst ekstremitenin dermatomal inervasyonu
- Şekil 5. Aksiyon potansiyeli
- Şekil 6. Periferik sinir tabakaları
- Şekil 7. Bupivakain
- Şekil 8. Düz ve konveks US problemleri

## TABLolar DİZİNİ

|            |                                                                     |
|------------|---------------------------------------------------------------------|
| Tablo 1.   | Kordlardan ayrılan dallar ve sinir kökleri                          |
| Tablo 2.   | Sinir liflerinin tipi, fonksiyon ve lokal anesteziğe duyarlılıkları |
| Tablo 3.   | Lokal anesteziğin fizikokimyasal özellikleri                        |
| Tablo 4.   | Lokal anesteziğin etki sürelerine göre sınıflandırılması            |
| Tablo 5.   | Pleksus brakialis blok yöntemlerinin karşılaştırılması              |
| Tablo 6.   | Hasta grupları                                                      |
| Tablo 7.   | Çalışmaya Katılanların Özellikleri                                  |
| Tablo 8.   | Süreler                                                             |
| Tablo 9.   | Volüme Göre Sürelerin Karşılaştırılması (Ort $\pm$ SS)              |
| Tablo 10.  | Pearson korelasyonu                                                 |
| Tablo 11.  | Komplikasyon                                                        |
| Tablo 12.  | Ek Anesteziğin Yöntem Gereksinimi                                   |
| Tablo 13.  | Hasta Memnuniyeti                                                   |
| Tablo 14 . | Cerrah Memnuniyeti                                                  |

## GRAFİKLER DİZİNİ

|            |                                                                  |
|------------|------------------------------------------------------------------|
| Grafik 1:  | Volüm ve Blok Başarı Durumunun ROC Analizi İle Değerlendirilmesi |
| Grafik 2:  | Minimum etkin volüm                                              |
| Grafik 3:  | Duyu Blok Başlangıç Süreleri                                     |
| Grafik 4:  | Motor Blok Başlangıç Süreleri                                    |
| Grafik 5:  | Duyu Blok Gerileme Zamanı                                        |
| Grafik 6:  | Motor Blok Gerileme Zamanı                                       |
| Grafik 7:  | İlk Analjezik Gereksinim Zamanı                                  |
| Grafik 8:  | İlişkiler                                                        |
| Grafik 9:  | Komplikasyon                                                     |
| Grafik 10: | Ek Anestezik Yöntem Gereksinimi                                  |
| Grafik 11: | Hasta Memnuniyeti                                                |
| Grafik 12: | Cerrah Memnuniyeti                                               |

## KISALTMALAR DİZİNİ

|                       |   |                                                  |
|-----------------------|---|--------------------------------------------------|
| <b>ASA</b>            | : | Amerikan Anesteziyoloji derneği                  |
| <b>ABPB</b>           | : | Aksiller yaklaşım ile brakial pleksus blokajı    |
| <b>VAS</b>            | : | Visual Analog Skala                              |
| <b>EKG</b>            | : | Elektrokardiyogram                               |
| <b>msn</b>            | : | Milisaniye                                       |
| <b>Na<sup>+</sup></b> | : | Sodyum                                           |
| <b>K<sup>+</sup></b>  | : | Potasyum                                         |
| <b>SSS</b>            | : | Santral Sinir Sistemi                            |
| <b>EKG</b>            | : | Elektrokardiyografi                              |
| <b>USG</b>            | : | Ultrasonografi                                   |
| <b>US</b>             | : | Ultrasound                                       |
| <b>MHz</b>            | : | Megahertz                                        |
| <b>PSS</b>            | : | Periferik Sinir Stimülatörü                      |
| <b>CT</b>             | : | Computerized Tomographi (Bilgisayarlı Tomografi) |
| <b>ml</b>             | : | Mililitre                                        |
| <b>L</b>              | : | Litre                                            |
| <b>iv</b>             | : | İntravenöz                                       |
| <b>mg</b>             | : | Miligram                                         |
| <b>kg</b>             | : | Kilogram                                         |
| <b>dk</b>             | : | Dakika                                           |
| <b>cm</b>             | : | Santimetre                                       |
| <b>SPSS</b>           | : | Statistical Packeting Software for Science       |
| <b>mmHg</b>           | : | Milimetreciva                                    |
| <b>N</b>              | : | Nervus                                           |
| <b>PSB</b>            | : | Periferik Sinir Bloğu                            |
| <b>RİVA</b>           | : | Rejyonal İntravenöz Anestezi                     |
| <b>SCM</b>            | : | Sternokleidomastoid                              |
| <b>m</b>              | : | Musculus                                         |

## GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde rejyonel anestezi peroperatif ve postoperatif dönemde analjezi sağlama, peroperatif morbiditeyi ve postoperatif hastanede kalış süresini azaltması ve maliyeti düşürmesi nedeniyle uygun vakalarda genel anesteziye göre tercih edilen bir uygulama olarak kabul görmektedir (1).

Periferik sinir blokları ise cerrahi anestezi düzeyinin ve postoperatif analjezinin sağlanmasında, düşük yan etki özellikleriyle, başarılı bir seçenek olarak son yıllarda giderek daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır.

Pleksus sinirleri izledikleri yol boyunca istenilen yerden bloke edilebilirler. Brakial pleksusun çeşitli seviyelerden bloğu, üst ekstremitenin tüm derin yapılarının ve distalden üst kolun ortasına kadar cildin tümünün anesteziğini sağlamakta yeterli olur. Hastaya planlanan girişime göre brakial pleksus bloğu, paravertabral (interskalen), supraklaviküler, infraklaviküler, aksiller ve terminal sinirler olmak üzere 5 anatomik alanda gerçekleştirilebilir. Girişimin uygulanacağı bölgeye göre bu anatomik noktalardan birisi tercih edilir. Bu yöntemin uygulanmasında hastanın istemi, cerrah ve anesteziyoloğun bilgi ve becerisi önemli rol oynar (2)(3).

Başarılı ve güvenli bir blok uygulanması amacıyla yıllar içinde birçok teknik kullanılmıştır. Yakın zamana kadar parestezi tekniği ve sinir stimülasyon tekniği gibi anatomik noktalar baz alınarak yapılan kör tekniklerin yanı sıra, son yıllarda ultrasonografi eşliğinde uygulanan bloklar da kullanıma girmiştir (4)(5).

Modern tıbbın vazgeçilmez görüntüleme yöntemlerinden ultrasonografinin gelişimi, özellikle yüksek frekanslı ve yüzeysel dokuların daha net görüntülenmesine olanak veren ultrasoundun, periferik sinir bloklarındaki artan kullanımı daha güvenli, hızlı ve konforlu blok uygulamasını mümkün kılmıştır (6).

Ultrason (US) kullanımıyla lokal anesteziğin sinir çevresinde yayılımının direkt olarak izlenebilmesi blok başarısını artırır ve blok uygulama süresini kısaltır. Ultrasonografinin rejyonel blok uygulamasındaki en önemli avantajlarından biri lokal anestetik dozunu, lokal anestetik toksisite riskini ve komplikasyonları azaltmasıdır (7)(8).

Aksiller yaklaşım ile brakial pleksus blokajı(ABPB) önkol, el bileği ve el cerrahisinde sık kullanılan anestezi tekniklerindendir. ABPB yapılarak radial, ulnar ve median sinir aynı anda bloke edilir. Konvansiyonel metodlarla yapılan pleksus bloklarında 30-40 ml lokal anestezi volümü kullanılmaktadır. US kullanımı sayesinde konvansiyonel metodlara göre blok başarısı arttığı, cerrahi anestezi başlama süresinin kısaldığı, daha az lokal anestezi volümünü ile blok gerçekleştirilebileceği belirtilmektedir. Ancak etkili en düşük lokal anestezi volümü için ortak bir kanı bulunmamaktadır.

Bu çalışmada üst ekstremitede ön kol ve el bileği ve el bölgesinde uygulanan cerrahi girişimlerde ultrasonografi eşliğinde ABPB uygulamalarında etkin en düşük lokal anestezi volümünü incelemeyi amaçladık.

## GENEL BİLGİLER

### TARİHÇE

Brakial pleksus bloğu, ilk uygulanan rejyonal anestezi yöntemlerinden birisidir. Koller'in 1884'te kokainin anestezi özelliklerini rapor etmesinden kısa bir süre sonra Halsted infiltrasyon anestezi kullanarak boyunda brakial pleksus'un köklerine kokain enjeksiyonu yaptığını bildirmiştir. 1897'de Crile benzer tekniği kullanarak; lokal anestezi altında musculus (*m.*) *sternocleidomastoideus*'un hemen arkasında brakial pleksus'u meydana çıkarmış ve direkt görüntü altında sinir gövdelerinin içine kokain enjekte etmiştir. Bu nedenle intranöral olarak yapılan brakial pleksus bloğu, Crile'nin tekniği olarak bilinmektedir (2,9).

İlk perkütanöz bloğu; birbirinden bağımsız olarak, 1911 yılında Hirschel aksiller bölgeyi kullanarak (10), Kulenkampff ise supraklaviküler bölgeyi kullanarak yapmıştır. Aksiller blok yapılırken perivasküler anlayışı ilk olarak Burnham 1958'de kullanmıştır (10). Winnie (11) ise; brakial pleksus'un modifiye aksiller perivasküler metodunu 1975'te tanımlamıştır (2,9,11).

1977'de Sims (12), Raj (13) tekniğinin kalın pektoral kaslardan ve işaret noktalarının belirgin olmamasından dolayı zor olduğunu belirtmiş, uzun iğne kullanımı ve sıklıkla birden çok girişim gerektiren bu tekniğin hastaların uyumunu zorlaştırdığını iddia ederek, tekniği modifiye

etmiştir. Sims (12) iğne giriş yerini biraz daha yukarı ve laterale kaydırarak *m.pectoralis major* ve *m. pectoralis minor*'ün mediyalde kaldığı, korakoid çıkıntı ile klavikulanın inferior sınırı arasındaki oluşu tanımlamıştır. Bu bölgede brakial pleksus oldukça yüzeyseldir. Sims (12) iğneyi bu noktadan aksillanın apeksine doğru inferior posterior ve lateral doğrultuda ilerletirken sinir stimülatörü kullanmıştır. Ancak bu yöntemle de *n. musculocutaneus* ve *n. axillaris*'in bloke olmama ihtimali artar (12,14).

1981 yılında Whiffler (14), Sims'in (12) kullandığı noktadan uzaklaşmadan sadece farklı bir enjeksiyon tekniği kullanmıştır. Korakoid blok olarak adlandırdığı bu teknikte Whiffler (14) iğneyi korakoid çıkıntının biraz inferior ve medialinden girmiş, tahmin ettiği derinliğe ilerletmiş ve bu noktaya ilk 12 mililitre (ml) lokal anestetik (LA) verdikten sonra iğneyi 2 defa birer cm geriye çekerek 12'şer ml LA daha vermiştir. Bu teknikte sinir stimülatörü kullanılmadan %92,5 başarı elde edilmiş ve %50 arter ponksiyonu dışında komplikasyon olmamıştır (12,13).

## **PLEKSUS BRAKİYALİS'İN ANATOMİSİ**

Pleksus brakiyalis üst ekstremité bloklarında primer hedef bölgedir. Bu nedenle pleksus brakiyalisin (C5-T1) anatomisinin iyi bilinmesi farklı hastalara farklı bölgesel teknikler uygulanabilmesine ve her bir tekniğin avantajından yararlanılmasına olanak sağlar (15).

Brakial pleksus beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci servikal ve birinci torakal (C5-8 ve T1) spinal sinirlerin ventralis dallarının (r. ventralis n. spinarum) birleşmesiyle oluşur. C4 ve T2 n. spinalislerin ramus ventralislerinden de çoğunlukla birer dal brakial pleksus oluşumuna katılabilir. Brakial pleksusun anatomisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu katılımı sağlayan spinal sinire göre brakial pleksus; pleksus pre-fix veya pleksus post-fix adını alır (16,17).

Brakial pleksus boyunda trigonum servikale posteriorda yer alır ve platisma, servikalbfasya ve deri ile örtülü olarak bulunur. Bu üçgenin sınırlarını dış yanda trapezius kasının ön kenarı, iç yanda sternokleidomastoideus kasının lateral alt kenarı ve aşağıda klavikula oluşturur. Canlıda brakial pleksus, sternokleidomastoideus kasının dış kenarı ve klavikula arasındaki açıda palpe edilir. Burada *nervi (nn.) supraclavikularis*, *m. omohyoideus*'un *venter inferior*'u, *vena jugularis externa* ve *arteria transversa colli*'nin yüzeyinde bulunur. Brakial pleksus'u oluşturacak spinal sinirlerin ventral dalları, *m. scalenus anterior* ile *m. scalenus medius* arasından çıkarlar. Burada skalen fasya nörovasküler kılıf oluşturacak şekilde sinir ve arteri sarar. Bu oluşum ve içinde meydana gelen

nörovasküler aralık (Winnie'nin fasiyal kompartmanı) hem bloğun başarısında hem de sınırların belirlenmesinde önemli rol oynar. Bu fasya daha sonra aksiller kılıf olarak aksillada devam eder (18,19).

Böylece brakial pleksusa ait nörovasküler kılıfa supraklaviküler, interskalen, aksiller ve interklaviküler olarak yaklaşım mümkün olup, tek bir enjeksiyonla, enjekte edilen ilacın volümüne ve enjeksiyon yerine bağlı olarak bloğun alanı belirlenebilir (2,17,18,20).

## **Pleksus brakiyalis'in kökleri, gövdeleri, bölümleri, kordları ve terminal sinirleri**

Pleksus brakiyalis 5. ile 8. servikal (C5-8) sinirlerin ön dalları ve 1. torakal (T1) sinirin büyük kısmının katılması ile meydana gelir (21, 22).

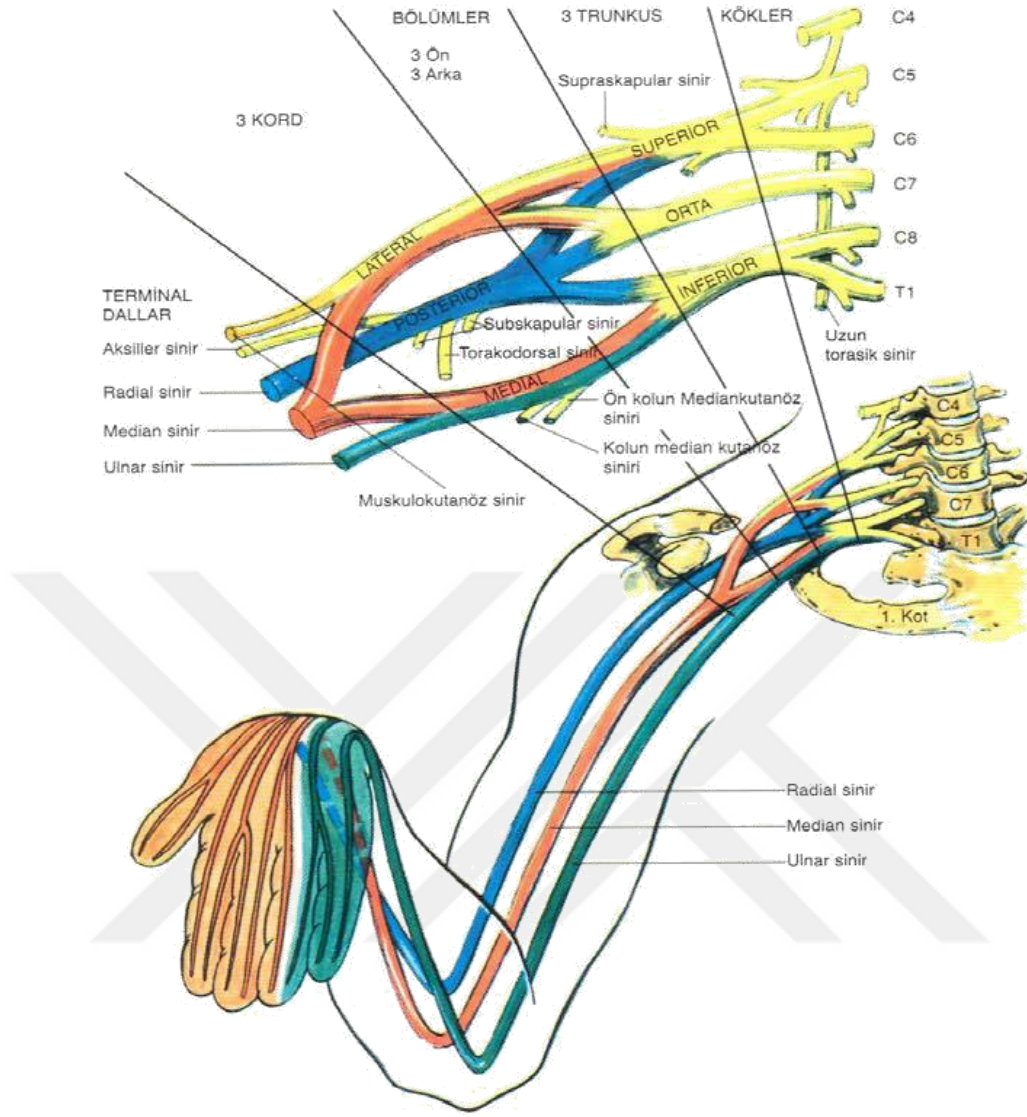
Pleksusa 4. servikal sinir (C4) ve 2. torakal sinir (T2) de katılabilir (15, 22, 23). Sinir kökleri intervertebral foramenden aksillaya doğru devam ederken, bir takım ayrılmalar ve birleşmelerden sonra, sıra ile kökler (roots), gövdeler (trunkus), bölümler (divisions), kordlar(kords) ve terminal sinirleri meydana getirmektedir. Pleksus brakiyalis'ten çıkan periferik sinirler torakohumeral kaslarda, omuz ve üst taraf kaslarında ve bu bölgenin cildinde dağılır (23).

Pleksus brakiyalis'in en proksimal kısmı aşağıda klavikula, arkada *m. trapezius* ve önde *m. sternocleidomastoideus*'un oluşturduğu boynun posterior üçgeninde lokalizedir (23). Platisma, derin fasya, *m. scalenius anterior* ve deri pleksus'un ön yüzünü meydana getirir (21). C5-8 ve T1 spinal sinirlerin ön kökleri (ventral ramileri), pleksus brakiyalis'in köklerini oluşturur. Mediyal ve anterior skalen kaslar arasında üst, orta ve alt olmak üzere üç trunkus şekillenir. C5 ve C6'nın kökleri, intervertebral foramenden çıktıktan sonra lateral olarak ilerler ve *m. scalenius medius*'un mediyal sınırı yakınında birleşerek üst trunkusu, C7'nin ön kökleri orta trunkusu, C8 ve T1'in ön kökleri *m. skalenius anterior*'un arkasında birleşerek alt trunkusu oluşturur. Birinci kostanın lateral ve inferioru ile klavikulanın altından geçerken her bir trunkus anterior ve posterior bölümlere ayrılır. Bu anatomik bölünme önemlidir, çünkü üst ekstremitenin ön kısmını innerve edecek olan nöral yapılar, arka kısmı innerve edecek olanlardan ayrılır. Bölümler klavikulanın altından geçerken aksillanın apeksine girer ve birleşerek lateral, mediyal, posterior kordları oluştururlar (15, 22). Üst ve orta trunkusun anterior bölümleri birleşerek lateral kordu, alt trunkusun anterior bölümü mediyal kordu, her üç trunkusun posterior bölümleri posterior kordu meydana getirir (15,21).

Pektoralis minör kasının lateralinde her bir kord büyük dallar verir ve major terminal sinirler olarak sonlanır. Lateral kord median sinirin lateral dalını verir ve muskulokutanöz sinir olarak sonlanır. Mediyal kord median sinirin mediyal dalını verir ve ulnar sinir olarak sonlanır. Posterior kord ise aksiller siniri verir ve radial sinir olarak sonlanır (15, 21, 24). Pleksus brakialis'in dalları Şekil 1'de gösterilmiştir.

TABLO 1.Kordlardan ayrılan dallar ve sinir kökleri ( N:nervus, C: servikal, T: torakal)

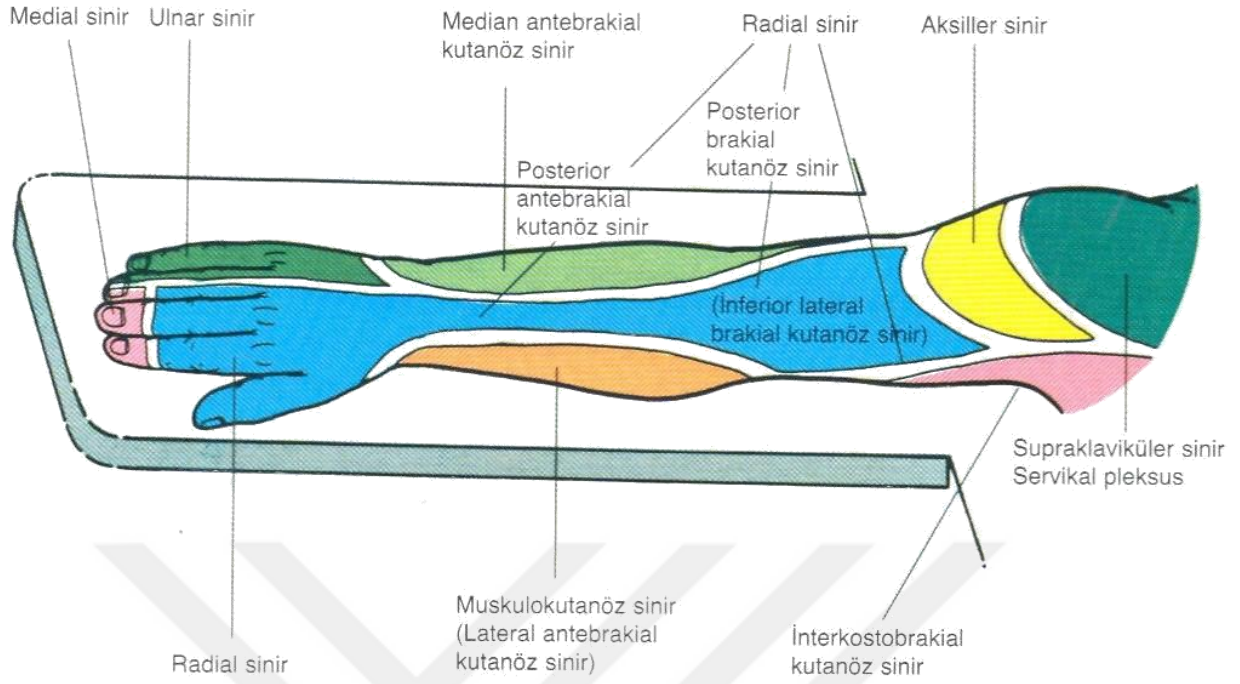
|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>Posterior kord</b>            |             |
| N. axillaris                     | C5,C6       |
| N. radialis                      | C5,C6,C7,C8 |
| N. thoracodorsalis               | C6,C7,C8    |
| N. subscapularis                 | C5,C6       |
| <b>Lateral kord</b>              |             |
| N. pectoralis lateralis          | C5,C6,C7    |
| N. musculocutaneus               | C5,C6,C7    |
| N. medianus'un lateral kökü      | C5,C6,C7    |
| <b>Medial kord</b>               |             |
| N. medianus'un medial kökü       | C8,T1       |
| N. pectoralis medialis           | C8,T1       |
| N. ulnaris                       | C8,T1       |
| N. cutaneus branchii medialis    | C8,T1       |
| N. cutaneus antebrachii medialis | C8,T1       |



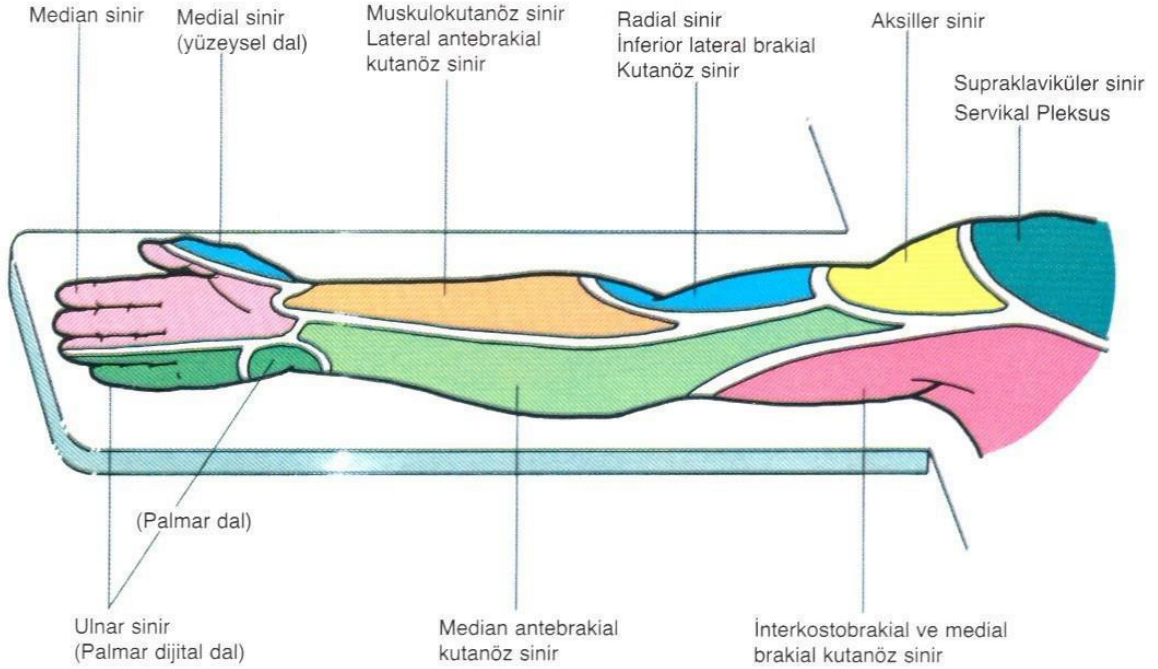
**Şekil 1. Brakial pleksus anatomisi (25)**

## **Üst ekstremitenin duysal innervasyonu**

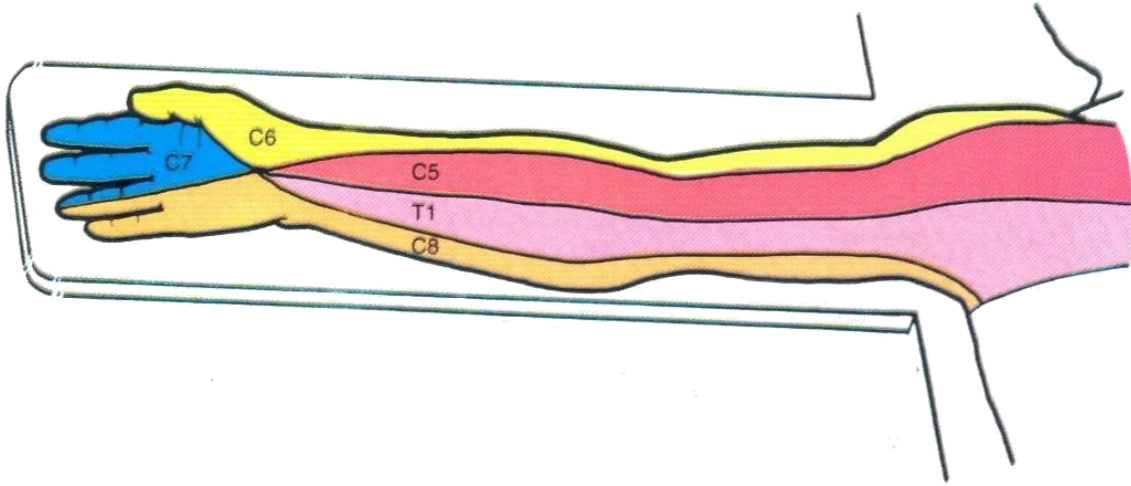
Üst ekstremitenin segmental deri innervasyonu ekstremitede gelişimindeki farklılık ve buna bağlı brakial pleksus'in kompleks yapısı nedeniyle C4'ten T2'ye şu şekilde düzenlenir. C4: Omuz üzerindeki deri, C5: Kolun radial kısmı, C6: Ön kolun radial kısmı, C7: El derisi, C8: Ön kolun ulnar kısmı, T1: Kolun ulnar kısmı, T2: Aksilla derisini inerve eder (19,25). Üst ekstremitenin supin ve pron pozisyonundaki periferik sinir innervasyonları Şekil 2-5'de gösterilmiştir (25).



**Şekil 2. Supin duran kolda üst ekstremitenin periferik sinir inervasyonu (25)**



**Şekil 3. Pron duran kolda üst ekstremitenin periferik sinir inervasyonu (25)**



Şekil 4. Pron duran kolda üst ekstremitenin dermatomal innervasyonu (25)

### Üst ekstremitenin motor innervasyonu

**N. axillaris:** Kolun yer çekimine karşı 0 ile 90° arasında abdüksiyonu ile yapılır. (*m. deltoideus*)

Tamamen motor blokda: Abdüksiyon yalnızca 30° kadar yapılır.

Parsiyel motor blokda: Abdüksiyon yalnızca 30 – 70° arasında yapılır.

Motor blok yok: Abdüksiyon > 70°

**N. musculocutaneus:** Dirsek fleksiyonu (*m. biceps brachii*)

**N. radialis:** Dirsek ekstansiyonu (*m. triceps brachii*)

**N. medianus:** Parmak fleksiyonu (*m. fleksor digitorum communis*) hasta bardak ve şişe kavramaya kalktığında bunu yapmakta güçlük çeker (*m.abductor pollicis brevis*).

**N. ulnaris:** Parmak abdüksiyonu (*mm. interossei*) Hasta işaret parmağı ve başparmağını birbirine değdirdiğinde sıkıca bastıramaz (*m. adductor pollicis*).

**N. subscapularis:** Kol vücudun yanına dirsek 90° bükülmüş şekilde uzatılır. Avuç iç yukarıya bakacak şekilde el uzatılır. Dirence karşı koymak için hasta elini rotasyona getirmeye çalışır. Eli ile sırtın alt tarafını kaşıyamaz veya elini bel bölgesi üzerinde havada sağa sola hareket

ettiremez (*m. teres major*).

***N. thoracodorsalis*:** Her iki kol arkaya ve mediale birbirine değinceye kadar yaklaştıramaz.

Hasta her iki elini kalçasının üzerine koyar, derin bir nefes alır ve öksürür.

Kas kontraksiyonu incelenir (*m. latissimus dorsi*) (26).

## PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ

Bugünkü bilgilerimizle “periferik sinir aksonlarının” değişik çaplarda ( $0.3 \mu - 22 \mu$ ) oldukları, miyelin kılıfla sarıldıkları ve değişik hızlarda ( $0.1 \text{ m/sn} - 120 \text{ m/sn}$ ) aksiyon potansiyelini ilettiklerini biliyoruz. Buna göre sinir aksonları, eğer sabit aralıklarla miyelinsiz aksonal alanlar olan Ranvier düğümleri ile ayrılmış Schwann hücreleriyle çevrili ise miyelinli, çevrili değilse miyelinsiz olarak kabul edilmektedir (21,27).

Aksiyon potansiyeli, miyelinsiz akson membranlarında, miyelinli aksonlara ( $3.0 - 120 \text{ m/sn}$ ) göre belirgin olarak daha düşük hızda ( $0.1 - 2.0 \text{ m/sn}$ ) yayılır. Termal, kimyasal veya mekanik ağırlı uyarılarla aktive edilen duysal sinir sonlanmaları olan nosiseptörler, en yavaş iletimin olduğu iki grup olan, ince miyelinli A delta ve miyelinsiz C liflerin uçlarıdır. B liflerinde, (pregangliyonik otonomik aksonlar) uyarı ileti hızı yaklaşık olarak A delta lifleriyle aynıdır (27). (Tablo:2)

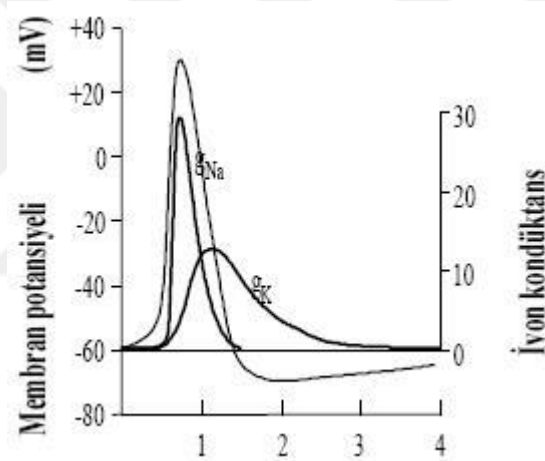
Klasik olarak “aksonal membranın” protein tabakaları arasında sıkışmış iki lipid tabakasından oluştuğu kabul edilir. Fakat ileri sürülen bu yapı günümüzde pek kabul görmemektedir. Singer'in açıkladığı membran yapısı bugün için en geçerli modeldir. Buna göre: Aksonal membran bimoleküler yapıda lipid bir matriks içerir. Bu lipid moleküllerin polar uçları iki ayrı sıvı ile temastadır; içte hücre sitoplazması, dışta ise ekstrasellüler sıvı. Lipid matriks içine değişik tipte büyük protein yapılar gömülmüştür. Bunların bazıları membranı geçerek içerde yer alırken bazıları dışarıda bulunur. Membran proteinleri sodyum ve potasyumun membrandan geçmesi için gerekli olan kanalların çatısını oluştururlar ve spesifik lokal anestezi reseptörleri bu kanallarda yer alır. Bu membran, lipid ve proteinler arasında dinamik bir etkileşmeyi içeren bir membran yapısıdır (27).

**İstirahat halinde:** Sodyum iyonlarına karşı geçirgenliğin olmaması nedeniyle hücre zarının içi ile dışı arasında  $(-60) - (-90) \text{ mV}$ 'luk bir potansiyel farklılık vardır.  $\text{Na}^+$  konsantrasyonunun dışta daha fazla olmasına bağlı olarak zarın dış tarafı pozitif iç tarafı ise negatif yüklüdür. Hücre içinde  $\text{K}^+$  iyonları daha fazladır. Bu potansiyel farklılığı  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  pompası tarafından  $\text{Na}^+$ 'un hücre

dışına atılmasıyla sağlanır. Membran  $K^+$  iyonlarına karşı serbestçe geçirgen olmasına karşın hücre içi / hücre dışı  $K^+$  oranı (150/5 veya 30/1) hücre içindeki  $Na^+$ 'un hücre dışındaki  $K^+$ 'la aktif değişimi nedeniyle sürdürülür.

**Depolarizasyon devresinde:** Sinirin uyarılmasıyla birlikte istirahat hali potansiyeli -90 mV'dan -50 mV'a değişir ve  $Na^+$  a karşı geçirgenlik hızla artar,  $Na^+$  iyonlarının hücre içine hızla girişi sonunda membran potansiyeli +30 - +40 mV'a çıkar. Bu durumda aksiyon potansiyeli oluşur.

**Repolarizasyon devresinde:** Depolarizasyon 0,1 - 0,2 ms sürer, bundan 0,4 ms sonra ise sodyuma karşı geçirgenlik hızla azalır ve  $K^+$ 'a geçirgenlik artar. Bu geçirgenlik istirahat potansiyeline tekrar erişinceye kadar devam eder. Sonunda aktif  $Na^+$  pompası tarafından zarın içi ile dışı arasındaki  $Na^+$  ve  $K^+$  iyon farkı tekrar istirahat potansiyeli durumuna getirilir (18,21,27,28,29). (Şekil 5)



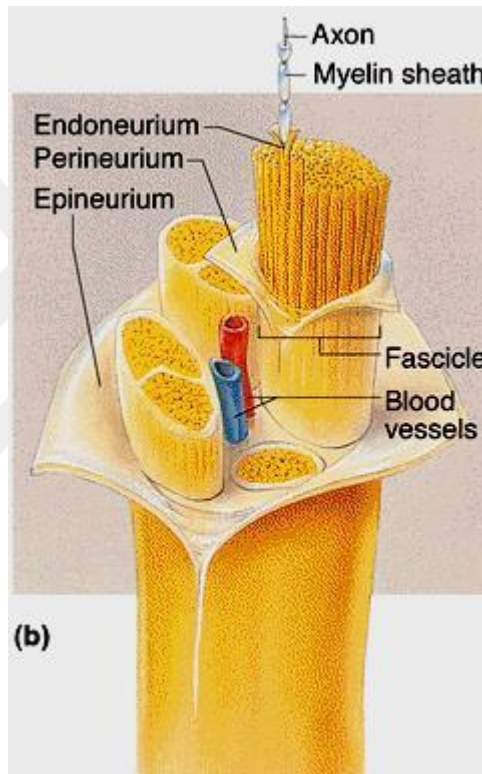
**Şekil 5: Aksiyon potansiyeli**

Lokal depolarizasyon sırasında ortaya çıkan elektrik enerjisi (miyelinli sinirlerde sadece Ranvier düğümlerinde oluşur ve sıçrayıcı bir iletim sağlar) komşu bölgelere geçer ve sürecin tümü her defasında tekrarlanır. Böylece cevap iletimin şiddetinde hiç azalma oluşturmadan tüm sinir boyunca aynı şiddette iletilir (18,21,27,28,29).

Aksonların periferik ucundaki reseptörlerde algılanan ve aksonal membranda aksiyon potansiyelinden doğan “ağrı”, bir yandan primer afferent sinir terminallerinde ve dorsal kök gangliyonlarında işlenerek yoluna devam ederken, bir yandan spinal kordun gri maddesinde inen ve çıkan yollarıyla kesişerek şekillenir ve neticede nöral matrikste sonlanırken, uğradığı her durakta yeni bir cevabın oluşumuna katkıda bulunarak tekrar doğduğu yere doğru farklı bir biçimde sürdürür.

## PERİFERİK SİNİR

Periferik sinirler, periferden merkezi sinir sistemine uyarıyı ileten yapılardır. Bir sinir; sinir liflerinin oluşturduğu fasikül ya da funikül adı verilen demetlerden meydana gelir. Perinörium adı verilen bir bağ dokusu içinde yer alır. Perinöriumun iç yüzü genişlemiş mezotelyal hücrelerden oluşan bir zardan ibarettir. Bu zara perilemma adı verilir. Çok küçük sinirler ana sinirden çıkan tek fasikulustan ibaret olabilir. Her fasikulustaki sinir lifleri mikroskopik olup, bunları çevreleyen, destekleyen ve birbirinden ayıran endonörium adlı intertisyel bağ dokusu ile kaplıdır. Endonörium, perinöriumun en içteki tabakalarından içe doğru geçen septalarla şekillenmiştir (21). (Şekil 6)



Şekil 6 : Periferik sinir tabakaları

Küçük sinirlerde her fasikülde 500 ila 1000 arası lif bulunur. Büyük sinirlerde bu sayı daha fazladır. 1 mm'lik kesitte 5000 kadar lif bulunabilir. Küçük bir periferik sinir, örneğin radyal sinirin distal dalı 5 ila 20 arası fasikül içerir. Daha büyük sinirlerde ise 20'den fazla fasikül bulunur. Perifere doğru gidip dallar verdikçe sinirlerin çapı da küçülür. Bir sinirin merkeze yakın kısmındaki fasiküller distaldeki vücut bölgelerini, periferdekiler ise proksimal bölgeleri innerve eder. Bir sinirin periferindeki fasiküller ortasındakilerden daha önce bloke olur.

Böylece proksimal bölgelerde distalden daha önce anestezi sağlanır. Bir fasikül 15 tabaka perinöriyumla çevrelenmiştir. Bu tabakaların sayısı fasikülün çapıyla orantılıdır (21,27,30,31).

Perinöriyum bazı sinirlerde daha kalındır. Lokal anestezi solüsyonunun geçişinde perinöriyum en dirençli engeldir. Perinöriyum, beyin ve omuriliği kaplayan pianın periferik sinirdeki karşılığıdır. Perinöriyum ile epinöriyum arasındaki potansiyel boşluk da subaraknoid aralığa tekabül eder. İlaçlar bu aralıktan spinal kanala dağılabilir. Her fasikül gevşek bir ağ oluşturmuş gözeli bağ dokusu, epinöriyum içine gömülüdür.

Perinöriyum ile epinöriyum arası mesafe çok yakındır. Epinöriyum besleyici damarlar, lenfatikler ve değişik oranda yağ dokusu içerir. Bir sinirin kesitinin % 25- 75'ini oluşturur. En dıştaki bölümü kalınlaşıp bir kılıf oluşturur. Bu kılıfa epinöral kılıf denir. Epinöriyum perinöriyuma oranla daha zayıf bir engeldir (21,27,30,31).

## **LOKAL ANESTEZİKLER**

LA'lar de uygun yoğunlukta verildiklerinde, uygulama yerinden başlayarak sinir iletimini geçici olarak bloke eden maddelerdir (31,32). LA'ların etkisi altında sinir lifinde eksitasyon eşiği yükselir, impulsun iletim hızı azalır, nihayet uygun konsantrasyondaki ilaçla iletim tam olarak bloke edilir (34). Sinir lifleri A, B, C olarak sınıflandırılır. A sınıfı lifler myelinli somatik sinir lifleridir. Bunlar da A $\alpha$  (alfa), A $\beta$  (beta), A $\gamma$  (gamma) ve A $\delta$  (delta) olarak dörde ayrılırlar. A lifleri içinde en kalını A $\alpha$  (alfa) lifleridir. B lifleri myelinli preganglionik sinir lifleridir. C lifleri ise myelinsiz sempatik postganglionik ve ağrıyı ileten liflerdir. Sinir liflerinin tipi, fonksiyon ve LA'ya duyarlılıkları Tablo 2' de gösterilmiştir (32,35).

Tablo 2. Sinir liflerinin tipi, fonksiyon ve lokal anesteziye duyarlılıkları (35)

| Sinir lifi | Miyelin | Çap  | İletim hızı | fonksiyon                                                               | Duyarlılık |
|------------|---------|------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| A $\alpha$ | +       | 6-22 | 30-120m/sn  | Motor(efferent) duysal                                                  | +          |
| A $\beta$  | +       | 6-22 | 30-120m/sn  | Motor (afferent)<br>proprioseptif, dokunma                              | ++         |
| A $\delta$ | +       | 3-6  | 15-35 m/sn  | Kas tonusu(kas içciklerinin<br>motor efferenti)                         | ++         |
| A $\gamma$ | +       | 1-4  | 5-25 m/sn   | Sensoriyal(ağrı, ısı,<br>dokunma)                                       | +++        |
| B          | +       | 3    | 3-25 m/sn   | Otonom(efferent<br>preganglioner)                                       | ++++       |
| C(sC)      | +       | 1    | 0,1-2 m/sn  | Sensoriyal(ağrı, ısı,<br>dokunma)<br>Otonom(postganglioner<br>sempatik) | ++++       |
| (d C)      | -       |      |             | Afferent duyu<br>siniri(ağrı,ısı, dokunma)                              |            |

A $\alpha$  (alfa), A $\beta$  (beta), A $\delta$  (delta), A $\gamma$  (gamma).

### Lokal anesteziklerin etki mekanizması

Lokal anesteziklerin etki mekanizması tam olarak hala açıklığa kavuşmamıştır. Etkilerinin sonucu bilinmekte fakat nasıl olduğu tam açıklanamamaktadır. Son veriler lokal anesteziklerin etkilerini akson membranlarının bazı reseptör bölgelerinde, membrandaki aralıklardan Na<sup>+</sup> iyonu geçişini kontrol eden Ca<sup>++</sup> ile gösterdiklerini desteklemektedir (21,29,31,36).

Son bilgilerin ışığında lokal anesteziklerin yol açtığı blok şu şekilde gelişmektedir. Eksitasyonda etkileşim, Ca<sup>++</sup> iyonlarını bağlandıkları membran reseptörlerinden ayırarak membran permeabilitesi artışı önleme şeklinde olmaktadır. Böylece Na<sup>+</sup> iyonlarının içeri girmesi engellenmektedir. Membran potansiyeli yavaşça düşmekte, tam depolarizasyon için gerekli eşik potansiyele ulaşamamakta ve aksiyon potansiyeli belli bir düzeye gelememektedir (21,29,31,36). Sonuçta da iletimde bir blok oluşmaktadır. Lenfatikler ve değişik oranda yağ dokusu içerir. Bir sinirin kesitinin % 25- 75'ini oluşturur. En dıştaki bölümü kalınlaşıp bir kılıf oluşturur. Bu kılıfa epinöral kılıf denir. Epinörium perinöriyuma oranla daha zayıf bir engeldir (21).

Bir ilaç sinir lifine ilk uygulandığında geçici bir blok meydana gelir (Wedensky bloğu). Bu dönemde zayıf uyarılar impuls uyandıramazken, güçlü olanlar blok alanından geçebilir. Aynı zamanda tek bir uyarı iletilemezken çoğul uyarılar birleşerek geçebilirler. İlacın konsantrasyonu sinir lifinde total blok yapacak düzeye eriştiğinde frekans ve güce bağlı olmaksızın hiç bir uyarı geçememektedir. Bu olgu; total blok öncesi hafif uyarıların geçemeyip güçlü olanların iletildiği hipoaljezik safhayı açıklamaktadır (21).

### **Lokal anestezi ajanların fizikokimyasal özellikleri:**

**Lipofilik – hidrofilik denge:** Yağda eriyebilirlik, lokal anesteziğin gücünü (potens) tayin eden en önemli faktördür. Lipid/su partiyon katsayısının büyük olması ajanın güçlü ve uzun etkili olmasını sağlamaktadır. Tersiyer amin veya aromatik halkaya eklenen alkil grupları lipofilik özelliği arttırmaktadır. (Tablo.3) Hidrojen iyon konsantrasyonu: Lokal anestezi ajanlar genellikle suda çözünmediklerinden solübl klorür tuzları şeklinde hazırlanmaktadır. Bunlar enjekte edildiğinde (+) yüklü lokal anestezi (LA) katyonlarına ve Cl<sup>-</sup> anyonuna ayrılmaktadır.

Nitrojen içeren amino grubuna sahip olan lokal anestezi ajanlar zayıf baz özelliğindedir. Bu nedenle solüsyon içinde (+) yüklü amin şekli (katyon formu) ile yüksüz tersiyer amin şekli (baz formu) dinamik bir denge oluşturmaktadır. Bir lokal anestezi tuzunun enjeksiyonu sonrası hızla katyon ile baz formu bir denge haline gelmektedir. Bu iyonik ve noniyonik formların oranları çeşitli faktörlere göre oluşmaktadır. En önemlisi ajanın pKa sıdır. PKa, baz ile katyonik formun eşit olduğu hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) olup her ajan içindeğişmektedir. Genellikle lokal anestezi ajanların pKa değerleri 7.5 ile 9 arasında değiştiğinden dokuda (pH:7.4) lokal anestezikler daha çok katyon formda bulunmaktadır. Burada pKa değeri yüksek ajanların daha çok katyon formunda bulunacağı sonucuna varılmaktadır. Katyon formun artması ajanın etkili olacağı aksollemaya ulaşımını geciktirirken, katyonik formun eksikliği membrandaki kanallar ile etkileşimi bozmaktadır (21,27,29,35).

Ajanın pKaA değeri dışında solüsyon pH'sı ile doku pH'sı da etkili olmaktadır. Solüsyonu alkalize etmek, aynı ortam pH'sini pKa'ya yaklaştırmak, iyonize formu azaltarak diffüze olabilen bazik formu arttırmaktadır. Böylece hedefe ulaşabilen lokal anestezi miktarı artmaktadır. Solüsyonun asitleştirilmesi ile pH ile pKa arası fark arttırılarak iyonize form çoğalmakta ve diffüzyon azalmaktadır (21,27,29). Ajanın enjekte edildiği bölgenin pH'sı da bu dengeyi

etkilemektedir. İnfekte bir bölgede pH'nın azaldığı düşünülürse pKa ile aradaki fark artacağından daha fazla ajan iyonize olacak ve diffüze olabilen miktar azalacaktır(27). (Tablo 3)

**Proteinlere bağlanma:** Daha güçlü ve uzun etkili tetrakain, etidokain ve bupivakain gibi ajanlar lipofilik olmanın yanı sıra proteinlere de daha fazla bağlanmaktadır. (Tablo 3)

| İLAC       | Potansiyel | Başlangıç | pKa | Proteine bağlanma % | Lipid / Su partiyon kat katsayısı |
|------------|------------|-----------|-----|---------------------|-----------------------------------|
| PROKAİN    | 1          | Hızlı     | 8,9 | 5,8                 | 0,02                              |
| TETRAKAİN  | 16         | Yavaş     | 8,7 | 75,6                | 4,1                               |
| LİDOKAİN   | 1          | Hızlı     | 7,9 | 64,3                | 2,9                               |
| MEPİVAKAİN | 1          | Orta      | 7,6 | 77,5                | 0,8                               |
| PRİLOKAİN  | 1          | Hızlı     | 7,9 | 55                  | 0,9                               |
| ETİDOKAİN  | 4          | Hızlı     | 7,7 | 94                  | 141                               |
| BUPIVAKAİN | 4          | Yavaş     | 8,1 | 95,6                | 27,5                              |
| ROPIVAKAİN | 4          | Orta      | 8,1 | 94                  | 2,9                               |

Tablo 3. Lokal anesteziklerin fizikokimyasal özellikleri

### Lokal Anesteziklerin Farmakolojik Özellikleri

**Etkinlik:** Sinir membranı lipoprotein yapısında olduğundan LA ilacın etkinliğinde en önemli özellik yağda erirliğidir. Buna göre yağda erirliği yüksek olan LA (etidokain), yağda erirliliği düşük olan anesteziğe (mepivakain, prilokain) oranla daha potettir. Analjezi kalitesi ise LA'nın konsantrasyonuna bağlıdır. Konsantrasyon ve yağda çözünürlük oranı ne kadar yüksekse motor blok o kadar çabuk ve belirgin derecede başlar.

**Etki hızı:** İn vitro en önemli etken ilacın pKa'sı iken in vivo ilacın sinir dokusu dışındaki dokulara difüzyon hızı ve yoğunluğu önem kazanmaktadır.

**Etki süresi:** Etki süresi öncelikle yağda çözünürlük oranıyla, protein bağıyla ve daha az oranda moleküllerin büyüklüğü ile belirlenir, genelde konsantrasyon ne kadar yüksek seçilirse, etki süresi de o kadar uzun olur. Etki yayılım alanı difüzyon ve volüm dağılımına bağlıdır. Volüm miktarı ve enjeksiyon hızı arttıkça yayılım alanı artar. LA'ların etki sürelerine göre sınıflandırılması Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Lokal anesteziyelerin etki sürelerine göre sınıflandırılması

| Kısa etki süresi (30-60dk.) | Orta etki süresi (60-120 dk) | Uzun etki süresi (>300 dk) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Prokain                     | Lidokain                     | Tetrakain                  |
| Klorprokain                 | Mepivakain                   | Bupivakain                 |
|                             | Prilokain                    | Levobupivakain             |
|                             | Artikain                     | Ropivakain                 |
|                             |                              | Etidokain                  |

Dk: dakika

**Diferansiyel blok:** Bir LA ilacın sensoriyel ve motor lifleri farklı derecelerde etkilemesi sonucu ortaya çıkar. Bupivakain motor blok yapmaksızın veya minimal blok sağlayarak analjezi meydana getirir (32,35,37,38).

**Toksisite:** Sistemik toksik reaksiyonlara ait belirtiler, ya ilacın verilmesini izleyen saniyeler içinde (erken reaksiyon) ya da 5-30 dk sonra gelişen geç reaksiyonlar şeklindedir. Geç reaksiyonda, önce santral sinir sistemine (SSS) ait kortikal belirtiler, daha sonra da kardiyovasküler sistem ( KVS) kollaps belirtileri ortaya çıkar (32,35). LA'ların çoğunun önemli toksik etkileri santral sinir sistemine yöneliktir. LA'lar, lipofilik özelliklerinden dolayı kan-beyin engelini kolaylıkla aştıklarından, dolaşımdaki miktarlarının yükselmesine karşı beyin çok duyarlıdır. İlk olarak dilde ve ağız etrafında uyuşma, baş dönmesi, uyuklama, kulak çınlaması, nistagmus, bulantı ve kusma görülür. Daha sonra huzursuzluk, sinirlilik, titreme ve kas seğirmeleri ortaya çıkar. Bütün LA'lar, baş dönmesi veya sedasyon, huzursuzluk, nistagmus ve tonik-klonik konvülziyonlar gibi santral etki spektrumuna sahiptirler. Ancak LA'ların medulla ve yüksek merkezler üzerinde primer bir baskılayıcı etkisi vardır. Öncesinde bir eksitasyon evresi olmaksızın depresyon evresi gelişebilir. Ciddi konvülziyonlar sonrasında, solunum ve kardiyovasküler depresyon ile koma gelişebilir (32,35,39).

LA ajanların KVS etkileri, rejyonal anestezide otonom yolların inhibisyonu ile indirekt veya kalp ve damar düz kasları ya da kalp ileti sistemi depresyonu ile direkt olarak gelişmektedir (33,37,40).

KVS toksisiteside SSS toksisitesi gibi, ajanların potenslikleri ile doğru orantılıdır. Ayrıca KVS, LA'ların potansiyel etkilerine SSS'den daha dirençli olup, toksik belirtiler daha yüksek kan düzeylerinde ortaya çıkmaktadır. LA ajanlar damar düz kaslarında direkt etki ile genellikle vazodilatasyona neden olduklarından hipotansiyon gelişmektedir. Hipotansiyon ve kardiyak

depresyon durumlarında efedrin gibi adrenerjik bir ajan kullanılmalıdır (41).

LA'lara karşı gelişen reaksiyonların %99'u yüksek kan düzeyine bağlı olan toksik reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar, ilacın yanlışlıkla damar içine verilmesi, damardan zengin bölgelerde uygulanan sinir blokları sonrası inflamasyonlu bölgelere uygulandığında emilimin hızlı olması sonucu, tirotoksikoz, karaciğer yetersizliği hipoproteinemi ve şiddetli anemi gibi detoksifikasyon mekanizmasının bozulduğu durumlarda ortaya çıkar. Yüksek plazma veya dermatom düzeyleri ve ciddi yan etkilerden kaçınmak amacıyla, etkin bir anestezi için gerekli olan en düşük dozaj kullanılmalıdır. Enjeksiyonlar, yavaş ve bölünmüş olarak, intravasküler enjeksiyondan kaçınmak için her enjeksiyondan önce ve sonra şırınga aspirasyonu yapılarak uygulanmalıdır. Sürekli kateter tekniği kullanıldığında, her enjeksiyondan önce ve enjeksiyon sırasında aspirasyon yapılmalıdır. Yüksek kan düzeylerine karşı tolerans hastanın fizik durumuna bağlı olarak değişir. Ciddi toksisite tedavisi semptomatiktir. Konvülsiyonlar genellikle intravenöz diazepam veya tiyopental gibi kısa etkili barbitürat ile tedavi edilir. Oksijen ile hiperventilasyon yararlıdır. Bazen şiddetli konvülsif aktiviteyi kontrol etmek için nöromusküler bloker ilaç kullanılabilir (42). LA'lara karşı gelişen reaksiyonların %1'i ise aşırı duyarlılığa bağlı olup ilacın dozu önemli değildir. Daha çok ester grubuna karşı gelişir. Alerjik reaksiyonlar, ilacın verilmesinden birkaç dk sonra ortaya çıkar ve yaygın anjionörotik ödem, ürtiker, hipotansiyon, eklem ağrıları, nefes darlığı, bulantı ve kusma ile kendini gösterebilir. Ester tipi LA'ların metabolizasyonu sonucu oluşan ürünler, bazı hastalarda antikör etkisi yapabilir. Alerjik reaksiyonlar enderdir ve genellikle amid alt grubundan bir ajan kullanılarak engellenebilir (42).

## **Lokal anesteziyi etkileyen faktörler**

**Lif kalınlığı:** Lif kalınlığı ile ileti hızı artmaktadır. Lokal anesteziklerin etkisi ise lifler inceldikçe artmaktadır. Yani lif ne kadar kalınsa gerekli konsantrasyonu o denli yüksek olmalıdır. Burada bir istisna, pregangliyonik otonom B liflerinin ilk önce bloke olmasıdır. Bu nedenle spinal veya epidural anestezide sempatik blokaj dermatomal düzeyden hayli yüksektir (21,29,43).

Kalın liflerin daha yüksek konsantrasyonda blokajı differansiyel sinir blokajını sağlamaktadır.

Bir periferik sinir bloğunda ağrı tamamen yok olurken (A delta ve C lifleri blokajı) motor

fonksiyonlar ile dokunma ve bası duyuları daha az etkilenmektedir.

**pH:** Solüsyon pH'sı arttıkça Cm azalmaktadır.

**Kalsiyum:** Çeşitli ajanların lokal anestezi potansi doku ortamının kalsiyum konsantrasyonu ile ters orantılıdır.

**Sinir uyarı hızı:** Yüksek uyarı hızlarında lokal anestezi ajanların potansinde artış olur.

**Sinir lifinin lokalizasyonu:** Periferik sinirin dış yüzeyine enjekte edilen lokal anestezi ajanlar merkezdeki liflere erişmek için daha fazla mesafe katetmek zorundadır. Bu yüzden önce çevredeki lifler, sonra merkezi lifler bloke olmaktadır. Çevresel lifler proksimal bölgeleri inerve ettiğinden anestezi öncelikle ekstremitenin proksimalinden başlamakta ve distale doğru ilerlemektedir. Benzer şekilde ekstrasellüler sıvıya daha yakın olan çevresel liflerden lokal anestezi ajan daha önce kaybolacağından anestezi öncelikle proksimalden başlayarak ortadan kalkacaktır (21).

Çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçların farklılığı, kullanılan solüsyonların pH'larının farklı olabileceğini düşündürmüştür. 8.0 pH'daki dekstran solüsyonları, farelerde bupivakain ile oluşturulan koksigeal sinir bloklarının süresini belirgin şekilde uzatmıştır.

Buna karşılık 4.5-5.5 pH'daki dekstran ilave edilen bupivakain solüsyonları ile elde edilen bloğun süresinde değişme olmamıştır. Bu sonuçlar dekstranın kendisinden ziyade, anestezi solüsyonun alkalizasyonunun iletim bloğunun uzamasından sorumlu olduğunu göstermiştir (37).

Lokal anesteziğin pKa'sı baz ile katyonun eşit olduğu hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) olup, her ajan için değişmektedir. Lokal anesteziklerin pKa değeri genellikle 7.5 ila 9 arasında olduğundan, dokuda daha çok katyonik formda bulunurlar. Solüsyonu alkalize etmek, iyonize formu azaltarak diffüze olabilen bazik formu arttırmaktadır. Bupivakainin pKa'sı 8.1'dir. Piyasadaki bupivakain preparatlarının pH'sı 4-6.5 arasında değişmektedir (44).

## **Lokal Anesteziklerin Etki Yerlerine Göre Sınıflandırılması**

**A Sınıf:** Yalnız Na<sup>+</sup> kanallarının dış yüzündeki reseptörleri (eksternal reseptörler) etkileyen

ajanlar. Bunlar yüklü (iyonize) biyotoksinler, tetrodotoksin ve saksitoksindir (27).

**B Sınıf:** Esas olarak Na<sup>+</sup> kanallarının iç yüzündeki (internal veya aksoplazmik reseptörleri) reseptörleri etkileyen ajanlar. Lidokainin kuartern derivelere bu şekilde bir etki gösterir (27).

**C Sınıf:** Sinir membranında nonspesifik etki göstererek, lipid moleküllerinin hareketliliğini artırıp membran ekspansiyonuna neden olan ajanlar. Bunlar nötr (nötral) yapıdaki benzokain, n-butanol gibi ajanlardır (27).

**D Sınıf:** Hem internal reseptörleri etkileyen hem de membran ekspansiyonuna neden olan ajanlar. Klinikte kullanılan ajanların çoğunluğu bu şekilde etki gösterir, çünkü bunlarda hem yüksüz (noniyonize) tersiyer baz hem de yüklü (iyonize) şekil bulunur. Katyonik şekil (yükü şekil), internal reseptörler üzerinde etki gösterirken, yüksüz şekil (noniyonize şekil) ise membran lipidleri ile etkileşerek membran ekspansiyonuna neden olur (27).

## **Lokal Anesteziklerin Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırılması**

Lokal anestezik ilaç moleküllerinde üç kısım mevcuttur.

1- Hidrofilik grup: Genellikle tersiyer ve bazen de sekonder bir amin grubudur.

2- Ara zincir: Genellikle iki veya üç karbonlu bir alkol grubudur.

3- Lipofilik grup: Molekülün diğer ucunu oluşturan aromatik bir gruptur.

Aromatik grupla ara zincir arasındaki bağ genellikle ya bir ester ya da bir amid bağıdır. LA'lar, bir karboksilik veya heterosiklik aromatik halka ile bir tersiyer amin grubunu birleştiren 2-3 karbonlu ara zincirden oluşmakta ve alkoller ile aminler olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Amin grubu da taşıdıkları bağlara göre ester ve amid olarak iki alt gruba ayrılır (32,33,35).

**Ester grubu (Benzoik asit esterleri):** Kokain, prokain, klorprokain, tetrakain, benzokain

**Amid grubu:** Lidokain, mepivakain, rilokain, bupivakain, tidokain, dibukain, levobupivakain

**Alkoller:** Etil alkol, aromatik alkoller

**Diğerleri:** Kompleks sentetik bileşikler; (Holokaine, kinolin deriveleri, ökopin)

Klinikte lokal anestezi olarak yalnız amid ve ester grubu ajanlar kullanılır.

### **BUPIVAKAİN (MARCAİNE®)**

1963 yılında AF Ekenstun ve arkadaşları tarafından bulunmuştur (31). Kimyasal yapısı L-n-Butyl-DL-Piperidin 2-Carbonsaure 2-6 dimethylanilid'dir (Şekil 5). Bupivakain uzun etki süresi, derin iletim blokajı ve duyu bloğu ile motor bloğun belirgin şekilde birbirinden ayrılması özelliklerini kombine olarak taşıyan ilk lokal anesteziiktir.

Bupivakain HCl, amid sınıfından güçlü ve uzun etkili bir lokal anesteziiktir. Lidokainden yaklaşık dört kat daha güçlü anesteziik etki gösterir. Etkisi 5-10 dakikada başlar. Bu süre kaudal ve peridural enjeksiyonda 20 dakikayı bulur. Motor ve sensoryal blokaj 3 ila 10 saat arasında değişebilir. Plazmada en üst düzeye 35 – 45 dakika sonra ulaşır. Böbreklerle atılan az bir kısmı dışında, karaciğerde glukuronid konjugasyonu ile metabolize olur. Yarı ömrü erişkinde 9, fetusta ise 8 saattir. Özellikle büyük sinirlerin anesteziisinde etkisi lidokaine göre daha geç ortaya çıkar.

Düşük konsantrasyonlarda ( 2,5 mg/mL ya da daha düşük ) kullanıldığında motor sinir lifleri üzerinde daha az etkilidir ve etki süresi daha kısadır. Bununla birlikte, düşük konsantrasyonlar, postoperatif ağrının azaltılmasında kullanılabilir (45).

Bupivakainin sistemik emilim hızı uygulanan doza, uygulama yoluna ve enjeksiyon bölgesinin kanlanmasına bağlıdır. En yüksek plazma konsantrasyonuna, hızlı emilmesi nedeniyle interkostal bloklarda ulaşılır ( 400 mg'lık dozdan sonra 1 – 4 mg/L ) En düşük plazma konsantrasyonları abdominal subkutan uygulamalarda görülür.

Epidural ve büyük pleksus bloklarında plazma konsantrasyonları orta derecededir. Çocuklarda kaudal bloktan sonra hızlı emilim ve yüksek plazma düzeyleri ( 3 mg/kg dozunda uygulandıktan sonra plazma konsantrasyonu 1 – 1,5 mg/L ) görülebilir. Adrenalin emilimini yavaşlatabilir.

Bupivakainin plazma klirensi 0,58 L/dakika, sabit durumdaki dağılım hacmi 73 litre, eliminasyon yarılanma süresi 2,7 saat ve hepatik ekstraksiyon oranı 0,40'tır. Başta alfa – 1 – asit glikoprotein olmak üzere plazmada %96 oranında bağlanmış olarak bulunur.

Yenidoğanlarda terminal eliminasyon yarılanma süresi 8 saate kadar uzayabilir. Üç aylıktan büyüklerde eliminasyon yarılanma süresi erişkinlerdeki ile aynıdır.

Büyük cerrahi girişimlerden sonra alfa – 1 – asit glikoprotein düzeyinin yükselmesi, bupivakainin plazma konsantrasyonunun yükselmesine neden olabilir. Bu durumda serbest ilaç düzeyi aynı kalır. Toksik düzey sınırı olan 2,6 – 3 mg/L'nin üzerindeki toplam plazma konsantrasyonlarının iyi tolere edilmesi bu şekilde açıklanabilir.

Bupivakain plasentayı kolaylıkla geçer ve serbest ilaç düzeyleri dengelenir. Plazmada bağlanma oranı anneye göre fetüste daha düşüktür ve bu durum fetüsteki toplam plazma konsantrasyonunun anneye göre daha düşük olmasına neden olur. Bununla birlikte anne ve fetüsteki serbest bupivakain konsantrasyonu aynıdır. Uygulanan bupivakainin yaklaşık %6'sı 24 saatte idrarla değişmeden, %5'i pipakolilksilidin (PPX ) olarak atılır.

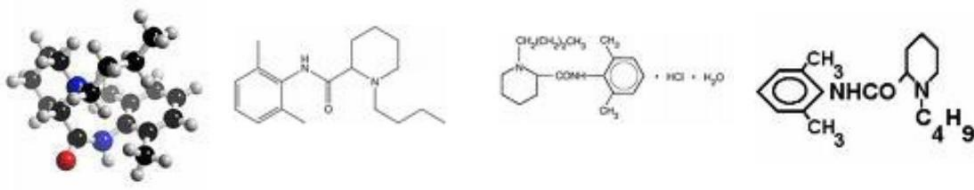
**Akut sistemik toksisite:** Yanlışlıkla damar içine enjekte edilmesi durumunda toksik etkiler (1– 3) dakika içinde ortaya çıkar. Damar içine uygulanmayan doz aşımalarında enjeksiyon bölgesine bağlı olarak en yüksek plazma düzeyine 20 – 30 dakika içinde ulaşılır ve toksisite belirtileri gecikebilir. Toksik reaksiyonlar merkezi sinir sistemi ve kardiyovasküler sistemi ile ilişkilidir.

Ağır toksisite durumlarında kardiyovasküler sistem belirtileri ortaya çıkabilir. **Na ve K kanallarını etkileyerek, kalpteki ileti sistemindeki impulsların iletiminde, doza bağımlı bir gecikme meydana getirir.** Sistemik yoğunluğun yüksek olmasına bağlı olarak hipotansiyon, bradikardi, aritmi ve kalp durması görülebilir.

Merkezi sinir sistemi toksisitesinde belirtiler yavaş yavaş şiddetlenir. İlk belirtiler ağız çevresinde parestezi, dilde his kaybı, baş dönmesi, sersemleme, hiperakuzi ve kulak çınlamasıdır. Görme bozuklukları ve musküler tremorlar daha ciddidir ve jeneralize konvülsiyonlardan önce ortaya çıkar. Bu belirtiler nörotik davranış olarak algılanmamalıdır.

Birkaç saniye ile birkaç dakika arasında devam eden grand mal tipi konvülsiyonlar ile şuur kaybı görülebilir. Artan musküler aktivite ile normal solunum bozulması nedeniyle

konvülsiyonlardan sonra hipoksi ve hiperkarbi hızla ortaya çıkar. Ağır durumlarda apne görülebilir. Asidoz lokal anesteziklerin toksik etkilerini güçlendirir.



Şekil 7. Bupivakain

## REJYONEL ANESTEZİ

Rejyonal ya da diğer bir deyişle bölgesel anestezi, bilinç kaybına yol açmadan vücudun belli bölgelerindeki sinir iletilisinin ve ağrı duyusunun ortadan kaldırılması olarak tanımlanabilir.

Rejyonal anestezi yöntemlerinin uygulanması genel anestezi uygulamaları ile eş zamanlı olarak başlamamıştır. Asepsi, antisepsi ve sterilizasyon kavramlarının ortaya konması, lokal anestezik ilaçların sterilize edilmelerinin sağlanması oldukça gecikmiştir. Ancak bu gereksinimler güncelleştikten sonra da rejyonal anestezi çok kullanılır hale gelememiştir. Rejyonal anestezinin uygulanmasının zaman alması, etkisinin geç başlaması istenmeyen yönlerinden en önemlisini oluşturmaktadır. Ancak özellikle son yıllardaki teknolojik gelişmelerin rejyonal anestezinin uygulanabilirliğini artırması, cihaz ve materyel olanaklarını sunması, rejyonal anestezinin anesteziyoloji ve algoloji içindeki yerini sağlamlaştırmış ve hakettiği yeri almasını sağlamıştır.

Rejyonal anesteziyi oldukça geniş bir alanda uygulamak olanaklıdır. Bu geniş alanı şu şekilde detaylandırabiliriz:

1. Topikal (yüzeyel) anestezi
2. İnfiltrasyon anestezisi
3. Geniş alan bloğu
4. Rejyonal intravenöz anestezi (RİVA) (Bier bloğu)

5.Sinir blokları:

5.a.Periferik sinir blokları; Periferik sinir, ganglion ve plexus blokları

5.b.Santral sinir blokları; Spinal ve epidural anestezi

### **Rejyonal Anestezinin Avantajları (46,47)**

1. Havayolu zorluğu bilinen veya gastrik aspirasyon riski yüksek olan hastaların girişim esnasında uyanık olmaları gerekir. Yine ameliyat sırasında uyanık olmak isteyen hastalarda (daha çok sezaryen sırasında görülür) rejyonal anestezi genellikle tercih edilir. Hastanın bilincinin korunması ve solunumun etkilenmemesi, trakeal entubasyon ve yapay solunum gereğini ortadan kaldırır. Hasta bunların getireceği gastrik içerik aspirasyonu gibi risklere maruz kalmaz.

2. Hastanın uyanma odasında uzun süre kalması gerekmez. Lokal anestezik etkisi genellikle cerrahi süresinden daha uzun sürdüğünden erken postoperatif dönemde hastanın ağrısı olmaz.

3. Endikasyonu olduğunda kateter yerleştirilerek sinir blokajını, saatler hatta günler boyunca uzatmak mümkün olur ve sistemik analjezik gereksinimi azalır.

4. Ameliyat bölgesinden ağırlı afferent uyarılar gelmeyeceğinden, cerrahi girişim sonrası görülen metabolik ve endokrin değişiklikler büyük oranda giderilmiş olur.

5. Prostatektomi, kalça ve pelvis cerrahisi girişimleri gibi bazı ameliyatlarda kan kaybı, genel anesteziye göre önemli derecede azalır.

6. Özellikle alt ekstremitelerde kan akımını arttıran, koagülasyon ve trombosit agregasyonunu azaltan ve bozulmuş vasküler endotelden lenfosit infiltrasyonunu önleyen devamlı epidural blok gibi bazı tekniklerle, postoperatif tromboembolizm riski azalır.

7. Gününbirlik cerrahi girişimlerde hastanın daha erken taburcu olması sağlanır.

8. Sempatik bloğa bağlı vazodilatasyon, travmatize ekstremitelerin daha iyi kanlanmasını sağlar ve iyileşmeyi hızlandırır (48).

9. Postoperatif dönemde rejyonal anestezi uygulanan hastalarda yara yeri enfeksiyonu daha az görülür (49).

### **Rejyonal Anestezinin Dezavantajları (47)**

1. Lokal anesteziğin maksimum dozu aşıldığında veya yanlışlıkla damar içine verildiğinde sistemik toksisiteye neden olabilir.

2. Santral nöral bloklarda oluşan yaygın sempatik blokaj sonucu hipotansiyon görülebilir. Bu nedenle hipovolemik ve septik şoktaki hastalarda uygulanamaz.

3. Kanama diyatezi olan hastalarda uygulanamaz.

4. Girişim bölgesinde deri enfeksiyonu olan hastalarda uygulanması sakıncalıdır.

5. Blokaj sırasında sinir yaralanması olasılığı vardır.

6. Operasyon başlama süresi genel anesteziye göre daha geçtir.

### **PLEKSUS BRAKİALİS BLOĞUNDA UYGULANAN YÖNTEMLER**

Pleksus brakialis interskalen, supraklavikular, infraklavikular, aksiller veterminal sinir uçları gibi farklı seviyelerden bloke edilebilir. Bloğun dağılımı, avantajları ve dezavantajları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (2,24). (Tablo 5)

**Tablo 5.** Pleksus brakialis blok yöntemlerinin karşılaştırılması.

| <b>Teknik</b>                | <b>Tutulan alan</b>           | <b>Avantajları</b>                                        | <b>Dezavantajları</b>                                              |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>İnterskalen</b>           | omuz, humerus, ön kol, dirsek | kolay derin dokuları tutar                                | alt dermatomlar(C8-T1) ve C4 tutulmayabilir.                       |
| <b>Supraklaviküler</b>       | omuz dışında tüm kol          | çok yaygın dağılım                                        | pnömotoraks riski, şişman hastalarda zor                           |
| <b>İnfraklaviküler</b>       | kol, ön kol, bilek, el        | kolay teknik, kateter uygulaması ile postop ağrı tedavisi | pnömotoraks riski, damar hasarı, toksisite riski                   |
| <b>Aksiller</b>              | el, ön kol                    | kolay teknik, düşük komplikasyon riski                    | ağrılı kola pozisyon vermek zor, n. musculocutaneus tutulmayabilir |
| <b>RİVA</b>                  | el, ön kol                    | kolay teknik, düşük başarısızlık riski                    | turnike ağrısı, toksisite riski, postoperatif analjezi sağlamaz    |
| <b>Periferik sinir bloğu</b> | Sinirin innerve ettiği alan   | Kolay teknik, uzun süren etki                             | Blok alanı sınırlı, çok sayıda enjeksiyon gerekir                  |

## **Aksiller blok yönteminde teknikler**

Pleksus brakiyalis aksiller bölgede nörovasküler bir kılıf ile kaplı olduğu için kılıfın sınırları içine yapılan enjeksiyonlar bu bölgede anestezi oluşturur. Aksiller blok transarteriyel, parestezi, sinir stimülasyonu, ultrason, perivasküler infiltrasyon gibi değişik yöntemlerle uygulanabilmektedir (2, 22). Aksiller blokta başarı, aksilla anatomisinin kesitsel olarak bilinmesiyle orantılıdır. Özellikle aksiller arter tüm yöntemler için kılavuzdur. Median sinir arterin süperiorunda, ulnar sinir inferiorunda, radial sinir ise posteriorunda yer alır. *n. musculokutaneus* ise korakobrakiyalis kası içinde seyreder. Yeterli bir anestezi için bu dörtlü sinir grubuna (median, ulnar, radial, muskulokutaneus) ek olarak kolda turnike kullanılacak vakalarda interkostobrakial ve mediyal brakial kutanöz sinirlerinde blokajı gereklidir (24).

### **1. Transarteriyel Teknik**

Aksiller arter en proksimalde tespit edilir, *immobil iğne* tekniği ile 22- gauge, 1,5-inç iğne arter kanı aspire edilene kadar ilerletilir. Sert bir dokudan geçiş hissi iğnenin fasiayı delmesi ile

meydana gelir. Ancak fasial *klik* olarak adlandırılan bu belirtilere dayanılarak yapılan enjeksiyonların taze kadavralarda sinir lifleriyle karşılaşmadığı gösterilmiştir. Arterin önüne ve arkasına 20 ml lokal anestezi verilir. Bazıları lokal anesteziğin tamamını (40 ml) arterin önüne yada arkasına vermeyi uygun bulurken, bazıları bölünmüş dozları tercih etmektedir. Enjeksiyon sonrasında kılıfın distaline bası uygulaması ve kolun abduksiyona alınması lokal anesteziğin sefale doğru yayılımını sağlar. Yöntemin en önemli dezavantajları intravasküler enjeksiyon, aksiller hematoma ve buna bağlı sinir kompresyonudur (2,24,50).

## 2. Parestezi Tekniği

İğne tek, spesifik yada birden çok parestezi elde etmek için aksiller artere doğru yönlendirilir (2,24). Tek yada birden fazla parestezi sağlanmasına bakılmaksızın genellikle total 40 ml lokal anestezi enjekte edilir. Bu teknik yüksek başarı oranlarına sahip olmakla birlikte parestezi araştırılması sırasında nöropaksi gelişme riski mevcuttur (15). Arter pulsasyonunun alınmadığı, hasta kooperasyonunun, sinir stimülasyonunun zayıf olduğu durumlarda elverişli bir yöntemdir (2,24,50).

## 3. Sinir Stimülasyonu Tekniği

Pleksusun innerve ettiği alanda sinir stimülatörü yardımı ile uyarılmış kontraksiyon elde edilmesi prensibine dayanır. *N.medianus* stimülasyonu ön kolun pronasyonu, bileğin palmar fleksiyonu, parmak orta falankslarının fleksiyonu, 2.ve 3. parmak distal falankslarının fleksiyonu, bas parmak fleksiyonuna neden olur. Ulnar sinir stimülasyonu bileğin ulnar fleksiyonu, 3.,4.,5. basparmak adduksiyonunu sağlar. *N. radialis* stimülasyonu ile; dirseğin ekstansiyonu, bileğin ekstansiyonu, ön kolun ve elin supinasyonu, parmakların ekstansiyonunu sağlar.

*N. musculokutaneus* aksillaya girdiği noktada korakobakialis kası içinden geçer ve bu nedenle arterle arasında mesafe vardır. Stimülasyonu ile dirsek fleksiyonu meydana gelir. *N. musculokutaneus* anestezisi arterin posterioruna ve sefaline yapılan enjeksiyonlarla sağlanabilir (2, 17,24). *N. musculokutaneus* ve *N.medianus* nabız sefalinde, *N.radialis* ve *N.ulnaris* nabız kaudalinde yer alır. Sefalde *N. ulnaris*, *N. radialis*'e göre yüzeysel, kaudalde ise *N. medianus* *N. musculokutaneus* 'a göre daha yüzeyseldir. Sinir stimülatörü iğne ucunun sinire yakınlığı konusunda deneyimsiz uygulayıcılara objektif bilgiler verir (2,50). Periferik sinir stimülatörleri ile kalın lifler

ince liflere göre çok daha kolay ve hızlı stimüle edilir. Böylece kalın A $\alpha$  motor lifleri, stimölasyonları ağrı oluşturan A $\delta$  ve C lifleri uyarılmaksızın stimüle olur. Sinir stimölasyonu yalıtımlı ve sadece iğne ucunda akım veren özel iğneler aracılığı ile yapılır. 0,1-0,6mA'lık sabit doğru akımlarla oluşturulan kas kontraksiyonları iğne sinire yaklaştıkça artar ve daha az akım gerekir. Pratikteki uygulama; 1-1,5 mA olan başlangıç değerlerini aşağı değerlere çekip, iğnenin sinir liflerinin kabul edebildiği son akım çıktısı olan 0,4mA' e kadar yaklaştırılmasıdır.

Optimal pozisyon 0,5mA veya daha az akımla oluşur (51). 1-2 ml lokal anestezi enjeksiyonu ile kas hareketleri azalır. Modern yalıtılmış iğnelerin, eski yalıtılmamış iğnelere oranla daha kesin lokalizasyonlar yaptığı gösterilmiştir. Yine kısa bevel ve teflon ile yalıtılmış iğneler sinir lokalizasyonunu daha iyi belirler, travma riskini azaltır. Sinis stimölatörünün katot (-) tarafına teflon ile yalıtılmış iğne bağlanmalıdır. Negatif kablo iğne ucuna bağlandığı zaman daha düşük akım gerekir. Stimölatörün anot (+) kısmına bağlanan zemin elektrodu olarak EKG elektrodları kullanılır. Üst ekstremité için elektrod genellikle omuza ya da ön kola yerleştirilir. Tek bir kas kontraksiyonunun olduğu bölgeye 40ml lokal anestezi enjeksiyonu uygulamalarının yanı sıra; genellikle bölünmüş dozlarda (10 ml) her bir sinir bölgesine ayrı ayrı enjeksiyonlar tercih edilir (2,24).

#### **4. Ultrasonografi Tekniğı (52)**

Ultrasonografi (US) eşliğinde sinir bloğı ilk kez La Grange ve ark. tarafından 1978'de rapor edilmiş, Doppler US eşliğinde supraklaviküler brakiyal pleksus bloğı uygulanmış ve başarı % 98 olarak bildirilmiştir. İzleyen dönemde US kullanımı ile ilgili yayınlar enderdir. Son 5 yılda US' nin rejyonal bloklarda kullanımı artmıştır. Ülkemizde 1993 yılında Güzeldemir ve Üstünsöz tarafından aksiller sinire US eşliğinde kateter yerleştirilerek blok uygulanmıştır. Son yıllarda rejyonal anestezi US kullanımının blok başarısını artırdığı, komplikasyonları azalttığı ve lokal anestezi dozunu düşürdüğüne ait yayınlarda büyük bir artış olmuştur (7, 53).

İngiltere Ulusal Sağlık Enstitüsü' nün 2002 yılında santral venöz kateter yerleştirilmesinde US kullanılmasını önermesinden sonra, anestezi kliniklerinde portatif US cihazlarının kullanılması artmıştır (54). US, günümüzde kardiyak görüntüleme ve kardiyak output monitörizasyonu, vasküler girişimler, basit tanısal işlemler ve aspirasyon uygulamalarında (plevral effüzyon, abseler) rutin olarak kullanılmaktadır.

Ultrasonografinin rejyonal anestezi kullanımı son yıllarda artmıştır. Günümüzde

çözünürlüğü artmış yüksek frekanslı probalar arter, ven, kas, tendon ve sinirler gibi yüzeyel yapıların görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Genellikle 1-5 cm' lik derinlikteki anatomik yapılar kolay görüntülenebilir. Portatif iki boyutlu US klinisyene hastanın sonoanatomisini, yüzeyel anatomik işaret noktalarından bağımsız ve eşzamanlı olarak sunarak, iğnenin doğru bir biçimde yerleştirilmesine olanak sağlar. US'ye Doppler teknolojisinin eklenmesi yanında, hava yolu sağlanması, santral venöz kateter, arter kateteri yerleştirilmesi gibi girişimlerdeki rolüyle, anestezi ve yoğun bakımda US kullanımında büyük ilerlemeler kaydedilmiştir.

US ile başarılı bir bloğun anahtarı, ilgili anatomik yapıların ne olduğunun ve ekranda ortaya çıkan görüntünün hangi anatomik yapılara ait olduğunun bilinmesidir. Sonoanatomisi olarak adlandırılan bu ekran görüntülerini US kullanan kişinin çok iyi bilmesi gerekir. US ile sonoanatomisi bilgisini geliştirmenin en iyi yolu sinir yapılarını görmek için blok uygulamadan önce çeşitli fantomlar (jel içeren kapalı kutular, içine tel yerleştirilen kuzu veya tavuk budu gibi) üzerinde pratik yapmaktır. Bu pratik çalışma US probu, iğne ve US görüntüsü arasında koordinasyonu sağlayacak ve iğnenin US görüntüsünde önceden nasıl görüldüğü hakkında yararlı bilgiler verecektir.

## **Ultrasonografinin Temel Prensipleri**

US ile görüntüleme 2-15 MHz aralığında frekansları kullanan bir US transdüseri tarafından ses dalgalarının iletilmesi ve alınması temeline dayanır (insan kulağı 1-20 kHz frekans aralığındaki sesleri duyar). Birçok transdüserde piezoelektrik özelliklere sahip yapay polikristallin ferroelektrik materyaller (seramikler) kullanılır. Kristale bir akım uygulandığında, kristal genişler ve voltaj değişikliklerinin polaritesine uygun olarak titreşir. Bu titreşim bir basınç dalgaları serisi (ses dalgaları) oluşturur. Bu aksi yönde de çalışır; eğer ses dalgaları geri dönerse, kristali titreştirir ve gerginleştirir; bu da uygulanan yüzey boyunca bir voltaj değişikliğine yol açar. Bu değişiklik amplifiye edilir ve dönüş sinyali olarak şekil oluşur. US' nin iki temel özelliği rejyonel anestezi için çok önemlidir.

### **A. Eşzamanlı (real-time) görüntüleme;**

a. İğne ve sinir ilişkisi eşzamanlı izlenebilir. İğnenin sinire teması US ekranında görülebilir. Bu nedenle, bazı otörler blokajı yalıtılmamış iğne ile de gerçekleştirirler ve periferik sinir stimülatörü (PSS) ile stimüle etmeden de blokajın gerçekleştirilmesi avantaj olarak kabul edilir.

b. İğne, sinir ve lokal anestezi yayılımı birlikte izlenebilir. Eğer lokal anestezi hipoekojenik olarak sinirin çevresini sarıyorsa bu istenilen görüntüdür. Yapılan lokal anestezi ekranda izlenemiyor ise lokal anestezinin iv verildiği rahatça anlaşılır.

#### B. Doppler ultrasonografi ile arter ve ven ayrımı yapılabilir.

Pulsasyonun olması bu anatomik yapının arter olduğunu, baskı uygulandığında kollabe olması ise ven olduğunu gösterir. Aynı zamanda renkli Doppler US özelliğinden yararlanılarak izlenen damarsal yapıların arter ve ven ayrımı çok rahat yapılabilir. Blok yapılacak sinirin yakınında arter veya ven olması, US ile sinirin lokalizasyonunu daha da kolaylaştırmaktadır. US ile arter kolayca bulunduğunda, sinir arterin lateral ya da mediyalinde (femoral sinir arterin lateralinde) yer almakta ise iğne ile artere yaklaşırken sinire de yaklaşılabilir.

US'nin gönderdiği ses dalgaları dokunun içerdiği sıvı oranına göre geri yansır. Yüksek oranda su içeren dokular, örneğin damarlar çok az yansıma neden olur, bu nedenle siyah veya koyu renk (hipoekoik) gözlenir. Oysa tendon ve kemik gibi anatomik yapılar tüm ses dalgalarını yansıttığı için beyaz veya parlak beyaz (hiperdens veya hiperekoik) olarak gözlenir. Tiroid ve karaciğer gibi dokularda ise yansıma orta şiddette olup, gri renkli olarak gözlenir.

Dokuda sesin hızı, dokunun yoğunluğu ve sıkıştırılabilirliğine bağlıdır. US'dan çıkan ses dalgası farklı yapılar arasındaki ara yüzeyde yansıtılır (Doku-yağ, doku-kemik, kas-yağ). Yansıma ultrasonik dalga için açıya ve bu yapılar arasındaki akustik empedansa bağlıdır. Bu ara yüzey yansımaları resim elemanlarının matrisi veya piksel olarak belirtilen US görüntüsünün temelini oluşturur. Eğer akustik empedansta küçük değişiklikler olursa, daha derin dokular içinden daha fazla US dalgası iletebilmektedir. Buna karşın, eğer dokular arasında akustik empedans açısından büyük farklılıklar varsa, daha fazla oranda dalga yansıtılır ve daha derin dokulara iletim engellenir (hava/doku ara yüzeyinde % 99 yansıma olur).

US dalgaları görüntülenmek istenen objeye dik olarak iletilirse, yansıma en fazla olmaktadır. Açı 90°'nin altına düştükçe, yansıyan dalga transdüserden uzaklaşır ve görüntünün bir kısmı oluşmaz. Ses dokudan geçtikçe, bir kısmı eko olarak yansır, bir kısmı dokular tarafından dağıtılır ve geri kalanı da ısı olarak absorbe edilir. Yalnızca yansıyan ses dalgaları görüntüye katkıda bulunur. Absorbe edilen ses miktarı doğrudan US dalgasıyla orantılıdır. Dalga frekansı arttıkça (yüksek frekanslı dalgalar 5-10 MHz) dokuya penetrasyon azalmakta, dalga frekansı azaldıkça (düşük frekanslı dalgalar 2-5 MHz) dokuya penetrasyon artmaktadır. Yüksek frekanslı problemlerde

daha iyi çözünürlük elde edilirken, penetrasyon daha azdır. Düşük frekanslı probalar ise daha derine penetre olurken, çözünürlükleri daha düşüktür. Bu nedenle femoral, aksiler, interskalen gibi yüzeyel sinirler bloke edilirken yüksek çözünürlükteki düz probalar kullanılır. Siyatik sinir, psoas kompartman bloğu gibi derin dokularda bulunan sinirlerin blokajında ise düşük frekanslı konveks probalar kullanılır.



Şekil 8. Düz ve konveks US probaları

Aksonlar veya fasiküller koyu (hipoekoik) ve destekleyici doku ise parlak (hiperekoik) olarak görülür. Aynı sinirin görüntüsü farklı düzeylerde (kökler, trunkuslar ve periferde), hipoekoikten (kök düzeyinde baloncuklar, üzüm salkımı veya yuvarlak delikler olarak), hiperekoik oval, üçgen veya periferde olduğu gibi düz şekle kadar değişebilir. Bunun nedeni, sinirin farklı yapılar arasından geçerken veya dallanma gösterirken siniri çevreleyen yapıların değişmesidir.

İlk basamak, hedef alandaki tüm anatomik yapıların görüntülenmesidir. Tüm ayarlanabilir değişkenler; örneğin penetrasyon derinliği, frekans ve kontrast değeri bloğun uygulanmasından önce optimize edilmelidir. Pleksus ve sinirlerin tümünü US ile görüntülemek olası değildir. Yüzeyel ve büyük pleksus veya sinirlerin görüntülenmesi daha kolaydır (örneğin brakiyal pleksus, aksiller sinir, femoral sinir), ancak gluteal bölgede siyatik siniri çevreleyen kas dokusu US dalgasını zayıflatığı için siyatik sinirin görüntülenmesi zor olmaktadır. Eğer sinirlere vasküler yapılar eşlik ediyor veya yakınında bulunuyorsa, kontrast artırılarak vasküler yapılar daha iyi görüntülenebilir ve bu durum sinirin tanınmasını kolaylaştırır. Hava ve kemik US dalgalarını büyük oranda yansıtır, bu nedenle kemik veya hava tarafından gizlenen veya gölgelenen herhangi bir sinirin görüntülenmesi olanaksız hale gelebilir (örneğin, interkostal sinir).

Çoğu cihazda doku çözünürlüğü ve resim kalitesini optimize etmek için kullanılan fabrika ayarları bulunur (örneğin, iskelet-kas, vasküler, sinir). Derinlik ve frekansın ayarlanması, dalganın doğru düzeye yönlendirilmesine ve daha iyi gri/beyaz skalasının elde edilmesine olanak sağlar.

Probun ebadına bağlı olarak (cilt yüzeyinde kapladığı alan) girişim sınırlanabilir ve bundan

dolayı bazı anatomik bölgeler (supraklaviküler) ve bazı hastalarda (pediyatrik) daha küçük ya da daha büyük ve konveks ( lumbal pleksus bloğu) problemlere gereksinim olabilir.

### **Ultrasonografi Rehberliğinde Rejyonel Anestezinin Avantajları**

Günümüzde periferik sinir blokları anatomik işaret noktalarından yararlanarak sinir stimülatörü ile gerçekleştirilmektedir.

Ancak, en uygun koşullarda dahi bu bloklar 'kör' yöntemlerdir. Oysa US rehberliği, alternatif bir yöntem sunmaktadır. US ile rejyonel blok uygulanırken iğne ile sinir ilişkisinin eşzamanlı görüntülenmesi sağlanır (53, 55, 56).

US rehberliğinde rejyonel anestezinin avantajları:

- a. Hedef sinir veya sinirlerin, kendisini çevreleyen yapılarla (örneğin, arterler, venler, akciğer, diğer sinirler gibi) beraber görüntülenebilmesi ve tanımlanabilmesi (56,57)
- b. Hastalar arasındaki anatomik farklılıklardan etkilenmemesi (örneğin, vücut yapısı, anatomik değişiklikler (58,59)
- c. İğnenin hedef sinire uzaklığının, açısının ve rotasının saptanabilmesi (60)
- d. İğne hedefe yaklaştırılırken eşzamanlı (real-time) olarak görüntülenebilmesi ve yönünün değiştirilebilmesi (61)
- e. Lokal anestezinin sinirin çevresine dağılımının ve yerleştirilen kateterin görüntülenebilmesi (62, 63)
- f. Genel anestezi uygulanan hastalarda işlemin güvenle uygulanabilmesi (örneğin, çocuklar) ve başarısızlık durumunda işlemin yinelenilebilmesi (64, 65)
- g. Taşınılabilirlik ve emniyet (iyonize radyasyondan etkilenilmemesi) (64)

h. Yan etkilerin önlenmesi (örneğin, lokal anesteziğin intranöral enjeksiyonu, intravasküler enjeksiyon) (66,67)

1. Sinir stimülasyonu sırasında ağrılı kas kontraksiyonlarının önlenmesi (örneğin, kırıkolgularında) (65)

j. Lokal anestezi dozunun azaltılması ve buna bağlı olarak sistemik lokal anestezi toksisitesi insidansında azalma (67)

k. Daha hızlı etki başlangıç zamanı (62)

l. Blok kalitesinde artma (59, 62, 63)

### **Rejyonel Anestezi Ekipman**

Sinirlerin ses dalgalarıyla görüntülenmesi için yüksek çözünürlükte görüntü sağ-layan yüksek frekansta ses dalgalarına gereksinim duyulur. Çoğu uygulamada bant aralığı 5-12 veya 8-14 MHz olan geniş bantlı transdüserler yüksek frekans aralığında kusursuz çözünürlük ve düşük frekans aralığında (2-5 MHz) ise iyi bir penetrasyon derinliği (5-10 cm) sağlarlar. En çok kullanılan prob yüksek frekanslı (6-11 MHz), lineer (düzlemsel, çizgisel) probdur (6-11 MHz). Bunlar genellikle yüzeysel olan sinir ve pleksuslar (örneğin, interskalen brakiyal sinir bloğu, aksiler sinir bloğu, el bileğinden mediyen sinir bloğu) için iyi bir çözünürlük sağlarlar. Aksiler sinir bloğundaki anatomik yapıların sonoanatomisi Resim 4' de görülmektedir. Düşük frekanslı eğri çizgisel (curvilinear) prob daha derin sinir ve pleksuslar için kullanılabilir (örneğin, siyatik sinir, psoas kompartman bloğu, epidural aralığın saptanması).

### **İğne ve Prob Kullanım Yöntemleri**

Ultrason rehberliğinde yapılan rejyonel anestezi için yalıtılmış iğne, tuohy iğne, spinal iğne, enjektör iğnesi kullanılabilir (68,69). Pratik uygulamada genellikle sinir stimülatörü iğneleri seçilmektedir.

İdeal iğnenin özellikleri şöyle sıralanabilir (68,70):

- İğnenin, özellikle uç kısmının iyi görüntülenebilmesi,
- Tüm dokularda uygulanabilmesi,
- Tüm açılardan iyi görülebilmesi,
- İğnenin dış sınırlarının görüntüsünün kesin olması,
- Düşük artefakt oluşturmaması,
- Akustik gölgelenmeye neden olmaması,
- İğneyi çevreleyen dokudan çok iyi biçimde ayırt edilebilmesi.

Ne yazık ki, bu özelliklere sahip ideal bir iğne yoktur. Çalışmalardan elde edilen verilere göre, iğnenin cilde giriş açısı dikleştikçe, görünübilirliği azalmaktadır (70). Tüm iğneler US ile benzer görüntü verseler de, daha büyük iğneler ve bazı iğne ucu tiplerinin (Tuohy) daha parlak ekosu vardır ve iğnenin kendisi akustik gölgelenme oluşturur. US dalgasının yanında iğnenin hangi açıyla ilerletildiği çok önemlidir; eğer iğne probun yüzüne paralel ise iğnenin yansıması daha fazla olacaktır (69,70). İdeal olan iğnenin cilde 45° açıyla girmesidir. Bu şekilde iğnenin en iyi görüntüsünü sağlamak olası olacaktır.

US ile görüntülemeye prob 3 temel hareket ile kullanılmalıdır:

1. Cilt yüzeyinden sinirin uzunlamasına izlenmesi (probun kayan hareketleri). Prob ile sinir kısa aks veya uzun aks boyunca izlenebilir.
2. Hedefteki sinir ve/veya blok iğnesinin uzun aksının görüntülenmesinde, algılayıcının (probun) saat yönünde ve tersindeki hareketlerinden (rotasyon hareketi) yararlanılır.
3. Prob ile siniri en iyi geliş açısı (90°) ile görmemizi sağlayan (açılama hareketleri) probun cilt ile yaptığı açıyı değiştirerek elde edilen harekettir.

Rejyonal anestezide görüntüleme yaparken US dalgasıyla elde edilen görüntü ya iğnenin

kesitsel olarak görüldüğü kısa aks görünümü ya da iğnenin longitudinal olarak görüldüğü uzun aks görünümü şeklinde olacaktır. Her iki görünümün de kendine özgü avantajları vardır, fakat genellikle iğne uygulanan yöntemlerde iğneyi ciltten geçirirken sinirin görüntü içerisinde tutulması daha kolay olduğundan uzun aks seçilmektedir (44).

Uzun aks yönteminde iğnenin izlediği yol, kısa aks yöntemine göre üç kat daha uzundur. İğne kullanımında tek güvenilir yaklaşım veya yöntem, iğnenin tüm işlem boyunca gözlenebildiği yöntemdir. Kısa aks yaklaşımda iğne görüntüsü nokta şeklindedir, probun altında sürekli izlenemez ve doku hareketinden ya da lokal anesteziğin dağılımından iğnenin yeri anlaşılmaya çalışılır. Bu yaklaşımların avantaj ve dezavantajları şunlardır:

1. Uzun aks yaklaşım ile iğnenin ultrason probu altında izlenmesi olanaklıdır. İğne çizgi şeklinde görülebilir.

2. Uzun aks yönteminde iğnenin izlediği yol kısa aks yönteme göre 3 kat daha uzundur.

3. Kısa aks yaklaşımda iğnenin yönü sinir stimülasyonu yönteminde olduğu gibidir.

4. Kısa aks yaklaşım ile iğnenin ultrason probu altında izlenmesi olası değildir. İğne görülmez, görülse de nokta şeklinde görülebilir.

5. Kısa aks yaklaşımda yaklaşım yolunun kısa olması hasta için daha kon-forludur.

6. Kısa aks yaklaşımda özel ekojenik parlak (beyaz) dizaynın yokluğunda keskin iğne ucunun lokalizasyonu zor olabilir. Bu yüzden sıvı enjeksiyonunda doku genişlemesini, iğne ilerlemesinde dorsal ultrason gölgesini veya lokal doku hareketlerini gözlemleyerek iğne ucunun pozisyonunu anlayabiliriz.

## **Ultrasonografi Kullanım Yöntemi**

Prob, hedef pleksus veya sinir üzerindeki cilde hafifçe yerleştirilir, jel veya alkollü sprey kullanılarak havasız bir temas sağlanır. Öncelikle pleksusa yakın arter ve venlerin tanınması önemlidir. Üst ekstremitede subklavyan arter, aksiler arter, alt ekstremitte femoral arter ve poplitealarter bloklarda bize yardımcı olacak sono-anatomik işaret noktalarıdır. Sonoanatomide en

kolay anlaşılabilir yapılar arterler ve venlerdir. US probu ile hafif bir basınç genellikle arterlerin venlerden ayırt edilmesini sağlar (arterler pulsatil anekoik, venler sıkıştırılabilir anekoik). Görüntü kalitesi; derinlik, tarama parametreleri ve gücün ayarlanmasıyla olabilecek en iyi hale getirilebilir. Hedef görüntü ortaya alındığında, cilde girişim yapılacak yerden nazikçe bastırılır ve böylece lokal anesteziyle infiltre edilecek olan en uygun giriş noktası tanımlanabilir.

Alan alkol solüsyonuyla (izopropil alkol % 70) silinir, örtülür ve prob steril kılıfa konur. Hava ultrason için en kötü ortamdır (dalga'nın % 99' u hava-doku ara yüzeyinden yansıtılır) ve probun üzerine yeterli miktarda jel konularak ortamdan havanın uzaklaştırılması önemlidir. İsteğe bağlı olarak seçilen iğne (yalıtlımlı veya yalıtlımsız) probun uzun aksı boyunca veya kısa aksı boyunca ilerletilir. Ciltten geçildikten sonra, iğne US probu altında görülmelidir, daha sonra iğne hedefe yönlendirilerek sinirin yakınında pozisyon verilir. US ile bir periferik sinir stimülatörü beraber kullanılabilir. Bu; pozisyonun doğrulanmasına, sinirin tanımlanmasına ve eğitim çalışmalarına katkıda bulunur. Son olarak, 3-5 ml lokal anestezi solüs-yonundan enjekte edilir ve solüsyonun dağılımı (sinirin çevrelendiği) izlenir. Lokal anesteziğin sinir çevresine dağılımı hiperekoik olarak gözlenir ve bu görünüm 'ayçöreği manzarası veya hale oluşumu' olarak adlandırılır.

Lokal anesteziğin yayılımının direkt olarak görüntülenebilmesi etkili sinir bloğu için uygulanan dozu azaltmaktadır. Lokal anestezi dozunu azaltmak ise yaşlı hastalarda ve 3' ü 1 yerde veya siyatik sinir blokları gibi yüksek dozların kullanıldığı rejyonel anestezi yöntemlerinde lokal anestezi toksisite riskini azaltmaktadır. US kullanımının en önemli nedenlerinden biri lokal anestezi dozunu azaltabilmektir (72). Üst ekstremité bloklarında kör yöntemlerle 30–40 ml lokal anestezi kullanılırken US eşliğinde 15-20 ml ile başarılı bir blok gerçekleştirilebilir (60,62).

### **Artefaktlar**

Artefakt, işlemde kullanılan inceleme elemanlarından kaynaklanan, görüntüdeki herhangi bir bozulma veya hata olarak adlandırılabilir. Görüntü artefaktları planlanan işlemde ciddi sorunlara yol açabilirler (73).

En önemli görüntüleme artefaktları şunlardır:

A. Akustik: Yansıtma oranı yüksek yüzeyler (kemik gibi) neredeyse tüm ses dal-galarını yansıtırlar ve derindeki tüm yapıların üzerinde bir gölge oluştururlar. Bir yapının indirgeme katsayısının kendinden daha derinde olana göre daha fazla olması nedeni ile daha derindeki

dokunun normalden daha az ekojenik görünmesine akustik gölgelenme adı verilir. Genellikle en çok kemiğin altında yer alan bir hedef arandığında akustik gölgelenmeye rastlanır.

B. Anatomik: Anatomik artefaktlar normal veya aberran doku yapılarıdır ve bunlar hedef sinire benzerler ve sıklıkla uygulayıcının hedefini karıştırmasına yol açarlar. Bunlara sıklıkla “tuzak hataları” adı verilmektedir. En sık görülenler; tendon ve kaslar, kan damarları ve lenf nodlarıdır (74).

Dokunun ayırt edilemediği durumlarda uygulanması gereken çözüm yöntemleri:

1. Sinirin tahmin edilen anatomik seyri boyunca izlenilmesi,

2. Hedefi doğrulamak amacıyla sinir stimülatörü

kullanılması. C. Diğerleri:

1. Post-kistik artış: Sıvıyla dolu yapıların (kistler), geniş venler/arterler arkasında parlaklığın artmasına neden olmasıdır.

2. Hava: Ultrason dalgası havanın içinden geçemez, bu nedenle havayla dolu kaviterler içerisinden görüntü almak olası değildir. Ciltle havasız bir ortamda temas sağlamak için prob üzerinde bir jel katmanı oluşturulmalıdır. Ciltte hava kabarcığı kalırsa bu ekranda siyah ve anekoik olarak görüntüyü bozar (68).

Pleksus brakialis bloğunda CT, floroskopi gibi görüntüleme yöntemleri araştırılmaktadır. Yüksek blok başarı oranları bildirilmektedir (59, 60, 67).

## **BRAKİYAL PLEKSUS BLOĞUNUN AKSİLLER GİRİŞİM YÖNTEMİ**

### **Aksiller blok endikasyonları, kontrendikasyonları**

Aksiller blok yöntemi güvenli ve basit bir brakial pleksus yöntemidir. Yüksek volümde lokal anestezi kullanıldığında bile blok alanı sınırlı kalabilmektedir. Pleksusu aksillada yukardan terk eden *N.aksillaris* ve *N.musculokutaneus* %25'in üzerinde bir oranla bloke edilemeyebilir. Aksiller bloğun endikasyonu alanı; *N.ulnaris* ve *N.radialis*'in innervasyon alanını içine alan ön kol

ve el cerrahisidir. Cerrahi bölge ön kol ve elin lateral bölümünü içine alıyorsa *N. cutaneus lateralis* ve *N. radialis*'in ayrıca bloke edilmesi gerekir.

Aksiller blok outpatient (günübirlik) ve pediatrik yaş grubunda da ideal bir yöntem olmakla birlikte, omuz ve kol cerrahisinde uygulanabilirliği sınırlıdır (50). Aksiller blok; koopere olmayan, kanama diatezi olan yada antikoagulan tedavi alan, bölgesel enfeksiyon bulunan, lokal anestezi toksisitesi olan, periferik nöropati yada periferik damar hastalığı (Burger hastalığı gibi) olanlarda kontrendikedir (15,24).

### **Aksiller blok komplikasyonları**

Aksiller bloklarda blok uygulama teknikleri, lokal anestezi, kullanılan iğneler ve iğne girişimlerinin sayısına göre komplikasyonlar gelişmektedir. Aksiller blok yönteminde; enjeksiyon bölgesi vital organların uzağında olduğu için subaraknoid, subdural enjeksiyon, pnömotoraks gibi diğer brakial pleksus bloğu yöntemlerinde ortaya çıkan komplikasyonlar görülmemektedir (24).

Sinir hasarı, sistemik toksisite aksiller blok uygulamasında görülen en belirgin komplikasyonlardır. (2) İğne ve kateterin neden olduğu travma, kullanılan vasokonstriktörlerin etkisi, nöral ödem, buna bağlı iskemik yaralanma ve nörotoksisite rapor edilmiştir (74,75). Uzun bevel iğnelerle yapılan bloklarda kısa iğnelere göre daha fazla oranda nörotoksisite açığa çıkmaktadır (76). Birçok anestezi uzmanı çoklu enjeksiyonların travma ve özellikle nörolojik komplikasyon riskini artırdığını düşünürken (77), çoklu enjeksiyonla yapılan bir çok vakada nörolojik komplikasyon bildirilmemiş yada daha düşük oranlarda bildirilmiştir. Aksiller blok uygulamasında *A. aksillaris* üzerinde meydana gelen psödoanevrizma da nöral disfonksiyona yol açar (78).

Parestezi aranması tekniği ile postoperatif nöropati gelişme oranı diğer yöntemlerden daha fazla görülmektedir (2). Yüksek volümde lokal anestezi enjeksiyonu ve intravasküler enjeksiyon, özellikle transarteriel teknikte olmak üzere lokal anesteziye bağlı sistemik toksik reaksiyonlara neden olmaktadır (50,79,80). Sık aspirasyonlar aksiller blokta intravasküler enjeksiyonu önleyebilir, ancak ortadan kaldırmaz (24). Kontrendikasyon yoksa intravasküler enjeksiyonun belirlenmesinde lokal anesteziye katılacak epinefrin yararlı olabilir (81).

Aksiller kılıf lokal anesteziğin serbest difüzyonuna karşı kılıfın içi ile dışını ayıran bir bariyerdir. Kılıf içine yapılan lokal anestezikler dolaşıma kılcal damar ağı yada transarteriyel emilim ile ulaşırlar. Kılıf dışına, yani bitişik kaslara yapılan enjeksiyonlarda sistemik yayılım yüzeyi artar (23). İntranöral enjeksiyon yanıcı bir ağrı ile karakterizedir, hatalı enjeksiyonlara karşı uyarıcı olan bu bulgu varlığında iğneye yeniden yön verilmelidir.

Hematom ve enfeksiyon aksiller bloğun nadir görülen diğer komplikasyonlarıdır (15,24).

## MATERYAL VE METOD

Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi etik kurulu E14-337 sayılı onayı alındıktan sonra el, bilek, ön kol cerrahisi planlanan, hasta bilgilendirilmiş onamı alınmış, 18-65 yaş arası, ASA I-II 55 hasta çalışmaya dahil edildi. Prospektif, kontrollü, tek merkezli olarak planlanan çalışmamızda çalışmaya katılacak her araştırmacı Helsinki deklarasyonunu imzaladı. Koagülopati, gebelik, lokal anestezik allerjisi, nörolojik veya nöromusküler hastalık varlığı, uygulama sahasında enfeksiyon ve yara skarı, mental durum bozukluğu, uygulamayı kabul etmeyen, ASA III-V ve BMI 35 kg/m<sup>2</sup> üzerinde olan hastaların çalışma dışı bırakılması planlandı.

Hastaların cins, yaş, boy, kilo ve ASA skorları kaydedildikten sonra, ameliyethane odasına alınarak, standart monitorizasyonu takiben (elektrokardiyogram, pulse oksimetre ve non-invazif kan basıncı), cerrahi uygulanmayacak el dorsumundan periferik damar yolu açıldı. Blok uygulamasından önce tüm hastalara premedikasyon yapıldı (iv 0.1 mg/kg midazolam, iv 1 µg/kg fentanil)

Tüm bloklar, US eşliğinde blok uygulamalarında deneyimli olan aynı uygulayıcı tarafından yapıldı. US uygulamaları Logiq e, General Electric (USA) makinesi, geniş bant, multifrekanslı lineer prop (HFL 38, 6-13 MHz) ile yapıldı. Hastalar supin pozisyonda yatırıldıktan sonra, kol 90 derece abduksiyona alındı. Blok yapılacak bölgenin ve probun antiseptik temizliği sağlandıktan sonra 50 mm'lik stimülatör ıgnesi (Locoplex, Ecoen, Vygon, France) ile blok gerçekleştirildi. Lokal anestezik olarak %0.5 bupivakain solüsyonu uygulandı.

Lineer prop ile transvers planda, pektoralis major kasının lateral kenarından brakiyal pleksusun en iyi görüntüsü aranarak bulundu. Görüntü kalitesi, uygun derinlik seçilerek (yaklaşık 2 cm), odaklama yapılarak (yaklaşık 1 cm) ve kazanç ayarının yapılmasıyla iyileştirildi. Aksiler arter lokalize edildikten sonra, brakiyal pleksusun terminal dalları olan ve yüzeysel seyreden, median sinir (arterin süperfisiyal ve lateralinde), unlar sinir (arterin süperfisiyal ve medialinde) ve radiyal sinir (arterin posterior lateral veya medialinde) bulundu. İğne ile probun lateralinden girilerek, uzun aks boyunca uygulamanın görüntülenmesi sağlandı. İlk hedef olarak arterin posteriorunda olması sebebiyle radial sinir seçildi. Takiben median ve unlar sinirler bulunarak lokal anestezi uygulandı. Muskülokutanöz sinir ayrıca ve tüm hastalarda standart olarak 2 ml %0.5 bupivakain kullanılarak bloke edildi. İntranöral enjeksiyon veya sinir hasarından kaçınmak amacıyla iğnenin ucu hipoeoik alanlardayken enjeksiyon yapılmadı. Diğer bir güvenlik önlemi olarak enjekte edilecek lokal anesteziğin 0.5 ml'lik bir kısmı her enjeksiyondan önce test dozu olarak yapıldı ve eğer hastalarda parestezi veya ağrı oluştuğunda, enjeksiyon basıncı yüksek olduğunda veya lokal anesteziğin yayılımı gözlemlenemediğinde enjeksiyon durduruldu ve iğne yeniden yönlendirilerek blok uygulamasına devam edildi. Arter ponksiyonu ve oluşabilecek sinir hasarı veya iritasyonuna ait parestezi, pleji gibi bulgular takip edilerek kaydedildi.

Lokal anestezi uygulaması tavan volümden (21 ml-her bir sinire 7 ml) başlanarak yapıldı. Her lokal anestezi volümünde 5 hasta çalışmaya dahil edilecek olup, blok için kullanılan volümün başarılı kabul edilebilmesi için 5 hastanın en az 3'ünde başarılı blok olması gerekmektedir. Uygulayıcı ilk 5 hastaya her bir sinire 7 ml, toplam 21 ml lokal anestezi volümü uyguladı. Başarılı blok tespiti ile sonraki gelen 5 hastada toplam lokal anestezi volümü 1.5 ml (her bir sinir için 0.5 mlX 3) azaltıldı. (tablo 6).

| Volüm No | Volüm(ml) | Hasta Sayısı | Başarılı/Başarısız                           |
|----------|-----------|--------------|----------------------------------------------|
| 1        | 21        | 5            | $\geq 3$ Hasta Başarılı Blok                 |
| 2        | 19,5      | 5            | $\geq 3$ Hasta Başarılı Blok                 |
| 3        | 18        | 5            | $\geq 3$ Hasta Başarılı Blok                 |
| 4...     | 16,5      | 5            | $\geq 3$ Hasta Başarılı Blok ...             |
| X.       | Y.        | 5            | $\leq 2$ Hasta Başarısız Blok (çalışma sonu) |

Tablo 6. Hasta grupları

Bloğu test eden araştırmacı çalışma protokolünden habersizdi ve blok başarısını ölçmede, 3 nokta skala testine (82) göre; duyu ve motor blok ölçümleri kullanıldı. Duyusal blok, bir pamuk yardımıyla dokunma duyusu ölçülerek ve bir buz kalıbı kullanılarak sıcak-soğuk duyusunun ölçümüyle değerlendirildi. Buna göre karşı kolla karşılaştırılarak 0 = blok yok, 1 = analjezi (dokunma hissi var, sıcaklık yok), 2 = tam duyu bloğu (dokunma hissi de yok) olarak kabul edildi. Motor bloğu değerlendirmek için 3 nokta skalası kullanıldı. Buna göre; 0 = blok yok, 1 = parsiyel motor blok, 2 = tam motor blok olarak değerlendirildi. Sırasıyla, radial sinir: başparmak abduksiyonu, median sinir: başparmak adduksiyonu, ulnar sinir: başparmak oppozisyon hareketinin kaybı ile değerlendirildi.

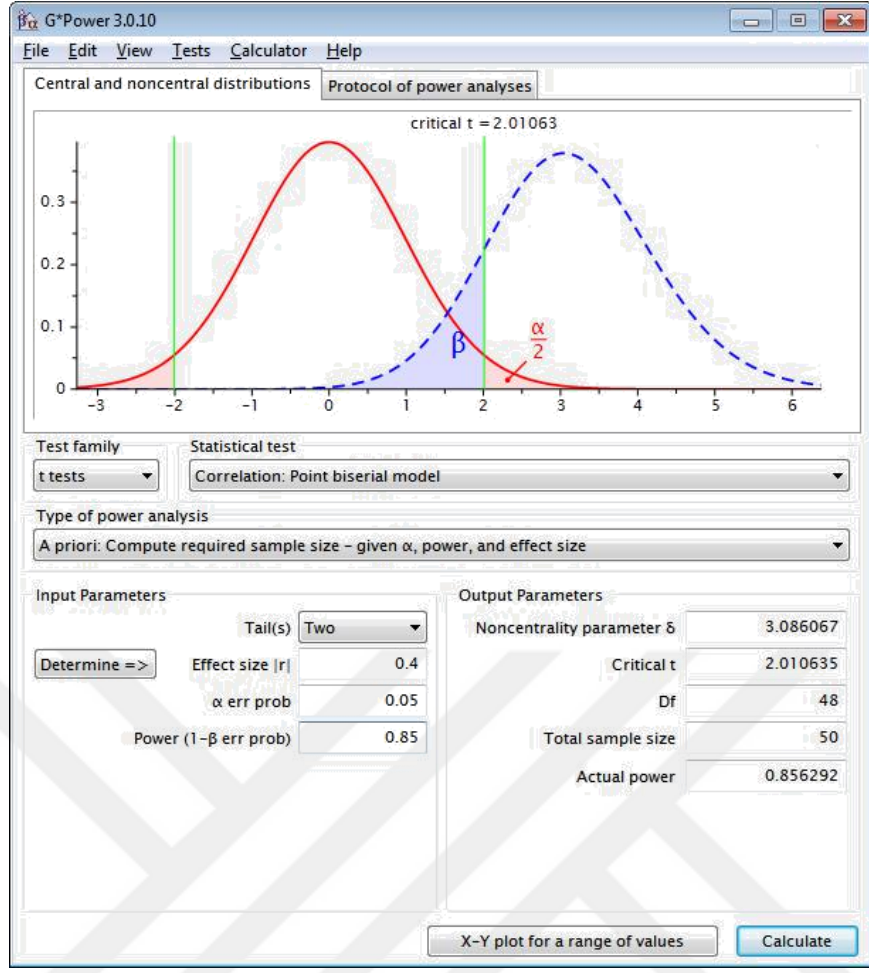
Değerlendirme ilk 60 dakikada her 5 dakikada bir yapıldı. Toplam değeri 12 olan skorlamadan elde edilen skorun 10'un altında olması başarısız anestezi olarak kabul edildi. Duyusal blok skorunun 6 üzerinden en az 5 olması başarılı blok için gereklilik kriteri kabul edildi. 60 dakika içerisinde blok başarısızlığı tespit edilen hastalara genel anestezi uygulandı ve bu hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Blok uygulama süresi ölçümü, blok iğnesinin cilde değmesiyle başladı ve lokal anestezi enjeksiyonu ile sonlandırıldı. Anestezi süresi ve cerrahi süreleri ölçüldü. Motor ve duyusal blok başlama, gerileme zamanları 3 nokta skala ve soğuk testine göre sinir başına skorun 2'den 1'e gerilediği an ve bloğun kalkış zamanları sinir başına skorun 0 (sıfır) olduğu an olarak kabul edildi. Hastanın operasyon sonrası dönemdeki ağrısı visual analog skala (VAS) ile değerlendirildi. VAS değerlendirmesi 0 cm (ağrı yok) ile 10 cm (dayanılamayacak kadar çok ağrı) arasındaki rakamların olduğu bir cetvel üzerinden yapıldı. İlk analjezik gereksinim zamanı VAS değerinin 4'den büyük olduğu an olarak kabul edildi. Cerrahi süre, hasta memnuniyeti, cerrah memnuniyeti çok iyi, iyi, orta ve kötü olarak değerlendirilerek ölçüldü.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Örneklem büyüklüğü hesaplamasında Dixon and Massey metodu kullanılmıştır (83,84). Bu hesaba göre  $n = 2(SD/SEM)^2$ ; n: örneklem büyüklüğü, SD (standart deviation): standart sapma, SEM (standart error of mean): ortalamanın standart hatası şeklinde hesaplandığında (SD=5 ml, SEM=1,0 ml) n=50 hasta olarak bulunmuştur. Ayrıca G\*Power 3.0.10 istatistik paket programı ile de sağlanması yapılmış (Etki Büyüklüğü (Effect size) = 0,4,  $\alpha=0,05$ , Serbestlik Derecesi (Df)=48 ve 0,85 güç (power (1- $\beta$ )) 50 hasta sayısının yeterli olduğu bulunmuştur. Ancak uygulamadaki hatalar için %10'luk bir örneklem büyütmesi ile toplam 55 hasta çalışmaya dâhil edilmiştir.

Verilerin analizi IBM SPSS 21.0 istatistik paket programı kullanılarak yapıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotlar (frekans, yüzde, ortalama, standart sapma) kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov - Smirnow testi ile değerlendirildi (verilerin normal dağıldığı bulundu). Araştırmada, volümler arası karşılaştırmalarda One-Way ANOVA (yek yönlü varyans analizi) testi kullanıldı, fark çıkan durumlarda farklılığın hangi volüm/volümler arasında olduğunu bulmak için Post-Hoc (LCD ve Tukey HSD) testler uygulandı. Volüm ve süreler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi ile incelendi. İhtimali (P)  $\leq 0,05$ 'ten küçük olan değerler önemli ve gruplar arasında fark vardır, büyük olan değerler önemsiz ve gruplar arasında fark yoktur, şeklinde kabul edildi.



## BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen hastaların demografik özellikleri ve ASA skorları Tablo 7’de belirtilmiştir.

**Tablo 7. Çalışmaya Katılanların Özellikleri**

|                 |           | Ort ±ss     |
|-----------------|-----------|-------------|
| <b>Cinsiyet</b> | Kadın (n) | 17          |
|                 | Erkek (n) | 38          |
| <b>Yaş</b>      |           | 42,1±16,4   |
| <b>Kilo</b>     |           | 73,5 ± 11,8 |

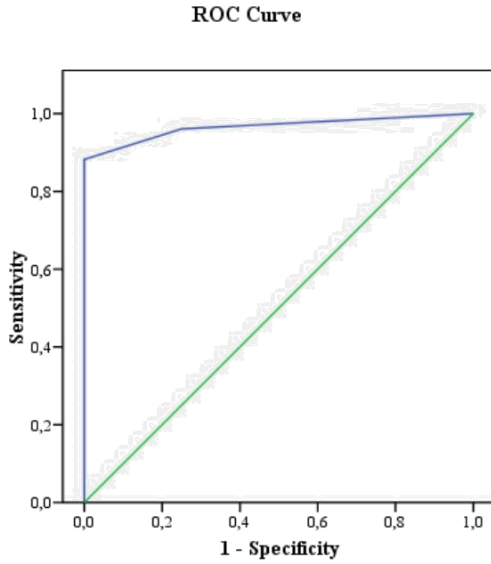
|            |        |             |
|------------|--------|-------------|
| <b>Boy</b> |        | 170,2 ± 8,7 |
| <b>BMI</b> |        | 25,3 ± 3,7  |
| <b>ASA</b> | I (n)  | 21          |
|            | II (n) | 34          |

Anestezi ve cerrahi süreleri, blokların başlangıç ve bitiş süreleri, ilk analjezik uygulama zamanı ölçümleri tablo 8’ de belirtilmiştir.

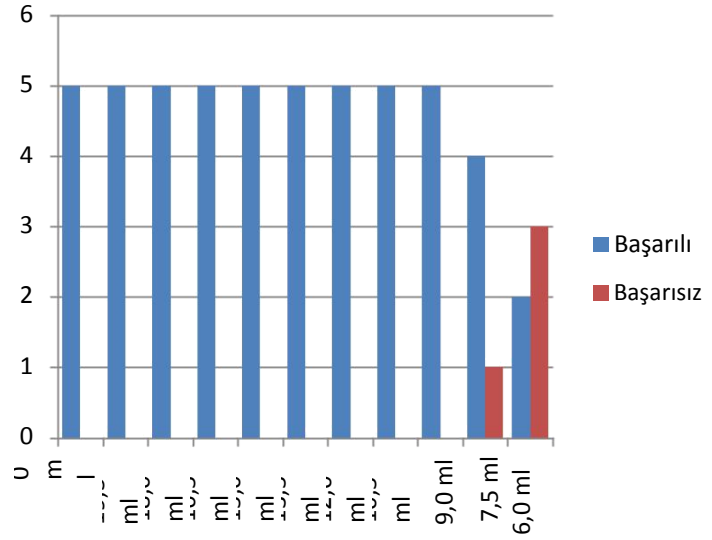
**Tablo 8. Süreler**

| <b>Süreler</b>                       | <b>Ort ± ss</b> |
|--------------------------------------|-----------------|
| Operasyon Süresi (Dk)                | 71,1 ± 36,7     |
| Blok Uygulama Süresi (Sn)            | 154,5 ± 56,8    |
| Anestezi Süresi (Dk)                 | 76,4 ± 37,1     |
| Duyu Blok Başlangıç Zamanı (Dk)      | 11,4 ± 6,9      |
| Motor Blok Başlangıç Zamanı (Dk)     | 12,0 ± 7,0      |
| Duyu Blok Gerileme Zamanı (Sa)       | 8,2 ± 2,1       |
| Motor Blok Gerileme Zamanı (Sa)      | 8,4 ± 2,6       |
| İlk Analjezik Gereksinim Zamanı (Sa) | 12,8 ± 4,3      |

ROC analizi ile yapılan değerlendirme sonucunda, Başarılı Blok için, Volüm (doz) değerinde  $\geq 7,5$ ’in kesim noktası olduğu bulunmuştur. (AUC=0,966,  $p<0,001$ , %95 GA:0,878-0,996, Cut-Off=Volum $\geq 7,5$ ). (Grafik 1 ve 2).



**Grafik 1: Volüm ve Blok Başarı Durumunun ROC Analizi İle Değerlendirilmesi**



**Grafik 2: Minimum etkin volüm**

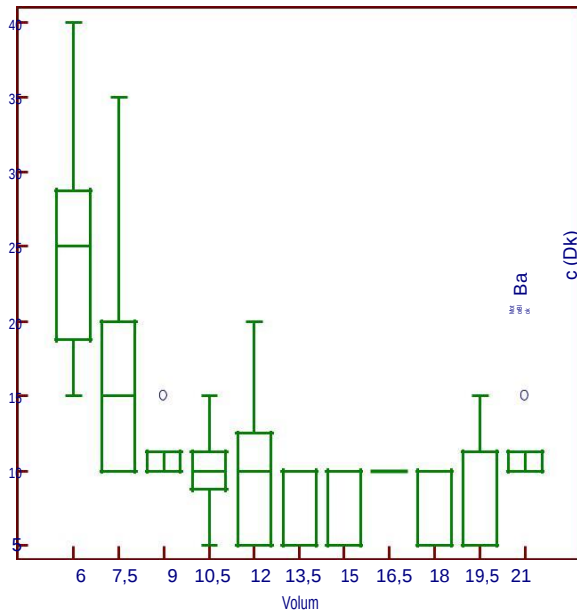
Uygulanan volüme göre Blok Uygulama Süresi ve Anestezi Sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenirken ( $p>0,05$ ), diğer ölçülen süreler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ( $p<0,05$ ) (Tablo 9). Bu farkların tespiti için çoklu karşılaştırma testleri (post-hoc) uygulanmıştır.

**Tablo 9. Volüme Göre Sürelerin Karşılaştırılması (Ort  $\pm$  SS)**

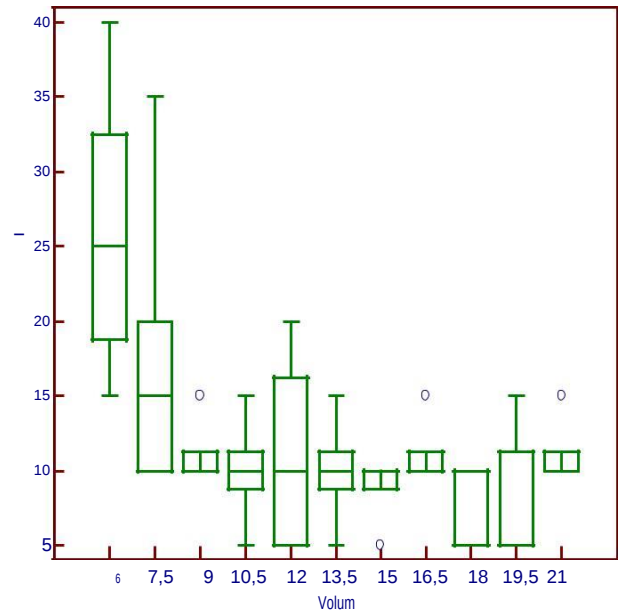
| Volüm   | Blok Uygulama Süresi (sn) | Anestezi Süresi (dk) | Duyu Blok Başlangıç (dk) | Motor Blok Başlangıç (dk) | Duyu Blok Gerileme Zamanı (sa) | Motor Blok Gerileme Zamanı (sa) | İlk Analjezik Gereksinim Zamanı (sa) |
|---------|---------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 6,0 ml  | 191,0 $\pm$ 43,8          | 59,0 $\pm$ 11,4      | 25,0 $\pm$ 9,4           | 26,0 $\pm$ 9,6            | 4,8 $\pm$ 1,3                  | 4,6 $\pm$ 0,9                   | 5,8 $\pm$ 1,3                        |
| 7,5 ml  | 181,0 $\pm$ 87,9          | 86,0 $\pm$ 42,9      | 17,0 $\pm$ 10,4          | 17,0 $\pm$ 10,4           | 6,0 $\pm$ 1,9                  | 6,2 $\pm$ 1,9                   | 8,6 $\pm$ 3,0                        |
| 9,0 ml  | 156,0 $\pm$ 37,3          | 85,0 $\pm$ 57,6      | 11,0 $\pm$ 2,2           | 11,0 $\pm$ 2,2            | 7,8 $\pm$ 1,5                  | 8,4 $\pm$ 2,7                   | 12,8 $\pm$ 2,4                       |
| 10,5 ml | 130,0 $\pm$ 35,5          | 81,0 $\pm$ 36,0      | 10,0 $\pm$ 3,5           | 10,0 $\pm$ 3,5            | 8,6 $\pm$ 1,9                  | 8,8 $\pm$ 1,8                   | 14,6 $\pm$ 4,0                       |
| 12,0 ml | 139,4 $\pm$ 47,4          | 98,0 $\pm$ 19,6      | 10,0 $\pm$ 6,1           | 11,0 $\pm$ 6,5            | 7,8 $\pm$ 2,5                  | 8,6 $\pm$ 3,0                   | 11,6 $\pm$ 3,5                       |
| 13,5 ml | 159,0 $\pm$ 82,4          | 50,0 $\pm$ 14,6      | 7,0 $\pm$ 2,7            | 10,0 $\pm$ 3,5            | 8,2 $\pm$ 0,4                  | 7,4 $\pm$ 0,9                   | 11,6 $\pm$ 1,1                       |
| 15,0 ml | 105,0 $\pm$ 19,0          | 70,0 $\pm$ 30,2      | 8,0 $\pm$ 2,7            | 9,0 $\pm$ 2,2             | 9,0 $\pm$ 2,0                  | 8,8 $\pm$ 2,2                   | 12,6 $\pm$ 1,5                       |
| 16,5 ml | 136,0 $\pm$ 51,2          | 121,0 $\pm$ 15,6     | 10,0 $\pm$ 0,0           | 11,0 $\pm$ 2,2            | 9,4 $\pm$ 1,7                  | 9,8 $\pm$ 1,3                   | 14,6 $\pm$ 5,4                       |
| 18,0 ml | 183,2 $\pm$ 65,9          | 61,0 $\pm$ 38,8      | 8,0 $\pm$ 2,7            | 8,0 $\pm$ 2,7             | 9,6 $\pm$ 1,1                  | 9,0 $\pm$ 1,0                   | 15,4 $\pm$ 1,1                       |
| 19,5 ml | 140,0 $\pm$ 38,4          | 56,0 $\pm$ 30,7      | 8,0 $\pm$ 4,5            | 8,0 $\pm$ 4,5             | 8,8 $\pm$ 1,6                  | 9,0 $\pm$ 1,4                   | 16,2 $\pm$ 2,5                       |
| 21,0 ml | 179,0 $\pm$ 65,8          | 73,0 $\pm$ 49,2      | 11,0 $\pm$ 2,2           | 11,0 $\pm$ 2,2            | 10,4 $\pm$ 1,1                 | 12,0 $\pm$ 3,5                  | 16,6 $\pm$ 5,2                       |
| P       | 0,375                     | 0,114                | 0,004                    | 0,016                     | 0,003                          | 0,002                           | 0,001                                |

Duyu blok başlangıç süreleri karşılaştırıldığında bu süre en düşük volüm 6,0 ml LA uygulanan hastalarda tüm gruplardan daha uzun bulundu ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı (Grafik 3). Daha fazla volüm uygulanan hasta gruplarında bu sürelerdeki düşüş oranı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Motor blok başlangıç süreleri karşılaştırıldığında 6,0 ml LA uygulanan hastalar ile 9,0 LA ml ve daha yüksek volüm LA uygulanan hastalar arasında ve 7,5 ml LA uygulanan hastalar ile 15,0 ml LA, 18,0 ml ve 19,5 ml LA uygulanan hastalar arasındaki motor blok başlangıç süresi farkının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. 6,0 ml LA ve 7,5 ml LA uygulanan hastaların motor blok başlangıç sürelerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Grafik 4).



**Grafik 3: Duyu Blok Başlangıç Süreleri**

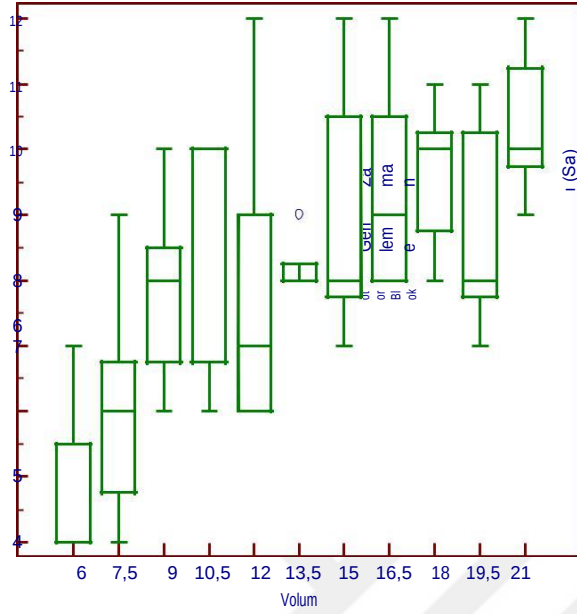


**Grafik 4: Motor Blok Başlangıç Süreleri**

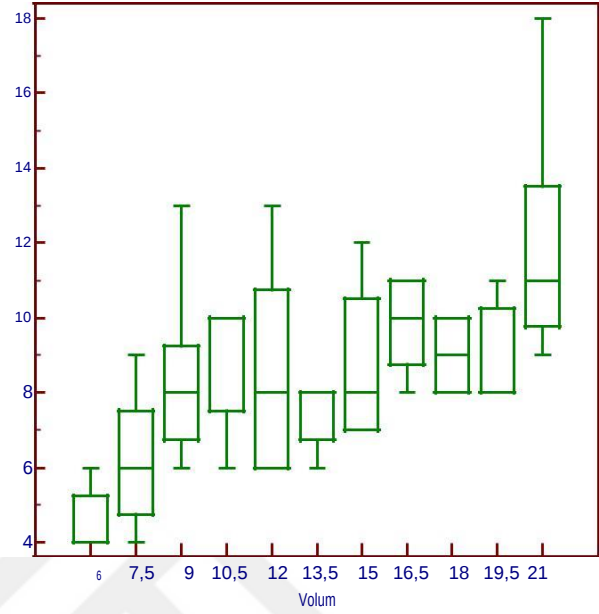
Duyusal blok gerileme zamanı gözlemlendiğinde; 6,0 LA ml uygulanan hastalar ile 9,0 ml ve daha yüksek volümde LA uygulanan hastalar arasında, 7,5 ml LA uygulanan hastalar ile 10,5 ml, 15,0 ml, 16,5 ml, 18,0 ml, 19,5 ml ve 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, 9,0 ml ile 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, 12,0 ml ile 18,0 ml ve 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, 13,5 ml ile 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. 6,0 ve 7,5 ml LA uygulanan hastaların duyu blok gerileme zamanının diğerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur (Grafik 5).

Motor blok gerileme zamanında ise; 6,0 ml LA uygulanan hastalar ile 9,0 ml LA ve daha yüksek volüm uygulanan hastalar arasında, 7,5 ml LA uygulanan hastalar ile 10,5 ml LA, 15,0 ml, 16,5 ml, 18,0 ml, 19,5 ml ve 21,0 ml LA uygulanan hastalar arasında, 9,0 ml ile 21,0 ml LA uygulanan hastalar arasında, 12,0 ml ile 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, 13,5 ml ile 16,5 ml ve

21,0 ml LA uygulanan hastalar arasında, 15,0 ml ile 21,0 ml LA uygulanan hastalar arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. 6,0 ve 7,5 ml LA uygulanan hastaların motor blok gerileme zamanının diğerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur (Grafik 6).

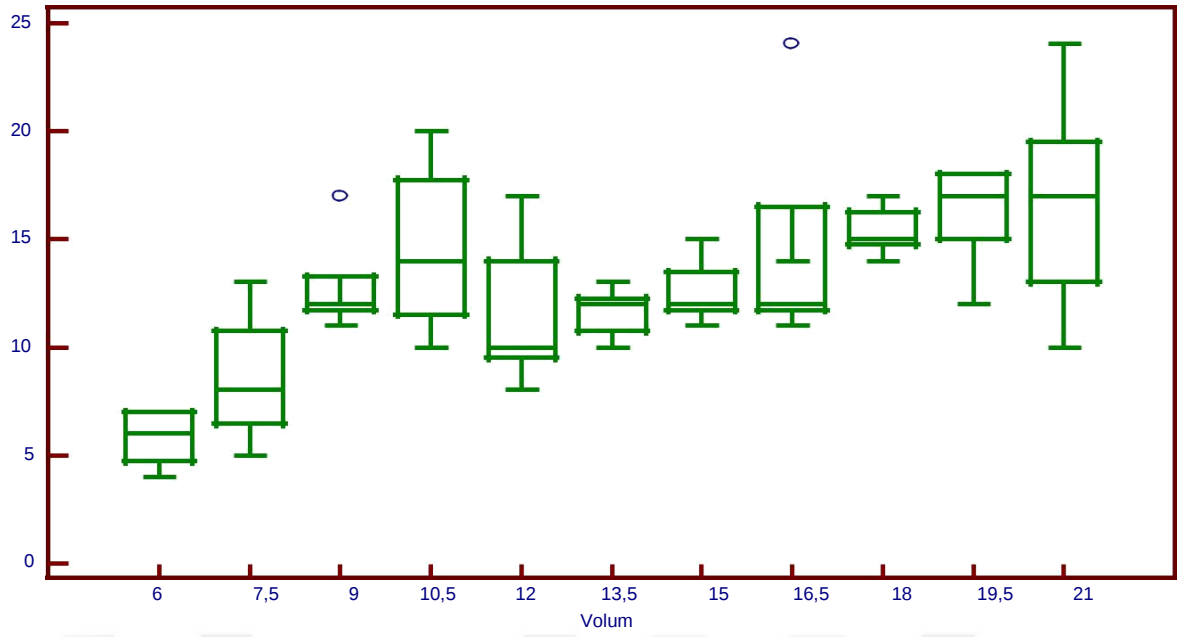


**Grafik 5: Duyu Blok Gerileme Zamanı**



**Grafik 6: Motor Blok Gerileme Zamanı**

Hastaların İlk Analjezik Gereksinim Zamanları incelendiğinde; 6,0 ml LA uygulanan hastalar ile 9,0 ml LA ve daha yüksek volüm uygulanan hastalar arasında, 7,5 ml LA uygulanan hastalar ile 9,0 ml, 10,5 ml, 15,0 ml, 16,5 ml, 18,0 ml, 19,5 ml ve 21,0 ml LA uygulanan hastalar arasında, 9,0 ml ile 19,5 ml LA uygulanan hastalar arasında, 12,0 ml ile 18,0 ml, 19,5 ml ve 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, 13,5 ml ile 18,0 ml, 19,5 ml ve 21,0 ml uygulanan hastalar arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. 6,0 ve 7,5 ml LA uygulanan hastalar diğer hastalara göre daha erken ilave analjezik gereksinimi duymuşlardır (Grafik 7).



**Grafik 7: İlk Analjezik Gereksinim Zamanı**

**Tablo 10. Pearson korelasyonu**

| Pearson Korelasyon                       | (1)           | (2)   | (3)   | (4)           | (5)           | (6)          | (7)          | (8)  |
|------------------------------------------|---------------|-------|-------|---------------|---------------|--------------|--------------|------|
| (1) Volüm                                | 1,00          |       |       |               |               |              |              |      |
| (2) Blok Uygulama Süresi (sn)            | -0,07         | 1,00  |       |               |               |              |              |      |
| (3) Anestezi Süresi (dk)                 | -0,08         | 0,07  | 1,00  |               |               |              |              |      |
| (4) Duyu Blok Başlangıç (dk)             | <b>-0,44*</b> | 0,13  | -0,03 | 1,00          |               |              |              |      |
| (5) Motor Blok Başlangıç (dk)            | <b>-0,45*</b> | 0,22  | -0,03 | <b>0,84*</b>  | 1,00          |              |              |      |
| (6) Duyu Blok Gerileme Zamanı (sa)       | <b>0,63*</b>  | -0,16 | 0,05  | <b>-0,41*</b> | <b>-0,46*</b> | 1,00         |              |      |
| (7) Motor Blok Gerileme Zamanı (sa)      | <b>0,60*</b>  | -0,22 | 0,10  | <b>-0,34*</b> | <b>-0,47*</b> | <b>0,92*</b> | 1,00         |      |
| (8) İlk Analjezik Gereksinim Zamanı (sa) | <b>0,63*</b>  | -0,01 | 0,10  | <b>-0,45*</b> | <b>-0,51*</b> | <b>0,68*</b> | <b>0,65*</b> | 1,00 |

\* P<0,05

Uygulanan LA volümleri arasındaki bulgular incelendiğinde; Duyu Blok Başlangıç zamanı ile arasında  $r = -0,44$  düzeyinde negatif yönde, Motor Blok Başlangıç zamanı ile arasında  $r = -0,45$  düzeyinde negatif yönde, Duyu Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = 0,63$  düzeyinde pozitif yönde, Motor Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = 0,60$  düzeyinde pozitif yönde, İlk Analjezik

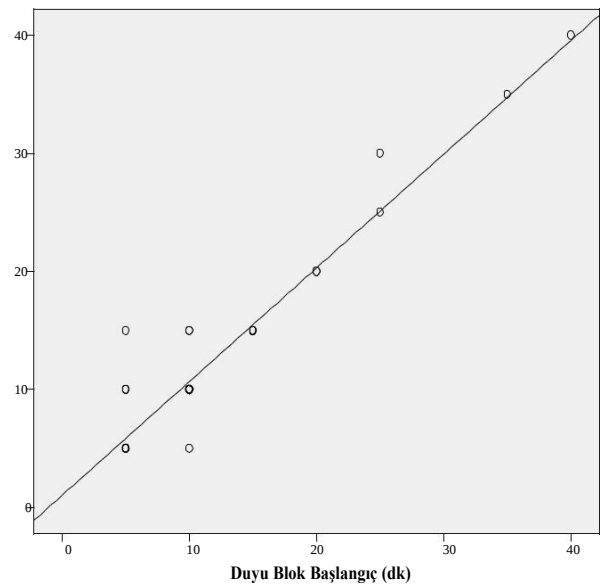
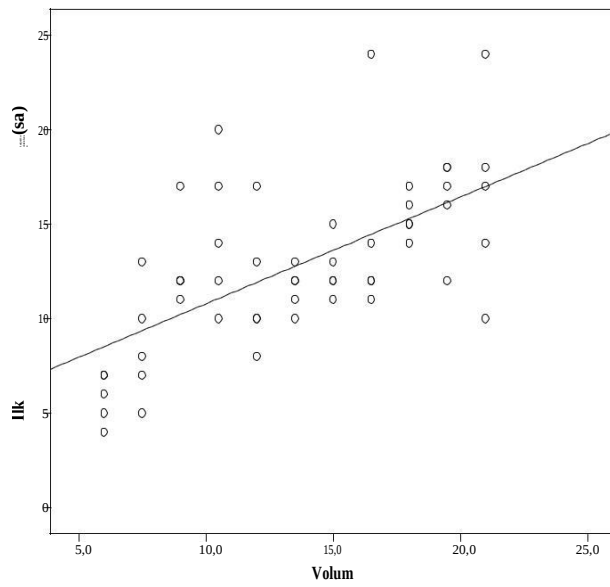
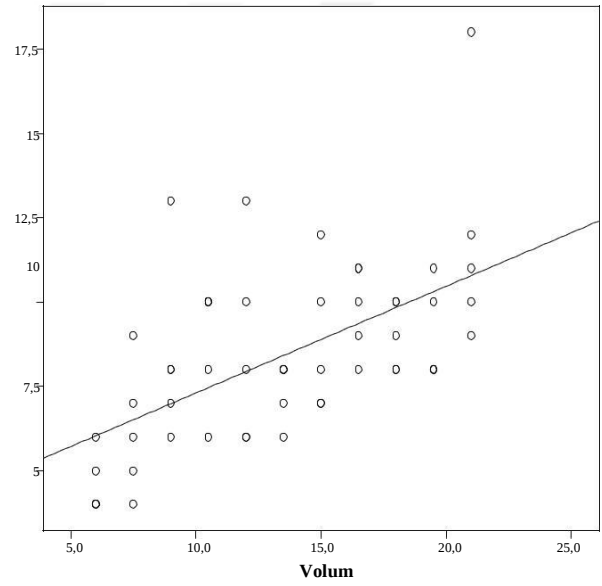
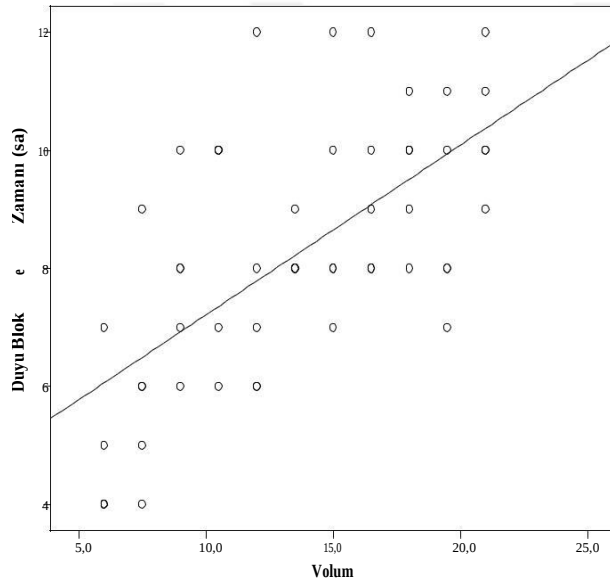
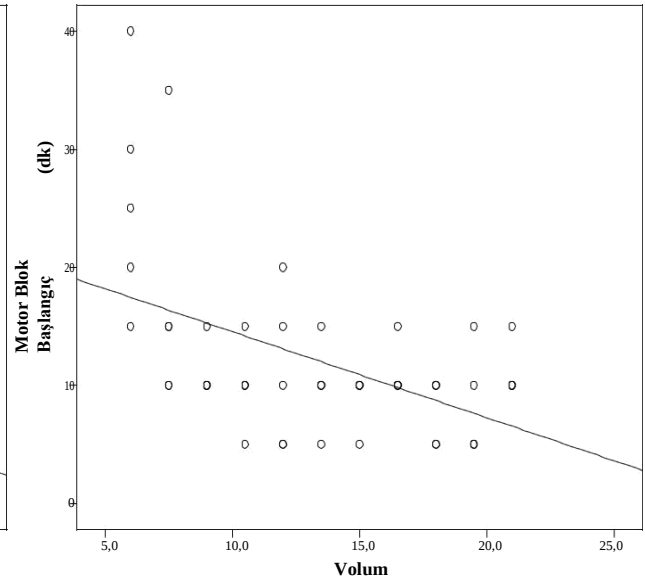
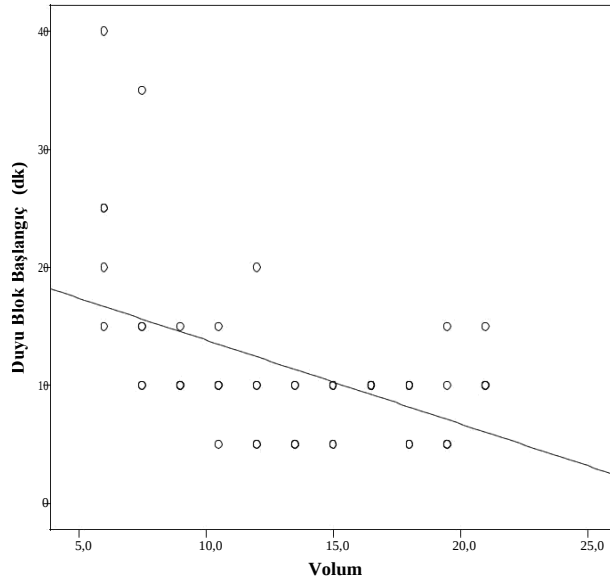
Gereksinim Zamanı ile arasında  $r = 0,63$  düzeyinde pozitif yönde ilişkiler olduğu, bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

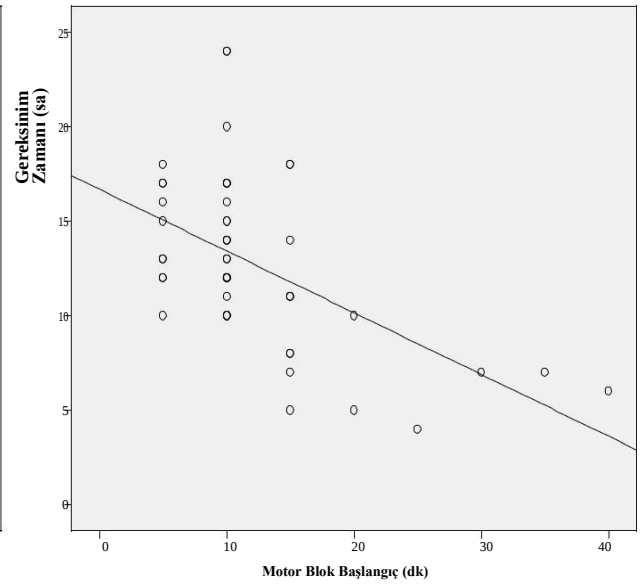
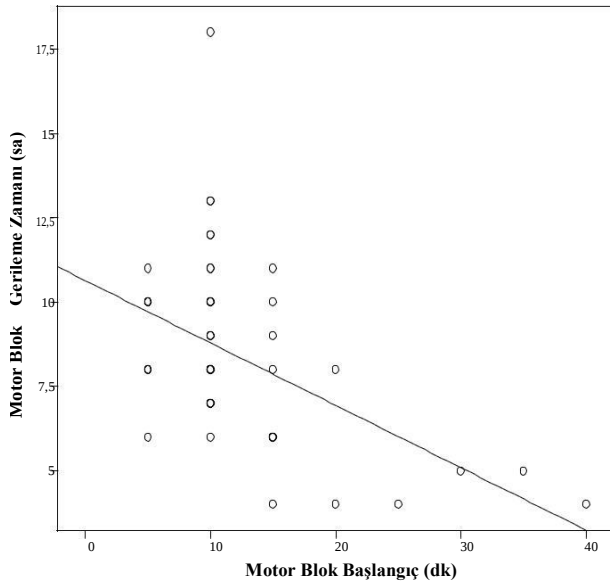
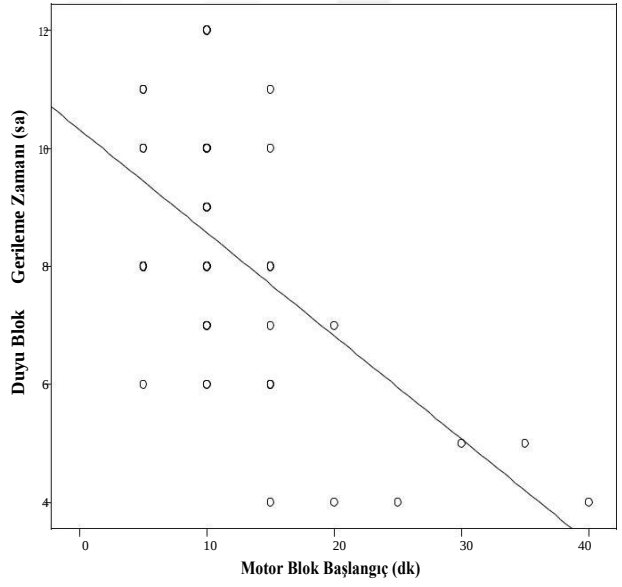
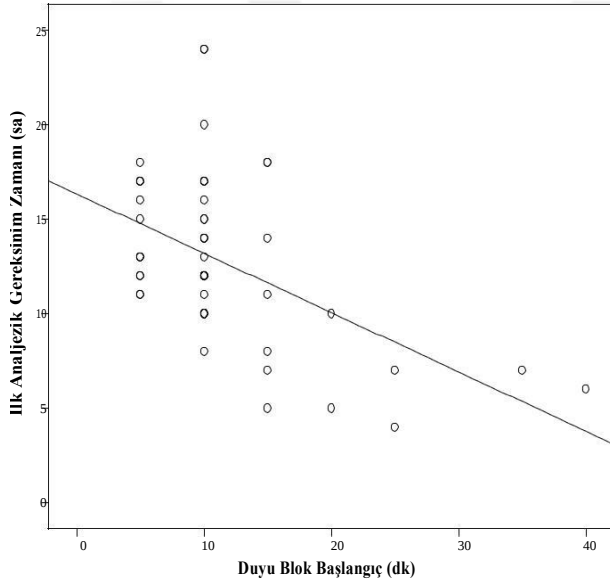
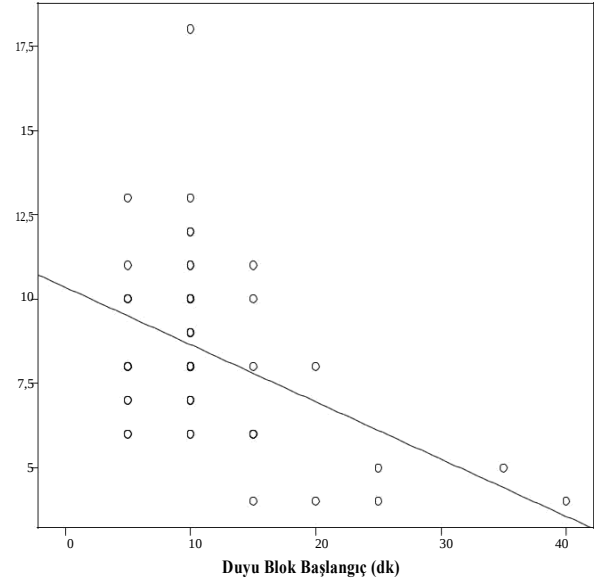
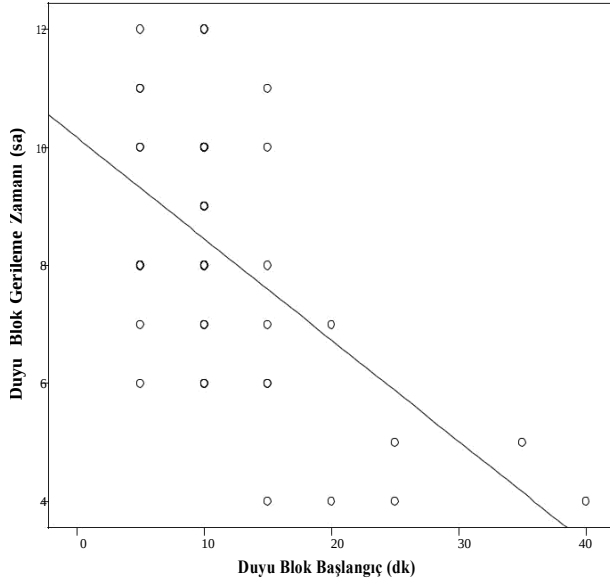
Duyu Blok Başlangıç Zamanı ile ilişkiler incelendiğinde; Motor Blok Başlangıç zamanı ile arasında  $r = 0,84$  düzeyinde pozitif yönde, Duyu Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = -0,41$  düzeyinde negatif yönde, Motor Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = -0,34$  düzeyinde negatif yönde, İlk Analjezik Gereksinim Zamanı ile arasında  $r = -0,45$  düzeyinde negatif yönde ve VAS  $\geq 4$ 'e Ulaşma Süresi ile arasında  $r = -0,51$  düzeyinde negatif yönde ilişkiler olduğu, bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

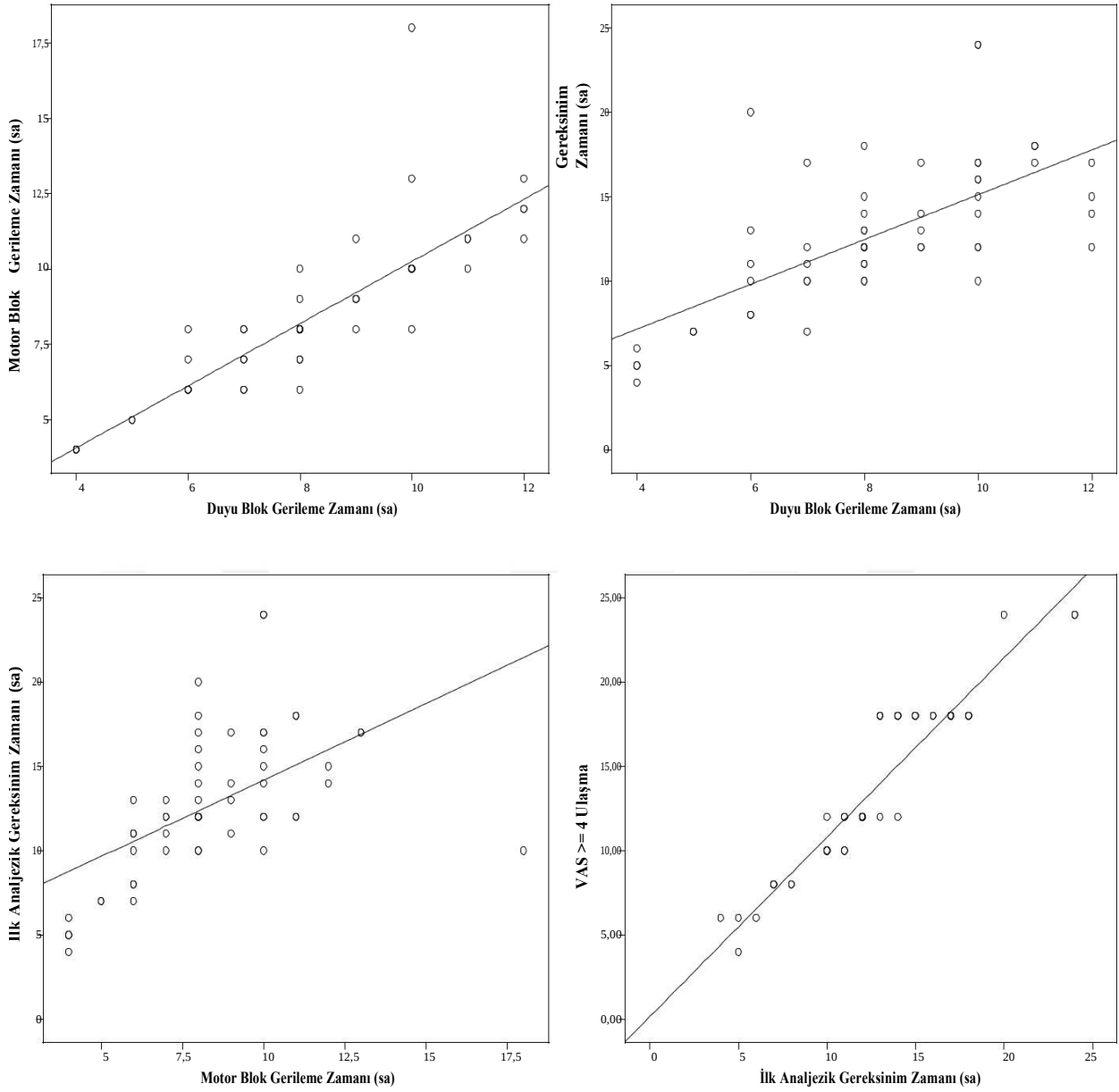
Motor Blok Başlangıç Zamanı ile ilişkiler incelendiğinde; Duyu Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = -0,46$  düzeyinde negatif yönde, Motor Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = -0,47$  düzeyinde negatif yönde, İlk Analjezik Gereksinim Zamanı ile arasında  $r = -0,51$  düzeyinde negatif yönde ve VAS  $\geq 4$ 'e Ulaşma Süresi ile arasında  $r = -0,54$  düzeyinde negatif yönde ilişkiler olduğu, bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Duyu Blok Gerileme Zamanı ile ilişkiler incelendiğinde; Motor Blok Gerileme Zamanı ile arasında  $r = 0,92$  düzeyinde pozitif yönde, İlk Analjezik Gereksinim Zamanı ile arasında  $r = 0,68$  düzeyinde pozitif yönde ve VAS  $\geq 4$ 'e Ulaşma Süresi ile arasında  $r = 0,63$  düzeyinde pozitif yönde ilişkiler olduğu, bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Motor Blok Gerileme Zamanı ile ilişkiler incelendiğinde; İlk Analjezik Gereksinim Zamanı ile arasında  $r = 0,65$  düzeyinde pozitif yönde ve VAS  $\geq 4$ 'e Ulaşma Süresi ile arasında  $r = 0,60$  düzeyinde pozitif yönde bir ilişki olduğu, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).





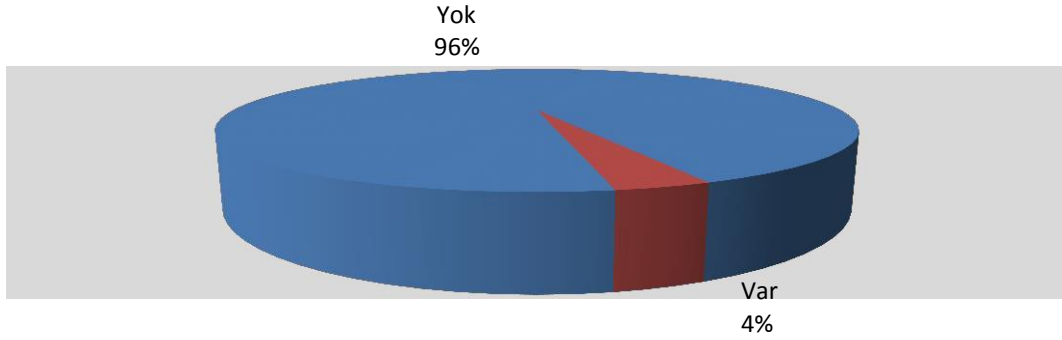


**Grafik 8: İlişkiler**

Sadece iki hastada arter ponksiyonu gözlenmiştir (Tablo 11, Grafik 9). İlave bir komplikasyon gözlenmemiştir.

**Tablo 11. Komplikasyon**

| Komplikasyon | n (%)      |
|--------------|------------|
| Yok          | 53 (%96,4) |
| Var          | 2 (%3,6)   |

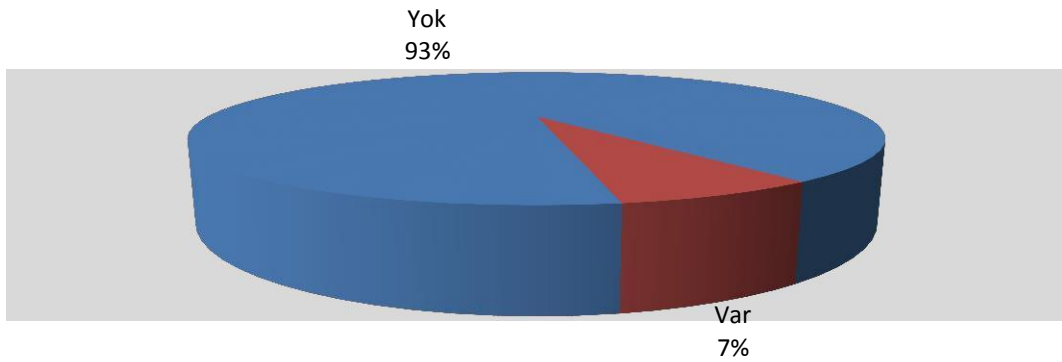


**Grafik 9: Komplikasyon**

Başarısız blok olarak kabul edilen 4 hasta ya LMA ile genel anestezi verildi. Hastaların %92,7'sinde ek anestezi yöntem gereksinimi olmadığı bulunmuştur (Tablo 12), (Grafik 10).

**Tablo 12. Ek Anestezi Yöntem Gereksinimi**

| Ek Anestezi Yöntem Gereksinimi | n (%)      |
|--------------------------------|------------|
| Yok                            | 51 (%92,7) |
| Var                            | 4 (%7,3)   |

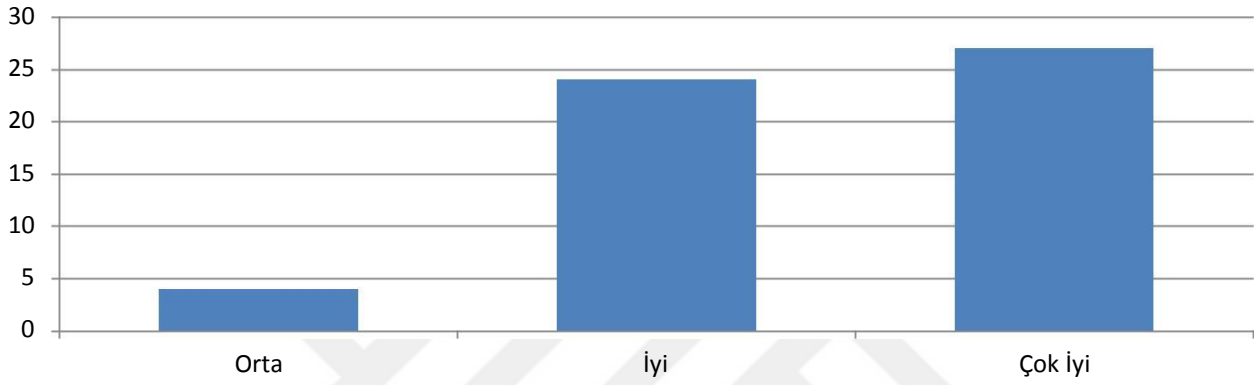


**Grafik 10: Ek Anestezi Yöntem Gereksinimi**

Araştırmada; hasta memnuniyetinin %92,7 oranında iyi ve çok iyi olduğu bulunmuştur (Tablo 13, Grafik 11). Araştırmada; cerrah memnuniyetinin %92,7 oranında iyi ve çok iyi olduğu bulunmuştur (Tablo 14, Grafik 12).

**Tablo 13. Hasta Memnuniyeti**

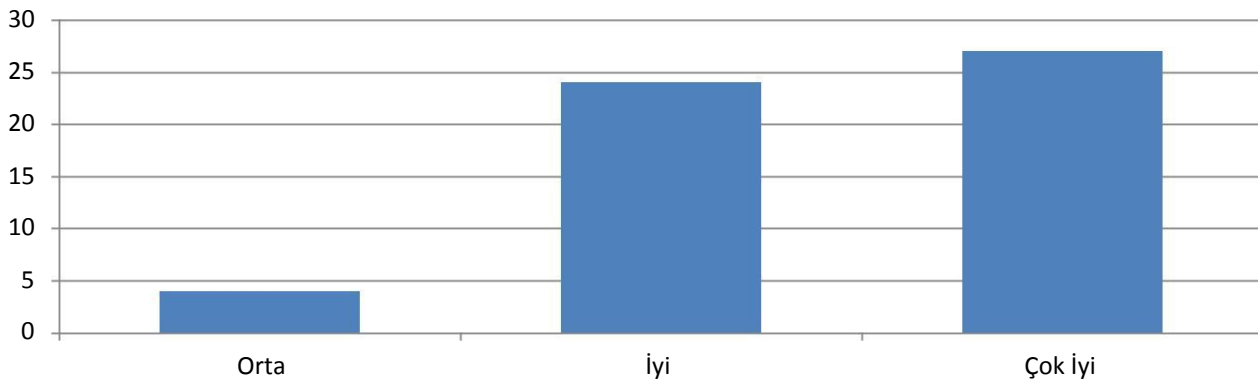
| Hasta Memnuniyeti | n (%)      |
|-------------------|------------|
| Orta              | 4 (%7,3)   |
| İyi               | 24 (%43,6) |
| Çok İyi           | 27 (%49,1) |



**Grafik 11: Hasta Memnuniyeti**

**Tablo 14. Cerrah Memnuniyeti**

| Cerrah Memnuniyeti | n (%)      |
|--------------------|------------|
| Orta               | 4 (%7,3)   |
| İyi                | 24 (%43,6) |
| Çok İyi            | 27 (%49,1) |



**Grafik 12: Cerrah Memnuniyeti**

## TARTIŞMA

Genellikle periferik rejyonel anestezi tekniklerde alışlagelmiş olarak yüksek lokal anestetik volümleri kullanılmaktadır. Sonuçta bildirilen komplikasyonların çoğu da bu yüksek volüm kullanımıyla ilişkili olabilecek sistemik toksisite bulgularıdır. Belirtiler ciddi santral sinir sistemi ve kardiyovasküler sistem depresyonu ile sonuçlanabilmektedir (86). Kullanılan LA volüm ve dozunun azaltılması ile istenmeyen yan etkilerin daha az sıklıkla gözleneceği ve bu uygulamaların daha geniş kullanım alanları bulabileceği düşünülmektedir (86,89). Modern rejyonel anestezi pratiği, komplikasyonların önlenmesi için lokal anestezi volümünün azaltılması gibi stratejiler geliştirmeye odaklanmalıdır (87).

Bu tez çalışmasında, aksiller brakiyal pleksustaki sinirler ultrason rehberliğinde bloke edilmek suretiyle, cerrahi anesteziyi sağlayabilen en düşük lokal anestezi volümü tespit edilmeye çalışıldı. Sonuçta her bir sinir için 2,5 ml olacak şekilde toplam 7,5 ml LA miktarının yeterli olabileceği kanısına varıldı. Ancak lokal anestezi volümünün azaltıldıkça blok başlama süresinin uzadığı, blok gerileme zamanının kısaldığı ve blok süresinin kısaldığı gözlemlendi.

Rejyonel anestezide US kullanımı ile daha yüksek oranda başarı, blok başlama zamanının kısılması ve daha az lokal anestezi dozları ile başarılı girişim yapılabileceği bildirilmiştir. (90,91,92). US kullanımının ana avantajı hedef dokuların görülebilmeye olanak sağlamasıdır. Bunun yanı sıra enjeksiyon sırasında lokal anestezinin yayılımı görülebilir. Bu avantajlar blok uygulama süresini kısaltmıştır (62,64,74,93). Chan ve ark. sinir stimülatörü ile aksiler blok uygulama süresini  $11.2 \pm 4.2$  dakika ölçerken, US eşliğinde aksiller blok uygulama zamanını  $9.3 \pm 4.0$  dakika ölçerek işlem süresinin kısaldığını bulmuşlardır (90). Bu çalışmada ortalama blok süresi  $154,5 \pm 56,8$  saniye olarak bulunmuş ve literatürle uyumlu şekilde stimülatör kullanılan teknikten daha kısa sürmüştür. Düşük volümlerin uygulandığı gruplarda da blok uygulama sürelerinin değişmediği tespit edilmiştir.

US kullanımı ile kullanılacak lokal anestezi volümünün azaltılabildiği bir çok çalışmada bildirilmiştir. O'Donnell ve ark. 2% lidokain ve 1:200,000 adrenalini kattıkları solüsyon ile aksiller pleksustaki sinirlerin blokajını sağlayacak en düşük volümü sinir başına 1 ml olarak belirtmişlerdir. Ferraro ve ark el cerrahisinde US rehberliğinde aksiler yaklaşımla brakiyal pleksus blokajı

uygulamışlar ve 1:200,000 adrenalin ile % 0.5 bupivakainin her bir sinir için 1.56 ml minimum efektif volümünün başarılı blok sağlanabildiğini bildirmişlerdir (88). Marhofer ve ark lokal anestezi konsantrasyonunu azaltarak mepivakain %1 kullanmışlar ve ulnar siniri benzer düşük volümlerle bloke edebilmişlerdir. Harper ve arkadaşları 19 hastada yaptıkları çalışmada sinir çevresine lidokain %1.5 ve 1:200000 epinefrin vererek her bir sinir için ortalama değerleri 2,58-3,42 ml arasında bulmuşlardır. Ayrıca 19 hastanın 4'ünde bu dozlarda blok başarısızlığı nedeniyle daha düşük volümlere inilmezken, 7 hastada ek blokaj gerekmiştir. Bu yönüyle çalışmamızda da her bir sinir için 2.5 ml olmak üzere toplam 7.5 mL volümün altında başarısız blok sayısı artmış ve diğer çalışmalarla benzer minimum efektif volüm saptanmıştır (85). Bu nedenle daha düşük dozların klinik olarak güvenilir olamayabileceğini düşünmekteyiz (85).

Bizim çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak daha fazla hasta sayısı ile oluşturulan 11 grupluk 55 hastada, daha uzun süren blokaj süresi sağlaması nedeniyle bupivakain seçimi yapıldı. %0.5' lik bupivakain kullanıldı ve adrenalin eklenmeden en düşük volüm her bir sinir için 2.5 ml olarak bulundu. Ancak başka bir çalışmada Duggan ve ark. US kullanımının supraklavikuler sinir blokajında gereken anestezi volümünün azaltmadığını bildirmişlerdir (61,94). Marhofer ve ark %1'lik mepivakain ile aksiler blokaj için en düşük volümü 4 ml bulmuşlardır (86). Uygulayıcının becerileri ve uygulanan ilaç konsantrasyonu da blok başarısında etkili olabileceğinden en düşük volüm ve konsantrasyonlarla ilgili benzer çalışmalar devam etmektedir (85,86). Kullanılan lokal anestezi ve ultrasonografi cihazı farklılıklarının, vazokonstriktör madde eklenmesinin, ayrıca uygulayıcıya bağlı faktörlerin ortaya çıkan bu farklılıklarda etkili olabileceği görüşündeyiz.

Hadzic'e göre lokal anesteziklerin düşük volümlerinin kullanımı intranöral enjeksiyonla sonuçlanabilir. Bu da sinir çapı artışının ölçümünün zorluğuyla ilişkilidir (95). Bu istenmeyen bir durum olsa da düşük volümlerle blok başarısını istenmeden yapılan intranöral enjeksiyon oranını artırdığı ancak bu gelişmenin kabul görmediği bildirilmiştir (96,97). Sonuçta yapılacak çalışmalar lokal anestezi uygulamasının yapılacağı bölgenin netleştirilmesine yardımcı olmalıdır (86). Ekstranöral blok uygulamalarında en önemli iki koşul nöral yapıların ve lokal anestezinin yayılımının direkt olarak görüntülenebilmesidir. Böylece lokal anestezinin yetersiz dağıldığı görülebilir ve iğne ucu yönlendirilebilir (86).

Blok başlangıç süreleri konusunda; O Donnell ve ark. 2% lidokain ve 1:200,000 adrenalinli 3 ml solüsyon ile blok başlangıç süresini ortalama 5 dakika, ortalama anestezi süresini 190 dk bulmuşlardır. Ferraro ve ark. US rehberliğinde aksiler plexus blokajında her bir sinir için 1.56 ml 1:200,000 adrenalin ile % 0.5 bupivakain kullanmış, blok başlangıç zamanını ortalama 20 dakika

olarak bildirmişler ancak blok sürelerini ölçmemişlerdir. Marhofer ve ark %1'lik mepivakain ile toplam 4 ml ile aksiller blokaj yaptıklarında duyuşsal blok başlangıç süresini 25 dk, blok süresini ortalama 152 dk bulmuşlardır. Harper ve ark. %1.5'lik lidokain ve 1:200000 epinefrin vererek her bir sinir için ortalama 2.58 ile 3.42 ml kullanarak blok başlangıç sürelerini 22.5 ile 26.8 dk arasında, ortalama blok süresini 137 ile 183 dk arasında bulmuşlardır. Bu çalışmada da duyuşsal blok başlangıç süresi 7,5 ml %0.5 bupivakain ile  $17,0 \pm 10,4$ dk , blokajın süresi  $86,0 \pm 42,9$  dk bulunmuştur. Blok sürelerinin lokal anestezi volümü düştükçe kısaldığı başka çalışmalarda da bildirilmiş ve bu durum düşük lokal anestezi ile uygulanan blokajların günöbirlik cerrahi girişimlerde tercih edilebileceğini göstermiştir (98). Ancak bu uygulamalar için blok başlangıç süresinin uzamasının bir dezavantaj olabileceği akılda tutulmalıdır. Blok başlangıç süresini daha yüksek volümlere göre uzatmayan düşük volüm çalışmaları gelecekte planlanabilir görölmektedir.

Blok sağlayabilecek volümün azaltılmasında radial sinirin belirlenmesinin zorluğu ve blokajı sınırlayıcı olarak görölmüştür. Sinir stimölatörü ile radyal sinirin yerinin ayırt edilmesinin verilecek LA volümünü düşürmede yardımcı olabileceği öne sürölmüştür (99) Biz çalışmamızda sadece US rehberliğinin konvansiyel metodlara göre bu konuda yardımcı olabileceğini saptadık. Bu çalışmada başarısız blok tespit edilen hastalarda daha geç blok gerçekleşen sinirler olan radial ve/veya ulnar sinirlerin sebep olduğunu tespit ettik. Biz bu durumun özellikle uygulanan teknik sebebiyle radial ve ulnar sinirin görüntölenmesindeki zorluk ve enjeksiyon mesafesine uzaklık ya da median sinirin anatomik olarak daha kolay ayırt edilebilir lokalizasyonda olmasından kaynaklandığı düşöncesindeyiz. Bu durumun çift enjeksiyon tekniğı kullanılarak yada bu iki sinire daha fazla volüm verilerek önlenebileceğı düşöncesindeyiz. Daha iyi görüntöleme elde edilen ultrasonografi cihazları ile sinir kılıfına daha yakın enjeksiyon elde edilmesi ve yavaş enjeksiyonla daha düşük volümlerle başarı elde edilebilir.

Ferraro ve ark 1.56 ml 1:200,000 adrenalin ile % 0.5 bupivakain kullanmışlar ve ilk 3 saat hiçbir hastalarında ağrı olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ilk analjezik gereksinim zamanları VAS>3 olarak kabul edilmiştir. Ortalama 7.5 ml için 5,8 saat ve 21 ml için 16,6 saat bulunmuştur. Dozun düşmesiyle ilk analjezik gereksinim zamanının kısalması da korelasyon göstermektedir. Diğer çalışmayla kıyaslandığında vazokonstriktif ajan kullanılmazsa da bupivakain uzun etkili bir ajan olduğundan analjezi süresinin uzamış olabileceğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak; ultrasonografi rehberliğinde yapılan aksiller blok uygulaması ile her bir sinir için 2.5 ml %0.5 bupivakain verilerek toplam 7,5 ml LA ile yeterli cerrahi anestezi sağlanabileceğine inanıyoruz. Ancak bu volümde duyu ve motor tam blok başlama zamanının uzadığı, blok gerileme zamanının kısaltıldığı ve ek analjezik gereksinim zamanının kısaltıldığı gözlenmiştir.

Uygun görüntüleme yöntemleri ile daha düşük dozlarda yeterli cerrahi anestezi sağlanabileceğini gösteren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu kanısındayız.



## ÖZET

### **USG Eşliğinde Aksiller Yaklaşım İle Brakiyal Pleksus Blokajı Uygulanan Hastalarda Etkin Minimum Lokal Anestezik Volümünün Araştırılması**

**AMAÇ:** Üst ekstremitede ön kol, el bilek ve el bölgesinde uygulanan cerrahi girişimlerde ultrasonografi eşliğinde Aksiller yaklaşım ile brakial pleksus blokajı uygulamalarında en düşük efektif lokal anestezik volümünü bulmayı amaçlandı. Çalışmanın ikincil amaçları olarak cerrahi süre, motor blok gerileme zamanı, duyu blok gerileme zamanı, ilk ek analjezik ihtiyaç zamanı, hasta memnuniyeti, cerrah memnuniyeti ve yan etki profiline bakılacaktır (85).

**MATERYAL VE METOD:** Ultrasonografi rehberliğinde aksiller brakiyal pleksus blokajı uygulanarak el cerrahisi operasyonu geçirecek ASA I-II 55 hasta çalışmaya dahil edildi. Ulnar, median ve radyal sinirler görülerek %0.5 lik bupivakain ile toplam 21 ml' den başlanarak en düşük efektif lokal anestezik volümü araştırıldı. Başarılı bloktan sonra her bir sinir için volüm 0.5 ml. azaltıldı. Blok uygulama süresi, blok başlangıç zamanları ve anestezi süreleri kaydedildi.

**BULGULAR:** Minimum efektif lokal anestetik volümü her bir sinir için 2.5 ml olmak üzere toplam 7.5 ml bulundu. İlk analjezik gereksinim zamanı 5,8- 16,6 saat arasında bulundu. Blok gerileme zamanları 4,6-12 saat arasında bulundu. Cerrahi anestezi başlama süresi 11-26 dk. arasında bulundu.

**SONUÇ:** Ultrasonografi rehberliğinde yapılan aksiller blok uygulamasında her bir sinir için 2.5 ml %0.5 bupivakain verilerek uygun anestezi sağlanabilir ancak bu volümde duyu ve motor tam blok başlama zamanının uzadığı, blok gerileme zamanının kısaldığı ve ek analjezik gereksinim zamanının kısaldığı bilinmelidir.

## ABSTRACT

### ***Investigation of Minimum Effective Anesthetic Volume in Patients Treated by Brachial Plexus Blockage with Axial Approach Accompanied by USG***

**Background:** Peripheral nerve blocks with use of USG allowed visualisation of the structures and nerves and made the block administrations safe, quick and comfortable. However there are few publications concerning the minimum local anesthetic volume capable of providing blocks. In this study we aimed to find minimum effective local anesthetic volume in ***brachial plexus blockage administrations with axiller approach*** accompanied by ultrasonography in hand, elbow and forearm operations.

**Materials and Method:** A total of 55 ASA I-II patients underwent hand surgery operation by administering USG guided-axillary brachial plexus blockage were included in the study. Ulnar, median and radial nerves were seen and the minimum effective local anesthetic volume was investigated starting with total 21 ml of %0.5 bupivacaine. After accomplishing the blockage, volume was decreased by 0.5 for each nerve. Block administration time, block onset times, anesthesia times and time to first analgesic requirement were recorded.

**Results:** Minimum effective La volume for each nerve was 2.5 and totally 7.5 ml. Comparing block administration times there were no difference between high or low volume groups. It was found that sensory block onset time was 17 minutes for 7.5 ml, 11 minutes for 21 ml, sensory block regression time was 6 hours for 7.5 ml, 10.4 hours for 21 ml, respectively and this regression was statistically significant. First analgesic requirement was 5.8 - 16.6 hours, respectively, for each group.

**Conclusion:** In administration of USG-guided axillary block, sufficient anesthesia can be achieved by administering 2.5 ml %0.5 bupivacaine for each nerve. However it might be kept in mind that motor and sensory block onset time will extend and regression time and time to first analgesic requirement will be shorter with this volume. In addition more advanced studies must be done for determination of the optimum volume which can be used.

## KAYNAKÇA

1. Collins VJ. Regional Anesthesia. In: Collins VJ. (Ed). Principles of Anesthesiology: General and regional anesthesia. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger Co; 1993,1232- 81.
2. Özyalçın SN. Üst ekstremité somatik blokları. Erdine S. (Ed).Rejyonal anestezi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri;2005.s.83-109.
3. Smigovec E, Tripkovic B, Sulentic M, Smigovec I, Milavec D, Bukvic Mokos Z. Regional anesthesia for upper extremity surgery-our experience. Acta Dermatovenerol Croat. 2008;16(1):8-12.
4. Kurt E: rejyonel anesteziye ultrasonografi kullanımı, Türk Anest Rean Der Dergisi 2010; 38(2):81-94.
5. Markofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmai L: British Journal of Anaesthesia 2010, 104 (6):673-83.
6. Klaatad O, Sauter AR, Dodgson MS. Brachial plexus block with or without ultrasound guidance. Current Opinion in Anaesthesiology 2009; 22: 655-660.
7. Kossoff G. Basic physics and imaging characteristics of ultrasound. World J Surg 2000; 24:134-142.
8. Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Haris P, Ruel M, Boudreault D, Girard F. Ultrasound Guidance Speeds Execution and Improves the Quality of Supraclavicular Block Anesth Analg 2003; 97: 1518-23.
9. Andrzej Grzybowski, cocaine and the eye: a historical overview, ophtalmologica 2008; 222(5):222–301.
10. Brown DL, Fink BR: The History of Neural Blockade and Pain Management. In: MJ) Cousins, PO Bridenbaugh (ed). Neural Blokade in Clinical Anesthesia and Management of Pain, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. pp.345-71.
11. Winne AP. Regional anesthesia. Surg Clin North Am. 1975;55(4):861-92.)
12. Sims JK. A modification of landmarks for infraclavicular approach to brachial plexus block. Anesth Analg. 1977;56(4):554-5.
13. Raj PP, Montgomery SJ, Nettles D, Jenkins MT. Infraclavicular brachial plexus blocka new approach. Anesth Analg 1973; 52(6):897-904.
14. Whiffler K. Coracoid blocka safe and easy technique. Br J Anaesth.1981;53(8):845-8.

15. Neal JM, Hebl JR, Gerancher JC, Hogan QH. Brachial plexus anesthesia: essential of our current understanding. Reg Anesth Pain Med 2002;27:402-428.
16. Sunil J. Panchal, Shakil Ahmed. Upper extremity techniques for postoperative analgesia. Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management. 2002;6(2):56-9.)
17. Snell RS, Ph. D. Clinical anatomy for medical students. fourth Ed. Boston: Little Brown and Company;1986.pp.417-569.)
18. Kayhan Z. Klinik anestezi’de genişletilmiş 3.baskı. Ankara: Logos Yayıncılık; 2004.s.524-89.
19. Arıncı K, Elhan A. Periferik sinir sistemi. Anatomi 2.cilt. 3.baskı. Ankara: Güneş Kitabevi; 2001.s.162-73.
20. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek J. E, Ferguson M. W. J. Gray’s Anatomy. 38rd. ed. New York: Churchill Livingstone; 1995.pp.1258- 74.
21. Erdine S. Rejyonal Anestezi. 1.baskı. Nobel tıp kitabevleri, Đst. 2005,s.7-33.
22. Klein SM, Evans H, Nielsen KC, Tucker MS, Warner DS, Steele SM. Peripheral nerve block techniques for ambulatory surgery. Anesth Analg 2005;101:1663- 1676.
23. Odar Đ.V. Anatomi. 12 . Baskı. Elif matbaacılık, Ank. 1980,s.444-455.
24. Wedel DJ, Horlocker TT. Nerve Blocks. Đn : Miller’s RD(ed).Anesthesia, Sixth edt. Philadelphia Churchill Livingstone 2005, pp.1685-1719.
25. David L. Brown, (Çeviri: Özyalçın NS, Dinçer S.), Rejyonal anestezi atlası. 3.baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2008.s.65-7.
26. Mumenthaler M, Stöhr M, Vahl HM. (Çeviri: Türk Börü Ü.). Periferik sinir lezyonları ve radiküler sendromlar. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2005.s.247–319.
27. Reinhard M, Schafer R. : Klinik Kılavuzu Anesteziyoloji Yüce reklam /yayım /dağıtım A. Ş. 2002;159-161, 292- 299.
28. Morgan GE, Maged SM, : Klinik Anesteziyoloji 3. Baskı Güneş Kitabevleri Ltd. Şti., McGraw-Hill, 2004;284-308.
29. Kayaalp O. : Rasyonel Tedavi Yönünden Tıbbı Farmakoloji 10. Baskı Hacettepe-Taş Kitapçılık Ltd.Şti, 2002; 792-804.
30. Gerancher JC. Upper extremity nevre bloks. Anesthesiol Clin North Amerika. 2000;18(2):297-317.
31. Miller R.D. : Anesthesia Fifth Edition Churchill Livingstone, 2000; 514-515,
32. Yücel A. Periferik sinir fizyolojisi ve lokal anestezikler. Erdine S (Ed). Rejyonal anestezi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri;2005.s.23-45.
33. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ. (Çeviri: M.Tulunay, H.Cuhruk). Klinik anesteziyoloji. 4.baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2008.s.263–75.

34. Kayaalp O. Tıbbı Farmakoloji 8.Baskı. Ankara: Hacetepe Taş Kitapçılık; 1998.s.797-810.
35. Kayhan Z. Klinik anestezi' de genişletilmiş 3.baskı. Ankara: Logos Yayıncılık; 2004.s.503-23.
36. Rettig HC, Gielen MJ, Boersma E, Klein J. : A comparison of the vertical infraclavicular and axillary approaches for brachial plexus anaesthesia Acta Anaesthesiol Scand. 49(10): Abstract, 2005
37. Erengül A: Lokal anestezi. 2. baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi;1992.s.1–60.
38. Svetlov VA, Kozlov SP. Pharmacology of local anesthetics and clinical aspects of segment blockade. Epidural anesthesia. Anesteziol Reanimatol.1997;(5):pp.52-5.
39. Becker DE, Reed KL. Essentials of local anesthetic pharmacology. Anesth Prog. 2006;53 (3):pp.98–108.
40. Göldoğan F, Orbay O, Karakaya D, Barış S, Tür A. Rejyonal intravenöz anesteziye lidokain, lidokain+fentanil ve lidokain+atracurium kombinasyonlarının değerlendirilmesi. Türk Anest. Rean. Cem. Mecmuası. 2001;29:s.129-34
41. B. Uçunkaya N. Lokal anestetikler. Kofalı G. (Editör). Anesteziye temel konular. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2003.s.117-27.
42. Bardsley H, Gristwood R, Watson N, Nimmo W. The local anaesthetic activity of levobupivacaine does not differ from racemic bupivacaine (Marcain):first clinical evidence. Expert Opin Investig Drugs. 1997;6(12):1883-5.
43. Şahin Ş. : Santral ve periferik sinir blokları el kitabı Rejyonal Anestezi Derneği 1-2,112-117, 2004
44. Bedder MD, Kozody R, Craig DB. : Comparison of bupivacaine and alkalized bupivacaine in brachial plexus anesthesia. Anesth Analg.67: 48-52, 1988.
45. Moquet C, Bitker MO, Bailliant O, Rottembourg J, Clergue F, Montejo LS, Martineaud JP, Viars P: Anesthesia for creation of a forearm fistula in patients with endstage renal failure. Anesthesiology 1989; 70:909-914.
46. Mirza F, Brown AR. Ultrasound-Guided Regional Anesthesia for Procedures of the Upper Extremity. Anesthesiology Research and Practice 2011; 2011: 579- 824.
47. Şahin S. Rejyonal anestezinin avantajları, dezavantajları ve uygulanması gereken prensipler, Santral ve periferik sinir blokları el kitabı, 1. Baskı, İstanbul, Logos Yayıncılık, 2004: 14.
48. Jankovic D. Brakial Pleksus, Rejyonal Sinir Blokları ve İnfiltrasyon Tedavisi, 3. Baskı, İstanbul, Logos Yayıncılık, 2006: 83-122.
49. Tsai PS, Hsu CS, Fan YC, Huang CJ. General anaesthesia is associated with increased risk of surgical site infection after Caesarean delivery compared with neuraxial anaesthesia: a

population-based study. *Br J Anaesth* 2011; 107: 757- 761.

50. Urmeý WF. Upper extremity blocks. *En : Regional Anesthesia and Analgesia*, (ed). Brown DL, WB Saunders Philadelphia, 1996, pp.254-278.

51. Carles M, Pulcini A, Macchi P, Duflos P, Raucoules-Aime M, Grimaud D. An evaluation of the brachial plexus block at the humeral canal using a neurostimulator (1417 patients): the efficacy, safety and predictive criteria of failure. *Anesth Analg* 2001;92:194-198.

52. Kurt E, Rejyonel Anestezide Ultrasonografi Kılavuzu. *Türk Anest Rean Der Dergisi* 2010; 38(3):81-94.

53. Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR. Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006; 61:148-58.

54. National Institute for Health and Clinical Excellence. Central Venous Catheters-ultrasound locating devices: Guidance. September 2002.

55. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT. Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block: an in vitro study. *Reg Anesth Pain Med* 2004; 29:480.

56. Marhofer P, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005; 94:7-17.

57. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1994; 78:507-13.

58. Perlas A, Chan VW, Simons M. Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation-a volunteer study. *Anesthesiology* 2003; 99: 429-35.

59. Greher M, Kapral S. Is regional anesthesia simply an exercise in applied sonoanatomy?: aiming at higher frequencies of ultrasonographic imaging. *Anesthesiology* 2003; 99:250-1.

60. Sinha SK, Abrams JH, Weller RS. Ultrasound-guided interscalene needle placement produces successful anesthesia regardless of motor stimulation above or below 0.5 mA. *Anesth Analg* 2007; 105:848-52.

61. Duggan E, El Beheiry H, Perlas A, et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34:215-8.

62. Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, Koinig H, Mayer N, Kapral S. Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med* 1998; 23:584-8.

63. Ting PL, Sivagnanaratnam V. Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anaesth* 1989; 63:326-9.

64. Marhofer P, Sitzwohl C, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance for infraclavicular brachial plexus anaesthesia in children. *Anaesthesia* 2004; 59:642-6.

65. Willschke H, Bösenberg A, P, et al. Ultrasonographic guided ilioinguinal/iliohypogastric nerve block in pediatric anesthesia – what is the optimal volume? *Anesth Analg* 2006; 102:1680–4.
66. Perlas A, Brull R, Chan VW, McCartney CJ, Nuica A, Abbas S. Ultrasound guidance improves the success of sciatic nerve block at the popliteal fossa. *Reg Anesth Pain Med* 2008; 33:259-65
67. Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W. Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 2001; 92:1271–5
68. Nichols K, Wright LB, Spencer T, Culp WC. Changes in ultrasonographic echogenicity and visibility of needles with changes in angles of insonation. *J Vasc Interv Radiol* 2003; 14:1553-7.46. Denny NM. Editorial I: Location, location, loca-tion! Ultrasound imaging in regional anaesthesia. *Brit J Anaesth* 2005; 94:1–3.
69. Bondestam S, Kreula J. Needle tip echogenicity. A study with real time ultrasound. *Invest Radiol* 1989; 24:555-60.
70. Sites BD, Brull R, Chan VW, et al. Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part I: understanding the basic principles of ultrasound physics and machine operations. *Reg Anesth Pain Med* 2007; 32:412-8.
71. Chin KJ, Perlas A, Chan VW, Brull R. *Reg Anesth Pain Med*. Needle visualization in ultrasound-guided regional anesthesia: challenges and solutions. 2008; 33:532-44.
72. Casati A, Baciarello M, Di Cianni S, et al. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *British Journal of Anaesthesia* 2007; 98:823–7.
73. Matalon TA, Silver B. US guidance of interventional procedures. *Radiology* 1990;174:43-7.
74. Sites BD, Beach ML, Spence BC, et al. Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50: 678–84
75. Myers RR, Heckman HM. Effects of local anesthesia on nerve blood flow: Studies using lidocaine with and without epinephrine. *Anesthesiology* 1989;71:757-762.
76. Myers RR, Kalichman MV, Reisner LS, Powell HC. Neurotoxicity of local anesthetics:altered perineurial permeability, edema, nerve fiber injury. *Anesthesiology* 1986;64:29-35.
77. Rice AS, McMahon SB. Peripheral nerve injury caused by injection needles used in regional anaesthesia: influence of bevel configuration, studied in a rat model. *Br J Anaesth* 1992;9:433-438.
78. Sia S. A comparison of injection at the ulnar and the radial nerve in axillary block using triple stimulation. *Reg Anesth Pain Med* 2006;31:514-518.

79. Ott B, Neuberger L, Frey HP. Obliteration of the axillary artery after axillary block. *Anaesthesia* 1989;44:773-774.
80. McGlade DP, Kalpokas MV, Mooney PH, Chamley D, Mark AH, Torda TA. A comparison of 0.5 % ropivacaine and bupivacaine for axillary brachial plexus. *Anaesth Intensive Care* 1998;26:515-520.
81. Knudsen K, Beckman Suurkula M, Blomberg S, Sjövall J, Edvardsson N. Central nervous and cardiovascular effects of i.v infusions of ropivacaine, bupivacaine and placebo in volunteers. *Br J Anaesth* 1997;78:507-514.
82. De Q.H. Tran, MD, Shubada Dugani, et al. Minimum Effective Volume of Lidocaine for Ultrasound-Guided Infraclavicular Block. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* & Volume 36, Number 2, March-April 2011
83. Dixon JW. Staircase bioassay - the up-and-down method. *Neurosci Biobehav Rev.* 1991;15:47-50.
84. Pace NL, Stylianou MP. Advances in and limitations of up-and-down methodology: a précis of clinical use, study design and dose estimation in anesthesia research. *Anesthesiology*.2007;107:144-52.
85. Harper G.K., Stafford M. A. Hill D. A. Minimum volume of local anaesthetic required to surround each of the constituent nerves of the axillary brachial plexus, using ultrasound guidance: a pilot study *Br J Anaesth* 2010; 104: 633–6
86. Marhofer P, Eichenberger U, Stockli S, Huber G, Kapral S, Cura-tolo M, Kettner S. Ultrasonographic guided axillary plexus block with low volumes of local anaesthetics: a crossover volunteer study. *Anaesthesia*. 2010;266---71
87. O'Donnell BD, Iohom G. An estimation of the minimum effective anesthetic volume of 2% lidocaine in ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Anesthesiology*. 2009;111:25-9
88. Ferraro LHC, Takeda A, Rezende AH, et al. Determination of the minimum effective volume of bupivacaine 0.5% for ultrasound guided axillary brachial plexus block. *Rev Bras Anesthesiol*. 2014;64:49---53.
89. Maher LE, Copeland SE, Ladd LA: Acute toxicity of local anesthetics: Underlying pharmacokinetic and pharmacodynamic concepts. *Reg Anesth Pain Med* 2005; 30:553–66
90. Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S: Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth* 2007; 54:176–82
91. Casati A, Danelli G, Baciarello M, Corradi M, Leone S, Di Cianni S, Fanelli G: A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *ANESTHESIOLOGY* 2007; 106:992–6
92. Casati A, Baciarello M, Di Cianni S, Danelli G, De Marco G, Leone S, Rossi M, Fanelli

G: Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth* 2007; 98:823–7

93. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, et al. Ultrasonography for ilioinguinal/iliohypogastric nerve blocks in children. *Br J Anaesth* 2005; 95: 226–30

94. Eichenberger U, Stockli S, Marhofer P, et al. Minimal local anesthetic volume for peripheral nerve block: a new ultrasoundguided, nerve dimension-based method. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 242–6

95. Hadzic A. Volume and dose of local anesthetic necessary to block the axillary brachial plexus using ultrasound guidance. *Anesthesiology*. 2009;111:8--9.

96. Hadzic A, Dewaele S, Gandhi K, Santos A. Volume and dose of local anesthetic necessary to block the axillary brachial plexus using ultrasound guidance. *Anesthesiology* 2009; 111: 8–9.

97. Bigeleisen PE. Nerve puncture and apparent intraneural injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 2006; 105: 779–83.

98. Fredrickson MJ, White R, Danesh-Clough TK. Low-volume ultrasound-guided nerve block provides inferior postoperative analgesia compared to a higher-volume landmark technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2011;36:393---8.21)

99. Wong D, Gledhill S, Thomas R, et al. Sonographic location of the radial nerve confirmed by nerve stimulation during axillary brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 503–7

