



**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı

**Diyabetik Hastalarda Ultrasonografi ile Ölçülen Arterial Kan Akımının Radial Arter
Kateterizasyonuna Etkisi**

Dr. Harun TAŞPINAR

Uzmanlık Tezi

KONYA 2025

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi

**Diyabetik Hastalarda Ultrasonografi ile Ölçülen Arterial Kan Akımının Radial Arter
Kateterizasyonuna Etkisi**

Dr. Harun TAŞPINAR

Uzmanlık Tezi

Danışman
Prof. Dr. Aybars TAVLAN

KONYA 2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince Necmettin Erbakan Üniversitesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda görev yapmaktan büyük bir onur ve gurur duydum. Bu süreçte, engin bilgi ve deneyimlerini bizlerle cömertçe paylaşan, rehberliğiyle mesleki gelişimime önemli katkılarda bulunan, insani duruşu ve örnek kişiliğiyle her zaman ilham kaynağım olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Aybars Tavlan'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, başta Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Ruhiye Reisli olmak üzere, kıymetli hocalarım Prof. Dr. Sema Tuncer Uzun, Prof. Dr. Alper Yosunkaya, Prof. Dr. Atilla Erol, Prof. Dr. Ahmet Topal, Prof. Dr. Gamze Sarkılar, Prof. Dr. Alper Kılıçaslan, Prof. Dr. Funda Gök, Doç. Dr. Şule Arıcan, Doç. Dr. Gülçin Büyükbezirci ve Doç. Dr. Resul Yılmaz'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu yolculukta, meslek hayatımın en ağır ve zor anlarını birlikte göğüslediğimiz, destekleri ve dayanışmalarıyla bana güç veren kıymetli asistan arkadaşlarıma; eğitim sürecimde emeği geçen Anesteziyoloji, Algoloji Bilim Dalı ve Reanimasyon çalışanlarına gönülden teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, sevgileri, sabırları ve emekleriyle bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan sevgili annem Şenay Taşpınar'a, babam Hayati Taşpınar'a gönülden minnettarım.

Son olarak, her zaman desteğini hissettiğim, hayatımın her anında yanımda olan sevgili eşim Beyzanur Korkmaz Taşpınar'a ve biricik kızım Begüm Taşpınar'a gönülden teşekkür ederim.

Dr. Harun Taşpınar

Haziran 2025

ÖZET

DİYABETİK HASTALARDA ULTRASONAGRAFI İLE ÖLÇÜLEN ARTERİAL KAN AKIMININ RADİAL ARTER KATETERİZASYONUNA ETKİSİ, HARUN TAŞPINAR, UZMANLIK TEZİ, KONYA, 2025

Amaç: Ultrasonografi rehberliğinde radial arter kateterizasyonu, invaziv monitörizasyon açısından kritik öneme sahiptir. Diyabetik hastalarda makrovasküler ve mikrovasküler komplikasyonlara bağlı değişiklikler ve anestezi tipinin hemodinamik etkileri, kanülasyon başarısını etkileyebilir. Bu çalışmada, elektif cerrahi geçirecek diyabetik hastalarda lokal anestezi ve genel anestezi altında radial arter çapı ile kan akım hızlarının (PSV ve EDV) ölçülerek, bu parametrelerin kateterizasyon başarısına, işlem süresine ve cilt perforasyon sayısına etkisinin değerlendirilmesi amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya 40'ar kişilik iki gruba ayrılan toplam 80 diyabetik hasta dahil edildi. Lokal anestezi grubunda ölçümler işlem öncesi, genel anestezi grubunda ise induksiyon sonrası yapıldı. Hastaların demografik verileri kaydedildi. Ultrason eşliğinde radial arterin sistolik ve diyastolik çapları ile pik sistolik ve end-diyastolik akım hızları kaydedildi. Ardından, aynı anestezist tarafından kateterizasyon gerçekleştirildi. Kateterizasyon süresi, cilt perforasyon sayısı ve işlem başarısı değerlendirildi.

Bulgular: Genel anestezi grubunda PSV ve EDV değerleri lokal anestezi grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulundu. Radial arter çaplarında gruplar arası anlamlı fark saptanmadı. Ancak radial arter çapındaki artışın kanülasyon süresini anlamlı derecede azalttığı görüldü. İlk geçiş başarısı genel grupta %70, lokal grupta %85 idi; fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Lojistik regresyon analizinde PSV, ilk geçiş başarısını bağımsız olarak öngörmede anlamlı bulundu. Ayrıca çoklu lineer regresyon analizinde vücut kitle endeksi (VKİ) arttıkça kanülasyon süresinin uzadığı, PSV ve sistolik çap arttıkça ise sürenin anlamlı olarak azaldığı görüldü.

Sonuç: Bu çalışma, anestezi yönteminin özellikle radial arterin hemodinamik özellikleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Genel anestezi uygulanan grupta, PSV ve EDV değerleri, lokal anestezi grubuna göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Diyabetik hastalardaki disregüle nitrik oksit salınımı nedeniyle sistolik ve diyastolik arter çapları açısından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Regresyon analizleri, artan PSV ve sistolik arter çapının kateterizasyon süresini anlamlı şekilde kısalttığını göstermiştir. Ayrıca, PSV değişkeni, ilk geçiş başarısını öngören tek

bağımsız ve anlamlı faktör olarak belirlenmiştir. Öte yandan, diyabetik hastalarda artmış vücut kitle indeksine sahip hastalarda ilk giriş başarısı daha düşük bulunmuş, artan subkutan yağ dokusunun ultrason görüntülemesini güçleştirdiği ve işlemi zorlaştırdığı görülmüştür. Bu bulgular, diyabetik hastalarda ultrason ile yapılan ölçümlerin hasta kliniği ile birleştirildiğinde işlem başarısını artırabileceğinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radial arter, ultrasonografi, diyabet, genel anestezi, lokal anestezi, PSV, EDV, arter çapı, VKİ, kateterizasyon

ABSTRACT

THE EFFECT OF ARTERIAL BLOOD FLOW MEASURED BY ULTRASONOGRAPHY ON RADIAL ARTERY CATHETERIZATION IN DIABETIC PATIENTS, SPECIALIZATION THESIS, KONYA, 2025

Purpose: Radial artery cannulation under ultrasound guidance is of critical importance for invasive monitoring. In diabetic patients, vascular changes due to macrovascular and microvascular complications, as well as the hemodynamic effects of the anesthesia type, may influence the success of cannulation. This study aimed to evaluate the effects of radial artery diameter and blood flow velocities (PSV and EDV), measured under local and general anesthesia in diabetic patients undergoing elective surgery, on cannulation success, procedure duration, and the number of skin perforations.

Methods: A total of 80 diabetic patients were included in the study and randomly assigned into two groups of 40 each. In the local anesthesia group, measurements were taken before the procedure, while in the general anesthesia group, they were performed after induction. The demographic data of the patients were recorded. Using ultrasound guidance, systolic and diastolic diameters of the radial artery, as well as peak systolic velocity (PSV) and end-diastolic velocity (EDV), were recorded. Cannulation was then performed by the same operator. Cannulation time, number of skin punctures, and procedure success were evaluated.

Results: PSV and EDV values were significantly higher in the general anesthesia group compared to the local anesthesia group. There was no significant difference between groups in terms of radial artery diameter. However, an increase in radial artery diameter was associated with a significant reduction in cannulation time. First-attempt success was 70% in the general anesthesia group and 85% in the local anesthesia group; however, this difference was not statistically significant. Logistic regression analysis identified PSV as a significant independent predictor of first-attempt success. Additionally, multiple linear regression analysis revealed that an increase in body mass index (BMI) was associated with longer cannulation times, while increases in PSV and systolic diameter significantly reduced procedure time.

Conclusion: This study revealed that the type of anesthesia exerts a significant impact, particularly on the hemodynamic properties of the radial artery. In the group that received general anesthesia, both peak systolic velocity (PSV) and end-diastolic velocity (EDV) values were found to be significantly higher compared to the local anesthesia group. No

significant difference was observed between the groups in terms of systolic and diastolic arterial diameters due to dysregulated nitric oxide release in diabetic patients. Regression analyses demonstrated that increased PSV and systolic arterial diameter significantly reduced the duration of catheterization. Furthermore, PSV was identified as the sole independent and significant predictor of first-attempt success. On the other hand, diabetic patients with a higher body mass index exhibited lower first-attempt success rates, likely due to the increased subcutaneous adipose tissue, which complicates ultrasound imaging and hinders the procedure. These findings underscore the importance of integrating ultrasound measurements with clinical assessment in diabetic patients to enhance procedural success.

Keywords: Radial artery, ultrasonography, diabetes, general anesthesia, local anesthesia, PSV, EDV, arterial diameter, BMI, cannulation

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii
ETİK KURUL ONAYI	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Diyabetes Mellitus.....	3
2.1.1 Diyabetin Tarihçesi ve Tanımı	3
2.1.2 Epidemiyoloji	3
2.1.3 Patofizyoloji	4
2.1.4 Komplikasyonlar	5
Makrovasküler Komplikasyonlar	5
Mikrovasküler Komplikasyonlar.....	6
2.2. Arteriyel Kateterizasyon.....	7
2.2.1 Endikasyonlar	8
2.2.2 Kontraendikasyonlar.....	8
2.2.3 Komplikasyonlar	8
2.3. Radial Arter Kateterizasyonu	9
2.3.1 Anatomi	9
Allen Testi	10
Kateterizasyon Teknikleri.....	11
2.4. Ultrasonografi.....	13
2.4.1 Ultrason Modları	13
A Mod.....	13
B Mod.....	14
M Mod	14
Doppler Mod	14
2.4.2 Ultrason Kılavuzluğunda Radial Arter Kanülasyonu.....	15
Hasta Hazırlığı ve Elin Konumu	15
Ultrasonun Kurulumu ve Arteriyel Görüntüleme.....	15
Kanülasyon Aşaması	16

2.4.3 Doppler Mod Akım Ölçümü	16
3. MATERYAL ve METOD	19
4. BULGULAR	22
5. TARTIŞMA.....	32
6. SONUÇ	377
7. KAYNAKÇA.....	399

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 4. 1 Hastaların Demografik Özellikleri	22
Tablo 4. 2 Hastaların gruplara göre HbA1c seviyeleri ve DM süreleri	23
Tablo 4. 3 Ameliyathaneye Giriş Esnasındaki Hemodinamik Değerler.....	23
Tablo 4. 4 Ölçümler Esnasındaki Hemodinamik Değerler	23
Tablo 4. 5 Kanülasyon Sonrası Hemodinamik Değerler	24
Tablo 4. 6 Lokal ve Genel Anestezi Uygulanan Olgularda Radial Arter Çapı İle Akım Hız Parametrelerinin Karşılaştırılması	25
Tablo 4. 7 Gruplar Arasında İlk Deneme Başarısı, Kullanılan Kateter ve Deneme Sayısı	25
Tablo 4. 8 Başarılı Kanülasyon İçin Geçen Süre	26
Tablo 4. 9 Arter Kanülasyonu Sonrası Gözlenen Komplikasyonların Sayısal ve Yüzdesele Dağılımı.....	26
Tablo 4. 10 PSV ve EDV değerlerinin ilk geçiş başarısı ROC analizi.....	27
Tablo 4. 11 VKİ İlk Geçiş Başarısı ROC Analizi.....	29
Tablo 4. 12 PSV Değerinin Lojistik Regresyon Analizi	29
Tablo 4. 13 VKİ, PSV ve Sistolik Arter Çapının Arter Kanülasyon Süresi Üzerindeki Etkilerinin Lineer Regresyon Modeli.....	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Elin Arteriyel Dolaşımı, Sırasıyla Yandan, Önden ve Arkadan Görünüm.	10
Şekil 2. 2 Allen Testi	11
Şekil 2. 3 Palpasyon yöntemi ile kanülasyon.	12
Şekil 2. 4 Out of plane (kısa eksen) yaklaşım ve in plane (uzun eksen) yaklaşım.....	13
Şekil 2. 5 Spektral Doppler ile Arteriyel Değerlendirme.....	17
Şekil 4. 1 PSV ve EDV değerlerinin ilk geçiş başarısı üzerine etkisinin ROC analizi.....	27
Şekil 4. 2 VKİ'nin ilk geçiş başarısı üzerine etkisinin ROC analizi.....	28

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
cm	santimetre
DAB	Diyastolik Arter Basıncı
DM	Diabetes Mellitus
EDV	End Diyastolik Velosite
EKG	Elektrokardiyogram
G	Gauge
HbA1C	Hemoglobin A1C
Hz	Hertz
INR	International Normalized Ratio
IV	İntravenöz
Kg	Kilogram
KH	Kalp Hızı
KY	Kalp Yetmezliği
KKH	Koroner Kalp Hastalığı
mg	Miligram
MHz	Mega Hertz
mL	Mililitre
mm	milimetre
mmol/L	Minimol/Litre
MODY	Maturity-Onset Diabetes of the Young
NEÜ	Necmettin Erbakan Üniversitesi
NIAB	Non İnvaziv Arter Basıncı
OAB	Ortalama Arter Basıncı
PAH	Periferik Arter Hastalığı
PSV	Pik Sistolik Velosite
SAB	Sistolik Arter Basıncı
SpO ₂	Kan Oksijen Saturasyonu
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
T1DM	Tip 1 Diabetes Mellitus
T2DM	Tip 2 Diabetes Mellitus
USG	Ultrasonografi
VKİ	Vücut Kitle Endeksi

ETİK KURUL ONAYI

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Sayısı:197

Toplantı Tarihi: 03 Mayıs 2024

Karar Sayısı:2024/4953:(Başvuru ID: 19271) N.E.Ü. Tıp Fakültesi Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aybars TAVLAN'ın "Diyabetik Hastalarda Ultrasonografi ile Ölçülen Arterial Kan Akımının Radial Arter Kateterizasyonuna Etkisi" başlıklı uzmanlık tez çalışması ile ilgili dilekçesi ve ekleri görüşüldü. Arş. Gör. Dr. Harun TAŞPINAR'ın uzmanlık tez çalışmasının N.E.Ü. Tıp Fakültesi Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aybars TAVLAN'ın sorumluluğunda yürütülmesinin uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

Not: Çalışma ile ilgili gerekli izinlerin alınması ve yasal sorumluluk araştırmacılara aittir.

Sorumlu Araştırmacı: Prof. Dr. Aybars TAVLAN

Yardımcı Araştırmacılar: Arş. Gör. Dr. Harun TAŞPINAR



Prof. Dr. **Salim A. ÖZGÖZÜ**
İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurul Başkanı

1. GİRİŞ

Diabetes mellitus (DM) çocukları, ergenleri ve yetişkinleri etkileyen evrensel bir sağlık sorunudur. Hiperglisemi, diyabetin karakteristik özelliği olup vasküler komplikasyonların gelişiminde merkezi rol oynar. Yüksek glikoz düzeyleri; endotelial disfonksiyon, oksidatif stres artışı, enflamatuvar yanıtın aktivasyonu patofizyolojik mekanizmayı tetikler (Antar et al., 2023). Diyabet; retinopati, nefropati, nöropati gibi mikrovasküler komplikasyonlarla ve iskemik kalp hastalığı, periferik vasküler hastalık, serebrovasküler hastalıklar gibi makrovasküler komplikasyonlarla güçlü bir şekilde ilişkilidir (Cade, 2008). Diyabet ile ilişkili endotelial disfonksiyon, kanülasyon gibi arteriyel uyarılardan sonra arteriyel vazoreaktiviteyi etkileyebilir ve çap ve kan akışında değişikliklere neden olabilir (E. J. Kim et al., 2016).

Arter kateterizasyonu, yoğun bakım üniteleri, acil servis ve ameliyathane gibi farklı kliniklerde sıkça uygulanan bir işlemdir. Radial arter, yüzeysel oluşu, çift arteriyel beslenme mekanizması ve düşük komplikasyon riski nedeniyle arter kateterizasyonu için en sık tercih edilen bölgedir (Gu et al., 2014).

Radial arter kateterizasyonu için kullanılan güncel teknikler arasında; palpe edilen artere girilmesi ve kateterin kılavuz bir tel üzerinden ilerletilmesiyle Seldinger tekniğinin kullanılması, palpasyon ile artere girilmesi ve ardından kateterin direkt olarak artere ilerletilmesi, doğrudan damar görünürlüğünü sağlamak için cerrahi bir kesi yapılması, ultrason kılavuzluğu ile doğrudan damar görüntülenmesi yer almaktadır (Miller & Bardin, 2016).

Her ne teknik kullanılırsa kullanılsın radial arter girişimine bağlı vazospazm, trombotik oklüzyon, embolizasyon, sinir hasarı, elde iskemi, sepsis, lokal enfeksiyon, psödoanevrizma, hematoma, kanama, cilt nekrozu gibi birçok komplikasyon bildirilmiştir. Periferik arter hastalığı, diyabet, sigara içiciliği, skleroderma, obezite, cilt altı ödem gibi durumlarda, tekrarlanan denemeler komplikasyon riskini artırır. (Brzezinski et al., 2009).

Ultrasonografi (USG), girişim yapılacak kan damarlarının görüntülenmesini sağladığından, ponksiyon başarısını artırmak amacıyla damar girişimleri için de kullanılmıştır (Hind et al., 2003). Mevcut kanıtlar, ultrason eşliğinde yapılan radial arter ponksiyonunun, palpasyon yöntemine kıyasla kateterizasyon başarısını artırabileceğini göstermektedir (*Ultrasound-Guided Radial Artery Catheterization at Different Sites: A Prospective and Randomized Study*, n.d.). Ultrason ile ölçülen radial akım hızı ve radial arter çapının kanülasyon başarısına etkisini araştıran çalışmalar sınırlıdır. Bizim

hipotezimiz; diyabetik hastalarda farklı anestezi yöntemleri ile değişebilen radial arter akım ve çap değerlerinin kateterizasyon başarısına etki edebileceğiydi.

Çalışmada; elektif şartlarda ameliyata girecek diyabetik hastaların indüksiyon öncesi lokal anestezi ile ve indüksiyon sonrası genel anestezi altında ultrason ile ölçülen radial arter akım ve çap parametrelerinin kateterizasyon başarısına, kanülasyon süresine ve cilt perforasyon sayısına etkisinin değerlendirilmesi hedeflendi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diyabetes Mellitus

2.1.1 Diyabetin Tarihçesi ve Tanımı

Tarihsel kayıtlara göre "diyabet" terimi, MÖ 250-300 yıllarında Memphis'li Apollonius tarafından kullanılmıştır. Antik Yunan, Hint ve Mısır medeniyetleri, bazı bireylerin idrarının tatlı olduğunu fark etmiş ve bu durumu ifade etmek için "mellitus" kelimesini kullanmışlardır. Bu şekilde "Diabetes Mellitus" terimi yaygınlaşmıştır. Diyabetin fizyopatolojisi üzerine önemli keşiflerden biri, 1889 yılında Mering ve Minkowski tarafından pankreasın hastalığın gelişimindeki rolünün belirlenmesidir. Ardından, 1922'de Toronto Üniversitesi'nde Banting, Best ve Collip, inek pankreasından insülin hormonunu saflaştırarak diyabet tedavisinde çığır açan bir buluş gerçekleştirmiştir. Zaman içinde diyabet üzerine yapılan araştırmalar hız kazanmış ve hastalığın kontrol altına alınmasına yönelik birçok tanı ve tedavi yöntemi geliştirilmiştir. Ancak günümüzde diyabet, hem ülkemizde hem de dünya genelinde yaygın bir kronik hastalık olmaya devam etmektedir. Özellikle ABD'de, hâlâ yedinci en sık ölüm nedeni olarak rapor edilmektedir (Sapra & Bhandari, 2023).

DM, kan glukoz seviyelerinin kontrolsüz şekilde yükselmesiyle karakterize kronik bir metabolik hastalıktır. DM, Tip 1 diyabet (T1DM), Tip 2 diyabet (T2DM), genç yaşta ortaya çıkan monogenik diyabet ya da Maturity-Onset Diabetes of the Young (MODY), gestasyonel diyabet, yenidoğan diyabeti ve sekonder diyabet (endokrin hastalıklar, steroid kullanımı vb.) gibi farklı alt gruplara ayrılmaktadır. DM'nin en yaygın görülen türleri Tip 1 ve Tip 2 diabetes mellitus olup, bunlar genellikle insülin sekresyonundaki eksiklik (T1DM) veya insülinin hücresel etkisindeki yetersizlik (T2DM) ile ilişkilidir. Tip 1 diyabet, genellikle çocukluk ve ergenlik döneminde ortaya çıkarken, Tip 2 diyabetin uzun süreli hiperglisemi ile seyreden ve sağlıksız yaşam tarzı faktörleriyle ilişkili bir hastalık olduğu düşünülmektedir. Bu iki diyabet türünün patofizyolojisi farklı mekanizmalara dayandığından, etiyolojileri, klinik belirtileri ve tedavi yaklaşımları da birbirinden ayrılmaktadır. (Sapra & Bhandari, 2023).

2.1.2 Epidemiyoloji

Dünya genelinde her 11 erişkinin 1'i DM hastasıdır ve bunların %90'ını T2DM hastaları oluşturur (Felner et al., 2005). T2DM genellikle ileri yaşlarda ortaya çıkmakla birlikte, ergenlik döneminde artan obezite oranları nedeniyle genç bireylerde de daha sık

görölmeye başlamıştır. Uzmanlar, diyabetin küresel yaygınlığının giderek arttığını ve 2040 yılına kadar hasta sayısının 415 milyondan 642 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Bu artışın özellikle düşük gelir seviyesinden orta gelir grubuna geçiş yapan toplumlarda daha belirgin olması beklenmektedir. (Zheng et al., 2018).

2.1.3 Patofizyoloji

İnsülin üretilmemesi, insülin etkisinin bozulması veya her ikisi birden kronik hipergliseminin temel nedenidir (Antar et al., 2023). Hiperglisemi tek başına pankreas beta hücresi fonksiyonunu bozabilir ve bozulmuş insülin salgılanmasına katkıda bulunur. Sonuç olarak, bozulmuş metabolik duruma yol açan bir hiperglisemi kısır döngüsü vardır (Sapra & Bhandari, 2023).

T1DM patogenezi, pankreas β hücrelerinin T hücreleri tarafından otoimmün yıkımına dayanır. Bu süreç, insülin eksikliğine neden olarak kan glukoz seviyelerinin yükselmesiyle sonuçlanır. (Kahaly & Hansen, 2016).

T2DM, temel olarak insülin direnci ve β -hücre disfonksiyonu olmak üzere iki ana patofizyolojik bozukluk ile karakterizedir (Leahy, 2005). İnsülin direnci, periferik dokulardaki, özellikle yağ, kas ve hepatik dokulardaki hücrelerin insüline karşı duyarlılığının ve yanıtının azalmasına neden olan çeşitli hücresel yolların bozulmasından kaynaklanır. Hastalığın erken döneminde, insülin duyarlılığının azalmasıyla beraber β hücreleri normoglisemiyi sağlamak için kompanzasyon amaçlı insülin salgılanmasını artırır. Bu durum β hücrelerinin hiperfonksiyonunu tetikler. Dolaşımdaki insülin seviyelerinin yüksek olması (hiperinsülinemi), başlangıçta hiperglisemiyi dengeleyebilir. Ancak zamanla, pankreas β hücreleri insülin üretimini artırarak insülin duyarlılığındaki azalmayı yeterince kompanse edemez. Buna ek olarak, β hücre fonksiyonları da giderek bozulur ve sonunda insülin yetmezliği ortaya çıkar. Bu süreç, normogliseminin korunamamasına ve hipergliseminin gelişmesine neden olur (Muoio & Newgard, 2008). Bu diyabet formunun patogenezi ve etiyojisi oldukça karmaşıktır ve henüz tam olarak aydınlatılmamış birçok faktörü içerir. Genel olarak, poligenik genetik yatkınlıklar ile güçlü çevresel etkenlerin etkileşimi sonucu geliştiği kabul edilmektedir. T2DM, genellikle ileri yaş, obezite, ailede diyabet öyküsü, fiziksel aktivitenin azalması ve modern yaşam tarzlarının benimsenmesi gibi faktörlerle ilişkilidir. Ayrıca, T1DM'den farklı olarak, bu hastalığın otoimmünite de dahil olmak üzere immün yanıt ile ilişkili genlerle hiçbir bağı bulunamamıştır ve sonuç olarak bağımsızlık aracılı pankreas β -hücre yıkımı yoktur (Frayling, 2007; Zeggini et al., 2008).

Vücut kitle indeksi (VKİ), diyabet ve insülin direnciyle güçlü bir ilişki göstermektedir. Obez bireylerde, insülin direncinin oluşumunda etkili olan esterleşmemiş yağ asitleri, gliserol, hormonlar, sitokinler, proinflamatuvar belirteçler ve çeşitli biyokimyasal maddelerin seviyeleri artış gösterir. Diyabetin patogenezi, pankreas β -adacık hücrelerinin fonksiyon kaybına ve kan glukozunun düzenlenememesine dayanır. Eğer pankreas β hücre yetmezliğine insülin direnci de eşlik ederse, diyabetin gelişimi büyük ölçüde kaçınılmaz hale gelir (Al-Goblan et al., 2014).

2.1.4 Komplikasyonlar

Diyabet birçok ciddi komplikasyonla ilişkilidir. Bu komplikasyonlar, hastalığın uzun vadeli prognozunu ve hasta yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Forbes & Cooper, 2013). Diyabetin sağlık üzerindeki en büyük etkileri, makrovasküler ve mikrovasküler komplikasyonlara bağlıdır. Makrovasküler komplikasyonlar; koroner kalp hastalığı (KKH), inme, periferik arter hastalığı (PAH) ve kalp yetmezliği (KY) gibi ciddi kardiyovasküler sorunları içerirken, mikrovasküler komplikasyonlar; diyabetik retinopati, diyabetik nefropati ve kardiyak otonom nöropati gibi komplikasyonları kapsamaktadır. Bu komplikasyonlar, diyabetin morbidite ve mortalite oranlarını önemli ölçüde artırmaktadır (Dal Canto et al., n.d.).

Makrovasküler Komplikasyonlar

Koroner kalp hastalığı, periferik arter hastalığı ve inme gibi aterosklerotik kardiyovasküler hastalıklar, diyabetli bireylerde oldukça yaygındır. Bu hastalıkların prevalansı, hızlanmış ateroskleroz riskiyle birlikte lipotoksik ve glukotoksik etkiler nedeniyle glukoz regülasyonu bozuldukça artış göstermektedir. Ayrıca, sigara kullanımı, arteriyel hipertansiyon, obezite ve dislipidemi gibi eşlik eden risk faktörleri, bu komplikasyonların gelişme olasılığını daha da artırmaktadır (Dal Canto et al., n.d.).

Koroner kalp hastalığı. Uluslararası prospektif EpiDREAM kohort çalışmasından elde edilen veriler, kardiyovasküler hastalık riskinin normoglisemik bireylerden başlayarak, bozulmuş açlık glikozu veya glikoz intoleransı olan kişilerde ve yeni tanı almış diyabet hastalarında kademeli olarak arttığını göstermektedir. Ayrıca, açlık kan şekerinde her 1 mmol/L'lik artışın, gelecekteki kardiyovasküler olaylar veya ölüm riskinde %17'lik bir yükselişe ilişkili olduğu belirlenmiştir (Sarwar et al., 2010). Hiperinsülinemi, aterosklerozun oluşumunu ve ilerlemesini teşvik eden çeşitli enflamatuvar sinyal yollarını aktive ederken, dislipidemi mitokondriyal işlev bozukluğuna yol açarak hücrel hasar ve

hücre ölümüne neden olmaktadır (Low Wang et al., 2016). Bu mekanizmalar, kalp ve damar hasarına yol açarak hem makrovasküler hem de mikrovasküler komplikasyonların gelişiminde ortak patofizyolojik süreçleri temsil etmektedir (Dal Canto et al., n.d.).

Periferik arter hastalığı. T2DM' te görülen vasküler hastalıkların ilk belirtisi sıklıkla periferik arter hastalıklarıdır (Shah et al., 2015). Periferik arter hastalığı kendini sıklıkla kladikasyo ile gösterir ve ilerleyen dönemlerde amputasyon ile sonuçlanabilir (Mizzi et al., 2019). Diyabetik periferik arter hastalığı (PAH), diyabeti olmayan bireylere kıyasla genellikle kruropedal bölgede daha distal damar segmentlerini etkiler ve Mönckeberg tipi medial sklerozla birlikte görülebilir. Bu faktörler hem tanısal hem de terapötik yaklaşımlarda ek zorluklara neden olmaktadır (Hiramoto et al., 2014).

İnme. Diyabetle ilişkili inme, diyabetin tetiklediği ekstrakraniyal karotis arter hastalığı ve intrakraniyal büyük ve küçük damar hastalıkları sonucunda gelişir. Klinik spektrum, asemptomatik karotis arter tıkanıklığından serebral küçük damar hastalığına, geçici iskemik ataktan hemorajik ve iskemik inmeye kadar geniş bir yelpazede değişiklik gösterebilir. Diyabet, diyabeti olmayan bireylere kıyasla 2,5 ila 3,5 kat daha yüksek bir inme insidansı ile bağımsız bir risk faktörüdür. Ayrıca, inme, Tip 2 diyabetli hastalarda koroner kalp hastalığından sonra en yaygın ölüm nedenidir (Einarson et al., 2018).

Kardiyomiyopati ve kalp yetmezliği. Genellikle diyabetle ilişkili makrovasküler bir komplikasyon olarak anılsa da diyabete bağlı kardiyomiyopati, mikrovasküler disfonksiyon ve metabolik bozuklukları da içeren daha karmaşık bir patofizyolojiden kaynaklanmaktadır. Uzun süredir devam eden hiperglisemi ve buna bağlı oksidatif stres ile ilişkilendirilebilir. Diyabet, miyokarda metabolik, yapısal ve fonksiyonel değişikliklere yol açarak, herhangi bir eşlik eden kalp hastalığı olmaksızın diyabete bağlı kardiyomiyopati olarak tanımlanan bir duruma neden olabilir (Paulus & Dal Canto, 2018).

Mikrovasküler Komplikasyonlar

Diyabetin mikrovasküler komplikasyonları, diyabetli bireylerde morbiditeyi artırarak ve yaşam kalitesini düşürerek önemli bir sağlık yükü oluşturmaktadır. Bu komplikasyonlar arasında diyabetik nefropati, diyabetik retinopati ve kardiyak otonom nöropati yer almaktadır (Dal Canto et al., n.d.).

Diyabetik Nefropati. Tip 2 diyabetin yaygın komplikasyonlarından biri olan diyabetik nefropati, böbrek hasarına yol açarak yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Bu durum, dünya genelinde son dönem böbrek hastalığının en önemli

nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Long & Dagogo-Jack, 2011; Maggiore et al., 2017). Diyabetik nefropati, mikroalbüminüriden kronik böbrek hastalığına kadar geniş bir klinik spektrumda ilerleyebilir. Hastalığın ilerleme riski, kontrolsüz hipertansiyon, dislipidemi, hiperglisemi, sigara kullanımı ve genetik yatkınlık gibi faktörlerin birlikte varlığına bağlı olarak artmaktadır (Van Dieren et al., 2010).

Diyabetik Retinopati. Diyabetin en yaygın mikrovasküler komplikasyonu olan retinopati, ABD'de her yıl yaklaşık 10.000 yeni körlük vakasından sorumludur ve dünya çapında yaklaşık 100 milyon insanı etkilemektedir (Leasher et al., 2016). Amerikan Diyabet Derneği diyabetik retinopatiyi retinal nörodejenerasyonun önemli bir rol oynadığı daha karmaşık bir nörovasküler komplikasyon olarak yeniden tanımlamıştır (Simó et al., 2018).

Kardiyak Otonom Nöropati. Diyabetin yetersiz tanı alan ancak yaygın görülen bir komplikasyonu olan kardiyak otonom nöropati, diyabetik hastalarda artmış morbidite ve mortalite ile ilişkilidir (Balcıoğlu & Müderrisoğlu, 2015; Spallone et al., 2011). Kardiyak otonom nöropati, kalp ve kan damarlarını inerve eden otonom sinir liflerinin hasar görmesinden kaynaklanır ve kardiyovasküler dinamiklerde anormalliklere yol açar. Bu durum, istirahat taşikardisi, postural hipotansiyon, intra/perioperatif kardiyovasküler instabilitenin artması, asemptomatik miyokardiyal iskemi ve enfarktüs sıklığının yükselmesi ile ilişkilidir. Ayrıca, diyabetli bireylerde miyokardiyal enfarktüs sonrası mortalite oranı da daha yüksektir (Vinik & Erbas, 2013).

2.2. Arteriyel Kateterizasyon

Arteriyel kateterizasyon, yoğun bakım ünitesi, acil servis ve ameliyathane dahil olmak üzere çeşitli klinik ortamlarda kullanılan rutin bir prosedürdür. Bu işlem, periferik bir artere kateter yerleştirilerek hemodinamik monitörizasyon ve arteriyel kan analizi yapılmasını içerir. Arteriyel kateterizasyon için her biri belirli risk ve avantajlara sahip çeşitli anatomik bölgeler kullanılabilir (Pierre et al., 2024). Radyal ve femoral arterler, erişilebilirlikleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilir. Alternatif olarak, brakiyal arter, dorsalis pedis veya ulnar arter arteriyel kateterizasyon için kullanılabilir. Palpasyon veya ultrason, arterin doğru bir şekilde bulunmasına yardımcı olabilir (Greer et al., 2018).

Arteriyel kateterizasyon öncesinde, ilgili bölgede kollateral dolaşımın varlığının doğrulanması büyük önem taşır. Bu doğrulama, kanüle edilen arterde tıkanıklık gelişmesi durumunda periferik dolaşımın başka bir arter tarafından sürdürülebilmesini sağlamak açısından kritiktir. Örneğin Allen testi, el bileğinde kollateral dolaşımı değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Paik et al., 2016).

2.2.1 Endikasyonlar

- Sürekli ve gerçek zamanlı kan basıncı takibinde,
- İntraoperatif dönemde öngörülen cerrahi kardiyovasküler manipülasyonlarda,
- Farmakolojik vazoaaktif ilaçların kullanımında,
- Tekrarlayan arteriyel kan örneklemelerinde,
- İnvaziv olmayan kan basıncı ölçümü yapılamadığında,
- Arteriyel dalga formundan elde edilebilecek tanısal bilgiler gerektiğinde arteriyel kateterizasyon önerilir (Mark et al., 2025).

Uygun bir endikasyon yoksa rutin arteriyel kateterizasyon oluşabilecek komplikasyonlar nedeniyle önerilmez (O'Grady et al., 2011).

2.2.2 Kontraendikasyonlar

Yetersiz ekstremitte dolaşımı veya anormal modifiye Allen testi, aktif Raynaud sendromu, tromboanjitis obliterans (Burger hastalığı), giriş yerinde tam kat yanık olması, cilt enfeksiyonu anatomik bozukluklar mutlak kontraendikasyonlardır. Koagülopati, sistemik antikoagülasyon kullanımı, ateroskleroz gibi durumlar rölatif kontraendikasyonlardır (Tiru et al., 2012).

2.2.3 Komplikasyonlar

Yetişkin hastalarda arteriyel kateterizasyon sırasında komplikasyon insidansı, kateterin yerleştirildiği bölgeye bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle %10 ila %13 arasında bildirilmektedir. Ultrason kılavuzluğunda gerçekleştirilen teknikler ve steril prosedürlere sıkı şekilde uyulması, klinik açıdan önemli birçok komplikasyonun gelişme riskini önemli ölçüde azaltabilir.

Yaygın olarak bildirilen komplikasyonlar arasında:

- Ağrı,
- Ekimoz,
- Hematom oluşumu,
- Tromboz,
- Psödoanevrizma gelişimi,
- Vazospazm,
- Diseksiyon,
- Arteriovenöz fistül oluşumu,
- Hava embolisi ve
- Partikül embolisi yer almaktadır (Pierre et al., 2024).

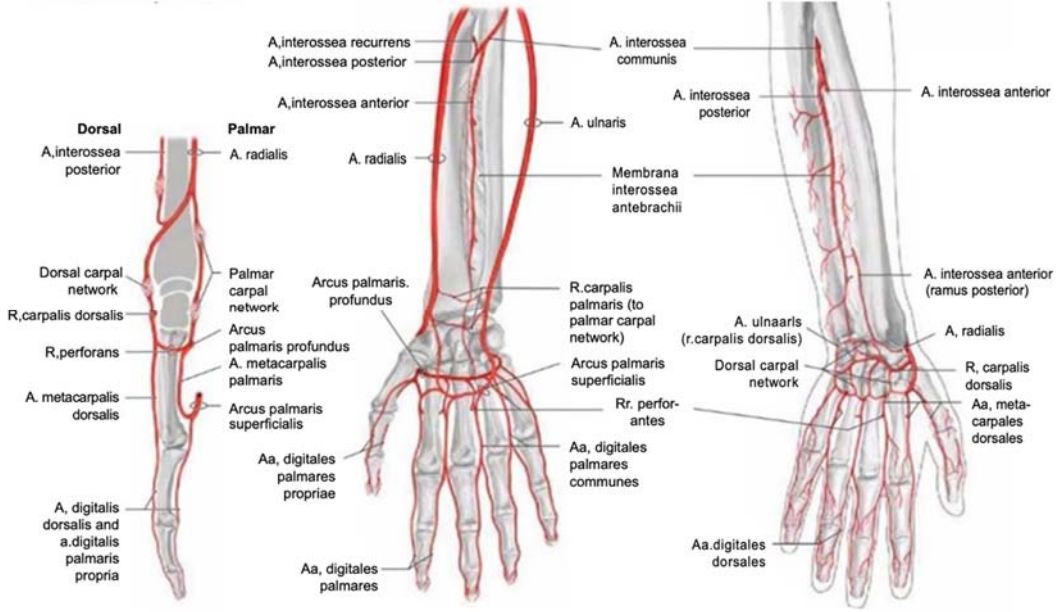
2.3. Radial Arter Kateterizasyonu

Radial arter, anatomik erişilebilirliği, kanülasyon kolaylığı ve düşük komplikasyon oranı nedeniyle arteriyel kateterizasyon için en çok tercih edilen bölgedir. Radial arter kateterizasyonu, %0,09 oranında kalıcı iskemik komplikasyon insidansı ile nispeten güvenli bir işlem olarak kabul edilmektedir. Önkol ve eldeki anatomik varyasyonlar farklılık gösterse de çoğu hastada radial arter trombozu gelişmesi durumunda yeterli kollateral dolaşım bulunmaktadır (Brzezinski et al., 2009).

2.3.1 Anatomi

Radial arter çoğu hastada, brakiyal arterin terminal iki dalından biri olarak dirseğin hemen altından çıkar. El bileği seviyesine ulaşana kadar ön kolun lateral kenarı boyunca seyreder. Önkol üst kısmında supinator longus kasının gövdesinin derinindedir. Orta önkolda, bilek seviyesine kadar, supinator longus ve fleksör karpı radialis kaslarının tendonları arasında uzanır (Tiru et al., 2012). Radial arterin hem orijin hem de izlediği yol varyasyonları iyi tanımlanmıştır. En yaygın varyantta arter dirseğin hemen üstünden çıkar, ancak kolda çok daha proksimal seviyelerden de çıkabilir. Olguların %12'sinde brakiyal arterden yüksek seviyede orijin aldığı, bireylerin %5'inde aksiller bölgeden orijin aldığı rapor edilmiştir. Ayrıca, bazı hastalarda çift radyal arter bulunabileceği gibi, nadir de olsa radyal arterin tamamen yokluğu tanımlanmıştır (Rodríguez-Niedenführ et al., 2001).

Radial arter ve ulnar arter, birlikte dört ark oluşturan yoğun bir anastomoz ağı meydana getirerek elin arteriyel kan akışını sağlar (Şekil 2.1). Bu arklardan üçü elin palmar yüzünde bulunur ve karpal palmar ark, derin palmar ark ve yüzeysel palmar ark olarak adlandırılır (Brzezinski et al., 2009). Yüzeysel palmar ark (ulnar arterin distal kısmından oluşur) ve derin palmar ark (radial arterin distal kısmından oluşur) klinik olarak en önemli arklardır çünkü elin tüm parmaklarına kan akışını bu anastomozlar sağlarlar (Tiru et al., 2012). Bireylerin çoğunda tam bir yüzeysel ya da derin palmar ark vardır, bu da radial arter oklüzyonunu iyi tolere eder. Radial arter oklüzyonu 2 inkomplet arkı olan bir hastada meydana geldiğinde dijital iskemi riski önemli ölçüde artar (Ruengsakulrach et al., 2001).

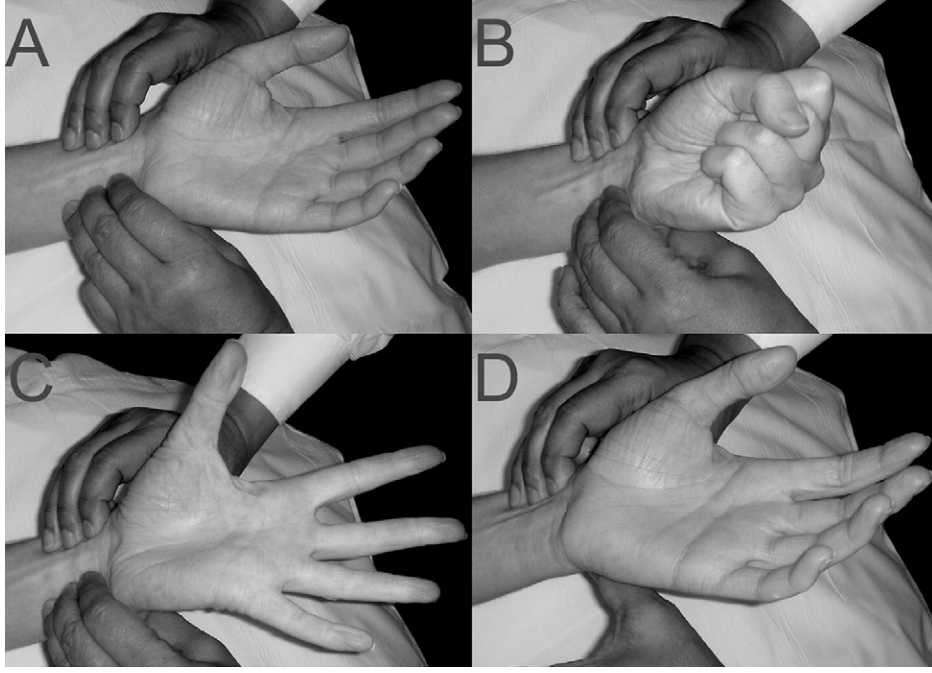


Şekil 2. 1 Elin Arteriyel Dolaşımı, Sırasıyla Yandan, Önden ve Arkadan Görünüm (Tiru et al., 2012).

Allen Testi

Allen testi, radial arter kateterizasyonunun güvenliğini değerlendirmek için basit ancak kesin sonuç vermeyen bir yöntemdir (Barone & Madlinger, 2006).

Test için radial arter ve ulnar arter, el bileğinin proksimal deri kıvrımında palpasyonla bulunur ve ardından üç parmakla sıkıştırılır (Şekil 2.2 A). Hastadan elini birkaç kez yumruk yapıp bırakması istenir (Şekil 2.2 B). Daha sonra el açık tutularak el bileği ve parmakların aşırı gergin olmamasına dikkat edilir. Avuç içinin beyaz renk aldığı gözlenir (Şekil 2.2 C). Ulnar arter üzerindeki parmaklar kaldırılır. Elin rengi altı saniye içinde ele geri gelmelidir (Şekil 2.2 D), bu sağlam bir yüzeysel palmar arkı gösterir. Elin rengi eski haline gelmez ise test pozitif kabul edilir ve radial arter kanülasyonu için kontraendikasyondur.

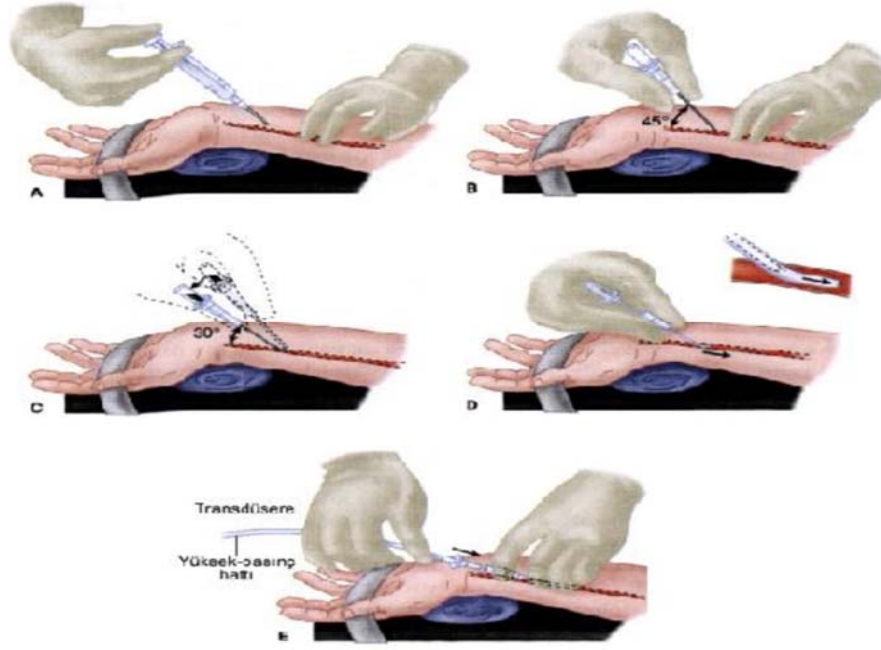


Şekil 2. 2 Allen Testi (Asif & Sarkar, 2007).

Kateterizasyon Teknikleri

Hastanın özelliklerine ve uygulayıcının tecrübesine göre farklı teknikler kullanılabilir.

Palpasyon ile direk kanülasyon. Kolun abdüksiyonu, bileğin supinasyonu ve ekstansiyonundan sonra radial arter, baskın olmayan elin ikinci ve üçüncü parmağı ile palpe edilir. Arter seyri belirlenir. Klorheksidin veya diğer antiseptik solüsyonlarla cilt antisepsisi sağlanır. Hasta uyanık ise küçük bir iğne ile %1'lik lidokain cilde infiltre edilir. Cilde giriş 18,20,22 gauge kateter iğnesi kullanılarak cilt ile 45 derece açı yapacak şekilde palpe edilen yere doğru yapılır. Kanın katetere gelişi ile bir kılavuz tel, kateter yolu ile arter içine gönderilebilir ve kateter kılavuz tel üzerinden ilerletilebilir. Kılavuz tel kullanılmayacaksa katetere kan gelişi sonrası açı 30 dereceye azaltılır ve iğne 1-2 milimetre(mm) daha ilerletilir. İğne geri çekildikçe kateter ilerletilir ve sonra iğne çıkarılır (Butterworth et al., 2022).



Şekil 2. 3 Palpasyon yöntemi ile kanülasyon (Butterworth et al., 2022).

Ultrason Eşliğinde Kanülasyon. Bu yöntem geleneksel palpasyon yöntemine bir alternatiftir ve deneyimli uygulayıcıların elinde girişim sayısını ve komplikasyon oranını azaltır (Aouad-Maroun et al., 2016).

Ultrason eşliğinde kanülasyon için de farklı teknikler vardır. Bunlardan birincisi out-of-plane (kısa eksen) yaklaşımdır. Ultrason probunun kesit düzleminin iğneye dik olacak şekilde yerleştirilmesi anlamına gelir. Bu yöntemde iğne ekran üzerinde noktasal bir görüntü verir. Diğer yöntem in-plane (uzun eksen) yaklaşımdır. Ultrason probunun oluşturduğu görüntü düzlemi ile iğnenin aynı düzlemde ilerletilmesidir. Yani iğne, ultrason ışınlarının geçtiği hat boyunca ilerletilir, iğnenin tamamı görülür. Üçüncü olarak dinamik iğne konumlandırma yöntemi, ultrason eşliğinde yapılan girişimlerde iğnenin anlık olarak görüntüye göre yönlendirilmesini ifade eder. Yani işlemi yapan kişinin hem iğnenin konumunu hem de usg probunu ultrason ekranındaki görüntüye göre sürekli ayarlaması söz konusudur. Bu teknik genellikle hem in-plane hem de out-of-plane yöntemlerinde kullanılabilir. Temel amaç, iğne ucunun eş zamanlı olarak görünürlüğünü artırmak ve hedef dokuya en güvenli şekilde ulaşmaktır (Bhattacharjee et al., 2018).



Şekil 2. 4 Out of plane (kısa eksen) yaklaşım ve in plane (uzun eksen) yaklaşım (Bai et al., 2022).

2.4. Ultrasonografi

Fizikte “ultrason” terimi, insan kulağının işitebileceği üst sınır olan 20.000 hertz (Hz) üzerindeki frekanstaki ses dalgalarını tanımlar. Tanısal amaçlı kullanılan ultrason cihazları genellikle 2 ila 18 megahertz (MHz) arasında çalışır; bu frekanslar insan işitme aralığının çok üzerindedir. Daha yüksek frekanslar, daha kısa dalga boylarına sahip olduklarından, daha ince ayrıntıların görüntülenmesini sağlar.

Ultrasonografi, tendonlar, kaslar, eklemler, damarlar ve iç organlar gibi deri altındaki yapıları olası anormallikler veya hastalık bulguları açısından değerlendirmede kullanılan bir görüntüleme yöntemidir. Bu teknik, özellikle vücudun yumuşak dokularının görüntülenmesinde etkilidir.

Sonografik görüntüleme sırasında genellikle, doğrudan hastanın cildine temas ettirilen ve hareket ettirilen “transdüser” adı verilen elde taşınan bir prob kullanılır. Ultrason dalgalarının deriyle temasını artırmak ve görüntü kalitesini iyileştirmek amacıyla prob ile cilt arasına su bazlı bir jel uygulanır.

Ultrasonun tıpta kullanımı, geçen yüzyılın 1950’li yıllarında başlamıştır. İlk olarak obstetrik uygulamalarda kullanılan bu teknoloji, zamanla tıbbın pek çok farklı alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Genel abdominal teşhis, pelvis alanındaki değerlendirmeler, kardiyoloji, oftalmoloji ve ortopedi gibi çeşitli alanlarda ultrasonografi önemli bir tanısal araç haline gelmiştir (Carovac et al., 2011).

2.4.1 Ultrason Modları

A Mod

Bu modda tek bir ultrason dalgası yollanır ve geri gelen sinyal alınıp işlenir. Sonuçta basit, tek boyutlu çizgi halinde bir görüntü oluşturur. Tıbbi işlemlerde kullanımı sınırlıdır.

B Mod

En sık kullanılan ve en kullanışlı mod olan B modunda, probdan gönderilen ses dalgaları dokular içinde yayılır, kırılır ve yansır. Geri dönen dalgalar sayesinde iki boyutlu bir görüntü oluşturulur. Elde edilen görüntü, dokuların akustik özelliklerine yani ses dalgalarına verdikleri tepkilere göre farklı parlaklık düzeylerinde, gri tonlarda (siyah ile beyaz arasında) ekrana yansır. Bu mod, yumuşak doku yapılarını değerlendirmede temel ve etkili bir görüntüleme sağlar (Neumann & Kollorz, 2018).

M Mod

Bu mod, prob sabitken ardışık olarak hızlı bir şekilde ultrasonik dalgaların gönderildiği bir tarama modudur. Hareketli olan B-mod görüntüsünün bir parçası alınır ve zaman eksenini üzerinde yatay görüntü oluşturur. Zamanla değişen organ hareketlerinin prob ile olan ilişkili konumlarını kaydederek izlemeye olanak tanır. Böylece belirli organ yapılarına ait hareket hızları hesaplanabilir. Bu mod özellikle kalp duvarının (miyokard) hareketinin analiz edilmesinde, yani ekokardiyografide oldukça faydalıdır (Neumann & Kollorz, 2018).

Doppler Mod

Bu mod, kan akışını değerlendirmek ve görselleştirmek amacıyla kullanılır. Doppler sonografi, tıpta özellikle vasküler hastalıkların ve kardiyak fonksiyonların incelenmesinde önemli bir yer tutar. Geleneksel sonografi, Doppler ölçümleri ile zenginleştirilerek, kanın prob yönüne doğru mu yoksa probdan uzaklaşarak mı hareket ettiğini ve hareket hızını değerlendirme olanağı sağlar. Örneğin, bir kalp kapakçığı üzerindeki kan akışının oluşturduğu jet akımın frekans kayması hesaplanarak, bu akımın hızı ve yönü belirlenebilir ve sonografik olarak görselleştirilebilir. Bu sayede valvüler yetmezlikler, stenozlar veya vasküler tıkanıklıklar gibi patolojiler non-invaziv şekilde tespit edilebilir.

Renkli Doppler mod. Bilgisayar yazılımları aracılığıyla kan akışının yönünü ve hızını temsil eden renk kodlamaları (genellikle kırmızı ve mavi) görüntü üzerine entegre edilir. Bu sayede damar yapılarının açıklığı, akım paternleri ve olası patolojik akımlar (örneğin geri akım veya türbülans) detaylı şekilde değerlendirilebilir.

Power Doppler ultrasonografi. Klasik renkli Doppler yönteminden farklı olarak kan akımının hızını veya yönünü değil, akıma ait frekans genişliğini değerlendirir. Bu özelliği sayesinde özellikle küçük çaplı damar yapılarının ve yavaş kan akımlarının gösterilmesinde renkli dopplere kıyasla daha hassastır. Ancak, bu hassasiyetin bir bedeli olarak mekânsal çözünürlüğü daha düşüktür ve yön bilgisi vermez. Testiküler torsiyon, over torsiyonu gibi

kan akımının azaldığı veya kesildiği durumların tanısında klinik olarak önemli bir yere sahiptir.

Spektral Doppler ultrasonografi. Diğer doppler yöntemlerinde olduğu gibi renkli bir görsel yerine grafiksel bir formda bilgi sunar. Belirli bir bölgedeki kan akışının hızı ve zamanla değişimini ayrıntılı şekilde analiz etmeye olanak tanır. Bu yöntemde, damar içi kan akımı bir spektrogram üzerinde zamana karşı hız eğrisi şeklinde gösterilir. Arteriyel akımlar, genellikle daha keskin ve pulsatif dalga formları ile temsil edilirken; venöz akımlar ise daha düz ve sürekli bir karakter sergiler. Spektral dopplerin önemli avantajlarından biri, yüksek çözünürlüklü veri sağlamasıdır. Klinik uygulamalarda sıklıkla damar yapılarını değerlendirmede ve fetal kalp atımının tespitinde kullanılır (Bowra & McLaughlin, 2011).

2.4.2 Ultrason Kılavuzluğunda Radial Arter Kanülasyonu

Kanülasyondan önce, radial ve ulnar arterlerin açık olduğunu ve sağlam bir palmar ark yoluyla çift akım desteğinin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla, Allen testi uygulanmalıdır. Bu test, elin kollateral kan akışını değerlendirmek için kullanılır ve arteriyel kateterizasyonun güvenliğini artırır.

Hasta Hazırlığı ve Elin Konumu

Radial arter kateterizasyon işlemi için hasta optimal bir pozisyonda olmalıdır. Kol, bir kol tahtasına yerleştirilmeli ve yaklaşık 45 derece abduksiyona alınarak hareketsiz tutulmalıdır. Uygulayıcı, kanülasyon sırasında hastanın koluyla aynı tarafta bulunur. Ultrason cihazı ise kanülasyon yapılacak kolun karşı tarafında konumlandırılır. El bileği, 1. parmaktan brakial fossaya kadar sterilize edilmelidir. El ve kol steril örtülerle örtülür; radiusun stiloid prosesinden yaklaşık 4 cm proksimali ise açıkta bırakılır. Bu düzenlemeler, işlem sırasında sterilitiyi sağlamak ve doğru erişimi elde etmek için gereklidir (Perlowsky et al., 2011).

Ultrasonun Kurulumu ve Arteriyel Görüntüleme

Frekansı 5 ila 10 MHz arasında ayarlanmış bir lineer, konveks veya hokey çubuğu prob seçilir. Sterilitenin korunmasına dikkat edilerek, probun başına ve steril plastik örtünün altına bir ultrasonik bağlantı jeli tabakası uygulanır. Prob kafası ve kablo steril bir örtüye sarılır, ardından örtü, hava kabarcıklarını gidermek için prob kafasının akustik bölümü üzerinde düzleştirilir ve elastik bir bantla sıkıca sabitlenir. Bu işlem hem sterilitenin korunmasını sağlar hem de ultrasonun doğru bir şekilde çalışabilmesi için gerekli koşulları oluşturur. Radial arterin görüntülenmesi için en uygun ultrason derinliği ayarı 1 ila 2

santimetre (cm)'dir. Prob, enine bir görüntü elde etmek için başlangıçta damar duvarına dik tutulur. Sonra kullanıcının deneyimine göre paralel konuma getirilebilir (Perlowsky et al., 2011).

Kanülasyon Aşaması

Gerekli hazırlıklardan sonra ultrason kılavuzluğunda radial arter ekranının ortasında hizalanır. Cilt ile yaklaşık 45 derece açı yapacak şekilde 20 gauge iğneyle cilde girilir. Uygulayıcı, düz ve hiperekoik iğnenin cilt altı dokuya girmesini ultrason ekranından takip eder. Kateter ucunun görünmesi zor olsa da kateterin arter üzerine yaptığı bası, kateter ucunun yeri hakkında bilgi verir. Kateter arter duvarını geçtiğinde uygulayıcı hissedebilir. Kateter ucu arter lümenini geçtiğinde, ultrason ekranında arterin lümeninde gözlemlenir ve katetere kanın gelişi görülür. Eğer kateter ultrason ekranında görülemediyse, tekrar cilde kadar çekilmelidir ve kanülasyona yeniden başlanmalıdır (Saito et al., 1999).

2.4.3 Doppler Mod Akım Ölçümü

Sesin doppler etkisi, günlük yaşamda sıkça karşılaşılan bir fenomendir. Örneğin, bir motorlu taşıtın sabit bir dinleyiciye yaklaşması ve ardından uzaklaşması sırasında gözlemlenen ses frekansındaki değişiklikler bu etkiye örnek teşkil eder. Taşıt dinleyiciye yaklaşırken işitilen sesin frekansı artmakta, uzaklaşırken ise ani bir şekilde azalmaktadır. Bu durum, hareket halindeki kaynaktan yayılan ses dalgalarının, dinleyiciye göre algılanan frekansında meydana gelen kaymadan, yani doppler etkisinden kaynaklanmaktadır (Ginther & Utt, 2004).

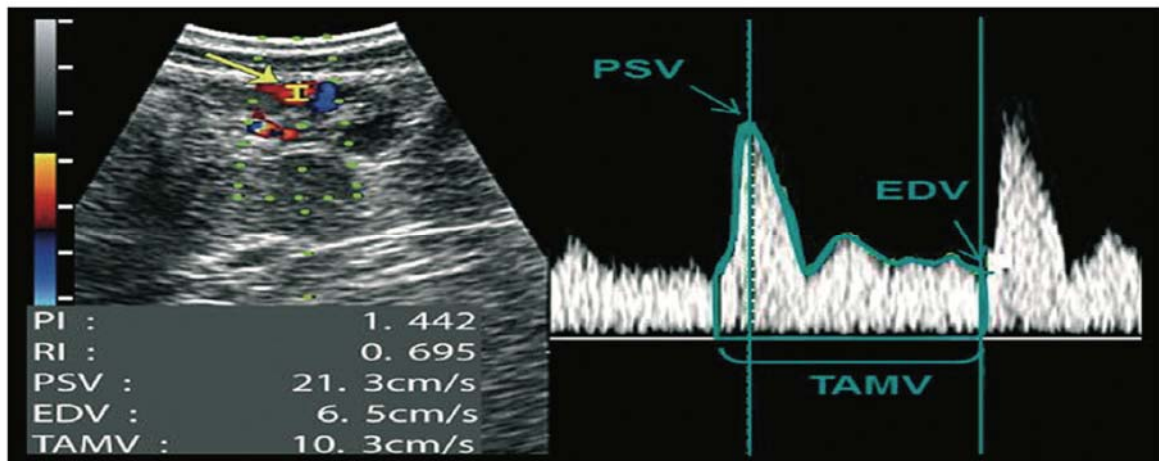
Kan akımının doppler incelemesinde sabit olan taraf çoğunlukla prob, hareketli olan taraf ise kırmızı kan hücreleridir (Ferreira JC et al., 2011). Kan akımı olmadığında yani kan hızı sıfır olduğunda doppler kayması olmaz. Arteriyel ölçümlerde kan hareketi proba yaklaştığında doppler kayması artar, uzaklaştığında ise azalır. Doppler ile kan akımı ölçülürken sinyalin büyüklüğü birçok etmene bağlıdır. Bunların ilki, kanın akış hızıdır; hız arttıkça doppler frekansı da artış gösterir. İkinci olarak, kullanılan ultrason frekansı önemlidir; daha yüksek ultrason frekansları, daha yüksek Doppler frekansları üretir. Son olarak, insonasyon açısı da belirleyici bir faktördür; eğer ultrason dalgaları, kan akımının yönüne daha paralel hale gelirse (yani aradaki açı küçülürse), Doppler frekansında da artış gözlenir (Oglat et al., 2018).

Renkli ultrason görüntülemesinde spektral doppler ve renkli akım modu olmak üzere iki farklı değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Spektral mod, belirli arterlerin kan hızlarını test ederken; renkli akım modu, dokudaki vasküleriteyi değerlendirmek amacıyla B-modu

görüntüsüne renkli doppler sinyallerini ekler. Her iki yöntem de doppler kayma frekanslarına dayanır. Bu bağlamda, kan hücrelerinin (kaynak) sinyal dalgası sabit olduğunda ya da prob ile paralel bir yönde hareket ettiğinde, iletilen ve alınan frekanslar arasında herhangi bir değişiklik olmaz ve bu durumda renkli doppler sinyalleri tespit edilemez. Pozitif doppler frekansı, akış kaynağı prob yönüne yaklaştığında ortaya çıkar ve alınan sinyal frekansı, yayılan frekanstan daha yüksek olur. Negatif doppler frekans sinyali ise kan hücreleri probdan uzaklaştığında meydana gelir; başka bir ifadeyle, yayılan sinyalin frekansı, geri dönen frekanstan daha yüksek olduğunda bu durum gözlemlenir (Ginther & Utt, 2004; Oglat et al., 2018).

Renkli ultrasonik görüntüleme için kullanılan diğer mod olan spektral doppler modunda, belirli frekanslarla kan akımına doğru aralıklı ultrason dalgaları gönderilir. Bu dalgalar genellikle 64 ile 128 A-hattı (A-line) arasında değişir ve belirli bir yönde gönderilen ve alınan ultrason atımlarından elde edilir. Belirli bir derinlikteki kan akış hızını ölçebilmek için, A-hatları zaman kilitlemeli olarak çalışır ve yalnızca hedeflenen derinlikten gelen sinyaller alınır. Kan akım hızındaki değişkenlikler, hareket halindeki kanın neden olduğu bir spektrum olarak grafiksel dalga formunda veya görüntü şeklinde gösterilir. Bu spektrum, belirli bir damar örneğinde kısa bir zaman diliminde mevcut olan farklı Doppler frekanslarının birleşimini temsil eder ve düzenli hızda gerçekleşen normal kan akışını görsel olarak sunar.

Arteriyel akım hızı lümenin merkezinde en hızlı olup perifere gittikçe azalır. Bu durum bize üç farklı ölçüm imkânı sağlar. Zaman ortalamalı maksimum (hız) velosite veya ortalama hız, pik sistolik (hız) velosite (PSV) ve end diyastolik (hız) velosite (EDV). PSV değeri spektral görüntünün ek yüksek noktası iken, EDV kardiyak döngünün bitiş noktasıdır.



Şekil 2. 5 Spektral Doppler ile Arteriyel Değerlendirme (Oglat et al., 2018)

Kan hızını ölçebilmek için probu artere doğru pozisyonda yerleştirmek önemlidir. Doppler açısının doğru ayarlanması hata riskini azaltır. Doppler açısı, ultrasonik sinyal dalgalarının kan hücrelerinin akım yönü ile kesişme açısıdır. Hassas bir spektrum elde etmek için 30° ile 60° arasında bir Doppler açısı gereklidir (Gerhard-Herman et al., 2006).

Spektral doppler incelemesindeki her bir döngü bir kardiyak siklusu ifade eder. Bazı ultrason cihazları yerleşik algoritmaları kullanarak kardiyak döngü çizgisini otomatik olarak işaretler ancak bazı cihazlarda bunu manuel olarak yapmak gerekir. Kardiyak siklusun uzunluğu en yüksek yer PSV değerini verirken siklusun bitiş yeri EDV değerini verir (Pellerito & Polak, 2012).

3. MATERYAL ve METOT

Çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik Kurul onayı (2024/4953 sayılı karar) alınarak, Haziran 2024 - Aralık 2024 tarihleri arasında Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Ameliyathanesinde elektif şartlarda opere olacak ve anestezi tarafından invaziv arter moniyörizasyonu uygun görülen 80 diyabetik hastada gerçekleştirildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri;

- 1-)18-90 yaş arası elektif cerrahi operasyon geçirecek olması
- 2-)Hastaların perioperatif dönemde yakın hemodinamik takip ve kan örnekleme ihtiyacı olması ve anestezi tarafından radyal arter kateterizasyonu uygun görülmesi
- 3-)Hastaların diyabet tanısının olması.

Çalışmadan dışlama kriterleri;

- 1-) 18 yaş altı ve 90 yaş üzerinde olması
- 2-) Gebelik durumu olması
- 3-) Hastanın ameliyathaneye şok tablosunda gelmesi
- 4-) Girişim bölgesinde cilt lezyonu olması
- 5-) Allen testi pozitif olan veya önceki 30 gün içerisinde radial arter kanülasyon hikayesi olan hastalar
- 6-) Periferik arter hastalığı olan hastalar
- 7-) Diyabet tanısı olmayan hastalar
- 8-) Koagülopatisi olan hastalar (international normalized ratio (INR), >1,5; platelet degeri $\leq 70 \times 10^3/uL$)

Çalışma bu kriterleri sağlayan 80 hasta üzerinde yapıldı. Kurumsal etik komitesinin onayı ile, her bir hastaya yapılacak işlem anlatılarak yazılı ve sözlü aydınlatılmış onam alındı. Çalışma gözlemsel, prospektif 1:1 lik dağılım oranı olan, paralel randomize kontrollü, tek merkezli bir çalışma olarak gerçekleştirildi. Hastalar, ameliyatın yapıldığı gün kapalı zarf yöntemi ile randomize edildi ve iki gruba ayrıldı. İlk grup; lokal anestezi sonrası arter kanülasyon grubu (Lokal Grup), ikinci grup; indüksiyon sonrası arter kanülasyonu grubu (Genel Grup) olarak belirlendi. Sağ ya da sol radial arterin kullanımı, işlemi gerçekleştirecek olan anestezi tarafından belirlendi.

Çalışmaya dahil olan hastalara rutin periferik kan oksijen saturasyonu (SpO₂), elektrokardiyogram (EKG), non-invaziv arter basıncı (NİAB) monitörizasyonu yapıldı. Sonrasında baskın olmayan el seçilerek Allen testi yapıldı. Hastaların giriş arter basınçları (SAB, DAB, OAB), kalp hızları (KH) ve SpO₂ değerleri kaydedildi.

Lokal Grup hastalarının kolu vücuttan hafifçe abdüksiyona getirildi ve el bileği, bileğin altına yerleştirilen yumuşak bir rulo sayesinde ekstansiyona alındı. Daha sonra el masasına bir bant yardımıyla sabitlendi. Pozisyon uygunluğu sağlandıktan sonra ultrason ile in plane teknik kullanılarak görüntüleme yapıldı ve girişim yeri belirlendi. Girişim yeri povidon ya da klorheksidin ile sterilize edilerek işlem öncesi girişim yapılacak bölgeye lokal anestezi sağlamak için 26 gauge (G) iğne ile 0.2 mililitre (mL) %2 lidokain enjekte edildi.

Genel Grup hastalarının genel anestezi indüksiyonu intravenöz (IV) yoldan 0.01-0.05 mg/kg midazolam, 1 mg/kg lidokain, 1–2 mg/kg propofol ile yapıldı. 0.6 mg/kg rokuronyum bromür ile 3 dakika sonra kas gevşemesi sağlandıktan sonra endotrakeal entübasyon yapıldı. Genel anestezi sonrası kanülasyon hazırlığı Grup A'da olduğu gibi sağlandı ancak lokal anestezi uygulanmadı.

Uygulayıcı anestezi tarafından her iki grupta da hazırlıklar tamamlandıktan sonra taşınabilir USG cihazının 3-13 MHz frekans aralıklı lineer probu kullanılarak radial arterin çap ve akım değerleri ölçüldü. Ölçüm esnasındaki hemodinamik veriler (SpO₂, KH, SAB, DAB, OAB) kaydedildi. Kanülasyon işlemi için 20 G venöz kateter kullanıldı. Girişim sırasında USG başarı oranı daha yüksek olduğu için in-plane teknik ile arteriyel görüntüleme sağlandı. Süre ultrason probunun cilde yerleştirilmesi ile başlatıldı ve monitörde arteriyel dalga formu elde edildiğinde sonlandırılarak kaydedildi. 5 dakikanın sonunda seçilen radial arter kanüle edilememiş ise başarısız olarak değerlendirildi ve çalışmaya dahil edilmedi.

Anestezi formundaki tıbbi kayıttan elde edilen hasta bilgileri; yaş, boy, ağırlık, vücut kütle indeksi, cinsiyet, HbA1C değeri, kaç yıldır diyabet tanısının olduğu hasta verilerine kaydedildi.

İlk geçiş başarısı; iğne ile ciltten bir kez geçiş sonrası arteriyel dalga formunun görülmesi olarak tanımlandı. İşlem sırasında da ilk geçiş başarısı (evet/hayır), kullanılan cilt perforasyon sayısı, başarılı kanülasyon için geçen süre ve komplikasyonlar kaydedildi.

Bu çalışmada istatistiksel analizler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) üzerinden yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler, dağılımı normal olan değişkenler için ortalama \pm standart sapma, dağılımı normal olmayan değişkenler için median(minimum – maksimum, 1. çeyrek-3. çeyrek), kategorik değişkenler ise vaka sayısı ve yüzde olarak gösterilmiştir. Kategorik verilerin karşılaştırmasında ki kare testi veya Fisher Exact testi kullanıldı. İki grup arasındaki ortalamaların karşılaştırmasında normal dağılım gösteren değişkenler Student T testi, normal dağılım göstermeyen değişkenler için ise Mann-Whitney U testi kullanıldı. Bağımsız risk faktörlerini belirlemede logistic regression analizi, ilk geçiş başarısızlığını tahmin etme yeteneğini test etmek için ölçülen parametrelerin her birine ROC analizi yapıldı.

İkiden fazla grubun ortalamalarının karşılaştırmasında normal dağılım gösteren değişkenler için OneWayAnova testi, normal dağılım göstermeyen değiskenler için ise Kruskal-Wallis testi kullanılıp $p < 0,05$ istatıksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışma NEÜ Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği'nin ameliyathanesinde toplam 80 olgu üzerinde gerçekleştirildi. Olguların yarısına (%50) lokal anestezi, diğer yarısına (%50) ise genel anestezi uygulanarak invazif arter kateterizasyonu yapıldı.

Tablo 4. 1 Hastaların Demografik Özellikleri

	Genel Grup		Lokal Grup		P değeri
	Ort±SD	Median (Min-Max)	Ort±SD	Median (Min-Max)	
Yaş (yıl)	60 ± 10	62 (39-79)	55 ± 9	55 (34-75)	0.009 ¹
Boy (m)	1.68 ± 0.10	1.65 (1.52-1.88)	1.67 ± 0.10	1.65 (1.50-1.92)	0.485 ²
Kilo (kg)	88 ± 13	87 (63-122)	86 ± 13	84 (63-125)	0.358 ²
VKİ (kg/m ²)	31.1 ± 4.2	30.4 (24.8-43.4)	31.1 ± 3.5	31.5 (24-38.2)	0.504 ²
Cinsiyet (K/E) n(%)	21 (%52,5) / 19 (%47,5)		24 (%60) /16 (%40)		0.499 ³

Ort: Ortalama, VKİ: Vücut kitle indeksi, K: Kadın, E: Erkek, kg: kilogram, m: metre, SD: Standart sapma, 1: Independent samples, t-test, 2: Mann-Whitney U test, 3: Ki-kare testi

Genel ve Lokal anestezi gruplarına ayrılan hastaların demografik özellikleri karşılaştırıldığında, yaş değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı ancak klinik olarak anlamlı olmayan bir fark saptanmıştır ($p = 0.009$). Buna göre, genel anestezi grubundaki bireylerin yaş ortalaması lokal anestezi grubuna göre daha yüksektir. Diğer demografik değişkenler olan boy, kilo, vücut kitle indeksi (VKİ) ve cinsiyet açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bu bulgular, iki grubun yaş dışında benzer demografik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4. 2 Hastaların gruplara göre HbA1c seviyeleri ve DM süreleri

	Genel Grup		Lokal Grup		P değeri
	Ort±SD	Median (Min-Max)	Ort±SD	Median (Min-Max)	
HbA1c (%)	7.7 ± 1.2	7.4 (6.1–11.0)	7.8 ± 0.9	7.6 (6.3–10.0)	0.411 ¹
DM Süresi (yıl)	11 ± 6	10 (3–25)	10 ± 7	8 (1–30)	0.251 ¹

1: Mann-Whitney U testi, Ort: Ortalama, SD: Standart sapma, DM: Diabetes Mellitus

Her iki gruptaki ortalama HbA₁C düzeyleri ile diyabet süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (Tablo 4.2).

Tablo 4. 3 Ameliyathaneye Giriş Esnasındaki Hemodinamik Değerler

	Grup Genel (Ort ± SD)	Grup Lokal (Ort ± SD)	P Değeri
Ameliyathaneye Giriş SAB (mmHg)	139 ± 18	137 ± 17	0.673 ¹
Ameliyathaneye Giriş DAB (mmHg)	81 ± 12	80 ± 11	0.584 ¹
Ameliyathaneye Giriş OAB (mmHg)	101 ± 14	98 ± 13	0.301 ¹
Ameliyathaneye Giriş KH (atım/dk)	76 (57-104)	72 (54-118)	0.221 ²
Ameliyathaneye Giriş SPO₂ (%)	96 (92-99)	97 (92-99)	0.086 ²

Normal dağılım gösteren sürekli veriler ortalama ± standart sapma (mean ± SD), normal dağılım göstermeyen sürekli veriler ise medyan (IQR; 25.–75. persantil aralığı) şeklinde sunulmuştur

Ort: Ortalama, SD: Standart Sapma SAB: Sistolik Arter Basıncı, DAB: Diastolik Arter Basıncı, OAB: Ortalama Arter Basıncı, KH: Kalp Hızı, SpO₂: Periferik Kapiller Oksijen Satürasyonu, 1: Independent Samples t-Test, 2: Mann-Whitney U

Tablo 4. 4 Ölçümler Esnasındaki Hemodinamik Değerler

	Grup Genel (Ort ± SD)	Grup Lokal (Ort ± SD)	P Değeri
Ölçüm Esnasında SAB (mmHg)	99 ± 16	134 ± 18	<.001 ¹
Ölçüm Esnasında DAB (mmHg)	53 (41-92)	78 (41-101)	<.001 ²
Ölçüm Esnasında OAB (mmHg)	67 (55-110)	99 (58-126)	<.001 ²
Ölçüm Esnasında KH (atım/dk)	80 (54-112)	74 (55-120)	0.039 ²
Ölçüm Esnasında SPO₂ (%)	98 (96-100)	97 (92-99)	<.001 ²

Normal dağılım gösteren sürekli veriler ortalama ± standart sapma (mean ± SD), normal dağılım göstermeyen sürekli veriler ise medyan (IQR; 25.–75. persantil aralığı) şeklinde sunulmuştur

Ort: Ortalama, SD: Standart Sapma SAB: Sistolik Arter Basıncı, DAB: Diastolik Arter Basıncı, OAB: Ortalama Arter Basıncı, KH: Kalp Hızı, SpO₂: Periferik Kapiller Oksijen Satürasyonu, 1: Independent Samples t-Test, 2: Mann-Whitney U

Tablo 4. 5 Kanülasyon Sonrası Hemodinamik Değerler

	Grup Genel (Ort ± SD)	Grup Lokal (Ort ± SD)	P Değeri
Kanülasyon Sonrası SAB (mmHg)	103 ± 12	136 ± 18	<.001 ¹
Kanülasyon Sonrası DAB (mmHg)	61 ± 9	79 ± 14	<.001 ¹
Kanülasyon Sonrası OAB (mmHg)	76 ± 10	97 ± 15	<.001 ¹
Kanülasyon Sonrası KH (atım/dk)	75 (57-91)	75 (55-114)	0.381 ²
Kanülasyon Sonrası SPO₂ (%)	98 (96-100)	97 (93-99)	<.001 ²

Normal dağılım gösteren sürekli veriler *ortalama ± standart sapma (mean ± SD)*, normal dağılım göstermeyen sürekli veriler ise *medyan (IQR; 25.–75. persantil aralığı)* şeklinde sunulmuştur.

Ort: Ortalama, SD: Standart Sapma SAB: Sistolik Arter Basıncı, DAB: Diastolik Arter Basıncı, OAB: Ortalama Arter Basıncı, KH: Kalp Hızı, SpO₂: Periferik Kapiller Oksijen Satürasyonu, 1: Independent Samples t-Test, 2: Mann-Whitney U

Grup Lokal ve Grup Genel hastalarının ameliyathaneye giriş esnasındaki hemodinamik değerleri; Sistolik Arter Basınçları (SAB), Diyastolik Arter Basınçları (DAB), Ortalama Arter Basınçları (OAB), Kalp Hızları (KH) ve Periferik Kapiller Oksijen Satürasyonları (SpO₂) karşılaştırıldığında, belirtilen bu vital değerlerin hiçbiri için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (Tablo 4.3).

Ancak ölçüm esnasındaki (kanülasyon sırasındaki) hemodinamik veriler karşılaştırıldığında, SAB, DAB, OAB ve SpO₂ değerleri yönünden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu bulgulara göre, lokal anestezi uygulanan grupta tansiyon parametreleri (SAB, DAB, OAB) anlamlı olarak daha yüksek izlenmiştir. Buna karşın, ölçüm anındaki kalp hızı (KH) açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0.039$) (Tablo 4.4).

Kanülasyon sonrası yapılan ölçümlerde de benzer şekilde, lokal anestezi grubunun SAB, DAB ve OAB değerleri genel anestezi grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0.001$). Kalp hızı (KH) açısından yine istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0.381$). SpO₂ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptansa da ($p = 0.001$), bu farkın mutlak değer düzeyinde küçük olması nedeniyle klinik açıdan anlamlı kabul edilmemesi gerektiği düşünülmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4. 6 Lokal ve Genel Anestezi Uygulanan Olgularda Radial Arter Çapı İle Akım Hız Parametrelerinin Karşılaştırılması

Ölçüm Değeri	Grup Lokal (Ort ± SD)	Grup Genel (Ort ± SD)	P değeri
Sistolde Radial Arter Çapı (mm)	2.4 ± 0.3	2.3 ± 0.3	0.480 ¹
Diastolde Radial Arter Çapı (mm)	2.1 ± 0.3	2.1 ± 0.2	0.804 ¹
PSV (cm/sn)	37.0 ± 10.3	42.9 ± 10.2	0.013¹
EDV (cm/sn)	10.4 ± 2.9	12.2 ± 2.4	0.004¹

Normal dağılım gösteren sürekli veriler *ortalama ± standart sapma (mean ± SD)*, normal dağılım göstermeyen sürekli veriler ise *medyan (IQR; 25.–75. persantil aralığı)* şeklinde sunulmuştur.

Ort: Ortalama, SD: Standart Sapma, EDV: End-Diyastolik Hız, PSV: Tepe Sistolik Hız, 1: Independent Samples t-Test

Lokal ve genel anestezi uygulanan olgular arasında radial arter ölçümleri karşılaştırıldığında; sistolik radial arter çapı lokal grupta 2.4 ± 0.3 mm, genel grupta 2.3 ± 0.3 mm; diyastolik radial arter çapı ise her iki grupta da ortalama 2.1 mm bulunmuştur. Bu parametreler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p = 0.480$ ve $p = 0.804$, sırasıyla) (Tablo 4.6).

Akım hızı parametrelerine bakıldığında, Pik Sistolik Velosite (PSV) değeri lokal anestezi grubunda 37.0 ± 10.3 cm/sn, genel anestezi grubunda ise 42.9 ± 10.2 cm/sn olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p = 0.013$). Benzer şekilde, End Diyastolik Velosite (EDV) açısından da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur; EDV lokal grupta 10.4 ± 2.9 cm/sn iken, genel grupta 12.2 ± 2.4 cm/sn olarak ölçülmüş ve fark bağımsız örneklem t-testi'ne göre anlamlı bulunmuştur ($p = 0.004$) (Tablo 4.6).

Tablo 4. 7 Gruplar Arasında İlk Deneme Başarısı, Kullanılan Kateter ve Deneme Sayısı

	İlk Geçiş Başarısı n (%)	Deneme Sayısı n (%)		
		Tek Deneme	İki Deneme	Üç Deneme
Grup Genel	28 (70)	28 (70)	11 (27.5)	1 (2,5)
Grup Lokal	34 (85)	34 (85)	5 (12.5)	1 (2,5)
P Değeri	0.108 ¹			

1: Ki-Kare testi,

Tablo 4. 8 Başarılı Kanülasyon İçin Geçen Süre

	Grup Genel		Grup Lokal		P Değeri
	Ort±SD	Median (Min-Max)	Ort±SD	Median (Min-Max)	
Başarılı Kanülasyon İçin Geçen Süre (s)	78 ± 48	52 (36-215)	66 ± 46	54 (34-265)	0.350 ¹

1: Mann-Whitney U testi

Genel anestezi (n = 40) ve lokal anestezi (n = 40) uygulanan olgular arasında ilk geçiş başarı oranları sırasıyla %70 ve %85 idi; iki grup arasında oransal olarak fark olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p = 0.108$). Kateter kullanımına bakıldığında; genel grupta olguların %70'i tek, %27,5'i iki kateterle, %2,5'i üç kateterle kanülize edilirken, lokal grupta bu oranlar %85, %12,5 ve %2,5 olarak saptandı. Deneme sayısı dağılımı da benzerdi (tek deneme: %70 vs %85; iki deneme: %27,5 vs %12,5; üç deneme %2,5 vs %2,5). Her iki değişken için de Pearson ki-kare testleri anlamlı farklılık göstermedi ($p > 0.05$).

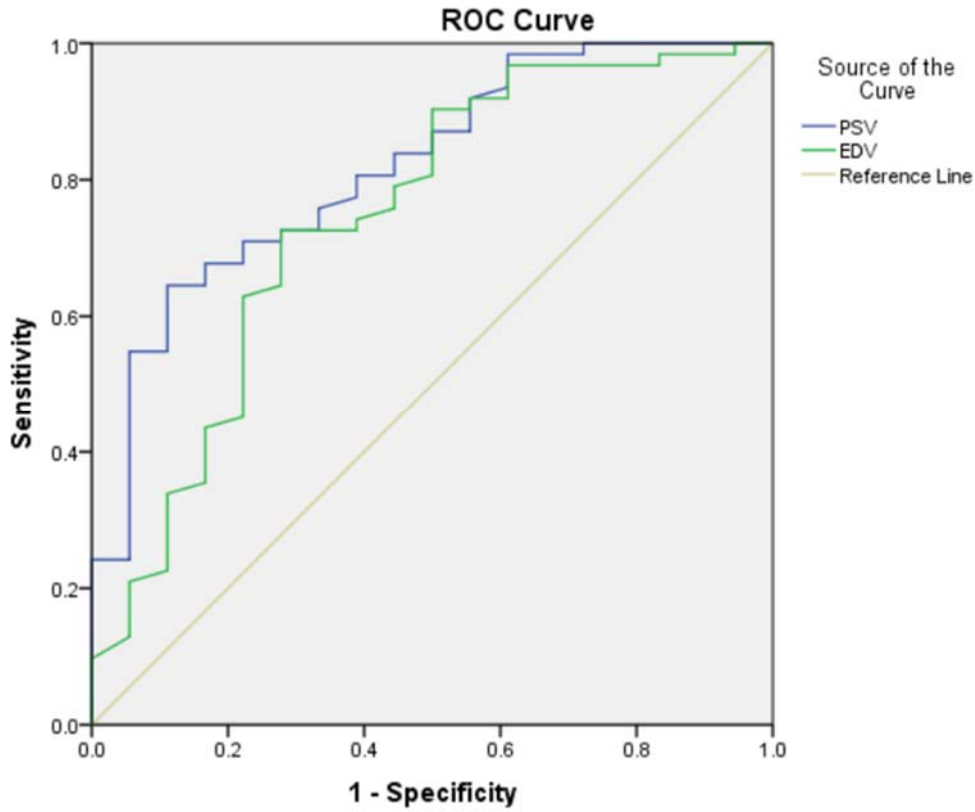
Başarılı kanülasyon için geçen süre çarpık dağıldığından medyan (minimum–maksimum) değerleri raporlandı. Genel grupta medyan süre 52 saniye (36–215), lokal grupta ise 54 saniye (34–265) olarak ölçüldü. Ortalamalar sırasıyla 78 ± 48 saniye ve 66 ± 46 saniye idi. Gruplar arası fark için yapılan Mann–Whitney U testi sonucunda p değeri 0.350 olarak hesaplandı (Tablo 4.8).

Tablo 4. 9 Arter Kanülasyonu Sonrası Gözlenen Komplikasyonların Sayısal ve Yüzdesele Dağılımı

Komplikasyon Türü	n	%
Komplikasyon yok	64	80.0%
Vazospazm	10	12.5%
Ağrı ve şişlik	5	6.3%
Hematom	1	1.3%
Tromboz	0	0.0%
Emboli	0	0.0%
Ekstremitte iskemisi	0	0.0%

Çalışmaya dahil edilen toplam 80 hastanın arter kanülasyonu sonrası komplikasyon gelişme durumları incelenmiştir. Hastaların 64'ünde (%80,0) herhangi bir komplikasyon gözlenmezken, 16 hastada (%20,0) komplikasyon saptanmıştır. Gözlenen komplikasyonların dağılımı Tablo 4.9'da sunulmuştur.

En sık gözlenen komplikasyon vazospazm olup, bu durum 10 hastada (%12,5) kaydedilmiştir. Vazospazm, palpasyonla nabız alınamaması ve USG görüntüsünde atım görülememesi ile tespit edildi. Bunu takiben 5 hastada (%6,3) ağrı ve şişlik, 1 hastada (%1,3) ise hematoma geliştiği görülmüştür. Çalışma grubunda takip edilen hastaların hiçbirinde tromboz, emboli veya ekstremitte iskemisi gibi majör vasküler komplikasyonlara rastlanmamıştır.



Şekil 4. 1 PSV ve EDV değerlerinin ilk geçiş başarısı üzerine etkisinin ROC analizi

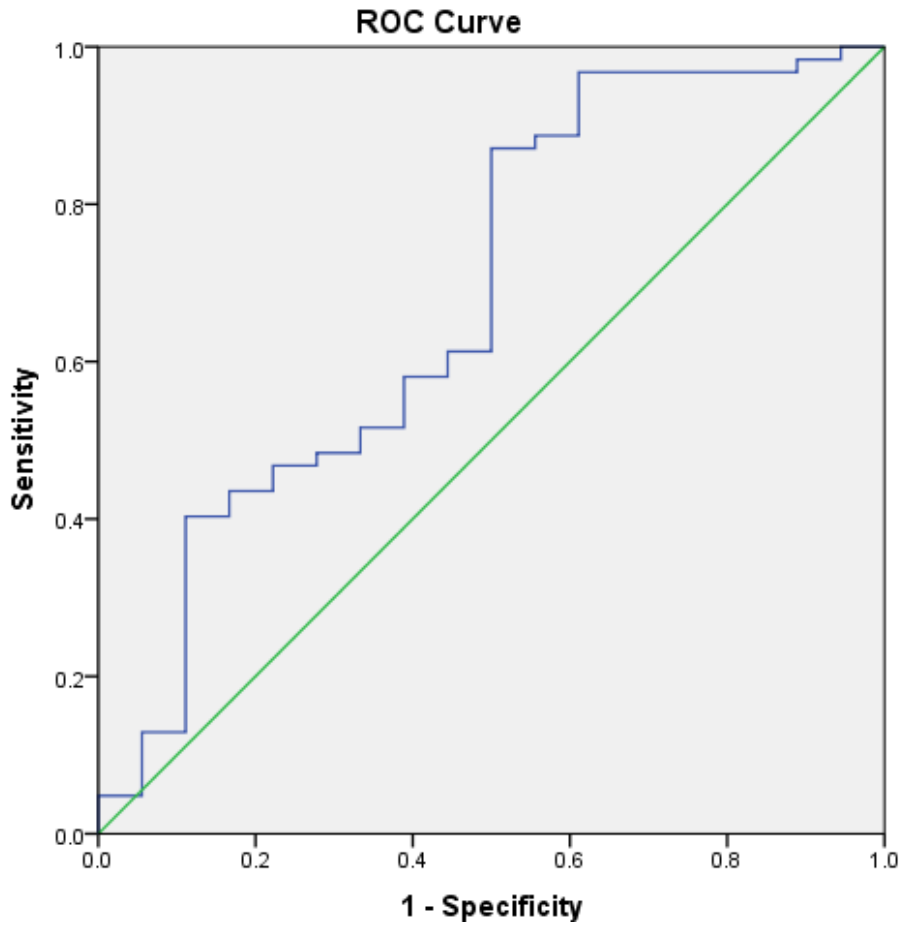
Tablo 4. 10 PSV ve EDV değerlerinin ilk geçiş başarısı ROC analizi

	AUC (95%CI)	Cut-Off	Standart Hata	p Değeri	Sensitive (%)	Spesifisite (%)
PSV	0.818 (0.711-0.925)	34.2	0.055	0.000	73.6	73.2
EDV	0.746 (0.607-.884)	10.55	0.071	0.002	71.6	71.2

AUC: Area Under Curve, CI: Confidence Interval

Yapılan ROC analizi sonucunda, hem PSV (Peak Systolic Velocity) hem de EDV (End Diastolic Velocity) parametrelerinin klinik sonuçları öngörmeye anlamlı olduğu belirlenmiştir. PSV için hesaplanan AUC (Area Under the Curve) değeri 0.818 (95% CI: 0.711–0.925) olup, bu değer istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). EDV'nin AUC değeri ise 0.746 (95% CI: 0.607–0.884) olarak bulunmuştur ve bu da anlamlı bir ayırt edici güce işaret etmektedir ($p = 0.002$). Her iki parametrenin de AUC değerleri 0.7'nin üzerinde olduğu için kabul edilebilir düzeyde ayırt ediciliğe sahiptirler.

Analize göre en iyi cut-off değeri PSV için 34.2 iken, EDV için 10.55 olarak hesaplanmıştır. Bu eşik değerler üzerinden elde edilen sensitivite ve spesifite oranları PSV ve EDV için benzer bulunmuştur. Bu sonuçlar, her iki parametrenin de yaklaşık olarak benzer doğrulukta öngörü gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Klinik pratikte bu veriler, PSV ve EDV'nin ilk geçiş başarısının tahmininde güvenilir biyobelirteçler olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır (Tablo 4.10).



Şekil 4. 2 VKI'nin ilk geçiş başarısı üzerine etkisinin ROC analizi

Tablo 4. 11 VKİ İlk Geçiş Başarısı ROC Analizi

	AUC (95%CI)	Cut-Off	Standart Hata	p Değeri	Sensitive (%)	Spesifisite (%)
VKİ	0.681 (0.529-0.833)	31.13	0.77	0.020	58.1	55.6

AUC: Area Under Curve, CI: Confidence Interval

Yapılan ROC analizi sonucunda, VKİ'nin (Vücut Kitle İndeksi) ilk geçiş başarısını öngörmedeki ayırt edici gücünün sınırlı düzeyde olduğu görülmüştür. Elde edilen AUC (Area Under the Curve) değeri 0.681 (95% CI: 0.529–0.833) olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p = 0.020). En uygun cut-off değeri 31,13 olarak hesaplanmış, bu değerde duyarlılık %58,1, özgüllük ise %55,6 olarak tespit edilmiştir. AUC'nin 0.7'nin altında kalması ve hem sensitivite hem de spesifitenin orta düzeyde olması, VKİ'nin ilk geçiş başarısını öngörmede tek başına güçlü bir belirteç olmadığını göstermektedir; bu nedenle, klinik karar süreçlerinde VKİ'nin daha güçlü parametrelerle birlikte değerlendirilmesi önerilir (Tablo 4.11).

Tablo 4. 12 PSV Değerinin Lojistik Regresyon Analizi

	VIF Değeri	Lojistik Regresyon	Exp(B)	%95 CI (Alt-Üst)	p-değeri
PSV	1.044	Modele dahil (anlamlı)	1.168	1.071–1.273	0.000

Lojistik regresyon analizinde backward stepwise (Wald) yöntemi uygulanmış ve dört bağımsız değişken (PSV, EDV, sistolik arter çapı ve vücut kitle indeksi) modele dahil edilmiştir. Analiz sonucunda yalnızca PSV (Pik Sistolic Velosite) değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve son modelde yer almıştır (p = 0.000). PSV'nin Exp(B) değeri 1.168 olup, bu değişkende her bir birimlik artışın, hedef değişken olan ilk geçiş başarısı olasılığını yaklaşık %16.8 oranında artırdığı görülmüştür. Bu bulguyu destekleyen %95

güven aralığı (1.071–1.273), etkinin hem pozitif yönde hem de istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin oluşturulmasında yer alan diğer üç değişken (EDV, sistolik arter çapı ve VKİ) ise anlamlı katkı sağlamadıkları için ardışık adımlarda elenmiştir. Değişkenler arası çoklu bağlantıyı değerlendirmek amacıyla yapılan multikolineerlik analizinde, tüm değişkenlerin VIF (Variance Inflation Factor) değerleri 2'nin altında bulunmuştur (örneğin PSV için VIF = 1.044). Bu sonuç, bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir korelasyon olmadığını ve elde edilen sonuçların multikolineerlikten etkilenmediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, PSV değişkeni ilk geçiş başarısını bağımsız ve anlamlı düzeyde etkileyen bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Diğer değişkenler modelde anlamlı bir prediktör olarak kalmamış, bu da PSV'nin klinik ve istatistiksel olarak güçlü bir belirleyici olduğunu ortaya koymuştur (Tablo 4.12).

Tablo 4. 13 VKİ, PSV ve Sistolik Arter Çapının Arter Kanülasyon Süresi Üzerindeki Etkilerinin Lineer Regresyon Modeli

Bağımsız Değişken	B (Regresyon Katsayısı)	Standart Hata	Beta (Standardize)	t Değeri	p Değeri	VIF
VKI	0.014	0.006	0.246	2.484	0.015	1.044
PSV	-0.006	0.002	-0.292	-2.758	0.007	1.194
Sistolik Arter Çapı	-0.173	0.083	-0.220	-2.080	0.041	1.195

Çalışmada logaritmik dönüşüm uygulanarak gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizi sonucunda elde edilen modelin anlamlı olduğu görülmüştür [$F(3,76) = 10.199$, $p < 0.001$]. Modele ait belirleme katsayısı $R^2 = 0.287$, düzeltilmiş $R^2 = 0.259$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, modelde yer alan bağımsız değişkenlerin (VKİ, PSV ve sistolik arter çapı) kanülasyon süresi üzerindeki toplam varyansın yaklaşık %26'sını açıkladığını göstermektedir.

Regresyon analizinde VKİ'nin kanülasyon süresi üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($B = 0.014$, $p = 0.015$). Bu bulgu, VKİ arttıkça kanülasyon süresinin anlamlı düzeyde uzadığını göstermektedir. Benzer şekilde, PSV'nin de kanülasyon süresi üzerinde anlamlı ve negatif yönlü bir etkisi olduğu saptanmıştır ($B = -0.006$, $p = 0.007$). Bu durum, PSV değeri yükseldikçe kanülasyon süresinin kısaldığını göstermektedir.

Sistolik arter çapı değişkeni ise kanülasyon süresi üzerinde anlamlı ve negatif bir etki göstermiştir ($B = -0.173$, $p = 0.041$). Yani, sistolik arter çapı arttıkça kanülasyon süresinde anlamlı bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuç, arterin daha geniş olması durumunda damar girişiminin daha kolay yapıldığını ve kanülasyon süresinin kısaldığını göstermektedir.

Çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) açısından değerlendirildiğinde, tüm değişkenler için VIF değerlerinin 1.2'nin altında olduğu görülmüştür (VIF: 1.042–1.194), bu da modelde çoklu bağlantı sorununa işaret etmemektedir. Modele ait hata terimlerinin normalliği sağlanmış olup, artıklar incelendiğinde normal dağılıma yakın bir seyir izlediği gözlemlenmiştir. Ancak, Durbin-Watson katsayısının 0.764 olması, hata terimleri arasında pozitif otokorelasyon olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, modelin tahmin gücünü bir miktar sınırlayabilir (Tablo 4.13).

5. TARTIŞMA

Çalışmada, diyabetik hastalarda lokal ve genel anestezi altında yapılan radial arter kateterizasyonunun etkileri çok yönlü olarak araştırıldı. Genel anesteziye bağlı olarak değişebilecek hemodinamik değişiklikler, arteriyel çaplar, kan akım hızları (PSV, EDV), işlem başarı oranı ve komplikasyonlar incelendi. Elde edilen bulgular, daha önce yapılmış çalışmalarda rapor edilen sonuçlarla karşılaştırılarak yorumlandı.

Çalışmada, diyabet süresi ile HbA_{1c} düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgu, HbA_{1c}'nin yalnızca glisemik kontrolün uzun dönem göstergesi olduğu ve bireysel değişiklikleri yansıtmakta sınırlı kaldığı yönündeki güncel literatürle örtüşmektedir. Wang ve Hng (2021), HbA_{1c} düzeylerinin yalnızca ortalama glukoz düzeylerine değil, aynı zamanda eritrosit ömrü, glikasyon hızı, eşlik eden komorbiditeler ve bireysel biyolojik değişiklikler gibi birçok faktörden de etkilendiğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Gomez-Peralta ve ark. (2022) tarafından ortaya konan “glikasyon farkı” (glycation gap) ve hemoglobin glikasyon indeksi (HGI) kavramları, bireylerin HbA_{1c} düzeylerinin aynı ortalama glukoz maruziyetine rağmen anlamlı farklılıklar gösterebileceğini açıklamaktadır. Bu bağlamda, diyabet süresi arttıkça HbA_{1c} düzeylerinin de artacağına dair yaygın klinik beklenti, glikasyon kinetiğindeki bireysel farklılıklar ve diğer glisemik olmayan etmenler nedeniyle her hasta grubunda geçerli olmayabilir. Bu durum, HbA_{1c}'nin klinik kullanımında dikkatli yorum yapılması gerektiğini ve bireyselleştirilmiş glisemik hedeflerin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır (Gomez-Peralta et al., 2022; Wang & Hng, 2021).

Çalışmada, ölçüm esnasındaki ve kanülasyon sonrasındaki SAB, DAB, OAB değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ve lokal anestezi uygulanan grubun tansiyon değerleri (SAB, DAB, OAB) daha yüksek bulundu. Bu bulgu, genel anestezinin hemodinamik sistem üzerindeki baskılayıcı etkilerini vurgulayan mevcut literatür ile tutarlıdır. Özellikle propofol gibi indüksiyon ajanlarının kullanımı, sistemik vasküler direnci düşürerek ve miyokardiyal kontraktiletiyi azaltarak anlamlı kan basıncı düşüşlerine neden olmaktadır. Bu bağlamda, bizim çalışmamızda genel anestezi uygulanan hastalarda gözlenen artmış hipotansiyon insidansı, olası hipovolemi veya anestezi ajanlarının periferik vazodilatasyon etkisine bağlı olabilir. Ayrıca lokal anestezi grubunda sistemik dolaşıma olan etkilerin sınırlı kalması, bu hastalarda kan basıncının daha stabil seyretmesini sağlamış olabilir. Bu bulgu, yüksek riskli hastalarda anestezi yöntemi tercihinin hemodinamik stabilite göz önünde bulundurularak yapılmasının önemini ortaya koymaktadır (Wesselink et al., 2018).

Çalışmada, lokal ve genel anestezi uygulanan olgular arasında sistolik ve diyastolik evrelerde radial arter çaplarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Sistolik evrede her iki grupta ortalama $2,3 \pm 0,3$ mm, diyastolik evrede ise lokal anestezi grubunda $2,1 \pm 0,2$ mm ve genel anestezi grubunda $2,1 \pm 0,3$ mm olarak ölçülen çaplar, genel anestezinin arter çapı üzerine anlamlı bir etkisi olmadığını düşündürmektedir ($p = 0,663$ ve $p = 0,934$). Bu bulgu, Zhuo ve ark. (2024) tarafından bildirilen, intravenöz genel anestezi uygulamasını takiben radial arter çapında belirgin bir dilatasyon meydana geldiğini gösteren sonuçlardan farklılık göstermektedir. Zhuo ve arkadaşlarının çalışmasında propofol ve opioidlerin vazodilatasyon etkisiyle radial arter çapında anlamlı genişleme rapor edilmiştir. Zhuo ve ark. (2024) çap artışı, akımın artmasının doğal bir sonucu olarak bulmuşlardır. Akım arttıkça artan NO salınımı çap artışına neden olmaktadır. Ancak bizim çalışmamızda genel anestezi grubunda çap artışının olmaması, diyabetik hastalarda bozulmuş NO salınımına bağlanabilir. Bozulmuş NO salınımı bu ayrışmanın temel nedeni olarak görülebilir. Diğer nedenler arasında hasta popülasyonu, ölçüm zamanlaması, kullanılan anestezi ajanlarının kombinasyonu ve ölçüm metodolojisindeki farklılıklar yer alabilir. Bu durum, genel anestezinin tek başına radial arter çapı üzerinde sınırlı bir etkisi olabileceğini ve belirgin bir vazodilatasyon için ilave farmakolojik ya da fizyolojik uyaranlara ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir (Zhuo et al., 2024).

Çalışmada, genel anestezi uygulanan hastalarda hem pik sistolik hız (PSV) hem de end diyastolik hız (EDV) değerlerinin, lokal anestezi grubuna kıyasla anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, genel anestezinin periferik arteriyel hemodinami üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Kim ve ark. (2012), genel anestezi altında radial arter kan akımında artış gözlemlendiğini, bunun da muhtemelen anestezi ajanlarının neden olduğu vazodilatasyon ve azalan vasküler dirençle ilişkili olduğunu bildirmiştir (S. Y. Kim et al., 2012). Benzer şekilde, Saito ve ark. (1999), invaziv işlemler sonrası radial arterdeki akım değişikliklerinin damar çapları arasındaki orana duyarlı olduğunu ve bu oranın arteriyel akımı doğrudan etkileyebileceğini göstermiştir (Saito et al., 1999). Öte yandan, Skytiti ve ark. (2019), internal karotid arter kan akımında genel anestezi sonrası belirgin bir azalma olduğunu, bunun kardiyak outputtaki düşüşle yakından ilişkili bulunduğunu ortaya koymuştur (Skytiti et al., 2019). Bu sonuçlar, genel anestezinin santral ve periferik vasküler yataklarda farklı hemodinamik yanıtlar oluşturabileceğine işaret etmektedir. Çalışmamızda genel anestezi grubunda gözlenen PSV ve EDV artışı, propofol ve sevofluran gibi anestezi ajanlarının doğrudan vazodilatör etkileri ve anestezi indüksiyonu sonrası sistemik vasküler dirençteki azalmayla ve çap artışıyla açıklanabilir. Elde ettiğimiz

veriler, genel anestezinin periferik arteriyel akım üzerindeki etkilerinin yalnızca damar çapı değişiklikleriyle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda sistemik hemodinamik parametrelerle de yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada, VKİ yükseldikçe ilk denemede kateter yerleştirme başarısının azaldığı tespit edildi. Obez hastalarda cilt altı yağ dokusunun kalın olması, damarların palpasyonla bulunmasını ve kateter yerleştirme işlemini zorlaştırabilir. Bu bulgu, Zou ve arkadaşlarının (2023) çalışması ile örtüşmektedir; obez hastalarda ultrason kullanımının işlem başarısını artırdığı rapor edilmiştir (Zou et al., 2023). Obezite ayrıca ultrason görüntülerinin kalitesini de etkileyebilir. Yağ dokusunun fazlalığı, ultrason görüntülerinin netliğini azaltabilir; bu durum arter çapının ve yerleşiminin net olarak belirlenmesini güçleştirebilir. Ancak ultrason teknolojilerindeki son gelişmeler, bu dezavantajı önemli ölçüde azaltmakta ve VKİ yüksek hastalarda ultrason rehberliğini kritik hale getirmektedir (Shiloh et al., 2011). Dolayısıyla, yüksek VKİ'ye sahip hastalarda ultrason kullanımı daha da önemli hale gelmektedir.

Çalışmada radial arter kanülasyonu sonrasında komplikasyon gelişme oranı %20,0 olarak saptanmış olup, en sık rastlanan komplikasyonun vazospazm (%12,5) olduğu görülmüştür. Bu bulgu, literatürde yer alan komplikasyon oranlarıyla büyük ölçüde örtüşmektedir. Bloomstone ve arkadaşlarının derlemesinde, geçici arter oklüzyonlarının %19,7'ye kadar bildirilebildiği, en sık komplikasyonlar arasında hematoma (%14,4), enfeksiyon (%0,72), hemoraji (%0,53) ve kalıcı iskemik hasar (%0,09) gibi olayların yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca Brzezinski ve arkadaşlarının çalışmasında da özellikle anatomik varyasyonlar ve teknik zorlukların komplikasyon riskini artırabileceği, ancak radial arterin yüzeysel yerleşimi ve zengin kollateral dolaşımı nedeniyle ciddi iskemik komplikasyonların oldukça nadir görüldüğü vurgulanmıştır. Mevcut çalışmamızda majör vasküler komplikasyon olarak değerlendirilen tromboz, emboli ya da ekstremitelere iskemisine rastlanmaması, bu literatür bulgularını destekler niteliktedir. Ayrıca Miller ve Bardin'in derlemesinde ultrason eşliğinde yapılan girişimlerin komplikasyon oranlarını düşürdüğü belirtilmiş, özellikle vazospazm, arter duvar hasarı ve hematoma gibi durumların daha az sıklıkla ortaya çıktığı gösterilmiştir. Çalışmada; ultrason kullanımı, girişimsel deneyim, uygun teknik ve dikkatli hasta seçimi ile majör komplikasyonların büyük ölçüde önlenebileceği düşünülmektedir (Brzezinski et al., 2009; Miller & Bardin, 2016; Tiru et al., 2012).

Her ne kadar ilk giriş başarı oranı lokal anestezi grubunda daha yüksek olsa da (%85 lokal, %70 genel), bu fark istatistiksel anlamda önemli bulunmadı. İşlem süresi açısından da gruplar arasında anlamlı fark yoktu. Bu sonuç, ultrason kullanımının hem lokal hem de genel

anestezi altında işlem başarısını standart hale getirebildiğini ve işlem süresini benzer hale getirdiğini göstermektedir. Benzer bulgular literatürde de rapor edilmiştir (Shiloh et al., 2011).

Çalışmada yapılan ROC analizi hem PSV hem de EDV parametrelerinin, radial arter kateterizasyonundaki ilk geçiş başarısını öngörmeye anlamlı biyobelirteçler olabileceğini göstermiştir. PSV için hesaplanan AUC değerinin 0.818, EDV için ise 0.746 olması, her iki parametrenin de klinik karar verme süreçlerinde kullanılabilecek ölçüde güçlü ayırt ediciliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Shiloh ve arkadaşlarının (2011) çalışmasıyla örtüşmektedir; zira onların meta-analizinde ultrason eşliğinde radial arter kateterizasyonunun ilk denemede başarı oranını anlamlı düzeyde artırdığı ve girişim sayısını azalttığı bildirilmiştir. Aynı şekilde White ve ark. (2016), ultrason kullanımının erişim başarısında anlamlı kazanımlar sağladığını ve özellikle anatomik zorlukların olduğu durumlarda girişim kalitesini iyileştirdiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, PSV ve EDV gibi hemodinamik ölçümler, yalnızca teknik başarıyı artırmakla kalmayıp, aynı zamanda girişim öncesi değerlendirmeye objektif bir katkı sağlayarak, hasta bazlı kararları daha isabetli kılabilir. Özellikle PSV için belirlenen sensitivite-spesifite oranları, bu parametrenin pratikte öngörü gücü yüksek bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgu, ultrason kullanımının sadece anatomik değil, aynı zamanda fonksiyonel değerlendirmeleri de kapsayan daha entegre bir yaklaşımı mümkün kılabileceğini ortaya koymaktadır (Shiloh et al., 2011; White et al., 2016).

Çalışmada, sistolik dönemde ölçülen radial arter çapının kanülasyon süresi üzerinde anlamlı ve negatif yönde etkili olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre arter çapındaki artış, işlem süresinde kısalmaya yol açmakta; bu da daha geniş arterlerin, kanülasyon açısından teknik olarak daha elverişli olduğunu göstermektedir. Abazid ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde, küçük çaplı radial arterlerin transradial koroner anjiyografi sonrası vasküler komplikasyonlarla daha fazla ilişkili olduğu ve çapı küçük arterlerin girişim başarısını olumsuz yönde etkileyebileceği rapor edilmiştir. Her iki çalışmanın ortak noktası, damar çapının yalnızca komplikasyon gelişiminde değil, aynı zamanda işlem süresi gibi pratik klinik sonuçlar üzerinde de belirleyici bir rol oynadığıdır. Özellikle küçük arterlerin manipülasyonunda teknik zorluklar, spazm gelişimi ve tekrar girişim ihtiyacı gibi unsurların işlem süresini uzatabileceği düşünüldüğünde, sistolik arter çapı gibi dinamik ultrasonografik ölçümler, girişim öncesi öngörü aracı olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle, sadece anatomik değil, hemodinamik parametrelerin de

dikkate alınması gerektiğini ortaya koyan bu çalışma, klinik karar süreçlerine önemli katkılar sunmaktadır (Abazid et al., 2017).

6. SONUÇ

Bu çalışma, elektif cerrahiye alınacak diyabetik hastalarda, indüksiyon öncesi lokal anestezi ve indüksiyon sonrası genel anestezi altında ultrasonografi ile ölçülen radial arter çap ve akım parametrelerinin, radial arter kateterizasyon başarısı, işlem süresi ve komplikasyon gelişimi üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, genel anestezi grubunda Pik Sistolik Velosite (PSV) ve End Diyastolik Velosite (EDV) değerlerinin lokal anestezi grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, genel anestezinin periferik arteriyel vazodilatasyon ve azalmış periferik vasküler direnç ile ilişkili hemodinamik etkilerine bağlanabilir. Buna karşın, sistolik ve diyastolik radial arter çapları açısından iki grup arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu durumun temel nedeni olarak diyabetik hastalarda bozulmuş NO salınımına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Kateterizasyon süresi ve ilk geçiş başarısı lokal anestezi grubunda oransal olarak daha iyi olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışmada %20 oranında komplikasyon görülmüş olup, en sık karşılaşılan komplikasyon vazospazm olmuştur. Majör vasküler komplikasyonlara rastlanmaması, işlemlerin ultrason eşliğinde güvenli şekilde uygulanabildiğini göstermektedir.

Yüksek vücut kitle indeksi (VKİ) olan hastalarda ilk giriş başarısının daha düşük olduğu ve işlemin daha zor gerçekleştiği belirlenmiştir. Cilt altı yağ dokusunun artması, arterin ultrason görüntülenmesini ve palpasyonla belirlenmesini güçleştirmektedir. Bu durum, obez hastalarda ultrason rehberliğinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Regresyon analizleri, sistolik arter çapının ve PSV değerinin işlem süresi üzerinde anlamlı ve negatif yönde etkili olduğunu göstermiştir. Arter çapı ve PSV değerindeki artışın, kateterizasyon süresini kısalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ROC analizine göre PSV ve EDV değerleri ilk geçiş başarısını öngörmeye kabul edilebilir düzeyde ayırt edici özellik göstermiştir. PSV değişkeni, lojistik regresyon analizinde ilk giriş başarısını öngören tek bağımsız ve anlamlı faktör olarak belirlenmiştir. Her ne kadar genel anestezi grubunda akım parametreleri daha yüksek olduğu tespit edilse de her iki grup arasında kanülasyon süresi ve işlem başarısı istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu durum; hemodinamik avantajların tek başına yeterli olmaması, USG kullanımının standartlaştırıcı etkisi ve hasta popülasyonu farklılığı ile açıklanabilir.

Bu çalışmanın bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Tek merkezli ve sınırlı örneklemlili bir araştırma olup, anestezi ajanlarının bireysel etkileri ve farmakodinamik değişkenlikler

kontrol altına alınamamıştır. Ayrıca çalışmaya alınan hastalarda tekli ölçümler yapılmış olup genel anestezinin akım ve çap üzerine etkisi aynı hasta üzerinde değerlendirilememiştir. Kanülasyonun aynı anestezi uzmanı tarafından yapılıyor olması, anestezi uzmanının kanülasyon konusunda tecrübesini artırabilir ve kanülasyon başarı oranını değiştirebilir. Bulguların genellenebilirliği için çok merkezli ve geniş örneklemliler için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

7. KAYNAKÇA

- Abazid, R. M., Smettei, O. A., Mohamed, M. Z., Kattea, M. O., Suresh, A., Bashir, Y., & Sakr, H. (2017). Radial artery ultrasound predicts the success of transradial coronary angiography. *Cardiology Journal*, 24(1), 9–14.
<https://doi.org/10.5603/CJ.A2016.0072>,
- Al-Goblan, A. S., Al-Alfi, M. A., & Khan, M. Z. (2014). Mechanism linking diabetes mellitus and obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 7, 587–591.
<https://doi.org/10.2147/DMSO.S67400>
- Antar, S. A., Ashour, N. A., Sharaky, M., Khattab, M., Ashour, N. A., Zaid, R. T., Roh, E. J., Elkamhawy, A., & Al-Karmalawy, A. A. (2023). Diabetes mellitus: Classification, mediators, and complications; A gate to identify potential targets for the development of new effective treatments. *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie*, 168. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2023.115734>
- Aouad-Maroun, M., Raphael, C. K., Sayyid, S. K., Farah, F., & Akl, E. A. (2016). Ultrasound-guided arterial cannulation for paediatrics. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9(9). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011364.PUB2>
- Asif, M., & Sarkar, P. K. (2007). Three-Digit Allen's Test. *Annals of Thoracic Surgery*, 84(2), 686–687. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.11.038>
- Bai, B., Tian, Y., & Yu, C. (2022). Ultrasound-guided Radial Artery Cannulation. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, 44(2), 332–337. <https://doi.org/10.3881/J.ISSN.1000-503X.13142>
- Balcıoğlu, A. S., & Müderrisoğlu, H. (2015). Diabetes and cardiac autonomic neuropathy: Clinical manifestations, cardiovascular consequences, diagnosis and treatment. *World Journal of Diabetes*, 6(1), 80. <https://doi.org/10.4239/WJD.V6.I1.80>
- Barone, J. E., & Madlinger, R. V. (2006). Should an Allen test be performed before radial artery cannulation? *The Journal of Trauma*, 61(2), 468–470.
<https://doi.org/10.1097/01.TA.0000229815.43871.59>
- Bhattacharjee, S., Maitra, S., & Baidya, D. K. (2018). Comparison between ultrasound guided technique and digital palpation technique for radial artery cannulation in adult patients: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Anesthesia*, 47, 54–59. <https://doi.org/10.1016/J.JCLINANE.2018.03.019>
- Bowra, J., & McLaughlin, R. (2011). Emergency Ultrasound Made Easy. In *Emergency Ultrasound Made Easy* (2nd ed., pp. 5–17). Churchill Livingstone.
- Brzezinski, M., Luisetti, T., & London, M. J. (2009). Radial artery cannulation: A comprehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesthesia and Analgesia*, 109(6), 1763–1781.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0B013E3181BBD416>
- Butterworth, J. F., Mackey, D. C., & Wasnick, J. d. (Eds.). (2022). Cardiovascular Monitoring. In *Morgan and Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed., Vol. 1, pp. 81–83). McGraw Hill.
- Cade, W. T. (2008). Diabetes-Related Microvascular and Macrovascular Diseases in the Physical Therapy Setting. *Physical Therapy*, 88(11), 1322.
<https://doi.org/10.2522/PTJ.20080008>
- Carovac, A., Smajlovic, F., & Junuzovic, dzelaludin. (2011). Application of Ultrasound in Medicine. *Medicine Review | AIM*, 19(3), 168–171.
<https://doi.org/10.5455/aim.2011.19.168-171>
- Dal Canto, E., Ceriello, A., Ryd , L., Ferrini, M., Hansen, T. B., Schnell, O., Standl, E., & Beulens, J. W. (n.d.). *Diabetes as a cardiovascular risk factor: An overview of global*

- trends of macro and micro vascular complications.*
<https://doi.org/10.1177/2047487319878371>
- Einarson, T. R., Acs, A., Ludwig, C., & Panton, U. H. (2018). Prevalence of cardiovascular disease in type 2 diabetes: a systematic literature review of scientific evidence from across the world in 2007-2017. *Cardiovascular Diabetology*, *17*(1).
<https://doi.org/10.1186/S12933-018-0728-6>
- Felner, E. I., Klitz, W., Ham, M., Lazaro, A. M., Stastny, P., Dupont, B., & White, P. C. (2005). Genetic interaction among three genomic regions creates distinct contributions to early- and late-onset type 1 diabetes mellitus. *Pediatric Diabetes*, *6*(4), 213–220. <https://doi.org/10.1111/J.1399-543X.2005.00132.X>
- Ferreira JC, Ignácio FS, & Meira CD. (2011). Doppler ultrasonography principles and methods of evaluation of the reproductive tract in mares. *Acta Scientiae Veterinariae*, *39*, 1125–1125.
- Forbes, J. M., & Cooper, M. E. (2013). Mechanisms of diabetic complications. *Physiological Reviews*, *93*(1), 137–188.
<https://doi.org/10.1152/PHYSREV.00045.2011/ASSET/IMAGES/LARGE/Z9J0011326440008.JPEG>
- Frayling, T. M. (2007). Genome-wide association studies provide new insights into type 2 diabetes aetiology. *Nature Reviews. Genetics*, *8*(9), 657–662.
<https://doi.org/10.1038/NRG2178>
- Gerhard-Herman, M., Gardin, J. M., Jaff, M., Mohler, E., Roman, M., & Naqvi, T. Z. (2006). Guidelines for noninvasive vascular laboratory testing: a report from the American Society of Echocardiography and the Society for Vascular Medicine and Biology. *Vascular Medicine (London, England)*, *11*(3), 183–200.
<https://doi.org/10.1177/1358863X06070516>
- Ginther, O. J., & Utt, M. D. (2004). Doppler ultrasound in equine reproduction: principles, techniques, and potential. *Journal of Equine Veterinary Science*, *24*(12), 516–526.
<https://doi.org/10.1016/J.JEVS.2004.11.005>
- Gomez-Peralta, F., Choudhary, P., Cosson, E., Irace, C., Rami-Merhar, B., & Seibold, A. (2022). Understanding the clinical implications of differences between glucose management indicator and glycated haemoglobin. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, *24*(4), 599–608. <https://doi.org/10.1111/DOM.14638>,
- Greer, M. R., Carney, S., McPheeters, R. A., Aguiniga, P., Rubio, S., & Lee, J. (2018). Radial Arterial Lines Have a Higher Failure Rate than Femoral. *The Western Journal of Emergency Medicine*, *19*(2), 364–371.
<https://doi.org/10.5811/WESTJEM.2017.11.34727>
- Gu, W. J., Tie, H. T., Liu, J. C., & Zeng, X. T. (2014). Efficacy of ultrasound-guided radial artery catheterization: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Care (London, England)*, *18*(3).
<https://doi.org/10.1186/CC13862>
- Hind, D., Calvert, N., McWilliams, R., Davidson, A., Paisley, S., Beverley, C., & Thomas, S. (2003). Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *327*(7411), 361–364.
<https://doi.org/10.1136/BMJ.327.7411.361>
- Hiramoto, J. S., Katz, R., Weisman, S., & Conte, M. (2014). Gender-specific risk factors for peripheral artery disease in a voluntary screening population. *Journal of the American Heart Association*, *3*(2). <https://doi.org/10.1161/JAHA.113.000651>
- Kahaly, G. J., & Hansen, M. P. (2016). Type 1 diabetes associated autoimmunity. *Autoimmunity Reviews*, *15*(7), 644–648.
<https://doi.org/10.1016/J.AUTREV.2016.02.017>

- Kim, E. J., Soh, S., Kim, S. Y., Kil, H. K., Lee, J. H., Kim, J. M., Kim, T. W., & Koo, B. N. (2016). Impact of Diabetes Mellitus on Radial and Ulnar Arterial Vasoreactivity after Radial Artery Cannulation: A Randomized Controlled trial. *International Journal of Medical Sciences*, *13*(9), 701–707. <https://doi.org/10.7150/IJMS.16007>
- Kim, S. Y., Lee, J. S., Kim, W. O., Sun, J. M., Kwon, M. K., & Kil, H. K. (2012). Evaluation of radial and ulnar blood flow after radial artery cannulation with 20- and 22-gauge cannulae using duplex Doppler ultrasound. *Anaesthesia*, *67*(10), 1138–1145. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2044.2012.07235.X>,
- Leahy, J. L. (2005). Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Archives of Medical Research*, *36*(3), 197–209. <https://doi.org/10.1016/J.ARCMED.2005.01.003>
- Leasher, J. L., Bourne, R. R. A., Flaxman, S. R., Jonas, J. B., Keeffe, J., Naidoo, K., Pesudovs, K., Price, H., White, R. A., Wong, T. Y., Resnikoff, S., & Taylor, H. R. (2016). Global Estimates on the Number of People Blind or Visually Impaired by Diabetic Retinopathy: A Meta-analysis From 1990 to 2010. *Diabetes Care*, *39*(9), 1643–1649. <https://doi.org/10.2337/DC15-2171>
- Long, A. N., & Dagogo-Jack, S. (2011). Comorbidities of diabetes and hypertension: mechanisms and approach to target organ protection. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)*, *13*(4), 244–251. <https://doi.org/10.1111/J.1751-7176.2011.00434.X>
- Low Wang, C. C., Hess, C. N., Hiatt, W. R., & Goldfine, A. B. (2016). Clinical Update: Cardiovascular Disease in Diabetes Mellitus: Atherosclerotic Cardiovascular Disease and Heart Failure in Type 2 Diabetes Mellitus - Mechanisms, Management, and Clinical Considerations. *Circulation*, *133*(24), 2459–2502. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022194>
- Maggiore, U., Budde, K., Heemann, U., Hilbrands, L., Oberbauer, R., Oniscu, G. C., Pascual, J., Sorensen, S. S., Viklicky, O., & Abramowicz, D. (2017). Long-term risks of kidney living donation: review and position paper by the ERA-EDTA DESCARTES working group. *Nephrology, Dialysis, Transplantation : Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, *32*(2), 216–223. <https://doi.org/10.1093/NDT/GFW429>
- Mark, J., Schroeder, B., Barbeito, A., & McCarthy, G. C. (2025). Cardiovascular Monitoring. In M. A. Gropper, N. H. Cohen, L. I. Eriksson, L. A. Fleisher, S. Johnson- Akeju, & K. Leslie (Eds.), *Miller's Anesthesia* (10th ed., Vol. 1, pp. 994–1030). Elsevier Inc.
- Miller, A. G., & Bardin, A. J. (2016). Review of Ultrasound-Guided Radial Artery Catheter Placement. *Respiratory Care*, *61*(3), 383–388. <https://doi.org/10.4187/RESPCARE.04190>
- Mizzi, A., Cassar, K., Bowen, C., & Formosa, C. (2019). The progression rate of peripheral arterial disease in patients with intermittent claudication: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, *12*(1). <https://doi.org/10.1186/S13047-019-0351-0>
- Muoio, D. M., & Newgard, C. B. (2008). Molecular and metabolic mechanisms of insulin resistance and β -cell failure in type 2 diabetes. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* *2008* 9:3, *9*(3), 193–205. <https://doi.org/10.1038/nrm2327>
- Neumann, D., & Kollorz, E. (2018). Ultrasound. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *11111 LNCS*, 237–249. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96520-8_11
- Oglat, A. A., Matjafri, M. Z., Suardi, N., Oqlat, M. A., Abdelrahman, M. A., & Oqlat, A. A. (2018). A review of medical doppler ultrasonography of blood flow in general and

- especially in common carotid artery. *Journal of Medical Ultrasound*, 26(1), 3–13.
https://doi.org/10.4103/JMU.JMU_11_17
- O’Grady, N. P., Alexander, M., Burns, L. A., Dellinger, E. P., Garland, J., Heard, S. O., Lipsett, P. A., Masur, H., Mermel, L. A., Pearson, M. L., Raad, I. I., Randolph, A. G., Rupp, M. E., & Saint, S. (2011). Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *American Journal of Infection Control*, 39(4 Suppl 1).
<https://doi.org/10.1016/J.AJIC.2011.01.003>
- Paik, J. J., Hirpara, R., Heller, J. A., Hummers, L. K., Wigley, F. M., & Shah, A. A. (2016). Thrombotic complications after radial arterial line placement in systemic sclerosis: A case series. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 46(2), 196–199.
<https://doi.org/10.1016/J.SEMARTHRT.2016.03.015>
- Paulus, W. J., & Dal Canto, E. (2018). Distinct Myocardial Targets for Diabetes Therapy in Heart Failure With Preserved or Reduced Ejection Fraction. *JACC. Heart Failure*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.JCHF.2017.07.012>
- Pellerito, J., & Polak, J. F. (2012). *Introduction to Vascular Ultrasonography*. Elsevier Health Sciences.
- Perlowsky, A., Salinger, M. H., McDonough, T., & Feldman, T. E. (2011). Ultrasound guidance for radial access. *Cardiology Interventions Today*, 5(1), 60–65.
- Pierre, L., Pasrija, D., & Keenaghan, M. (2024). Arterial Lines. *Adult-Gerontology Acute Care Practice Guidelines, Second Edition*, 545–547.
https://doi.org/10.5005/jp/books/13098_24
- Rodríguez-Niedenführ, M., Vázquez, T., Nearn, L., Ferreira, B., Parkin, I., & Sañudo, J. R. (2001). Variations of the arterial pattern in the upper limb revisited: a morphological and statistical study, with a review of the literature. *Journal of Anatomy*, 199(Pt 5), 547–566. <https://doi.org/10.1046/J.1469-7580.2001.19950547.X>
- Ruengsakulrach, P., Eizenberg, N., Fahrner, C., Fahrner, M., & Buxton, B. F. (2001). Surgical implications of variations in hand collateral circulation: Anatomy revisited. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 122(4), 682–686.
<https://doi.org/10.1067/mtc.2001.116951>
- Saito, S., Ikei, H., Hosokawa, G., & Tanaka, S. (1999). Radial artery inner diameter and sheath outer diameter on radial artery flow after transradial coronary intervention. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 46(2), 173–178.
- Sapra, A., & Bhandari, P. (2023). Diabetes. *StatPearls*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551501/>
- Sarwar, N., Gao, P., Kondapally Seshasai, S. R., Gobin, R., Kaptoge, S., Di Angelantonio, E., Ingelsson, E., Lawlor, D. A., Selvin, E., Stampfer, M., Stehouwer, C. D. A., Lewington, S., Pennells, L., Thompson, A., Sattar, N., White, I. R., Ray, K. K., Danesh, J., Tipping, R. W., ... Wormser, D. (2010). Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: A collaborative meta-analysis of 102 prospective studies. *The Lancet*, 375(9733), 2215–2222.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60484-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60484-9)
- Shah, A. D., Langenberg, C., Rapsomaniki, E., Denaxas, S., Pujades-Rodriguez, M., Gale, C. P., Deanfield, J., Smeeth, L., Timmis, A., & Hemingway, H. (2015). Type 2 diabetes and incidence of cardiovascular diseases: a cohort study in 1·9 million people. *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*, 3(2), 105–113.
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70219-0](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70219-0)
- Shiloh, A. L., Savel, R. H., Paulin, L. M., & Eisen, L. A. (2011). Ultrasound-guided catheterization of the radial artery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest*, 139(3), 524–529.
<https://doi.org/10.1378/chest.10-0919>

- Simó, R., Stitt, A. W., & Gardner, T. W. (2018). Neurodegeneration in diabetic retinopathy: does it really matter? *Diabetologia*, *61*(9), 1902–1912. <https://doi.org/10.1007/S00125-018-4692-1>
- Skytjoti, M., Elstad, M., & Søvik, S. (2019). Internal Carotid Artery Blood Flow Response to Anesthesia, Pneumoperitoneum, and Head-up Tilt during Laparoscopic Cholecystectomy. *Anesthesiology*, *131*(3), 512–520. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002838>,
- Spallone, V., Ziegler, D., Freeman, R., Bernardi, L., Frontoni, S., Pop-Busui, R., Stevens, M., Kempner, P., Hilsted, J., Tesfaye, S., Low, P., & Valensi, P. (2011). Cardiovascular autonomic neuropathy in diabetes: clinical impact, assessment, diagnosis, and management. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *27*(7), 639–653. <https://doi.org/10.1002/DMRR.1239>
- Tiru, B., Bloomstone, J. A., & McGee, W. T. (2012). Radial artery cannulation: A review article. *Journal of Anesthesia and Clinical Research*, *3*(5). <https://doi.org/10.4172/2155-6148.1000209>
- Ultrasound-guided radial artery catheterization at different sites: a prospective and randomized study.* (n.d.).
- Van Dieren, S., Beulens, J. W. J., Van Der Schouw, Y. T., Grobbee, D. E., & Neal, B. (2010). The global burden of diabetes and its complications: an emerging pandemic. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation : Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, *17* Suppl 1(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1097/01.HJR.0000368191.86614.5A>
- Vinik, A. I., & Erbas, T. (2013). Diabetic autonomic neuropathy. *Handbook of Clinical Neurology*, *117*, 279–294. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53491-0.00022-5>
- Wang, M., & Hng, T. M. (2021). HbA1c: More than just a number. *Australian Journal of General Practice*, *50*(9), 628–632. <https://doi.org/10.31128/AJGP-03-21-5866>,
- Wesselink, E. M., Kappen, T. H., Torn, H. M., Slooter, A. J. C., & van Klei, W. A. (2018). Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review. *British Journal of Anaesthesia*, *121*(4), 706–721. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.036>
- White, L., Halpin, A., Turner, M., & Wallace, L. (2016). Ultrasound-guided radial artery cannulation in adult and paediatric populations: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, *116*(5), 610–617. <https://doi.org/10.1093/bja/aew097>
- Zeggini, E., Scott, L. J., Saxena, R., Voight, B. F., Marchini, J. L., Hu, T., de Bakker, P. I. W., Abecasis, G. R., Almgren, P., Andersen, G., Ardlie, K., Boström, K. B., Bergman, R. N., Bonnycastle, L. L., Borch-Johnsen, K., Burtt, N. P., Chen, H., Chines, P. S., Daly, M. J., ... Altshuler, D. (2008). Meta-analysis of genome-wide association data and large-scale replication identifies additional susceptibility loci for type 2 diabetes. *Nature Genetics*, *40*(5), 638–645. <https://doi.org/10.1038/NG.120>
- Zheng, Y., Ley, S. H., & Hu, F. B. (2018). Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nature Reviews. Endocrinology*, *14*(2), 88–98. <https://doi.org/10.1038/NREND0.2017.151>
- Zhuo, Q., Zou, X., Zheng, Y., Wang, H., Hu, S., Xiong, J., & Wang, L. (2024). Flow-mediated dilation facilitates radial artery cannulation in patients undergoing intravenous general anesthesia: A prospective randomized controlled trial. *Journal of Vascular Access*. <https://doi.org/10.1177/11297298241273615>,
- Zou, Q., Jiang, J., Shi, C., Wu, B., Gui, B., & Zhou, X. (2023). Single and double developing lines improve ultrasound-guided radial artery catheterization in obese

patients: A randomized controlled trial. *Anaesthesia Critical Care and Pain Medicine*, 42(2). <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2022.101166>