



T.C.

UFUK ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ACİL TIP ANABİLİM DALI

**ACİL SERVİSTE VENÖZ KAN GAZI ANALİZİNİN
ARTERİYEL VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİ
ÖNGÖRMEDEKİ ETKİNLİĞİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Zamir Kemal ERTÜRK

TEZ DANIŞMANLARI

Yrd. Doç. Dr. Togay EVRİN

Yrd. Doç. Dr. Berkay EKİCİ

ANKARA 2016

ÖNSÖZ

Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı'ndaki asistanlık eğitimim boyunca mesleki bilgi ve deneyimlerinden faydalanma fırsatı bulduğum ve iyi bir acil tıp uzmanı olarak yetişmemde emeği geçen Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Atilla Korkmaz'a en içten minnet ve saygılarımı sunarım.

Asistanlık eğitimim boyunca sürekli yanımda olan ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, kendisinden çok değerli bilgiler öğrendiğim, meslek hayatımda farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan, çalışmamın yürütülmesinde yol gösterici, yardımcı ve destekleyici olan tez danışmanım, çok sevdiğim değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Togay Evrin'e teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimimde bilgi ve becerilerini benimle paylaşan, acil kardiyak ultrasonografi konusunda iyi bir bilgi ve deneyime sahip olmamı sağlayan, hastalarımın yaklaşım konusunda değerli katkıları bulunan, çalışmamda bana destek olup beni yönlendiren tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Berkay Ekici'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İhtisasım ve bütün eğitim hayatım süresince, bu günlere gelmemde sonsuz destekleri olan aileme, eşime ve biricik oğluma teşekkür ederim.

Dr. Zamir Kemal Ertürk

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Kan Gazının Tanımı	4
2.2 Kan Gazının Tarihçesi	4
2.3 Kan Gazı Analiz Yöntemleri	5
2.3.1 Non – İnvaziv Yöntemler	5
2.3.2 İnvaziv Yöntemler	6
2.4 Kan Gazında Kullanılan Ölçüm Teknikleri	7
2.5 Arteriyel Kan Gazı Ölçüm Endikasyonları	11
2.6 Arteriyel Kan Gazı Ölçüm Kontrendikasyonları	11
2.7 Arteriyel Kan Gazı Alınması	12
2.7.1 Enjektör Seçimi ve Enjektörün Hazırlanması.....	12
2.7.2 Arteriyel Kan Gazının Alınabileceği Vücut Bölgeleri	12
2.7.3 Arteriyel Kan Gazı Alımında Oluşabilecek Komplikasyonlar	13
2.8 Potansiyel Test Hataları	14
2.9 Arteriyel Kan Gazındaki Parametreler ve Tanımlamalar	15
2.10 US CLIA Limitleri	18
2.11 Normal Asit Baz Dengesi	19
2.12 Asit - Baz Dengesi Bozuklukları	20
2.12.1 Metabolik Asidoz.....	20
2.12.2 Metabolik Alkaloz	22
2.12.3 Respiratuar Asidoz.....	23
2.12.4 Respiratuar Alkaloz	24
2.13 Elektrolit Bozuklukları	26
2.13.1 Sodyum Bozuklukları	26
2.13.2 Potasyum Bozuklukları	29
2.13.3 Kalsiyum Bozuklukları	30
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	32
3.1 İstatistiksel Analiz	35

4. SONUÇLAR.....	36
4.1 Arteriyel Kan Gazı Alımını Etkileyen Faktörler	36
4.2 Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması	39
4.3 Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması	45
4.4 Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması	51
4.5 Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması	56
4.6 Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması	61
4.7 pH Değerlerinin Karşılaştırılması	65
4.8 pCO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması.....	68
4.9 pO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması.....	72
4.10 Bikarbonat Değerlerinin Karşılaştırılması.....	75
5. TARTIŞMA.....	77
6. ÇIKARIM.....	91
7. ÖZET.....	92
8. ABSTRACT.....	94
9. KAYNAKÇA.....	96

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

Ag - AgCl	: Gümüş - Gümüş Klorür
B.E.	: Base Excess
BMI	: Body Mass Index (Beden Kitle İndeksi)
BUN	: Kan Üre Azotu
CBC	: Tam Kan Sayımı
Cl	: Klor
FCOHb	: Fraksiyonel Karboksihemoglobin
FiO₂	: Oksijen Fraksiyonu
FMetHb	: Fraksiyonel Methemoglobin
GİS	: Gastrointestinal Sistem
Glu	: Glukoz
H₂CO₃	: Karbonik Asit
Hb	: Hemoglobin
HCO₃⁻	: Bikarbonat
Hct	: Hematokrit
iCa	: İyonize Kalsiyum
iMg	: İyonize Magnezyum
IV	: İntravenöz
K	: Potasyum
KCl	: Potasyum Klorür
KİBAS	: Kafa İçi Basınç Artması Sendromu
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum Klorür
p(A-a)O₂	: Alveoler-Arteriyel Oksijen Gradyenti
PACO₂	: Alveollerdeki Parsiyel CO ₂ Basıncı
pCO₂	: Parsiyel Karbondioksit Basıncı
pH	: Hidrojen İyon Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
pO₂	: Parsiyel Oksijen Basıncı
SD	: Standard Deviation (Standart Sapma)
sO₂	: Oksijen Saturasyonu
US CLIA	: United States Clinical Laboratory Improvement Amendments
VAS	: Visual Analog Scale

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1** : Kan Gazı Cihazı
- Şekil 2** : Sanz Elektrodu (pH Ölçümü)
- Şekil 3** : Stow – Severinghaus Elektrodu (pCO₂ Ölçümü)
- Şekil 4** : Clark Elektrodu (pO₂ Ölçümü)
- Şekil 5** : Hiponatremik Olguya Tanısal Yaklaşım
- Şekil 6** : Hipernatremik Olguya Tanısal Yaklaşım
- Şekil 7** : Akış Şeması
- Şekil 8** : Kan Gazının Alındığı Bölge ile Ağrı Skoru Arasındaki İlişki
- Şekil 9** : Cinsiyet ile Ağrı Şiddeti İlişkisi
- Şekil 10** : Kan Gazı Alımında Kullanılan Gereç ve Yöntem ile Ağrı Şiddeti İlişkisi
- Şekil 11** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değerleri Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 12** : VHb – Hb Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 13** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hematokrit Değerleri Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 14** : VHct – Hct Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 15** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Potasyum Değerleri Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 16** : VK⁺ – K⁺ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 17** : Arteriyel ve Venöz Sodyum Değerleri Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 18** : VNa⁺ – Na⁺ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 19** : Arteriyel ve Venöz Glukoz Değerleri Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 20** : VGlu – Glukoz Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 21** : ApH – VpH Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 22** : ApCO₂ – VpCO₂ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 23** : ApO₂ – VpO₂ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği
- Şekil 24** : AHCO₃⁻ – VHCO₃⁻ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

TABLOLAR DİZİNİ

- Tablo 1** : Kan Gazı Analiz Yöntemleri
- Tablo 2** : pH ve Hidrojen İyonu Konsantrasyonları
- Tablo 3** : Kan Gazı Parametreleri Normal Değer Aralıkları
- Tablo 4** : US CLIA Limitleri
- Tablo 5** : Metabolizmada Oluşan Asit ve Bazlar
- Tablo 6** : Metabolik Asidoz Nedenleri
- Tablo 7** : Metabolik Alkaloz Nedenleri
- Tablo 8** : Respiratuar Asidoz Nedenleri
- Tablo 9** : Respiratuar Alkaloz Nedenleri
- Tablo 10** : Asit – Baz Bozukluklarında Kompansatuar Yanıtlar
- Tablo 11** : Kan Gazının Alındığı Bölge ile Ağrı Şiddeti İlişkisi
- Tablo 12** : Beden Kitle İndeksi ile Kan Gazı Alınan Vücut Bölgesi Arasındaki İlişki
- Tablo 13** : Beden Kitle İndeksi ile Kan Gazı Alım Zorluğu Arasındaki İlişki
- Tablo 14** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 15** : Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 16** : Venöz Kan Gazındaki Hemoglobin Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Erkek Hasta Grubu)
- Tablo 17** : Venöz Kan Gazındaki Hemoglobin Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Kadın Hasta Grubu)
- Tablo 18** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 19** : Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 20** : Venöz Kan Gazındaki Hematokrit Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Erkek Hasta Grubu)
- Tablo 21** : Venöz Kan Gazındaki Hematokrit Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Kadın Hasta Grubu)
- Tablo 22** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 23** : Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması

TABLolar DİZİNİ DEVAMI

- Tablo 24** : Venöz Kan Gazındaki Potasyum Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması
- Tablo 25** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 26** : Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 27** : Venöz Kan Gazındaki Sodyum Değerinin Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması
- Tablo 28** : Arteriyel – Venöz Kan Gazı Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 29** : Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 30** : Arteriyel – Venöz pH Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 31** : Arterleştirilmiş VpH (aVpH) Değerleri
- Tablo 32** : pH İçin US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler
- Tablo 33** : Arteriyel – Venöz pCO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 34** : Arteriyel ve Venöz pCO₂ - Metodolojik Araştırma
- Tablo 35** : Arterleştirilmiş VpCO₂ Değerleri
- Tablo 36** : pCO₂ İçin US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler
- Tablo 37** : Arteriyel – Venöz pO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 38** : ApO₂-VpO₂-sO₂-VsO₂ Korelasyon Tablosu
- Tablo 39** : pO₂ Değerleri – Çapraz Tablo
- Tablo 40** : Arteriyel – Venöz Bikarbonat Değerlerinin Karşılaştırılması
- Tablo 41** : AHCO₃-VHCO₃- VpCO₂ Korelasyon Tablosu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Acil servislerde özellikle kritik hastaların tanı ve tedavisinde hızlı sonuç veren testlerin bulunması önemlidir. Kan gazı analizi acil servise başvuran hastalara tanı konulmasında ve tedavinin şekillenmesinde önemli bir yere sahiptir. Numunenin alınmasından birkaç dakika gibi kısa bir süre sonrasında kan gazı sonuçları hekimin eline ulaşabilmektedir. Kan gazı tetkikinde pek çok parametreye bakılabilmektedir. Hemogloblin, glukoz, pCO₂, pO₂, pH, HCO₃⁻, elektrolitler bu parametrelerin bazılarıdır.

Elektrolit değerlerinin ölçülmesinde kan gazı cihazları ve merkez laboratuvar analizörleri kullanılabilmektedir. Bu iki ölçüm yönteminin analiz süreleri arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır [1]. Venöz kan gazı acil serviste birçok hastalık tanısında kullanılabilmektedir. Acil serviste kritik durumda bulunan hastalarda elektrolit imbalansı ve asit baz bozukluklarına sık olarak rastlanmaktadır [2] [3]. Elektrolit imbalansı şüphesiyle alınan venöz kan gazı örnekleri hiponatremi, hiperkalsemi, hiperpotasemi gibi elektrolit bozukluklarında hekime hızlı bilgi sağlamaktadır [4]. Venöz kan gazı örneğinde pH, bikarbonat, hemoglobin, hematokrit, sodyum, potasyum, kalsiyum, bikarbonat değerleri ölçülebilmektedir [4]. Kan gazında elektrolit ölçümleri yapılabildiği halde klinik kararlar verilirken nadir olarak bu sonuçlara güvenilir. Çünkü sonuçların merkez laboratuvara göre korelasyonu tartışmalı olup bu konuda kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır [1]. Acil servise başvuran hastalardan alınan kan örneğinin laboratuvara ulaştıktan sonra, biyokimyasal analizi ortalama 75 ile 90 dakikada sonuçlanabilir. Tam kan sayımı ve tam idrar tetkiki gibi tetkikler ise daha hızlı olarak 15-20 dakika içerisinde sonuçlandırılabilir. Elektrolit bozuklukları hayatı tehdit eden aritmilere neden olabilirler. Bu nedenle hızlı tanı hayat kurtarıcıdır [5]. Kan gazı, kan alımından sonra 2-3 dakika gibi bir süre zarfında pek çok parametre konusunda hekimi bilgilendirir. Kan gazı analizörlerinin bulunmadığı merkezlerde, kritik hastalarda elektrolit değerlerine göre hızla başlanması gereken tedaviler geciktirilmektedir [6].

Acil servislerde hızlı sonuç veren testlerin kullanımı hayatı tehdit eden hastalıkların tanı ve tedavisinde çok önemlidir. Bu açıdan venöz kan gazı acil servislerde önemli bir yere sahiptir. Jain ve arkadaşlarının [1] yaptığı arteriyel kan gazındaki elektrolit değerleri ile biyokimya laboratuvarında tespit edilen elektrolit değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, potasyum ölçümlerinde iki yöntem arasında istatistiksel bir fark saptanmamasına rağmen sodyum ölçümlerinde anlamlı fark saptandı. Bozkurt ve

arkadaşlarının [7] yaptığı acil serviste venöz kan gazı potasyum değerlerini laboratuvar potasyum değerleri ile karşılaştıran ve yerine kullanılabilirliğini inceledikleri çalışmada istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ve testlerin birbiri yerine kullanılamayacağı sonucuna varıldı. Sezik ve arkadaşlarının [8] yapmış olduğu benzer bir çalışmada da sodyum ve potasyum değerlerinde iki ölçüm metodu arasında anlamlı fark olması nedeniyle yöntemlerin birbiri yerine kullanılamayacağı sonucuna varıldı. Morimatsu ve arkadaşlarının [9] yapmış olduğu çalışmada sodyum ve klor konsantrasyonlarında iki ölçüm arasında anlamlı farklar bulundu ancak potasyum için farkın anlamlı olmadığı sonucuna varıldı. Uysal ve arkadaşlarının [10] yapmış olduğu kan gazındaki elektrolit ve metabolik parametrelerin ne kadar güvenilir olduğu ile ilgili araştırmada hemoglobin, hematokrit, glukoz, potasyum, sodyum değerlerinin merkez laboratuvar ile yüksek korelasyon gösterdiği sonucuna varıldı. Burada bahsedilen araştırmalar ışığında, çalışmamızdaki amaçlardan birisi venöz kan gazı analizi sonuçlarının, merkez laboratuvar sonuçlarına göre güvenilirliğini test etmek ve yerine kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Arteriyel kan gazı analizi, venöz kan gazı analizine ilaveten hastanın solunum fizyolojisi hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayan bir laboratuvar yöntemidir. Solunumsal ve metabolik hastalıkların tanısında sıkça tercih edilir. Arteriyel kan gazı analizi; metabolik ve solunum yolu hastalıklarında, asit baz dengesini göstermede altın standart yöntem olarak tanımlanır [11]. Ancak deneyim gerektirmesi, ağırlı olması ve komplikasyon riskleri işlemi zorlaştırır. Radial, brakial ve femoral arterler en çok kullanılan arterlerdir [12]. Arteriyel yaralanma, distalde iskemiye neden olan tromboz, hemoraji, anevrizma oluşumu sık görülen komplikasyonlardır. Tekrarlayan alımlarda bu riskler artmaktadır [13]. KOAH, pulmoner emboli, konjestif kalp yetmezliği gibi hipoksemi ve dispneye neden olabilen hastalıklarda ayırıcı tanı ve tedavinin takibi açısından sık sık arteriyel kan gazı alımına başvurulur. Bu durum nedeniyle hastalar her defasında aynı komplikasyon risklerine maruz kalırlar. Arteriyel ponksiyonun hekim ve hasta açısından zorluklarının olması ve görece komplikasyon riskinin yüksek olması nedeniyle venöz kan gazından arteriyel parametreleri tahmin etme ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bakoğlu ve arkadaşlarının [11] yapmış olduğu acil serviste arteriyel ve venöz kan gazı analizlerinin birbiri yerine kullanılabilirliği ile ilgili araştırmada arteriyel ve venöz pH, pCO₂, HCO₃⁻ değerleri arasında kuvvetli korelasyon bulundu ancak pO₂ ve sO₂ değerleri arasındaki korelasyon zayıf saptadı. Boulain ve

arkadaşlarının [14] yapmış olduğu çok merkezli ve prospektif çalışmada, santral venöz sistemden alınan kan numunesinin arteriyel kan gazını ve laktat düzeylerini tahmin etmedeki etkinliği araştırıldı. Venöz kan gazındaki pH, pCO₂, sO₂ ve laktat değerlerinin çeşitli formüllerle kardiyak hastalarda, arteriyel kan gazını tahmin etmede kullanılabileceği sonucuna varıldı ancak bu sonuçların mükemmel olmadığı bildirildi. Ak ve arkadaşları [15], KOAH akut alevlenme kliniğiyle başvuran hastalarda venöz kan gazının analiziyle arteriyel kan gazındaki pH, PCO₂, HCO₃'ün güvenilir bir şekilde tahmin edilebildiği sonucuna vardılar. Lemoel ve arkadaşları [16] SpvO₂ parametresini dikkate alarak venöz kan gazından arteriyel değerleri öngörmeye çalıştılar. Ham veri üzerine SpvO₂ ile yapılan düzenlemeyle arteriyel kan gazındaki anormallikleri tespit etmede önemli gelişmeler sağladılar. Yapılan çalışmalar ışığında çalışmamızdaki amaçlardan bir diğeri ise venöz kan gazı analizi sonuçlarıyla literatürde geliştirilmiş matematiksel formüller eşliğinde arteriyel kan gazı analizi sonuçlarını karşılaştırmaktır.

Çalışmamızda aynı zamanda arteriyel kan gazı alımı sırasında kullanılan gereç ve yöntemin, hastanın fiziksel özelliklerinin, kan gazı alımının gerçekleştirildiği vücut bölgesinin kan gazı alımı üzerindeki etkisi de incelendi.

Bu çalışmaya, Ufuk Üniversitesi Dr. Rıdvan Ege Hastanesi Acil Servisine başvuran ve çalışmaya katılmayı kabul eden, klinik durumu itibariyle arteriyel kan gazı alınması gereken veya çalışma kriterlerine uygun biyokimyasal tetkik istemi gereken hastalar dahil edildi. Çalışma prospektif olarak yürütüldü. Çalışmada temel olarak iki konunun tespiti amaçlandı. Bunlardan ilki venöz kan gazı analizi ile biyokimyasal yöntemlerle analiz edilmiş değerlerin birbiri ile uyumunun karşılaştırılmasıdır. İkincisi, arteriyel ve venöz kan gazı analizinin, pCO₂, pO₂, bikarbonat, pH konusunda karşılaştırılması ve matematiksel formüller kullanılarak venöz kan gazı sonuçlarından arteriyel kan gazı değerlerinin tahmin edilebilirliğinin araştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kan Gazının Tanımı

Kan gazı, hastanın solunumsal ve metabolik durumu hakkında güvenilir bilgi veren bir laboratuvar tetkikidir. Venöz kan gazı yüzeysel venlerden alınan kan örneğinin değerlendirilmesi sonucu metabolik durumun anlaşılmasına katkı sağlar. Arteriyel kan gazı ise, arter ponksiyonu ile alınan kan örneğinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen bilgileri gösterir. Venöz kan gazına ilaveten solunumsal komponentler hakkında bilgi verir. Oksijen ve karbondioksit gibi gazların arteriyel kandaki kısmi basınçlarını gösterir. Gaz değişimi hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar [17].

2.2 Kan Gazının Tarihçesi

Kan gazlarının ilk tutarlı analizi Alman fizik ve kimyacı Heinrich Gustav Magnus tarafından Berlin'de 1837 yılında gerçekleştirilmiştir. Atlarda juguler venden kan örnekleri alınmış ve karbondioksitin, serbest hidrojenin venöz kana doğru nasıl geçtiğini tanımlanmıştır [18].

1890 yılında kan gazı için gerekli olan biyokimyasal yöntemler tanımlanmıştır. 1925 yılında ilk defa pH elektrodu geliştirilmiştir fakat 1950'lerin ortalarına kadar kan pH'ını ölçmeye yarayan termostatlı pH aparatları geliştirilememiştir. Clark tarafından arteriyel oksijen basıncı elektrodu (pO_2), Stow ve Severinghaus tarafından arteriyel karbondioksit basıncı elektrodu (pCO_2) geliştirilmiştir.

Bugün için birçok üretici firma kan gazı analizörü üretmektedir. Bu cihazların süreç içerisinde boyutları küçülmüş, kullanımları kolaylaşmış, daha güvenilir sonuçlar vermeye başlamıştır. Gelişen yöntemler sayesinde yeni metabolik parametreler de kan gazında incelenebilir duruma gelmiştir. Bugün kan gazı ile pH, pCO_2 , pO_2 , hemoglobin, hematokrit, karboksihemoglobin, Na, K, iCa, iMg, Cl, kreatinin, glukoz, laktat, bilirubin gibi pek çok parametreye bakılabilmektedir. Bu parametreler üzerinden HCO_3 , sO_2 , B.E., $p(A-a)O_2$, anyon gap gibi parametreler ise hesaplanabilmektedir.

2.3 Kan Gazı Analiz Yöntemleri

Tablo 1: Kan Gazı Analiz Yöntemleri

Kan Gazı Analiz Yöntemleri	
Non – İnvaziv Yöntemler	İnvaziv Yöntemler
Transkutanöz Ölçümler	Arteriyel Ölçüm
Pulse Oksimetre	Venöz Ölçüm
Kapnografi	

2.3.1 Non – İnvaziv Yöntemler

2.3.1.1 Transkutanöz Ölçümler

Isıtılmış ciltteki vazodilate damarlardan difüzyon ile geçen gazlar ölçülür. pO_2 ve pCO_2 ölçümleri yapılır. Düşük kardiyak indeks, şok gibi durumlar, ödemli bölgelerde ve arteriovenöz şantlarda kullanımı sınırlıdır [19].

2.3.1.1 Pulse Oksimetre

Arteriyel kandaki oksijen saturasyonunun noninvaziv olarak spektrofotometre ve pletismografi prensiplerinin kombinasyonu ile ölçümüdür. Spektrofotometrik ölçüm deoksihemoglobin ve oksihemoglobinin farklı dalga boylarındaki ışığı absorbe etmesi prensibine göre çalışır ve yüzdelerini belirler.

1970’li yılların ortasında Takua Aoyagi ilk pulse oksimetreyi ortaya çıkarmıştır. 1980’li yıllarda yeni gelişmelerle cerrahi monitör olarak yerini almaya başlayan cihaz 1987 yılından itibaren ameliyathanelerde standart hale gelmiştir.

Parlak ışıklandırma, hipotansiyon, düşük perfüzyon, hareket, vazokonstrüksiyon, hipotermi gibi durumlarda kullanım alanı kısıtlıdır.

2.3.1.2 Kapnografi

İnspirasyon - ekspirasyon havasındaki karbondioksitin ölçümünü parsiyel ve yüzde olarak verir. Ekspirasyon havasına kızılötesi ışık verilip spektrofotometre ile karbondioksit tarafından absorbe edilen miktarı tespit edilir. Endotrakeal tüpün yerini doğrulamada [20], kardiyopulmoner resüsitasyon sırasında kompresyonun etkinliğini tespit etmede, astım ve amfizemi olup genel durumu itibariyle kritik hastalarda, alkol ve ilaç intoksikasyonu durumlarında kullanılabilir. Tıptaki ilk kullanımı 1950'lerde deneysel olarak anestezi sırasında ekspire edilen CO₂'in ölçülmesiyle başlamıştır. Karbondioksit trasasının sürekli monitörizasyonun rutin anestezi pratiğinde yerini alması 1980'li yılların başında gerçekleşmiştir [21].

2.3.2 İnvaziv Yöntemler

2.3.2.1 Arteriyel – Venöz Kan Gazı Ölçümü

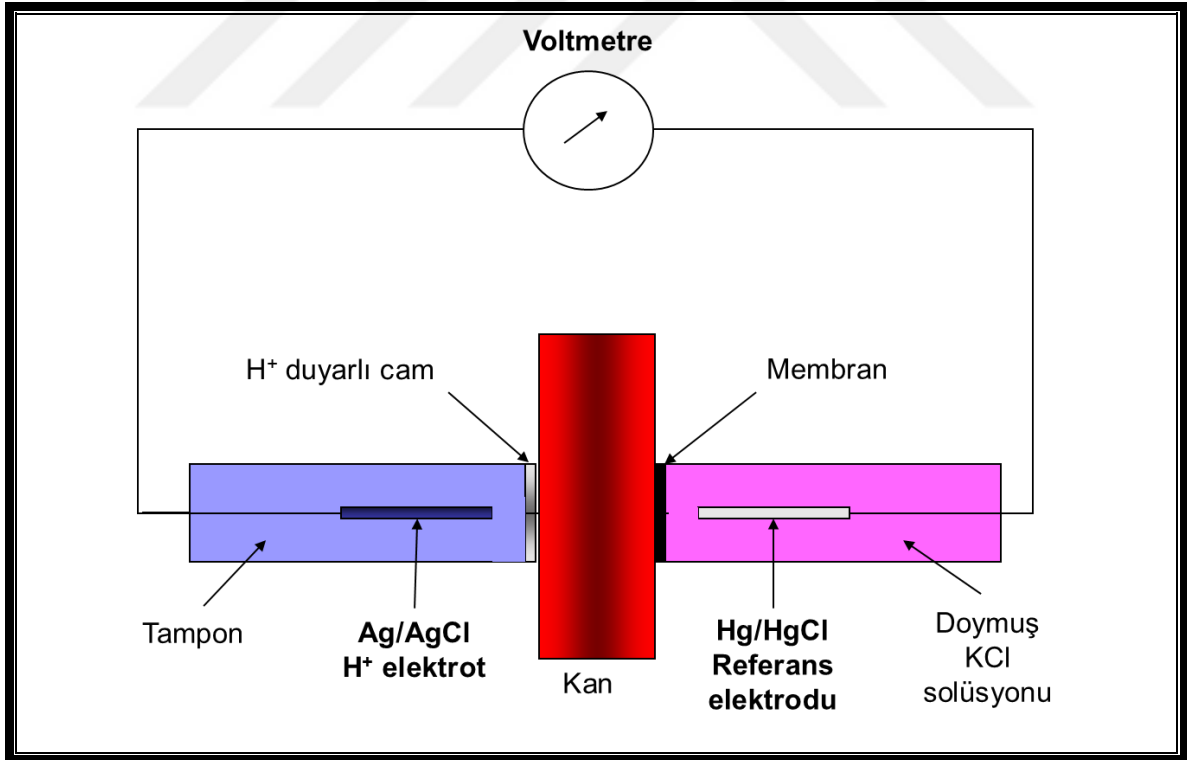
Hızlı sonuç vermesi nedeniyle acil servis ve yoğun bakımlar başta olmak üzere hastanelerin pek çok bölümünde kullanılan bir laboratuvar tetkikidir. Asit-Baz durumunun değerlendirilmesi, solunum yetmezliğinin tipinin tespit edilmesi, oksijen tedavisinin endikasyonu, elektrolit ve metabolik değerlerin tespiti gibi durumlarda kullanılabilir. Arteriyel – Venöz kan gazı ile pH, pCO₂, pO₂, hemoglobin, hematokrit, karboksihemoglobin, Na, K, iCa, iMg, Cl, kreatinin glukoz, laktat, bilirubin gibi pek çok parametreye bakılabilmektedir. Bu parametreler üzerinden HCO₃, p(A-a)O₂, sO₂, BE, Anyon gap gibi parametreler ise hesaplanabilmektedir.



Şekil 1: Kan Gazı Cihazı

2.4 Kan Gazında Kullanılan Ölçüm Teknikleri

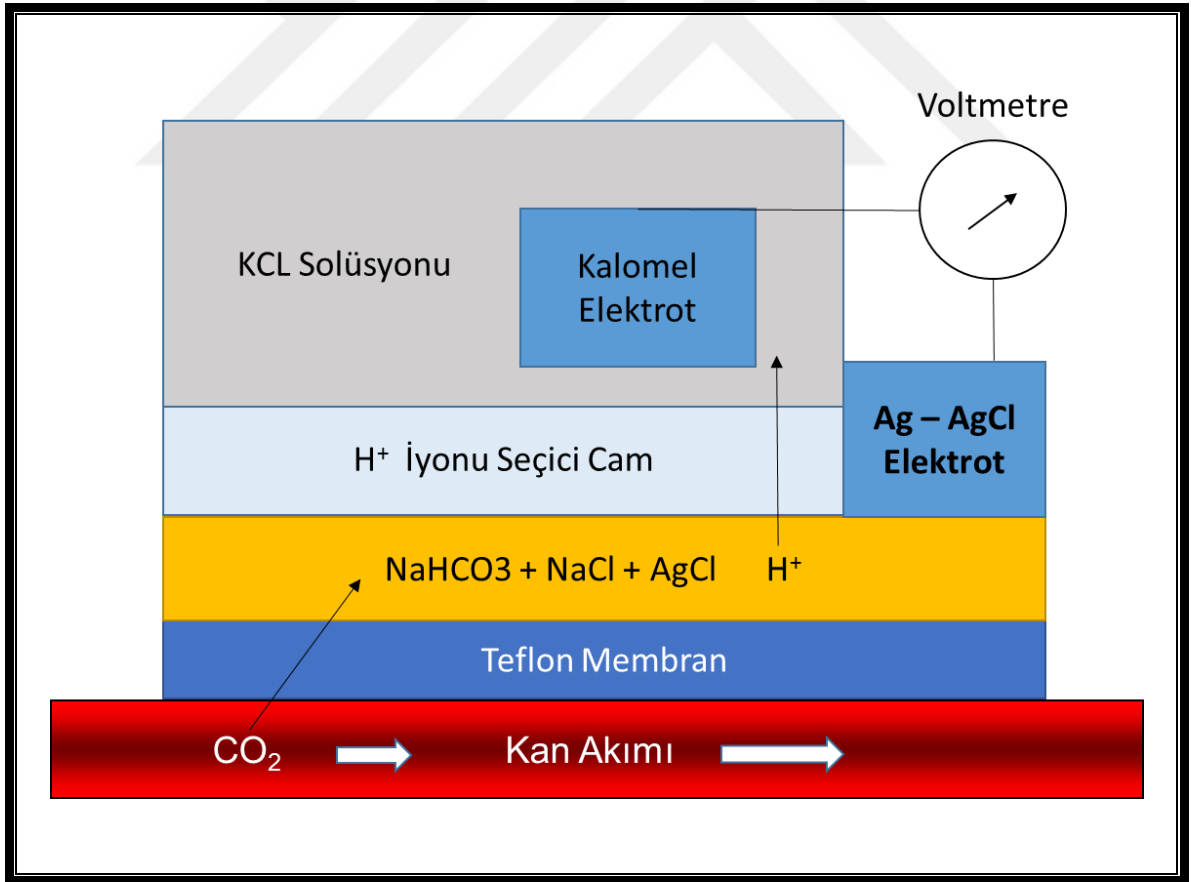
pH, asitlik ve bazlık derecesini tarif eden bir ölçü birimidir. Hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Arteriyel kanda pH ölçümü kanın asit baz dengesi hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar. Kan gazı analizinde pH ölçümü için **Sanz elektrodu** kullanılır. Bu elektrot iki küçük hücresel yapıdan oluşur ve bu yapılar birbirine potasyum klorür (KCl) köprüsü ile bağlantılıdır. Hücrelerden biri gümüş-gümüş klorür (Ag-AgCl) den oluşmaktadır ve hidrojen iyonunun geçişine izin veren bir membrana sahiptir. Bu elektrot pH'ı 6.840 olan fosfat tampon çözeltisine yerleştirilmiştir. Diğer referans elektrodu ise hücre içinde civa - civa-klorür (Hg-HgCl) bulundurur ve potasyum klorür (KCl) içine yerleştirilmiştir. Referans elektrot ölçüm sırasında baseline - sabit voltaj oluşumunu sağlamaktadır. Voltmetre veya pH metre kullanılarak iki elektrot arasındaki potansiyel farklılıkları ölçülür [22].



Şekil 2: Sanz Elektrodu (pH Ölçümü)

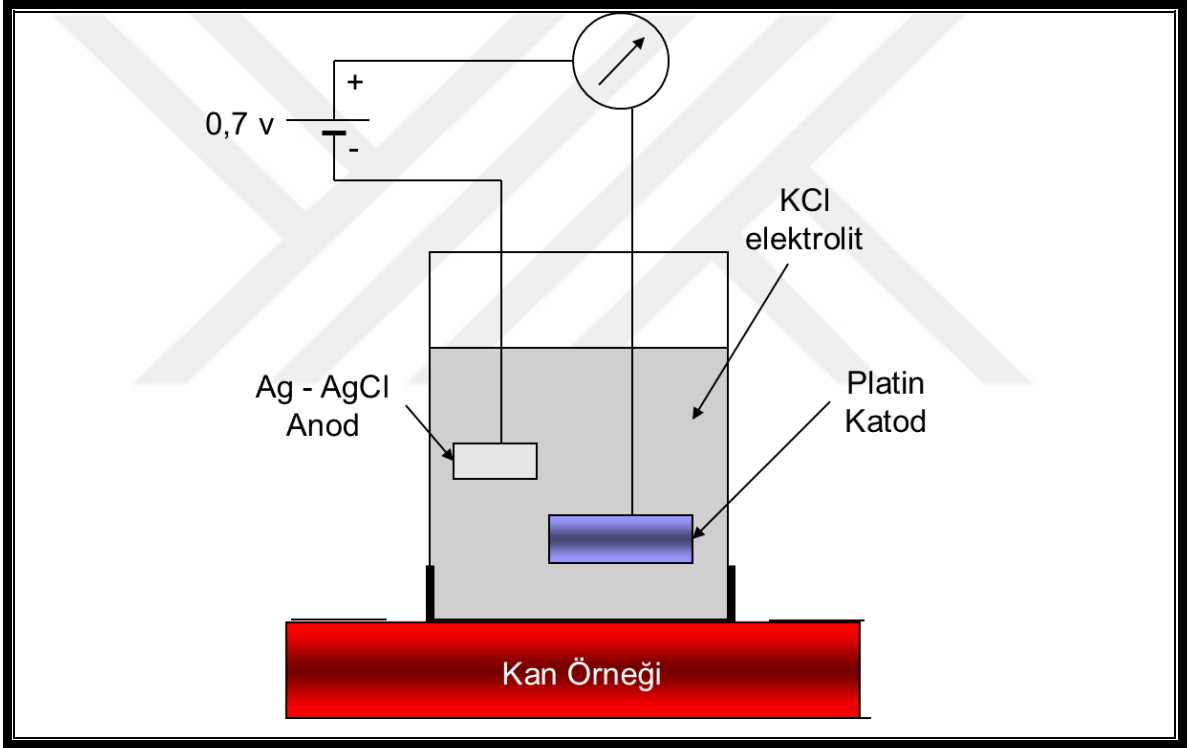
pCO₂ ölçümü pH elektrodunun modifiye edilmiş şekli olup **Stow-Severinghaus elektrodu** olarak bilinir. Elektrot, teflon ya da silikon-elastikten (Silastik) oluşan yarı geçirgen bir membran ile çevrilidir. Tamponlayıcı olarak bikarbonat solüsyonu kullanılır. Non-iyonize CO₂, geçirgen membrandan geçerek elektrolit katmanlarının içine difüze olduğunda, bikarbonat solüsyonu ile reaksiyon gösterir. Karbonik asit formu hidrojen iyonuna [H⁺] ve bikarbonat iyonuna [HCO₃⁻] ayrışır. Ortama dağılan hidrojen iyonu pH ölçümünü sağlayan elektrotta bahsedilen prensiplere uygun şekilde ölçülür. pCO₂'yi belirlemek için ise aşağıdaki Henderson-Hasselbalch eşitliği kullanılır.

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$



Şekil 3: Stow – Severinghaus Elektrodu (pCO₂ Ölçümü)

pO_2 ölçümü için **Clark elektrodu** kullanılır. Bu elektrodun platinden oluşan katodu ve gümüş - gümüş klorürden oluşan ($Ag-AgCl_2$) anodu bulunmaktadır. Elektrotlar, içeriğinde potasyum klorür bulunan fosfat tamponuna yerleştirilmiştir. Platin elektrodu polipropilenden yapılmış ve gaz geçişine izin veren bir tabaka ile çevrilidir. Membran, test materyalinin elektrottan ayrılmasını ve oksijenin katoda ulaşmasını sağlamaktadır. Ortamda oksijen olmadığı zaman katot polarize durumdadır ve ölçülen voltaj sıfırdır. Ortama oksijen içeren materyal konduğunda katot çevresindeki oksijenin redükte edilmesi için anottan elektron çekilecektir. Oluşan akımın değerlendirilmesi ile de pO_2 değerine ulaşılır [22].



Şekil 4: Clark Elektrodu (pO_2 Ölçümü)

Elektrolit ölçümleri iyon duyarlı elektrotlar - İSE (Ion-Sensing Electrodes) sayesinde direk potansiyometre kullanılarak gerçekleştirilir. Dilüe edilmemiş tam kan örneği ile çalışılır. İyon aktivitesi hesaplanır. Bu sayede iyonize kalsiyum, magnezyum ölçümleri yapılabilmektedir. Avantajı konsantrasyona değil molaliteye duyarlı olmasıdır. Yani kompleks haldeki iyonlara veya elektrostatik açıdan engellenmiş iyonlara duyarlı değildir. Molaliteye duyarlı olması protein - lipid düzeylerindeki değişikliklerden etkilenme riskini azaltmaktadır.

Kan gazında hemoglobin ölçümü önemlidir. Çünkü hemoglobin düzeyi ölçümü ile hesaplanabilen bazı parametreler bulunmaktadır. Hemoglobin ölçümü spektrofotometrik yöntemle yapılmaktadır. Öncelikle hemoliz işlemi gerçekleştirilir. Hemoliz edilen materyal küvet olarak da tanımlanan ölçüm çemberine alınır. Tungsten halojen lambaları veya polikromatik ışık sağlayan diğer lambalar kullanılır. Küvetteki hemolizli materyalde bulunan hemoglobinin konsantrasyonuna göre ışık, spektrofotometreye ulaşmaktadır. Oksihemoglobin, deoksihemoglobin, fraksiyonel karboksihemoglobin (*FCO*Hb), fraksiyonel methemoglobin (*FMet*Hb)'in neden olduğu farklı dalga boylarındaki ışıklar spektrofotometre tarafından absorbe edilir ve değerlendirilir. Fotodedektörlere ulaşan ışık voltaj oluşmasını sağlar. Bu bilgiler bir mikroişlemci tarafından işlenerek hemoglobin miktarı belirlenmiş olur.

Kan gazında gösterilen parametrelerin bir kısmı bahsedildiği gibi ölçümlerle elde edilirken HCO_3^- , p(A-a)O_2 , sO_2 , BE, Anyon gap gibi parametreler hesaplama sonucu bulunurlar.

Oksijen saturasyonu, oksijene doymuş hemoglobinin total hemoglobin miktarına bölümü ile elde edilen değer in yüzde cinsinden ifadesidir. Kan gazı analizörleri bu değeri hesaplama sonucu elde ederler. Hemoksimetre özelliği bulunan kan gazı analizörleri hemoglobin miktarını ve hemoglobinin oksijene olan doyunluğunu tespit edebilmektedir. Sonrasında bu değerler aşağıdaki formül kullanılarak mikroişlemci yardımı ile saturasyon bilgisi olarak sunulabilmektedir:

$$\text{sO}_2 \% = \frac{\text{cO}_2\text{Hb}}{(\text{cO}_2\text{Hb} + \text{cHHb})} * 100$$

Hematokrit bilgisi ise santrifüj işlemi uygulanarak elde edilmektedir. Santrifüj sonrasında en altta kalan katman kırmızı kan hücreleri, orta katmanda beyaz kan hücreleri ve trombositler, üst katmanda plazma bulunmaktadır. Alt katmanda paket halinde kalan kırmızı kan hücrelerinin toplam kan hacmine bölünmesi hematokrit bilgisini verir [22].

Bikarbonat miktarı karbondioksit ve pH ölçümlerinden elde edilen verilerle aşağıdaki formüllere göre hesaplanır:

$$\text{H}_2\text{CO}_3 \text{ (Karbonik asit)} = \text{pCO}_2 \times 0.0301$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (Bikarbonat)} = \text{inv. log (pH - pK}_a) \times \text{H}_2\text{CO}_3$$

$$\text{tCO}_2 \text{ (Total CO}_2) = \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{HCO}_3^-$$

2.5 Arteriyel Kan Gazı Ölçüm Endikasyonları

- Asit – baz dengesi bozukluğunun tanısı, tedavisi ve tedaviye olan yanıtın değerlendirilmesi
- Solunum yetersizliğinin tanısı, takibi ve tedaviye yanıtının değerlendirilmesi
- Ani gelişen veya sebebi açılanamayan nefes darlığı, bilinç bulanıklığı gibi patolojilerin sebebini anlamak
- Elektrolit imbalansı şüphesi bulunan hastalarda hızla elektrolit değerlerini tespit etmek
- Kardiyopulmoner arrest olarak getirilen hastanın ileri yaşam destek tedavisini düzenlemek
- Dishemoglobinlerin miktarının belirlenmesi (Karboksihemoglobin, methemoglobin, vb.)
- Ventilatöre bağlı hastanın ventilatör ayarlarının yapılması ve izlenmesi

2.6 Arteriyel Kan Gazı Ölçüm Kontrendikasyonları

- Radial arter için Allen testi pozitif olan hastalar
- Reynaud hastalığı, Buerger hastalığı gibi dolaşım bozukluğuna neden olabilecek hastalıkların varlığı
- Arterin altında bulunan kemikte travma olması
- Arteriyovenöz fistül açılmış olması
- Ponksiyon yerinde lokal enfeksiyon ya da anatomik bozuklukların olması
- Antikoagülan tedavi, trombolitik tedavi ya da ciddi koagülopatinin varlığı

2.7 Arteriyel Kan Gazı Alınması

2.7.1 Enjektör Seçimi ve Enjektörün Hazırlanması

Kan gazının değerlendirilebilmesi için pıhtılaşmanın olmaması gerekmektedir. Pıhtılaşmayı engellemek için çoğunlukla heparin kullanılmaktadır. Alınmış kan örneğinin belli bir oranda heparin ile teması önemlidir. Heparin dilüsyonel etki oluşturur. Bu nedenle pO_2 , pCO_2 , HCO_3 'ün hatalı olarak azalmış ölçülmesine neden olur. Aynı zamanda heparin asidik özellik gösterir. pH ölçümlerine de asidik yönde katkı sağlar [12] [23]. Ölçümlerdeki bu hata payını azaltmak için hazır kan gazı enjektörleri ticari olarak satılmaktadır. Enjektör içerisi kuru heparinle kaplanmış olup ponksiyon sırasında alınan kan görece sabit oranda heparine temas etmektedir. Ticari ürünlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, kullanımı azalsa da insülin enjektörü heparinize edilip kan gazı alınmasına uygun hale getirilebilir. Bunun için 0.25 ml heparin enjektöre çekilir. Piston tamamen geri çekilip boşaltılır. Duvara sıvı heparin ölçüm için yeterlidir [12].

2.7.2 Arteriyel Kan Gazının Alınabileceği Vücut Bölgeleri

2.7.2.1 Radial Arter

Kan gazı almak için sık kullanılan bir arterdir. Arter yüzeysel seyredir. Cilde uzaklığı yaklaşık olarak 0.5-1 cm'dir. Ponksiyon sırasında kanama olması durumunda üzerine kolayca basınç yapıp kanama durdurulabilir. Kontrendike bir durum olmadığı sürece ilk tercih edilmesi gereken arterdir [12]. İşleme başlamadan önce Allen testi uygulanmalıdır. Edgar V. Allen tarafından geliştirilmiş bir testtir. Tromboanjitis obliterans hastalarında tanı yöntemi olarak 1929 yılında geliştirilmiştir [24]. Sonraki dönemlerde testin kullanım alanı genişlemiş ve el perfüzyonunun yeterliliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Ulnar ve radial arterlerin her ikisi tarafından beslenen elin, bu arterlerin birinde tıkanıklık olup olmadığını test etmek için kullanılır. El supin pozisyonunda iken radial ve ulnar arter üzerine dolaşımın devam etmesine izin vermeyecek şekilde bası yapılır. Elin sıkıca kapatılması söylenir. Sonrasında ayrı ayrı arterler serbest bırakarak distaldeki dolaşım kontrol edilir [24, 25]. Parmakların eski rengine dönmesi için en az 10 sn. beklenmelidir [25-27].

Kan alım işlemine başlamadan önce 0.2-0.3 ml lokal anestezi yapılabilir. Fazla yapılması kan alım işlemi zorlaştırabilmektedir [12]. El bileği 30-40 derece dorsifleksiyona alındıktan sonra ikinci üçüncü ve dördüncü parmaklarla eş zamanı olarak arter trasesi palpe edilmeye çalışılmalıdır. Antiseptik solüsyon ile temizlik gerçekleştirilir. Horizontal hat ile 20-30 derecelik bir açı yapacak şekilde ponksiyon gerçekleştirilmelidir. Kan alımından sonra gazlı bez ile arter üzerine kompresyon yapılır. 23G iğne takılmış enjektör kullanılmalıdır. Piston geri çekilmeden arteriyel basınç farkı ile enjektör kendiliğinden dolmalıdır. Hava ile teması engellemek için enjektörün ucu hemen kapatılmalıdır. Nakil sırasında buz kalıbı üzerinde gönderilmelidir.

Ponksiyon sırasında lümen girilemez ise cilt altında iğne hareket ettirilerek arter aranmamalıdır. Bu işlem şiddetli ağrı oluşturması nedeniyle hastada hiperventilasyona, dolayısıyla tetkik sonuçlarında hatalı değerlerin görülmesine neden olacaktır [28, 29].

2.7.2.2 Brakial Arter

Radial artere göre daha derinde seyreder. Kollateral dolaşımı yoktur. Median sinire yakın seyreder. [23, 30] Distalinde dolaşım bozukluğu olması durumunda, dirsek çevresindeki kırıklarında ve ön kolda bir arteriovenöz fistül varlığında kullanımı kontrendikedir. Öncesinde 0.4-0.6 ml lokal anestezi verilmelidir [12].

2.7.2.3 Femoral Arter

Radial arter veya brakial arterin kullanılmadığı durumlarda tercih edilmelidir. Femoral ven ve femoral sinir komşuluğundadır. Hasta şok durumunda ve periferik nabızlar palpe edilemiyorsa ilk tercih olarak kullanılabilir. Yaygın vasküler hastalıkta, artere greft takılmış olması durumunda ve çocuklarda septik artrit riski nedeniyle kontrendikedir. İşleme başlamadan önce hasta supin pozisyonuna alınır. Antiseptik solüsyon ile temizlik yapılır. 21G'lik iğne kullanılmalıdır [12]. 70 derecelik bir açıda ponksiyon yapılmalıdır. Ponksiyon sonrası kompresyon uygulanmalıdır.

2.7.3 Arteriyel Kan Gazı Alımında Oluşabilecek Komplikasyonlar

- Ağrı
- Hemoraji
- Hematom
- Damar yaralanması
- Sinir yaralanması
- İşlemi gerçekleştiren personele iğne batması
- Trombüs ya da hava embolisi
- Enfeksiyon

2.8 Potansiyel Test Hataları

Arteriyel kandaki sıvı heparin miktarı pH, pCO₂ ve pO₂ ölçümlerinde farklılıklar oluşmasına neden olur [31]. Heparinin oluşturduğu dilüsyonel etki PaO₂ ve PaCO₂'nin daha düşük ölçülmesine neden olur. Heparin solüsyonunun yaklaşık pH'ı 6.4 civarındadır. Kana göre oldukça asidik özellik göstermesi nedeniyle kan pH'ında asidik ölçüme neden olabilir. Fakat bu teoremin tersine kan ve heparin birbirine yakın hacimde karıştırılsa bile muhtemelen kanın tamponlama yeteneğinden ötürü pH değeri sabit kalır [32, 33]. Sıvı heparin kullanımına bağlı oluşan ölçüm hatalarını engellemek için heparinin toplam miktarı, örnek hacminin %5'i kadar olması gerekmektedir. Sıvı heparinin yanlış kullanımı sonucu pO₂ ve pCO₂ düzeylerindeki hatalı ölçüm olasılığı, kurutulmuş (Liyofilize) heparin içeren enjektör kullanılması ile ortadan kaldırılabılır [32]. Chhapola ve arkadaşlarının [34] yaptığı kuru heparinli kan gazı enjektörleri ile sıvı heparinle hazırlanmış kan gazı enjektörlerinin, elektrolitlerin sonuçlarını etkilemesinin araştırıldığı çalışma, bu görüşü desteklemektedir. Heparin Ca⁺² gibi pozitif yüklü iyonları bağlar. Bu durum iyon selektif elektrotlarda ölçüm hatalarına neden olur. Elektrolit dengeli heparin kullanılması bu etkiyi ortadan kaldırır [35].

Alınan arteriyel kan gazı örneğinin içinde hava kabarcığının olması veya venöz kan karışmasının pO₂, pCO₂ ve pH üzerinde etkileri olur. Arteriyel örneğe %10 venöz kan karışması pO₂'de %25'lik azalmaya neden olur. Deniz seviyesinde ortamdaki havanın oksijen basıncı yaklaşık olarak 160 mmHg civarındadır. Eğer alınan kan gazındaki pO₂ 160 mmHg'den düşükse enjektörde kalan hava kabarcığının etkisi yanlış yüksek ölçüme neden olur. pO₂'nin 160 mmHg'den düşük olması durumunda ise yanlış yükseklik görülür. Ortam havasında çok az miktarda CO₂ bulunmaktadır. Bu nedenle gazların difüzyonu prensiplerine göre CO₂ görece yoğun olduğu kan gazından, hava kabarcığına doğru geçiş yapacaktır. Test sonuçlarında pCO₂ değerinde düşme yönünde hatalı ölçüme neden olacaktır. pH, CO₂ 'deki değişime bağlı olarak değişecektir. CO₂ miktarı azalacağından pH'da bir artış görülür.

Kan gazı örneğinin içinde yaşayan hücrelerin bulunması nedeniyle oksijen ve glukoz tüketimi devam etmektedir. Bu da CO₂, hidrojen ve laktat üretimine neden olur.

Alkole dezenfeksiyon, iğne çapının küçük olması, aşırı vakum uygulanması gibi durumlar hemolize neden olur. Hemolizli numunede potasyum ölçümleri yüksek saptanır.

2.9 Arteriyel Kan Gazındaki Parametreler ve Tanımlamalar

- Asidemi** : Serum pH < 7.36
- Alkalemi** : Serum pH > 7.44
- Asidoz** : [H⁺] iyonunu artıran ve serum pH'ını azaltan fizyopatolojik olay
- Alkaloz** : [H⁺] iyonunu azaltan ve serum pH'ını artıran fizyopatolojik olay
- Metabolik Asidoz** : [HCO₃⁻]’da azalmaya neden olan primer olay
- Metabolik Alkaloz** : [HCO₃⁻]’da artışa neden olan primer olay
- Respiratuar Asidoz** : pCO₂’nin yükselmesine neden olan primer olay
- Respiratuar Alkaloz** : pCO₂’nin azalmasına neden olan primer olay
- Miks Bozukluk** : Birden fazla primer asit-baz bozukluğunun bulunduğu durum
- Kompansasyon** : Asidoz veya alkaloz varlığında serum pH'ını kısmen normale doğru çeviren fizyolojik cevap
- pH** : Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. H⁺ iyonu konsantrasyonu vücut sıvılarının ne kadar asidik olduğunu gösterir. pH skalası hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Arteriyel kanda normal pH değeri 7.36 – 7.44’dür. pH değeri 7.36’dan düşük ise “asidoz”, 7.44’den büyük ise “alkaloz” olduğunu gösterir. pH: 6.8 – 7.8 sınırları hayatın mümkün olduğu sınır değerlerdir. Venöz kanda pH değeri arteriyel kandan 0.01 – 0.02 birim daha düşüktür. pH’daki değişiklik karbonik asit ve bikarbonat arasındaki etkileşime bağlıdır. Henderson-Hasselbalch denklemi ile ifade edilir [12].

Tablo 2: pH ve Hidrojen İyonu Konsantrasyonları

pH ve Hidrojen İyonu Konsantrasyonları			
pH	[H⁺] nmol/L	pH	[H⁺] nmol/L
6,8	158	7,3	50
6,9	126	7,4	40
7,0	100	7,5	32
7,1	79	7,6	25
7,2	63	7,7	20

pO₂ : Parsiyel basınç, gaz karışımındaki her bir gazın konsantrasyonu ile orantılı olan basıncıdır. pO₂ ise kandaki parsiyel oksijen basıncıdır. Arteriyel kanın oksijenizasyonunun göstergesidir. Oksijen atmosferden kana ve kandan da belli dokulara parsiyel basınç farkı ile geçer. Atmosferdeki oksijenin parsiyel basıncı 159 mmHg civarındadır. Bu değer solunum yollarında havanın su ile sature olmasından ötürü düşer ve alveolde 109.6 mmHg seviyelerine iner. Venöz kanda parsiyel oksijen basıncı ise 40 mmHg'dir. Basınç farkından ötürü alveollerde oksijen sürekli olarak kapiller içerisine geçer [12]. İnspire edilen havanın oksijen fraksiyonu (FiO₂)'nun artırılması alveoler oksijen basıncını aşağıdaki formüle göre artırır.

$$PAO_2 = [FiO_2 \times (\text{Hava basıncı} - \text{Solunum Yollarındaki Su Buharı Basıncı})] - PACO_2$$

Hava Basıncı: Deniz seviyesinde 760 mmHg'dir.

Solunum yollarında havanın su ile sature olması: 47 mmHg

PACO₂: Alveollerdeki parsiyel CO₂ basıncı. Yaklaşık 40 mmHg'dir.

PaCO₂ : Arteriyel kandaki parsiyel karbondioksit basıncıdır. Alveoler ventilasyonun göstergesidir. 35 – 45 mmHg değerleri arasında normal sayılır [36]. Yaş ve pozisyondan etkilenmez.

Aktüel Bikarbonat : Kan gazında ölçülen pH ve pCO₂ değerlerinden Henderson – Hasselbalch eşitliği kullanılarak bulunur. Normal sınırları 21- 28 mmol/L'dir. Vücutta asit – baz dengesinin hem respiratuar hem de metabolik komponenti ile ilişkilidir [12].

Standart Bikarbonat (HCO₃⁻): Respiratuar nedenli bikarbonat değişikliklerini elimine etmek için standart koşullardaki yani 37⁰C sıcaklık ve 40 mmHg pCO₂'nin sağlandığı koşullardaki HCO₃⁻ konsantrasyonudur. Normal sınırları 21 – 27 mmol/L'dir. Kanda karbondioksit konsantrasyonunun artması halinde, kandaki en önemli tampon sistemi yani karbonik asit-bikarbonat tampon sistemine göre hidrojen iyonu konsantrasyonu artar. Beraberinde aktüel bikarbonat da artacaktır. Standart bikarbonat ve “base excess” değişmeyecektir [12].

Baz Fazlası veya Açığı (Base Excess, Base Deficit): Metabolik sistemde hata sonucu oluşan fazla asit veya bazı gösterir. Standart koşullarda kan örneğinin pH'sının 7.4 olabilmesi için eklenmesi gereken güçlü asit ya da baz miktarı ile ölçülür. Baz açığının < (-2) mmol/L olması metabolik asidozu; > (2) mmol/L olması ise metabolik alkalozu gösterir [12].

Anyon Açığı : Elektriksel nötraliteye göre plazma net bir yüke sahip değildir. Dolayısıyla plazmada baskın olan sodyum anyonlarca dengelenmelidir. Bikarbonat ve klor plazmadaki belirgin anyonlar olsa da konsantrasyonlarının toplamı sodyumunkine eşdeğer değildir. Aradaki fark ölçülemeyen anyonlar (fosfat, sülfat, organik asitler vb.)'dır. Bu farkın artış veya azalışına göre metabolik asidozun etiyojisi tahmin edilebilir.

Alveolar – Arteriyel Oksijen Gradiyenti: Alveol içerisindeki oksijen parsiyel basıncı ile arterdeki oksijenin parsiyel basıncı arasındaki farktır. Oda havasında sağlıklı genç erişkinlerdeki normal değer aralığı 5-15 mmHg'dır. Yaş arttıkça bu değer artış gösterebilir.

Tablo 3: Kan Gazı Parametreleri Normal Değer Aralıkları

Kan Gazı Parametreleri Normal Değer Aralıkları	
Parametre	Normal Değer Aralıkları
pH	7,35 – 7,45
pCO ₂	35 – 45 mmHg
pO ₂	80-100 mmHg
HCO ₃ ⁻ (Aktüel)	22 – 26 mmol/L
HCO ₃ ⁻ (Standart)	22 – 26 mmol/L
Baz Açığı (B.E.)	(-2) – (+2) mmol/L

2.10 US CLIA Limitleri

United States Clinical Laboratory Improvement Amendments (US CLIA)'a göre laboratuvar ölçümleri arasında kabul edilebilir farklar belirlenmiştir [37]. Buna göre biyokimya ölçümlerinde sodyum için, hedef değer ± 4 mmol/L, potasyum için hedef değer ± 0.5 mmol/L, glukoz için hedef değer ± 6 mg/dl veya %10'dan az hata kabul edilebilir limitler olarak belirlenmiştir. Hematolojik ölçümlerde hemoglobinin için %7, hematokrit için %6 farklar kabul edilebilir limitler içerisinde. Kan gazları ölçümlerinde pO_2 için hedef değer ± 3 standart sapma, pCO_2 için hedef değer ± 5 mmHg veya %8'den az hata, pH için hedef değer $\pm 0,04$ kabul edilebilir limitlerdir.

İki laboratuvar cihazı sonuçları arasındaki farklar belirtilen limitler arasında ise, klinik olarak iki cihazın birbiri yerine kullanılabileceği sonucu çıkmaktadır.

Tablo 4: US CLIA Limitleri

US CLIA Limitleri	
Test	Kabul Edilebilir Farklılık
Sodyum	Hedef Değer ± 4 mmol/L
Potasyum	Hedef Değer ± 0.5 mmol/L
Glukoz	Hedef Değer ± 6 mg/dl veya %10'dan az hata
Hemoglobin	Hedef Değer $\pm \%7$ 'den az hata
Hematokrit	Hedef Değer $\pm \%6$'dan az hata
pO_2	Hedef Değer ± 3 standart sapma
pCO_2	Hedef Değer ± 5 mmHg veya %8'den az hata
pH	Hedef Değer $\pm 0,04$

2.11 Normal Asit Baz Dengesi

Hücre dışı sıvıdaki hidrojen iyon (H^+) konsantrasyonu 40 nmol/L civarındadır. Hesaplama kolaylığı açısından hidrojen konsantrasyonunun negatif logaritması alınarak pH kavramı ile asit baz durumu değerlendirilir [38].

$$pH = -\log(H^+) \quad \longrightarrow \quad pH = -\log(4 \times 10^{-8}) \quad \longrightarrow \quad pH = 7,39794 \sim 7,4$$

Hidrojen iyonu konsantrasyonu ile pH değeri arasındaki ilişkinin logaritmik olması nedeniyle hidrojen konsantrasyonu ile tüm pH değerleri lineer ilişki göstermez. Daha çok pH'ın 7,20 ile 7,50 değerleri arasında bu lineer ilişkiden bahsedilebilir.

Her gün hücrelerin metabolik faaliyetleri sonucu 14750×10^6 nmol H^+ iyonu oluşmaktadır. Hücrelerdeki metabolik aktivite sonucu oluşan karbondioksit ve hidrojen iyonları önce, hücre içi tampon sistemleri ile tamponize edilir, sonrasında ekstraselüler ortama geçip burada tamponize edilerek kan aracılığı ile atılacağı yere taşınır [12].

Tablo 5: Metabolizmada Oluşan Asit ve Bazlar

Metabolizma Sonucu Oluşan	
Asitler	Bazlar
Hidroklorik asit	Bikarbonat
Laktik asit	Fosfat
Karbonik asit	Proteinler
Ketoasitler	Amonyak
Pirüvik asit	
Ürik asit	
Proteinler	

Asit baz dengesi karşılıklı olarak etkileşen fizyolojik değişikliklere dinamik bir yanıt veren akciğer, böbrek, karaciğer ve fizyolojik tamponlar ile sağlanır. Karaciğer asit baz dengesinde amonyak ve hidrojen iyon birikimini önleyerek üçüncü organ olarak görev yapar [38]. Fizyolojik pH değerlerinde etkili olan tampon sistemleri içerisinde hemoglobin, fosfat, proteinler ve bikarbonat sayılabilmektedir. Bu sistemlerdeki problem asit baz dengesizliği olarak kendini gösterecektir.

pH değişimi ve CO₂ santral ve periferik kemoreseptörler aracılığıyla solunumu etkiler. Kuvvetli ve hızlı bir kompanzasyon sistemidir. Solunumun hızı ve derinliği ayarlanarak CO₂ atılımı sağlanır. (CO₂ + H₂O ↔ H₂CO₃ ↔ H⁺ + HCO₃⁻)

Asit baz dengesinde böbrek kompanzasyonu görece daha yavaş geręekleřir. Böbrek iki farklı yolla bu dengeye katılır. Bikarbonat oluşumunda ve geri emiliminde görevlidir. Aynı zamanda titre edilebilen asitlerin ve amonyağın atılımını sağlarlar.

Fizyolojik tamponlar zayıf asit veya bazdır. Ortamdaki pH'ın değişimine göre hidrojen iyonu verebilir veya alabilirler. Bu sayede organizmada oluşan güçlü asit veya bazları tamponlayarak pH üzerinde büyük değişikliklerin oluşmasını engellerler. Fosfat, proteinler ve hemoglobin hücre içi tampon sistemleriyken, bikarbonat - karbonik anhidraz tampon sistemi hücre dışı tampon sistemidir.

2.12 Asit - Baz Dengesi Bozuklukları

2.12.1 Metabolik Asidoz

Metabolik asidoz; HCO₃⁻ kaybına, dışarıdan asit alınımına veya endojen asit üretimine ve birikimine bağlı olarak gelişebilir. Bikarbonat kaybı intestinal sistemden veya renal atılımlara bağlı olarak gelişir. Dışarıdan asit verilmesi acil servislerde sık karşılaşılan bir durum olmasa da öncelikle total parenteral beslenen hastaların bazik aminoasitlerin hidroklorik tuzlarının alınımına bağlı görülür. Endojen asit birikimi renal tübüler asidoz, ketoasidoz ve laktik asidozda görülür [38].

Vücutta metabolik asidoza karşı cevap gelişmezse bikarbonat azalacak ve hidrojen iyonunda artış oluşacaktır. Hidrojen iyonunu artması beraberinde solunum merkezinin uyarılmasına neden olur ve solunum sayısını artması (Kussmaul solunumu) ile sonuçlanır. Bu artış pCO₂'de azalışa neden olur. CO₂'nin azaltılması, H⁺ iyonunu düşürmeye yarayan bir çabadır.

Metabolik asidoza cevap olarak geliştirilen solunumsal yanıtın eksiksizliği metabolik asidozun süresine, geliştiği zaman sürecine ve şiddetine bağlıdır. Asidoz ne kadar hızlı gelişirse ölçülen pCO₂ ile beklenen pCO₂ değeri arasındaki fark fazla olur. Asidozun yavaş gelişmesi durumunda solunumsal dengelemede bir gecikme olmaz ve [HCO₃⁻] değeri sabit tutulduğunda kararlı durum pCO₂ seviyesine 11-13 saatte ulaşılır [38].

Metabolik asidoza yanıt olarak H^+ böbrekler tarafından atılır (NH_4^+ ve $H_2PO_4^-$ olarak), HCO_3^- ise geri emilir. Hız sınırlayıcı reaksiyon olan CO_2 ve H_2O 'dan H_2CO_3 sentezi karbonik anhidraz tarafından katalize edilir. Karbonik anhidraz inhibitörü kullanımı renal H^+ atılımını önleyerek metabolik asidoza yol açabilir.

Metabolik asidozları anyon açığı ile değerlendirmek gerekir. Anyon açığının normal veya artmış olmasına göre metabolik asidozlar sınıflandırılır [39].

Tablo 6: Metabolik Asidoz Nedenleri

Metabolik Asidoz Nedenleri	
Normal Anyon Açıklı	Artmış Anyon Açıklı
Bikarbonat Kayıpları	Asit Atılımında Azalma
<ul style="list-style-type: none"> İshal 	<ul style="list-style-type: none"> Böbrek Yetersizliği
<ul style="list-style-type: none"> İnce Barsak Drenajı 	Asitlerin Aşırı Üretimi
<ul style="list-style-type: none"> Proksimal Renal Tübüler Asidoz 	<ul style="list-style-type: none"> Ketoasidoz
<ul style="list-style-type: none"> Birincil Hiperparatiroidizm 	Diyabetik
Bikarbonat Üretimde Yetersizlik	Alkole Bağlı
Distal Renal Tübüler Asidoz	Açlık
Aldosteron Eksikliği	<ul style="list-style-type: none"> Laktik Asidoz
<ul style="list-style-type: none"> Addison Hastalığı 	<ul style="list-style-type: none"> Toksin Alınması
<ul style="list-style-type: none"> Hiporeninematik Hipoaldosteronizm 	Metanol
Aldosterona Duyarsızlık	Etilen Glikol
<ul style="list-style-type: none"> İnterstisyel Hastalık 	Salisilatlar
<ul style="list-style-type: none"> Aldosteron Antagonisti Kullanımı 	Paraldehid
Üreteroileostomi (İleal Mesane)	İzopropil Alkol
Asitleştirici Tuzlar	
<ul style="list-style-type: none"> Amonyum Klorür 	
<ul style="list-style-type: none"> Lizin ve Arginin Hidroklorid 	
Diabetes Mellitus (İyileşme Fazı)	

Metabolik asidozda klinik olarak; halsizlik, yorgunluk, baş ağrısı, letarji, bulantı, kusma, diyare, stupor ve koma görülebilir.

Asidozun tedavisi altta yatan bozukluğun tedavisi ve normal doku ve perfüzyonun yeniden sağlanmasıdır [38]. Metabolik asidozda alkali tedavisinin bazı riskleri vardır. Hızlı NaHCO_3 replasmanı santral sinir sisteminde paradoksal hücre içi asidoz, oksijen sunumunun bozulması, hipopotasemi, hipokalsemi, alkaloz, hipernatremi, hiperozmolalite ve hipervolemi gibi komplikasyonlara yol açabilir. Bikarbonatın kan beyin bariyerinden santral sinir sistemine geçişi yavaştır, Bu nedenle intravenöz HCO_3^- plazmayı santral sinir sistemine göre çok daha hızlı alkalinize eder. Serum pH'sı yükseldikçe, periferik kemoreseptörler pH'yı normalleştirmeye yönelik bir çaba olarak pCO_2 'yi artırmak için ventilasyonu azaltır. Kan-beyin bariyerinden hızlı bir şekilde difüze olan CO_2 beyinde artar ve santral sinir sistemi plazmanın alkalizasyonuna rağmen daha asidotik olur. Bu reaksiyon paradoksal santral sinir sistemi asidozuna neden olur. pH <7,1'in altına düştüğünde ve hemodinamik dengesizlik belirginleştiğinde hızlı bikarbonat tedavisi verilmesi endikedir [39]. Fakat dikkat etmek gereken bir durum vardır. Yetersiz solunumsal yanıtın varlığında HCO_3^- verilmesi durumunda bikarbonat, CO_2 ve H_2O 'ya dönüştürüleceğinden solunumsal asidozu artırabilir [38].

2.12.2 Metabolik Alkaloz

Baz uygulanması veya etkin olarak H^+ uzaklaştırılması, hücre dışı sıvıda bikarbonat konsantrasyonunu artırır. Metabolik alkalozun en yaygın nedeni kusma veya gastrik yoldan hidroklorik asit kaybedilmesidir [39]. Metabolik alkaloz kloru duyarlı ve kloru duyarsız olarak sınıflandırılır [38].

Klor kaybına yol açan durumlar serum klor konsantrasyonunda ve hücre dışı sıvı hacminde azalmaya yol açarlar. Bu durum mineralokortikoid aktivitesine neden olur. Sodyum geri emilimi artıp, distal tübülden potasyum ve hidrojen atılımı artar. İdrar alkalemik olur ve klor içeriği düşüktür. %0,9 NaCl tedavisine yanıt veren hipokalemik, hipokloremik metabolik alkaloz oluşur. Kloru duyarsız metabolik alkaloz durumunda artmış mineralokortikoid aktivitesi, hipovolemi dışındaki bir patoloji sonucu oluşmasından ötürü idrarda klor atılımı normal veya artmış bulunur. %0,9'luk NaCl tedavisine yanıt vermez [38].

Alkaloz tedavisinde asetazolamid belirgin bir şekilde bikarbonat atılımına neden olur ve etkili bir tedavidir. Fakat potasyum, magnezyum ve fosfat konsantrasyonlarının dikkatli takip edilmesi gerekmektedir.

Alkaloz, tetani, nöromusküler dengesizlik, nöbetler, iyonize kalsiyum, fosfat ve magnezyum değerlerinde azalmaya neden olur. Koroner ve serebral kan akımını azaltır. Ciddi aritmilerin oluşmasına neden olabilir.

Tablo 7: Metabolik Alkaloz Nedenleri

Metabolik Alkaloz Nedenleri	
Klora Duyarlı Metabolik Alkaloz	Klora Duyarsız Metabolik Alkaloz
• Kusma	• Renal Arter Stenoza
• İshal	• Renin Salgılayan Tümörler
• Diüretik Tedavisi	• Adrenal Hiperplazi
• Klor Tüketim Hastalıkları	• Hiperaldosteronizm
○ Kistik Fibrozis	• Cushing Sendromu
○ Klor Tüketici Enteropati	• Liddle Sendromu
	• Ekzojen Mineralokortikoidler

2.12.3 Respiratuar Asidoz

Alveoler ventilasyonun azalması durumunda CO₂ atılımı azalarak pCO₂'nin yükselmesine neden olur ve respiratuar asidoz gerçekleşir. pCO₂'nin akut artışı uyku hali, konfüzyon ve sonuçta CO₂ narkozuna neden olur [39].

Akut respiratuar asidoz durumlarında başlangıçta kompanzasyon olmaz. Ortalama 2-5 günde böbrek optimal kompanzasyonu sağlayabilir. pH'ı normal seviyede tutabilmek için bikarbonat tutulumunu artırır ve H⁺ iyonu sekresyonunu artırır [12]. CO₂ vazodilatör etki gösterir. CO₂'nin artması serebral kan akımını artırır. Kafa içi basıncı artırır. Optik fundustaki kan damarları genelde dilate ve ödemli görünür. Papil ödeme neden olabilir [39].

Tablo 8: Respiratuar Asidoz Nedenleri

Respiratuar Asidoz Nedenleri	
Üst Solunum Yolu Obstrüksiyonu	Sinir Sistemi Patolojileri
Yabancı Cisim	Multiple Skleroz
Laringospazm	Poliomyelit
Alt Solunum Yolu Obstrüksiyonu	Guillain-Barre
Astım	Myastenia Gravis
KOAH	Musküler Distrofi
Alveoler Dolum	İlaçlar
Bronkopnömoni	Narkotik Analjezik Kullanımı
Pulmoner Ödem	Kürar
Kifoskolyoz	Süksinilkolin
Skleroderma	Mivakuryum
Ankilozan Spondilit	Veküronyum
Pakiplörit	Toksinler
Restriktif Pulmoner Hastalıklar	Tetanoz
Fibrozis	Botulizm

2.12.4 Respiratuar Alkaloz

Solunum hızının veya derinliğinin artması CO₂ eliminasyonunu artırır. Bu durum, H⁺ iyon konsantrasyonunun azalmasına yol açar ve pH yükselir. Eğer respiratuar alkalozis nedeni uzun sürerse 2-5 gün içinde metabolik kompanzasyon gerçekleşir. Akut respiratuar alkalozis, panik hissi, halsizlik, ellerde ve ayaklarda parestezi, kaslarda güçsüzlük ve kramplar şeklinde klinik bulgular verir [12]. Ağır olgularda tetani oluşur [39].

Tablo 9: Respiratuar Alkaloz Nedenleri

Respiratuar Alkalozis Yapan Durumlar	
Oksijen Azlığı	Santral Sinir Sistemi Kaynaklı
Ağır Anemi	Volunteer Hiperventilasyon
Pulmoner Hastalık	Gram-Negatif Septisemi, Enfeksiyon
Septisemi	Respiratuar Stimulanlar
Kronik Kalp Yetersizliği	KİBAS
Yüksek İrtifa	Travma
Pulmoner Kaynaklı	Pontin Tümörleri
Lober Pnömoni	Serebrovasküler Hemorajiler
Pulmoner Ödem	İyatrojenik
Pulmoner Emboli	Mekanik Hiperventilasyon

Tablo 10: Asit – Baz Bozukluklarında Kompansatuar Yanıtlar

Asit-Baz Bozukluklarında Beklenen Kompansatuar Değişiklikler		
	Birincil Değişim	Kompansatuar Yanıt
Metabolik Asidoz	HCO_3^- azalır	pCO_2 azalır
Metabolik Alkaloz	HCO_3^- artar	pCO_2 artar
Solunumsal Asidoz	pCO_2 artar	HCO_3^- artar
Solunumsal Alkaloz	pCO_2 azalır	HCO_3^- azalır

2.13 Elektrolit Bozuklukları

2.13.1 Sodyum Bozuklukları

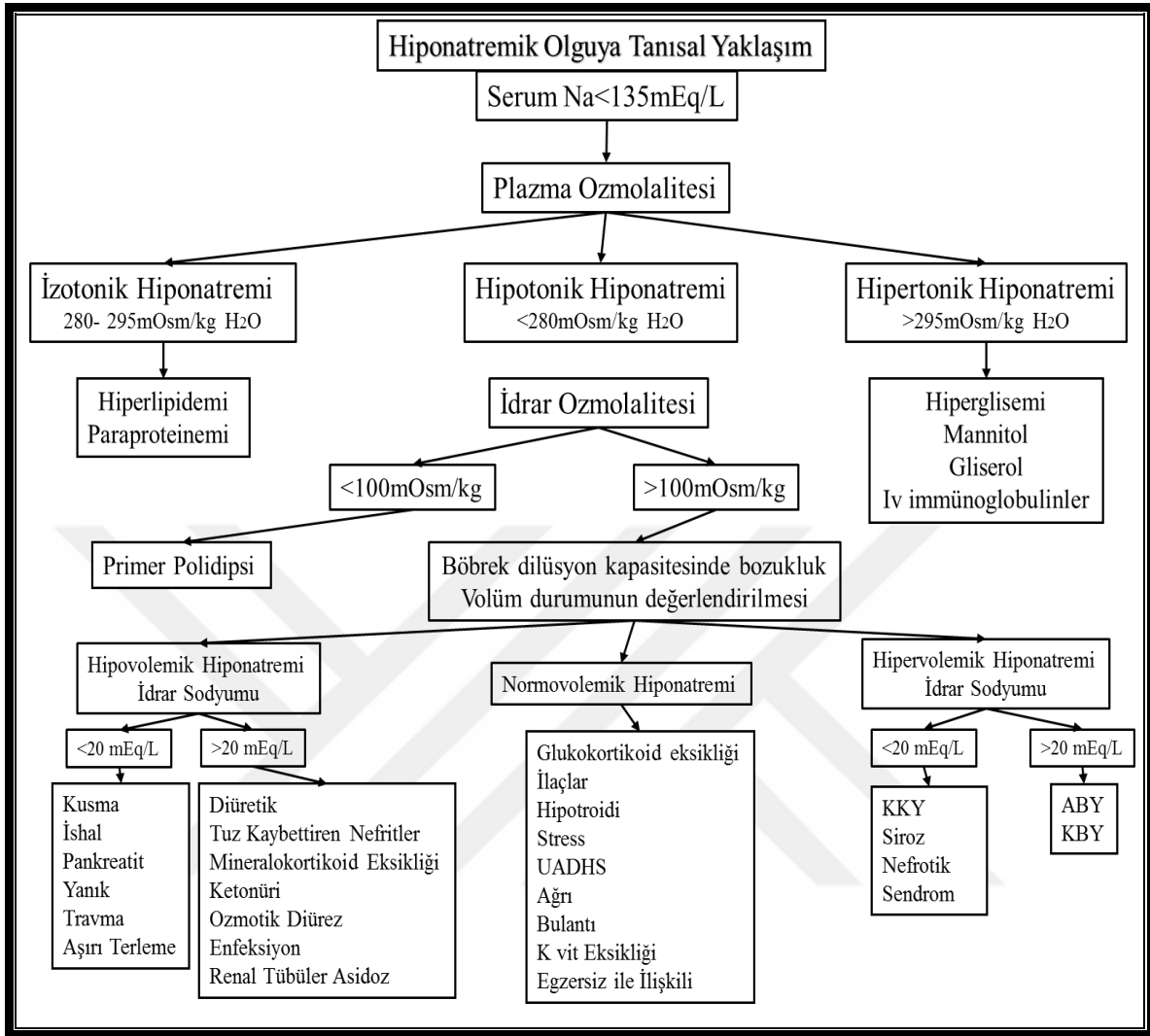
Hücre dışı sıvıdaki ana katyondur. Normal değer aralıkları 135-145 mmol/L'dir. İntraselüler alanda 5 mEq/L sodyum bulunur. Günlük su ve tuz alımında önemli farklılıklar olmasına rağmen normal şartlarda tuz dengesi bu değer aralıklarında tutulur. Plazma ozmolaritesini belirleyen en önemli parametre sodyumdur.

Acil serviste en sık rastlanan elektrolit bozukluğu hiponatremidir [40, 41]. Cerrahi hastalarda en sık görülen elektrolit dengesizliğidir. Genel olarak hiponatremik hastaların yarısından fazlası yatan hastadır [42].

Hiponatremik olguların çoğu asemptomatiktir. Hastalar, 120-125 mmol/L sodyum konsantrasyonuna sahipken bile asemptomatik olabilirler. Özellikle süreç hızlı gelişmişse semptomlar daha şiddetli görülmektedir. Bulantı, kusma, baş ağrısı, iştahsızlık, letarji, yorgunluk, apati, disoryantasyon, bayılma hissi, ajitasyon, kas krampları ve konvülsiyonlar başlıca semptomlardır. Fizik muayenede dehidratasyon bulguları, bilinç bozuklukları, ataksi, derin tendon reflekslerinde azalma, patolojik refleksler, psödobulber paralizi, kafa içi basınç artması sendromu (KİBAS), hipotermi, Cheyne-Stokes solunumu gözlenebilir [43].

24 saat içinde gerçekleşen hiponatremiler akut, birkaç saat içinde gerçekleşenler hiperakut hiponatremi olarak değerlendirilir. 48 saatten daha uzun sürede gerçekleşen hiponatremiler kronik hiponatremi olarak değerlendirilir [44]. 24-48 saat içinde gerçekleşen hiponatremiler ise subakut hiponatremi olarak değerlendirilir. Bu farkların iyi tanımlanması önemlidir. Klinik olarak kronik hiponatremik vakalar çok düşük sodyum değerlerini bile tolere edebilmektedir ve bu durumdaki hastalara uygulanan aşırı agresif tedaviler ciddi nörolojik sekellere neden olabilmektedir [43].

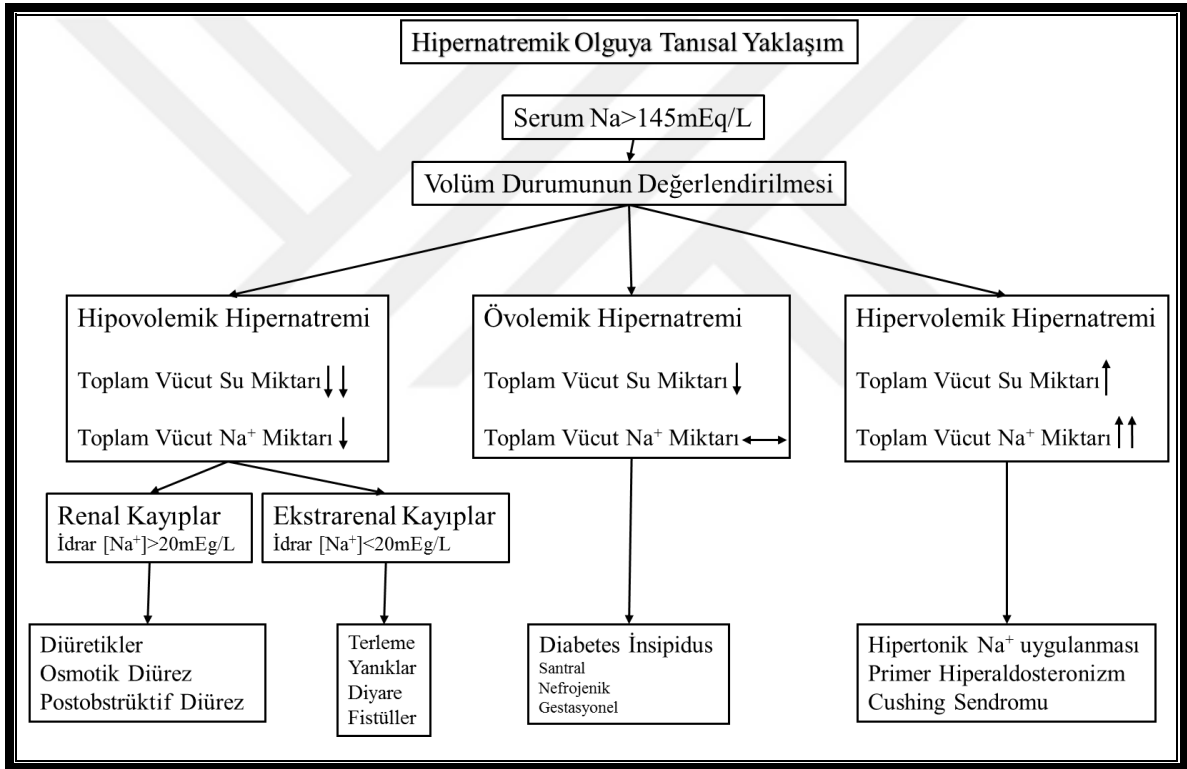
Hiponatremi değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken bir durum psödohiponatremidir. Laboratuvar ölçümü sırasında serum sodyumu iyon-spesifik elektrotlarla ölçülmüyor ise alev fotometresi serumdaki toplam sodyumun suda eriyen ve erimeyen komponentlerini birlikte ölçtüğünden plazma suyu ve suda eriyen sodyum kompartmanı azalır ve sodyum düşük bulunur. Psödohiponatremik durumların başında, hiperlipidemi, hiperproteinemi ve gliserinle barsak irrigasyonu gelir.



Şekil 5: Hiponatremik Olguya Tanısal Yaklaşım

Hiponatremili hastalarda nöbet gibi ciddi semptomların olması, akut başlayan ve orta düzey semptomla sahip hiponatremili hastalarda veya hiperakut başlayan hiponatremilerde, akut başlayan postoperatif veya intrakranial patolojinin neden olduğu semptomatik hiponatremili hastalarda ve beyin ödemi gelişmesi durumlarında acil olarak en kısa sürede hipertonic salin başlanmalıdır. Hipertonik salinle tedavi edilen hastalarda tedavi hedefi; 24 saatte serum sodyum düzeyini, 4-6 mEq/L/gün kadar artırmak olmalıdır. Bu değer 9 mEq/L/gün'ü geçmemelidir. Acil tedavi alan hastaların serum sodyum düzeyleri iki saatte bir ölçülmelidir [45, 46].

Serum sodyum düzeyinin 145 mEq/L üzerinde olmasına hipernatremi denilir. Geniş bir yelpazede görülebilen bir hastalıktır [47]. Hiperosmolariteye sebep olur. Sodyumun plazma konsantrasyonunun artışı kaynaklanan plazma osmolaritesindeki yükselme, hücre içinden ekstrasellüler sıvıya su çıkışı ile sonuçlanan bir osmotik gradiyente neden olur. Nörolojik semptomların primer sorumlusu beyindeki hücresel dehidratasyondur. Semptomlar, anoreksiya, kas zayıflığı, halsizlik, bulantı/kusma, mental durum değişikliği, letarji, iritabilite, stupor ve koma olabilir [48, 49]. Azalmış su alımı, sodyum fazlalığında su kaybı, artmış sodyum alımı hipernatremiye neden olabilir.



Şekil 6: Hipernatremik Olguya Tanısal Yaklaşım

Tedavide ekstraselüler volüm eksikliği varsa övolemi sağlanana kadar izotonik NaCl verilmelidir. Hasta övolemik hale geldikten sonra hipotonik sıvılara geçilir. Ekstraselüler volüm fazlalığı varsa sıvı kısıtlamasına gidilir veya diüretik tedavi verilebilir. Akut hipernatremide Na konsantrasyonu 1mEq/L/saat hızında düzeltilir. Kronik hipernatremide ise hedef tedavi maksimum 0.5mEq/L/saat hızında ve planlanan Na değeri 145mEq/L olacak şekilde yapılmalıdır [50].

2.13.2 Potasyum Bozuklukları

Potasyum majör intraselüler bir katyondur. Hücre yüzey membran potansiyeli, sinir ileti ve kas kontraksiyonu gibi olaylarda primer rol alır. Hücre içi ve dışı potasyum oranları, insülin, beta adrenerjik katekolaminler, tiroid hormonları, asidoz ve alkaloz durumları ile ayarlanmaktadır [51]. Hücre dışı potasyum normal değer aralıkları 3,5-5,0 mmol/L'dir.

Serum potasyum düzeyinin 3,5 mmol/L'nin altına düşmesi hipopotasemi olarak tanımlanır. Kusma, diyare, laksatifler, tüp drenajı gibi gastrik veya intestinal sekresyon kayıplarına bağlı hipopotasemi gelişebilir. Diyaliz veya plazmaferez yapılan hastalarda hipopotasemi gelişebilir [52].

Klinik bulgular kalp ve sinir sistemi gibi uyarılabilen hücrelerin bulunduğu dokularda belirgindir. Elektrokardiyogramda "T" dalgalarında düzleşme ve hemen sonrasında "U" dalgalarında belirginleşme görülür. Özellikle iskemik kalp hastalığı bulunan kişilerde hipopotasemi mortal atriyal ve ventriküler aritmilere neden olabilir. Bu kardiyak yan etkiler digital kullanan yaşlı hastalarda daha da belirgin ve sıktır [53]. Hastanın başvuru şikayetleri kas güçsüzlüğü, kolay yorulma, kas ağrıları, kramplar olabilir. Ciddi hipopotasemide rabdomiyoliz gelişebilir.

Potasyumun büyük çoğunluğu hücre içinde bulunur. Hücre dışından hücre içine potasyum geçişini insülin, beta adrenerjik aktivite, alkaloz gibi durumlar artırır ve hipopotasemiye neden olabilirler [53, 54].

Potasyum replasmanı oral veya parenteral yoldan yapılabilir. Eğer hastada acil olarak düzeltilmesi gereken ciddi bir hipopotasemi yoksa oral yol tercih edilmelidir. Bu şekilde daha fazla potasyum vermek mümkündür. Tedavinin en önemli komplikasyonu hiperpotasemidir. Özellikle kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda dikkat edilmelidir [55].

Hiperpotasemi, serumdaki potasyum düzeyinin 5,0 mmol/L'nin üzerine çıkması durumudur. İlk olarak bu değerlerde psödohiperpotasemi dışlanmalıdır. Hemolizli numune veya kan alımı sırasında uzun süre turnike kullanımına bağlı hatalı yüksek değerler görülebilir.

Hiperpotaseminin en sık bulguları; kas güçsüzlüğü, paralizi, kardiyak ileti bozuklukları, aritmilerdir. Bu bulgular genellikle serum K değerleri 7mEq/l'nin üzerine çıktığı ya da daha akut olarak yükseldiğinde oluşur [56].

Uyarılabilen hücrelerdeki membran potansiyelini hücre içi/hücre dışı potasyum oranı belirler. Dolayısıyla hiperpotaseminin klinik bulguları uyarılabilir hücreleri içeren dokularda belirgin olarak dikkati çeker.

Hiperpotaseminin tedavisi için; kalsiyum glukonat, insülin+glukoz, beta2 adrenerjik agonistler, sodyum bikarbonat uygulanabilir. Kalsiyum glukonat dışındaki tedaviler hücre dışı potasyumu hücre içine çekmeye yöneliktir. Kalsiyum glukonat vermekteki amaç miyokard hücrelerinin depolarizasyon eşiğini yükselterek hiperpotaseminin kardiyak etkilerini azaltmaktır. Bu tedaviler, EKG değişikliği olan ciddi hiperpotasemili (genellikle serum K düzeyi $> 6,5-7,0$ mEq/L) ve doku hasarına bağlı akut gelişen hiperpotasemili hastalarda endikedir [57, 58].

2.13.3 Kalsiyum Bozuklukları

Kalsiyum primer olarak ekstraselüler sıvıda bulunan +2 değerlikli bir katyondur. Kalsiyumun büyük bir kısmı kemik ve diş yapısı içerisinde fosfat karbonat tuzları şeklinde bulunur. Kalsiyum birçok hormonun sekresyonunda, hücre içi sinyal oluşumunda, kas kontraksiyonunda, koagülasyon kaskatında görev almaktadır. Bütün bu fonksiyonları nedeniyle iyonize kalsiyum değerlerini dar bir aralıkta tutmak önemlidir. Paratiroid hormon ve D vitamini ile serum kalsiyum değeri yakın korelasyon halindedir [59].

Hipokalsemi için pek çok neden sıralanabilir. Hipoparatiroidizm, paratiroid hormonuna direnç, D vitamini eksikliği, D vitamin direnci, kronik böbrek yetmezliği, hiperfosfatemi, osteoblastik metastazlar, akut pankreatit, sitratlı multiple kan transfüzyonu, gram negatif sepsis, bifosfonat grubu ilaç kullanımı bunlardan bazılarıdır [8].

Hipokalsemi sıklıkla semptom vermez. Semptomlar; kan kalsiyum düzeyi, hipokalseminin süresi ve hipokalsemi gelişme hızına bağlıdır. Hipokalsemi, nöromusküler irritabiliteye (Parestezi, laringospazm, bronkospazm, blefarospazm, tetani), papilödem ile birlikte KİBAS'a, ekstrapramidal bozukluklara, QT uzamasına ve kalp bloklarına neden olabilir [8].

Ciddi semptomları olan ya da düzeltilmiş kalsiyum değeri $7,5$ mg/dl'nin altında olan hastalara iv kalsiyum tedavisi verilmelidir. Orta düzey semptomları olan hastalara oral kalsiyum tedavisi verilmelidir.

Serum kalsiyum düzeyinin 11 mg/dl'nin üzerinde olması durumuna hiperkalsemi denir. Serum kalsiyum düzeyi albümin ile düzeltilmelidir ve yüksek değerler tekrar test edilmelidir. Vakaların büyük çoğunluğunda neden, primer hiperparatiroidizm ile maligniteye bağlıdır.

Hiperkalsemi, halsizlik, sersemlik hissi, depresyon, konfüzyon, stupor, koma, proksimal kas zayıflığı, hiporefleksi, bulantı, kusma, anoreksi, konstipasyon, pankreatit, poliüri, polidipsi, nefrolitiazis, hipertansiyon, QT mesafesinde kısalma, bradikardi ve dijitallere duyarlılıkta azalmaya neden olabilir [8].

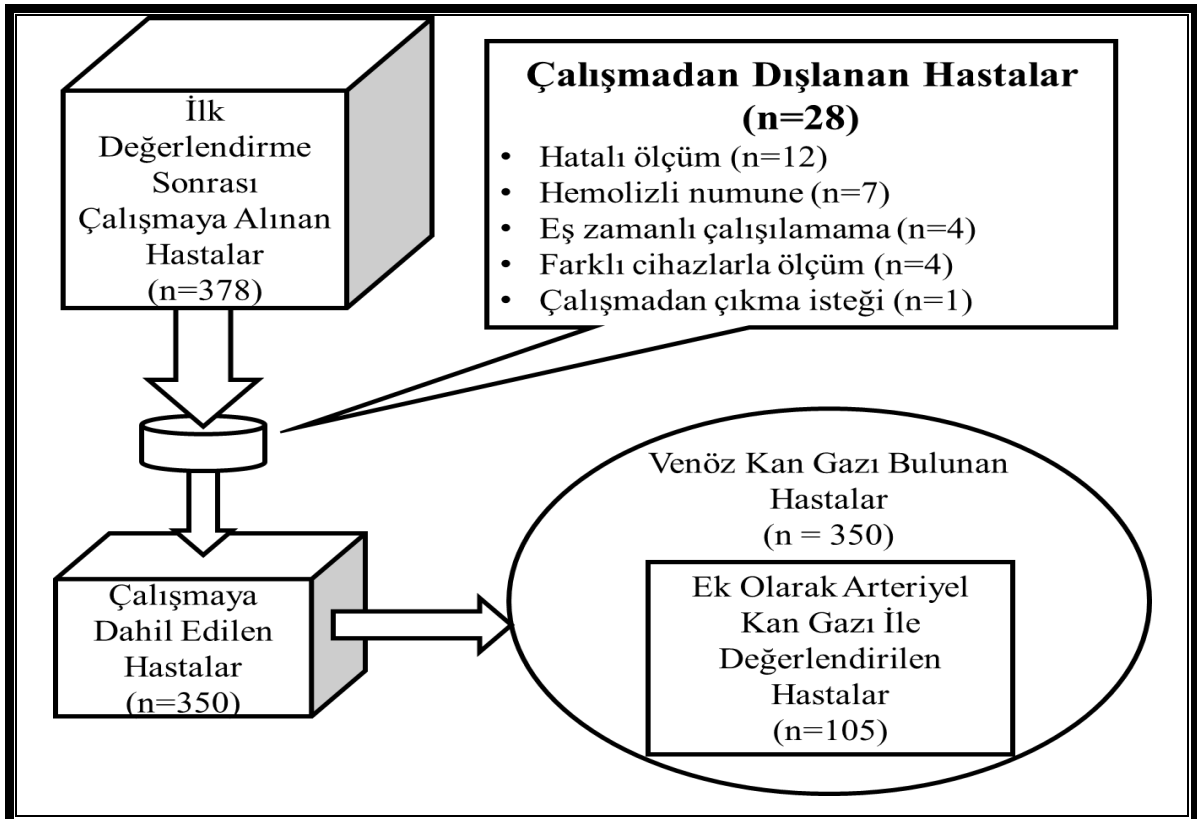
IV hidrasyon tedavide önemli bir yer tutar. Beraberinde loop diüretikleri kullanılabilir fakat bu rutinde önerilmez. Kalp veya böbrek yetmezliği olup sıvı fazlalığı olan hastalarda loop diüretikleri dikkatli bir şekilde verilebilir [60, 61]. Bifosfonat, mitramisin, kalsitonin, fosfat, glukokortikoid verilmesi veya diyaliz uygulanması ile kan kalsiyum düzeyi düşürülebilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, prospektif klinik bir çalışma olarak planlandı. Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisinde 01.05.2016 ile 30.09.2016 tarihleri arasında yürütüldü. Çalışmaya alınması planlanan hastalara çalışma hakkında bilgi verilerek çalışmaya katılmayı kabul edenlerden bilgilendirilmiş onam alındı.

Çalışma için etik kurul izni, Ufuk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu'ndan alındı. Çalışmada, "Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi" esaslarına uyuldu.

Toplamda 378 hasta hekim tarafından ilk muayenesi gerçekleştirildikten sonra çalışma kriterlerini karşılamaması nedeniyle çalışmaya dahil edildi. 28 hasta çalışmadan dışlandı. Bu 28 hastanın 12'sinde kan gazında hatalı ölçüm yapıldığına dair uyarı işareti bulunmaktaydı. 7'sinde hemolizli numune tespit edildi. 4'ünde venöz kan gazı eş zamanlı çalışılmadı. Diğer 4'ünde kan gazı merkez laboratuvarında farklı cihazda çalışıldı. 1'inde ise hasta çalışmadan ayrılmak istedi. Çalışmaya 350 hasta dahil edildi. Bu hastalarda venöz kan gazı değerleri ve biyokimyasal parametrelere bakıldı. 350 hastanın 105 tanesine venöz kan gazı ile eş zamanlı arteriyel kan gazı alındı.



Şekil 7: Akış Şeması

350 hastanın 173'ü (%49,4) kadın, 177'si (%50,6) erkektir. Hastaların yaş ortalaması 58'dir. En düşük yaş 18 olup en ileri yaş 96'dır. Erkek hastaların yaş ortalaması 60 olup kadın hastaların yaş ortalaması 56'dır.

Arteriyel kan gazı ile değerlendirilen hasta grubunun ortalama yaşı 73'tür. Bu hasta grubunda kadın hasta sayısı 42 (%40), erkek hasta sayısı 63 (%60)'tür. Bu gruptaki kadın hastaların yaş ortalaması 73, erkek hastaların ortalama yaşı 72'dir

Çalışmaya başlamadan önce acil serviste çalışacak acil tıp hekimlerine ve acil servis personeline, laboratuvar ve işleyiş hatalarını düşük seviyelerde tutmak için çalışma hakkında detaylı bilgi verildi.

Çalışmada hemolizli numuneler, kan gazı ile biyokimya ve CBC örnekleri arasında 5 dk'dan fazla zaman farkı olan numuneler, kan gazında test hatası olduğuna işaret eden bulguları olan numuneler çalışma dışı bırakıldı. Ayrıca 20 G'den daha küçük boyutlarda damar yolu açılmış hastalar ve 18 yaşından küçük hastalar çalışmaya alınmadı.

Hastalardan venöz kan örneği antekübital bölgede açılan damar yolundan alındı. Sırasıyla kırmızı kapaklı biyokimya tüpü, mor kapaklı CBC tüpü, son olarak da venöz kan gazı için yeşil kapaklı heparin içeren negatif vakumlu tüp kullanıldı.

Tüm arteriyel kan gazı alınma uygulamaları standart yöntemlere göre yapıldı. Çalışmada arteriyel kan gazı için öncelikle radial arter ponksiyonu denendi. Radial arter ponksiyon işleminin başarısız olması, Allen testi sonucu el dolaşımında sorun tespit edilmesi ve radial arter pulsasyonunun hissedilememesi durumlarında femoral arter ponksiyonu yapıldı.

Kan gazı alımı gerçekleştirilecek hasta sedyeye supin pozisyonda yatırıldı. El bileği yaklaşık 40 (kırk) derece dorsifleksiyona getirildi. Antiseptik solüsyon ile ponksiyon yapılacak alan temizlendi. İğne arter yönünde 45 derecelik açı ile deri altına doğru yavaşça ilerletilerek arter lümenine girildi. Enjektöre 1 ile 2 ml civarında kan alımı gerçekleştirildikten sonra iğne çıkarıldı ve yaklaşık 5 dakika kadar bölgesel tampon yapıldı. Femoral arterden kan gazı örneği alma işleminde ise hasta supin pozisyonunda yatırılıp antiseptik solüsyon ile ponksiyon yapılacak bölge temizlendikten sonra, iğne arter yönüne 70 derecelik açı yapacak şekilde deri altına ilerletildi. Arter lümenine girildikten sonra enjektöre 2 ml civarında kan alımı gerçekleştirildi. Sonrasında iğne çıkarılıp 5 dakika kadar bölgesel tampon yapıldı.

Arteriyel kan gazı, alınışından hemen sonra enjektörün koruma kapağı ile kapatılıp ortamdaki hava ile gaz alışverişi engellendi. Venöz kan gazı heparin barındıran negatif vakumlu tüplere direk alındığı için böyle bir prosedür uygulanmadı.

Arteriyel kan gazı alınan hastaların bir grubunda iğne ucu 22 gauge olan lityum heparin barındıran hazır kan gazı enjektörü kullanıldı (Plasti-med, kan gazı şırıngası 2 ml, 72 IU Lityum Heparin, 22 G iğne). Diğer hasta grubunda ise kan gazı alımı sırasında iğne ucu 26 gauge olan insülin enjektörü iğnesi ve lityum heparin barındıran hazır kan gazı enjektörü kullanıldı.

Alınan kan gazı örnekleri acil serviste resüsitasyon odası içinde bulunan kan gazı cihazında (Radiometer, ABL800 BASIC) çalışıldı. Kan gazı cihazının acil servisin içinde bulunması ve her an ulaşılabilir olması nedeniyle alınan kan gazları, alınışından hemen sonra cihaza sunulabildi. Bir hastadan alınan arteriyel ve venöz kan gazlarının her ikisi de alınışından en geç beş dakika sonra sonuçlandırıldı.

CBC ve biyokimya tüplerine alınan kanlar beş dakika içerisinde merkez laboratuvara ulaştırıldı. Laboratuvarda biyokimyasal parametrelerden sodyum ve potasyum ICT (Integrated Chip Technology) kiti kullanılarak seyreltilmiş iyon seçici elektrot (indirekt) tekniğiyle (ARCHITECT c8000 Clinical Chemistry Analyzer, Abbott) çalışıldı. Glukoz ise Heksokinaz/G-6-PDH (Glukoz 6-Fosfat Dehidrogenaz) metodolojisi (ARCHITECT c8000 Clinical Chemistry Analyzer, Abbott) kullanılarak değerlendirildi. Tam kan sayımı tetkikinde (Cell-Dyn/Rubby, Abbott) yirmi parametre değerlendirildi.

Arteriyel kan gazı alımı sırasında hastalara işlemin ağrı derecesini değerlendirmesi talep edildi. Bunun için görsel analog skala (visual analog scale; VAS) kullanıldı. 10 cm uzunluğundaki VAS'da sol tarafta hiç ağrı yok anlamına gelen "sıfır"dan (0) dayanılmaz bir ağrı olduğu anlamına gelen "on"a (10) kadar olacak şekilde sıralama yapıldı. Hastalardan kan gazı alımı sonrası bu skalaya göre ağrı şiddetlerini açıklamaları istendi.

Hastaların yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, beden kitle indeksi, tanı konmuş hastalıkları, kullanmakta olduğu ilaçları kayıt edildi.

Hastaların beden kitle indeksi hesaplandı. Hesaplamak için "kilo/boy²" formülü kullanıldı. 18,5 kg/m²'nin altında olanlar 'zayıf', 18,5-24,9 kg/m²'nin arasında olanlar 'normal', 25-29,9 kg/m²'nin arasında olanlar 'şişman', 30 kg/m²'nin üzerinde olanlar obez olarak kategorize edildi.

3.1 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS sürüm 20 yazılımı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (Histogram ve Olasılık Grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov – Smirnov / Shapiro – Wilk Testleri) kullanılarak incelendi. Tanımlayıcı istatistikler normal dağılan değişkenler için ortalama \pm standart sapma verilerek yapıldı. Normal dağılım göstermeyen değişkenler için tanımlayıcı istatistikler ortanca ve çeyrekler arası aralık kullanılarak verildi.

İki farklı ölçüm yönteminin birbiriyle karşılaştırıldığı değerlendirmelerde, verilerin normal dağılım özelliği göstermesi durumunda Eşleştirilmiş T testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen verilerde iki ölçüm yönteminin karşılaştırılması için Wilcoxon testi kullanıldı.

İki test yönteminin birbiriyle uyumu için Bland – Altman grafikleri kullanıldı. Model oluşturmak ve testlerin uyumunu göstermek için regresyon analizi yapıldı.

Değişkenler arasındaki korelasyon için Pearson ve Spearman testleri kullanıldı.

Bağımsız gruplar arasındaki ilişki, verilerin normal dağılım özelliği göstermemesinden ötürü Mann – Whitney U testi kullanılarak karşılaştırıldı.

Çalışmada çapraz tablolar kullanıldı. Gruplar arasında sıklıklar bakımından fark bulunup bulunmadığı Ki-Kare testi kullanılarak değerlendirildi.

Çalışmada Bland – Altman grafikleri için Graphpad Prism 6.0 yazılımı kullanıldı.

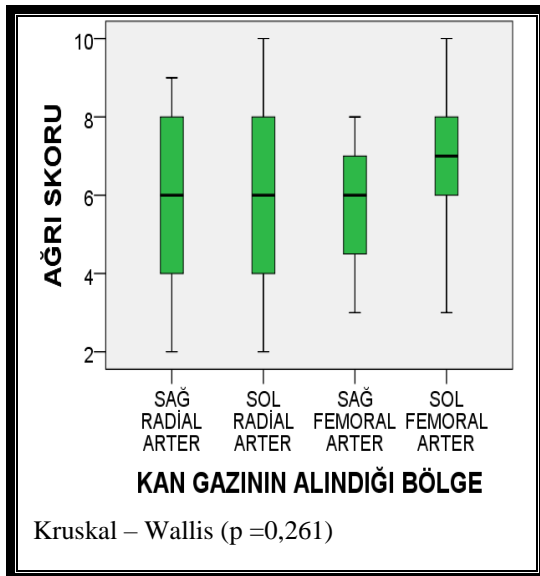
Çalışmada P – değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

4. SONUÇLAR

4.1 Arteriyel Kan Gazı Alımını Etkileyen Faktörler

Tablo 11: Kan Gazının Alındığı Bölge ile Ağrı Şiddeti ilişkisi

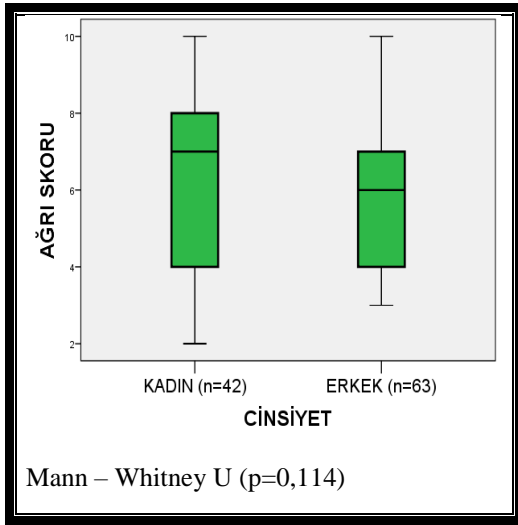
Ağrı Skoru VAS (0-10)	Arteriyel Kan Gazının Alındığı Bölge			
	Sağ Radial Arter	Sol Radial Arter	Sağ Femoral Arter	Sol Femoral Arter
n=105	41	24	19	21
Ortalama Standart Sapma	5,68±2,13	5,79±2,28	5,89±1,72	6,76±1,86
Ortanca	6,0	6,0	6,0	7,0
En Düşük Değer	2	2	3	3
En Yüksek Değer	9	10	8	10



Arteriyel Kan gazının alındığı bölge ile hastaların ağrı skorları incelendi. Sağ radial arterden alınan kan gazlarında ağrı skoru ortalama $5,68 \pm 2,13$ iken ortancası 6'dır. Sol radial arterden alınan kan gazlarında ağrı skoru ortalama $5,79 \pm 2,28$ 'dir. Ortanca 6'dır. Sağ femoral arterden alınan kan gazlarında ağrı skoru ortalama $5,89 \pm 1,72$ 'dir. Ortanca 6'dır. Sol femoral arterden alınan kan gazlarında ağrı skoru ortalama $6,76 \pm 1,86$ 'dir. Ortanca 7'dir.

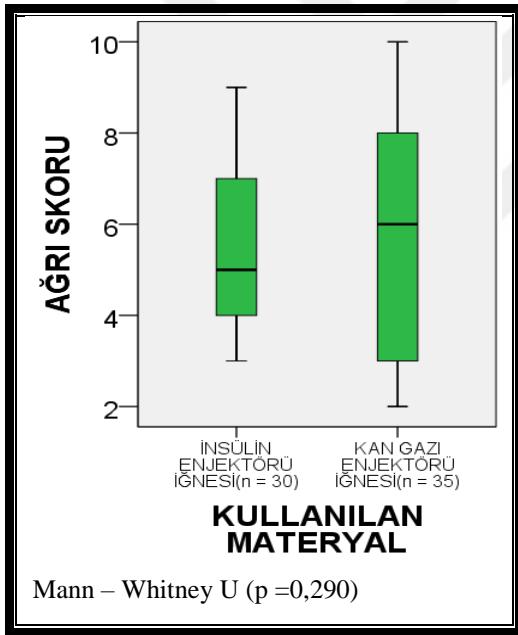
Şekil 8: Kan Gazının Alındığı Bölge ile Ağrı Skoru Arasındaki İlişki

Kruskal-Wallis testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi ve kan gazının alındığı bölge ile ağrı skoru arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,261$).



Hastaların arteriyel kan gazı alımı sırasında tanımladıkları ağrı skoru ile cinsiyetleri arasındaki ilişki incelendi. Kadınların ağrı skorunun ortalaması $6,31 \pm 2,2$ ortancası 7(4 – 8)'dir. Erkeklerin ağrı skorunun ortalaması $5,73 \pm 1,9$ ortancası 6 (4 – 7)'dir. Mann-Whitney U testi ile istatistiksel olarak değerlendirilme yapıldı ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p=0,114).

Şekil 9: Cinsiyet ile Ağrı Şiddeti İlişkisi



Kan gazı alımının gerçekleştirildiği enjektör iğnesinin tipi ve hastanın hissettiği ağrı şiddeti arasındaki ilişki incelendi. Kan gazı alımı sırasında 65 hastadan radial arterden kan gazı alımı gerçekleştirildi. İnsülin enjektörü iğnesi kullanılan hastaların göre tarif ettikleri ağrı skoru ortalaması $5,40 \pm 1,7$ iken ortancası 5 (4,0 – 7,0)'dir. Kan gazı enjektörü iğnesi kullanılan grupta hastaları tarif ettikleri ağrı skoru ortalaması $6,0 \pm 2,4$ iken ortancası 6 (3,0 – 8,00)'dir.

Şekil 10: Kan Gazı Alımında Kullanılan Gereç ve Yöntem ile Ağrı Şiddeti İlişkisi

Mann-Whitney U testi ile istatistiksel değerlendirilme yapıldı ve kullanılan iğnenin çeşidi ile ağrı skoru arasında fark anlamlı bulunmadı (p=0,290).

Kan gazı alımı sırasında kullanılan iğne türüyle deri penetrasyonu sayısı arasındaki ilişki incelendi. İnsülin enjektörü iğnesi ile ortalama $1,53 \pm 0,7$ kez deri penetre edildi. Ortanca 1(1 – 2)'dir. Kan gazı enjektörü iğnesi ile deri ortalama $1,74 \pm 0,9$ kez penetre edildi. Ortanca 1(1 – 3)'dir. Bu fark istatistiksel olarak değerlendirildi ve anlamlı bulunmadı (p=0,478).

Tablo 12: Beden Kitle İndeksi ile Kan Gazı Alınan Vücut Bölgesi Arasındaki İlişki

KAN GAZI ALIM BÖLGESİ	BEDEN KİTLE İNDEKSİ				
	ZAYIF-NORMAL		ŞİŞMAN-OBEZ		TOPLAM
	n	%	n	%	n
RADİAL ARTER	27	82	38	52	65
FEMORAL ARTER	6	18	34	47	40
TOPLAM	33	100	72	100	105

Ki-Kare ($\chi^2 = 8,092$; $p=0,004$)

33 hasta normal-zayıf kategorisine girmektedir. 33 hastanın 27'sinden (%82) kan gazı örnekleme radial arterden, 6'sının kan gazı örnekleme (%18) femoral arterden yapıldı. 72 hasta şişman-obeze kategorisine girmektedir. 72 hastanın 38'inden (%52) kan gazı örnekleme radial arterden, 34'ünün (%47) kan gazı örnekleme femoral arterden yapıldı. Arteriyel kan gazı alımı için seçilen vücut bölgesi ile hastanın beden kitle indeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptandı ($p=0,004$).

Tablo 13: Beden Kitle İndeksi ile Kan Gazı Alım Zorluğu Arasındaki İlişki

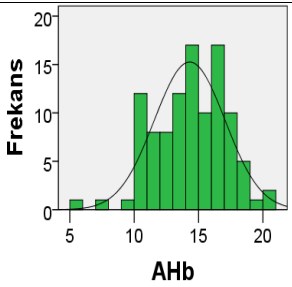
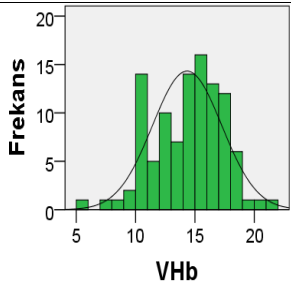
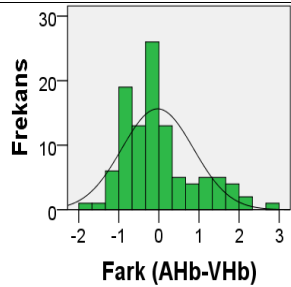
Arteriyel Kan Gazı Alımının Sınıflandırılması	BEDEN KİTLE İNDEKSİ (BMI)						
	NORMAL		ŞİŞMAN		OBEZ		TOPLAM
	n	%	n	%	n	%	n
KOLAY	26	78	22	57	3	9	51
ORTA	3	10	13	34	14	41	30
ZOR	4	12	3	9	17	50	24
TOPLAM	33	100	38	100	34	100	105

Ki-Kare ($\chi^2 = 40,984$; $p<0,001$)

Obezitenin kan gazı alımı sırasındaki etkisini incelemek amacıyla arteriyel kan gazı alımı sınıflandırıldı ve beden kitle indeksi ile çapraz tabloda karşılaştırıldı. Hastaların hiçbiri beden kitle indeksine göre zayıf kategorisinde yer almadı. BMI normal kategorisine giren hastaların %78'inden kan gazı kolay alındı. Obez hastalarda bu oran %9'dur. Obez hastaların %50'sinde kan gazı alımı zor olarak gerçekleşirken normal kategorisinde bu oran %12'dir. Bu farklar istatistiksel olarak ($p<0,001$) anlamlıdır.

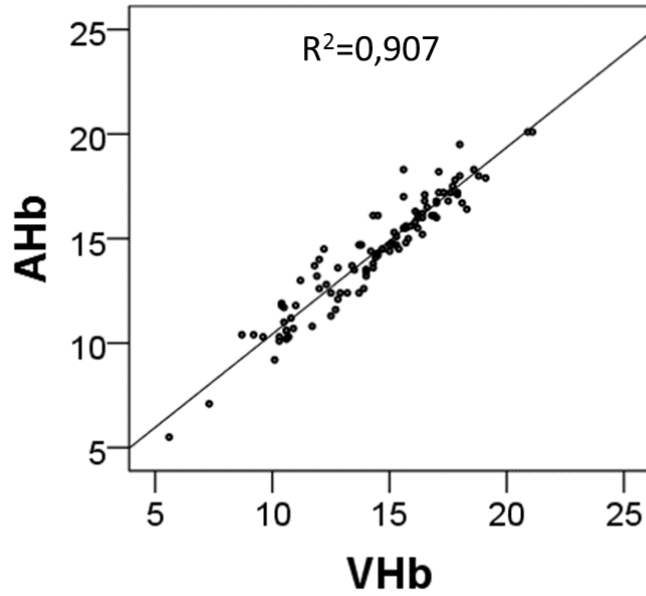
4.2 Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 14: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Hemoglobin (AHb)	Venöz Hemoglobin (VHb)	Fark (AHb-VHb)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	14,31±2,74	14,34±2,92	-0,03±0,89
Ortanca	14,5	14,5	-0,2
25. Persentil	12,4	12,2	-0,7
75. Persentil	16,2	16,4	0,3
En Düşük Değer	5,5	5,6	-1,90
En Yüksek Değer	20,1	21,1	2,70
Çarpıklık	-0,420	-0,327	0,899
Basıklık	0,171	-0,107	0,484

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-0,361, p=0,719)

Arteriyel kan gazı ile venöz kan gazı hemoglobin değerleri karşılaştırıldı. Hemoglobin değerleri incelendiğine arteriyel kan gazında ortalama hemoglobin değeri $14,31 \pm 2,74$ g/dl'dir. Ortanca 14,5 (12,4 - 16,2) g/dl, en düşük değer 5,5 g/dl, en yüksek değer 20,1 g/dl olarak ölçüldü. Venöz kan gazındaki hemoglobin değerlerinin ortalaması $14,34 \pm 2,92$ g/dl'dir. Ortanca 14,5 (12,2 - 16,4) g/dl'dir. En düşük değer 5,6 g/dl, en yüksek değer 21,1 g/dl'dir.



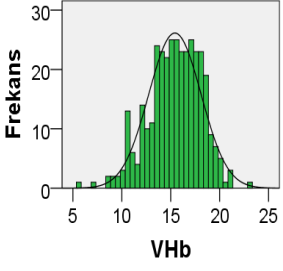
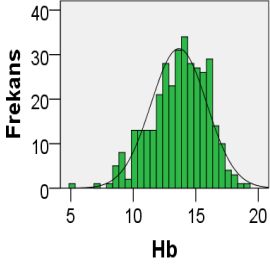
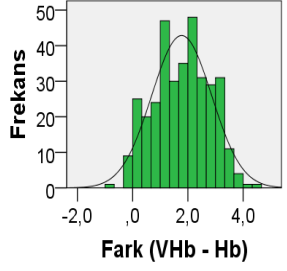
Şekil 11: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değerleri Dağılım Nokta Grafiği

Arteriyel hemoglobin ile venöz hemoglobin değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayısı 0,952'dir. ($p < 0,001$).

Normal dağılım gösteren bu verilerin arasındaki fark Eşleştirilmiş T testi ile değerlendirildi. Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,719$).

Hemoglobin değeri açısından bakıldığında bu iki testin birbiri yerine kullanılabilir olduğu sonucuna varıldı.

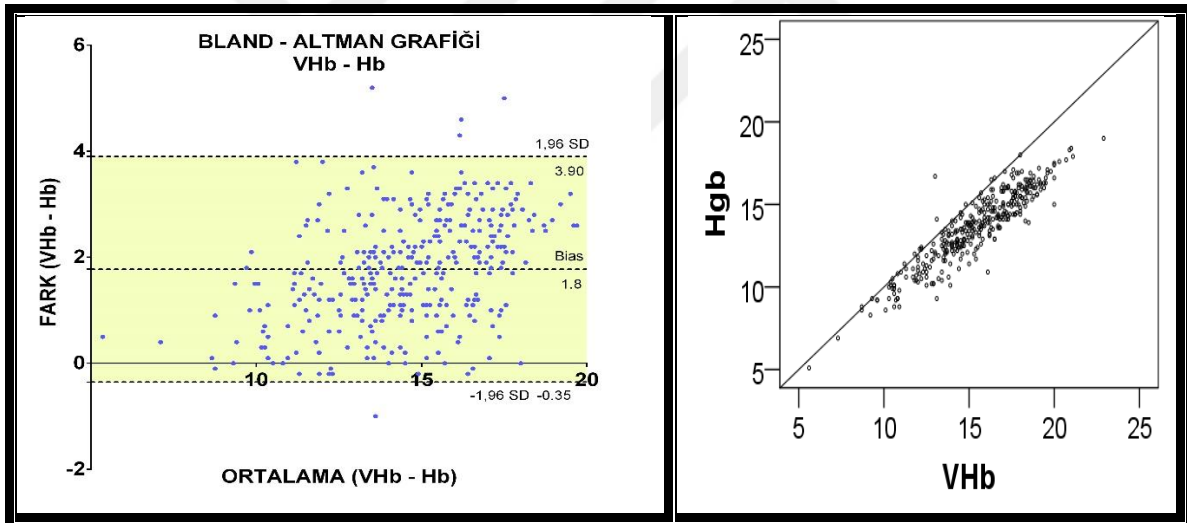
Tablo 15: Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hemoglobin Değerlerinin Karşılaştırılması

	Venöz Hemoglobin (VHb)	Laboratuvar Hemoglobin (Hb)	Fark (VHb- Hb)
Histogram			
n	350	350	350
Ortalama SD	15,4±2,6	13,6±2,2	1,8±1,0
Ortanca	15,6	13,9	1,8
25. Persentil	13,7	12,3	1,0
75. Persentil	17,5	15,4	2,6
En Düşük Değer	5,6	5,1	-3,7
En Yüksek Değer	22,9	19	5,2
Çarpıklık	-0,405	-0,446	-0,242
Basıklık	0,115	0,70	1,205

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=30,559, p<0,001)

Venöz kan gazındaki hemoglobin değeri ile laboratuvar tarafından ölçülmüş değerler karşılaştırıldı. Venöz kan gazında hemoglobin değeri ortalama $15,4 \pm 2,6$ g/dl olarak ölçüldü. Ortancası $15,6$ ($13,7 - 17,5$) g/dl'dir. En düşük hemoglobin değeri $5,6$ g/dl iken, en yüksek hemoglobin değeri $22,9$ g/dl'dir. Aynı hastaların laboratuvarında ölçülen hemoglobin sonuçlarının ortalaması $13,4 \pm 2,2$ g/dl'dir. Ortancası $13,9$ ($12,3 - 15,4$) g/dl'dir. En düşük hemoglobin değeri $5,1$ g/dl olarak ölçülürken, en yüksek hemoglobin değeri $19,0$ g/dl olarak ölçüldü.

İki ölçüm arasında yüksek korelasyon tespit edildi ($r = 0,917$, $p < 0,001$). Venöz hemoglobin değerleri ile laboratuvar hemoglobin değerleri arasındaki fark Eşleştirilmiş T testi ile değerlendirildi. Bu test sonucuna göre iki farklı ölçüm yönteminin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Testler birbirinin eş testi değildir ve birbiri yerine kullanılamaz.



Şekil 12: Vhb – Hb Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki hemoglobin ölçümü arasındaki sapma $1,8$ g/dl (%95 CI, $-0,35 - 3,90$ g/dl)'dir. Venöz hemoglobin ile laboratuvar hemoglobin arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.

US CLIA limitlerine göre hemoglobin için kabul edilebilir limit hedef hemoglobin değeri $\pm \%7$ 'dir. Çalışmamız hemoglobin açısından değerlendirildiğinde hastalarının %78'inde ($n = 273$) iki hemoglobin değeri arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstünde saptandı.

Tablo 16: Venöz Kan Gazındaki Hemoglobin Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Erkek Hasta Grubu)

Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değeri Erkek	Laboratuvar Hemoglobin Değeri Erkek		
	Ölçüm>18 Ölçüm<14	14≤Ölçüm≤18	Toplam
Ölçüm>18 Ölçüm<14	32	46	78
14≤Ölçüm≤18	27	72	99
Toplam	59	118	177

Metodolojik Araştırmalar Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hemoglobin Değeri Erkek			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	54	41	66
Spesifisite (Özgüllük)	61	52	69
Yanlış Negatif	45		
Yanlış Pozitif	38		
Test Geçerliliği	58		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	41	33	48
Negatif Prediktif Değer (NPD)	72	65	79

Çalışmada 177 adet erkek hasta bulunmaktadır. Laboratuvarında erkeklerde hemoglobin için normal değer aralıkları 14-18 g/dl olarak belirlenmiştir. Bu değer aralıklarının dışı patolojik olarak yorumlanır. Laboratuvara göre hemoglobin değerleri normal değer aralıklarında olmayan hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %54'tür. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %61'dir. Yanlış negatif oranı %45 iken yanlış pozitif oranı %38'dir. Testin geçerliliği %58'dir. Pozitif prediktif değer (PPD) %41 iken negatif prediktif değer %72'dir.

Tablo 17: Venöz Kan Gazındaki Hemoglobin Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Kadın Hasta Grubu)

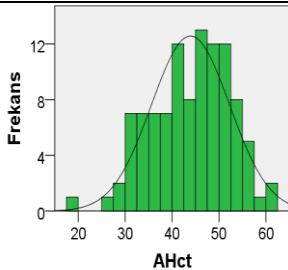
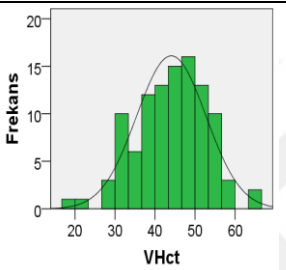
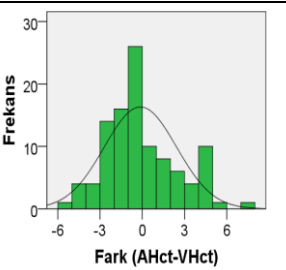
Venöz Kan Gazı Hemoglobin Değeri Kadın	Laboratuvar Hemoglobin Değeri Kadın		
	Ölçüm>16 Ölçüm<12	12≤Ölçüm≤16	Toplam
Ölçüm>16 Ölçüm<12	23	47	70
12≤Ölçüm≤16	26	77	103
Toplam	49	124	173

Metodolojik Araştırmalar			
Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hemoglobin Değeri Kadın			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	47	33	60
Spesifisite (Özgüllük)	62	53	70
Yanlış negatif	53		
Yanlış pozitif	38		
Testin Geçerliliği	58		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	32	26	40
Negatif Prediktif Değer (NPD)	72	67	80

Çalışmada 173 adet kadın hasta bulunmaktadır. Laboratuvarında kadınlarda hemoglobin için normal değer aralıkları 12-16 g/dl olarak belirlenmiştir. Bu değer aralıklarının dışı patolojik olarak yorumlanır. Laboratuvara göre hemoglobin değerleri normal değer aralıklarında olmayan kadın hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %47'dir. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %62'dir. Yanlış negatif oranı %53 iken yanlış pozitif oranı %38'dir. Testin geçerliliği %58'dir. Pozitif prediktif değer (PPD) %32 iken negatif prediktif değeri %74'tür.

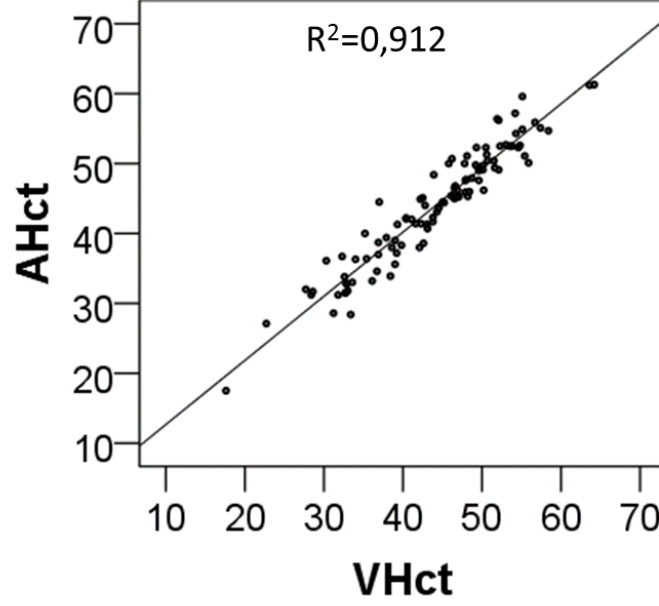
4.3 Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 18: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Hematokrit (AHct)	Venöz Hematokrit (VHct)	Fark (AHct-VHct)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	43,93±8,33	44,06±8,67	-0,13±2,56
Ortanca	45	45,0	-0,6
25. Persentil	38,0	38,4	-1,8
75. Persentil	50,0	50,1	1,5
En Düşük Değer	17,5	17,6	-5,8
En Yüksek Değer	61,3	64,2	13,3
Çarpıklık	-0,338	-0,351	0,529
Basıklık	-0,085	0,044	0,75

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-0,528, p=0,598)

Arteriyel ve venöz kan gazı örneklemelerinde hematokrit değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel kan gazında ortalama hematokrit değeri $43,93 \pm 8,33$ 'dür. Ortanca %45 (38 – 50) en düşük değer %17,5 , en yüksek değer %61,3 olarak ölçüldü. Venöz kan gazındaki hematokrit değerlerinin ortalaması $44,06 \pm 8,67$ 'dir. Ortanca %45 (38,4 – 50,1) en düşük değer %17,6 , en yüksek değer %64,2'dir.



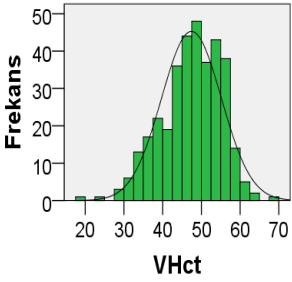
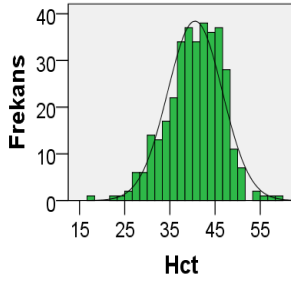
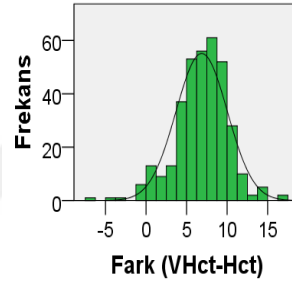
Şekil 13: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Hematokrit Değerleri Dağılım Nokta Grafiği

Arteriyel hematokrit ile venöz hematokrit değerleri arasındaki Pearson korelasyon katsayısı 0,955'dir. ($p < 0,001$).

Normal dağılım gösteren bu verilerin arasındaki fark Eşleştirilmiş T testi ile değerlendirildi. Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır. ($p = 0,598$).

Hematokrit değeri açısından bakıldığında bu iki testin birbirini yerine kullanılabilir olduğu sonucuna varıldı.

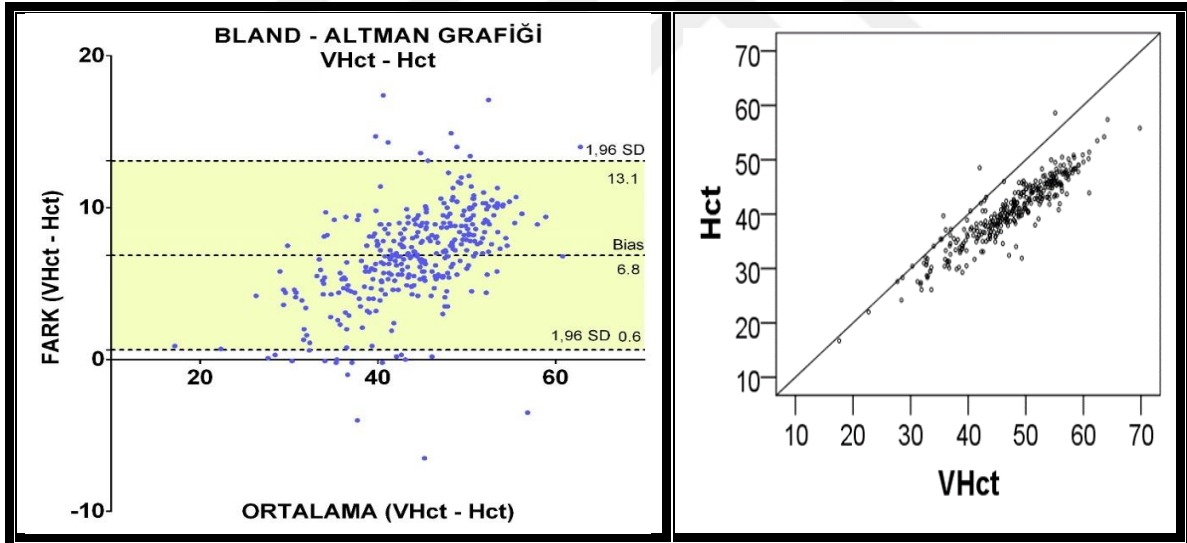
Tablo 19: Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hematokrit Değerlerinin Karşılaştırılması

	Venöz Hematokrit (VHct)	Laboratuvar Hematokrit (Hct)	Fark (VHct- Hct)
Histogram			
n	350	350	350
Ortalama SD	47,4±7,7	40,5±6,0	6,8±3,1
Ortanca	48,1	40,9	7,1
25. Persentil	42,7	36,8	-1,7
75. Persentil	53,5	45,1	1,9
En Düşük Değer	17,6	16,7	-6,5
En Yüksek Değer	69,8	58,6	17,4
Çarpıklık	-0,492	-0,390	-0,431
Basıklık	0,292	0,509	1,599

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=40,42 , p<0,001)

Venöz kan gazındaki hematokrit değerleri ile laboratuvar tarafından ölçülmüş hematokrit değerleri karşılaştırıldı. Venöz kan gazında hematokrit değerleri ortalaması $47,4 \pm 7,7$ olarak ölçüldü. Değerlerin ortancası $48,1$ ($42,7 - 53,5$)'dir. En düşük hematokrit değeri $17,6$ iken, en yüksek hematokrit değeri $69,8$ 'dir. Aynı hastaların laboratuvarında ölçülen hematokrit sonuçlarının ortalaması $40,5 \pm 6,0$ 'dır. Ortancası $40,9$ ($36,8 - 45,1$)'dur. En düşük hematokrit değeri $16,7$ olarak ölçülürken, en yüksek hematokrit değeri $58,6$ olarak ölçüldü.

İki ölçüm arasında yüksek korelasyon tespit edildi ($r = 0,927$, $p < 0,001$). Venöz hematokrit değerleri ile laboratuvar hematokrit değerleri arasındaki fark Eşleştirilmiş T testi ile değerlendirildi. Bu test sonucuna göre iki farklı ölçüm yönteminin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Testler birbirinin eş testi değildir ve birbiri yerine kullanılamaz.



Şekil 14: VHct – Hct Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki hematokrit ölçümü arasındaki sapma $6,8$ (95 CI, $0,6 - 13,1$)'dir. Venöz hematokrit ile laboratuvar hematokrit değerleri arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.

US CLIA limitlerine göre hematokrit için kabul edilebilir limit, hedef hematokrit değeri ± 6 'dır. Çalışmamız hematokrit açısından değerlendirildiğinde hastaların 92 'sinde ($n = 324$) iki hematokrit değeri arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstünde saptandı.

Tablo 20: Venöz Kan Gazındaki Hematokrit Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Erkek Hasta Grubu)

Venöz Kan Gazı Hematokrit Değeri Erkek	Laboratuvar Hematokrit Değeri Erkek		
	Ölçüm>52 Ölçüm<42	42≤Ölçüm≤52	Toplam
Ölçüm>52 Ölçüm<42	28	82	110
42≤Ölçüm≤52	38	29	67
Toplam	66	111	177

Metodolojik Araştırmalar Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hematokrit Değeri Erkek			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	42	31	54
Spesifisite (Özgüllük)	26	18	35
Yanlış Negatif	57		
Yanlış Pozitif	73		
Test Geçerliliği	32		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	25	19	32
Negatif Prediktif Değer (NPD)	43	35	50

Laboratuvarında erkeklerde hematokrit için normal değer aralıkları %42-%52 olarak belirlenmiştir. Laboratuvara göre hematokrit değerleri normal değer aralıklarında olmayan hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %42'dir. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %26'dır. Yanlış negatif oranı %57 iken yanlış pozitif oranı %73'tür. Testin geçerliliği %32'dir. Pozitif prediktif değer (PPD) %25 iken negatif prediktif değeri %43'tür.

Tablo 21: Venöz Kan Gazındaki Hematokrit Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması (Kadın Hasta Grubu)

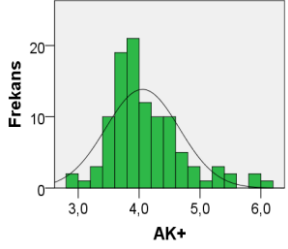
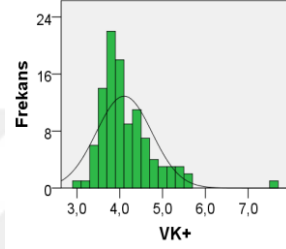
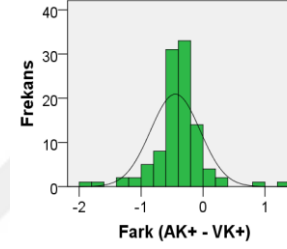
Venöz Kan Gazı Hematokrit Değeri Kadın	Laboratuvar Hematokrit Değeri Kadın		
	Ölçüm>46 Ölçüm<36	36≤Ölçüm≤46	Toplam
Ölçüm>46 Ölçüm<36	23	76	99
36≤Ölçüm≤46	34	40	74
Toplam	57	116	173

Metodolojik Araştırmalar Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Hematokrit Değeri Kadın			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	40	28	53
Spesifisite (Özgüllük)	34	26	43
Yanlış Negatif	59		
Yanlış Pozitif	65		
Test Geçerliliği	36		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	23	17	30
Negatif Prediktif Değer (NPD)	54	46	61

Laboratuvarada kadınlardaki hematokrit için normal değer aralıkları %36-%46 olarak belirlenmiştir. Laboratuvara göre hematokrit değerleri normal değer aralıklarında olmayan hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %40'tır. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %34'tür. Yanlış negatif oranı %59 iken yanlış pozitif oranı %65'tir. Testin geçerliliği %36'dır. Pozitif prediktif değer (PPD) %23 iken negatif prediktif değer %54'tür.

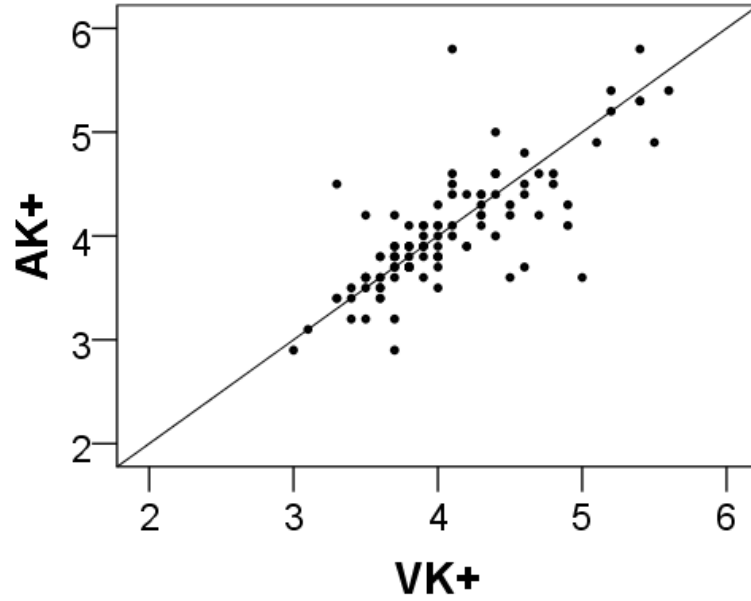
4.4 Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 22: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Potasyum (AK ⁺)	Venöz Potasyum (VK ⁺)	Fark (AK ⁺ -VK ⁺)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	4,05±0,60	4,10±0,64	-0,05±0,40
Ortanca	3,9	4,0	0
25. Persentil	3,7	3,7	-0,2
75. Persentil	4,4	4,4	1,0
En Düşük Değer	2,9	3,0	-1,5
En Yüksek Değer	6,1	7,6	1,7
Çarpıklık	1,051	1,945	0,058
Basıklık	1,467	7,188	5,79

İki Ölçüm Arasındaki Fark, Wilcoxon Testi, (z=-1,404 , p=0,160)

Arteriyel kan gazındaki potasyum değerleri ile venöz kan gazındaki potasyum değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel kan gazındaki ortalama potasyum değeri $4,05 \pm 0,60$ mmol/L'dir. Ortanca 3,9 (3,7 – 4,4) mmol/L'dir. En düşük değer 2,9 mmol/L, en yüksek değer 6,1 mmol/L ölçüldü. Venöz kan gazındaki ortalama potasyum değeri $4,10 \pm 0,64$ mmol/L'dir. Ortanca 4,0 (3,2 – 4,8) mmol/L'dir. En düşük değer 3,0 mmol/L , en yüksek değer 7,6 mmol/L ölçüldü.



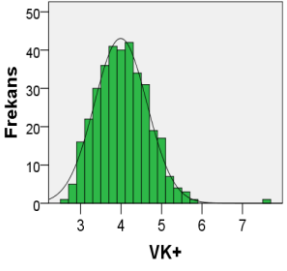
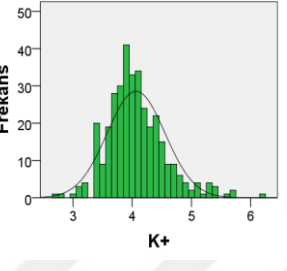
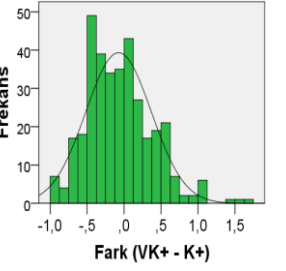
Şekil 15: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Potasyum Değerleri Dağılım Nokta Grafiği

İki test arasındaki Spearman korelasyon katsayısı 0,774 ($p < 0,001$)'dir. İki ölçüm arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirildi.

Arteriyel ve venöz potasyum değerlerinin normal dağılım özelliği göstermemesinden ötürü Wilcoxon testi kullanıldı. Test sonucuna göre, arteriyel - venöz potasyum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p=0,160$).

Potasyum ölçümü açısından arteriyel ve venöz kan gazı birbirine eşdeğer bulundu.

Tablo 23: Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Potasyum Değerlerinin Karşılaştırılması

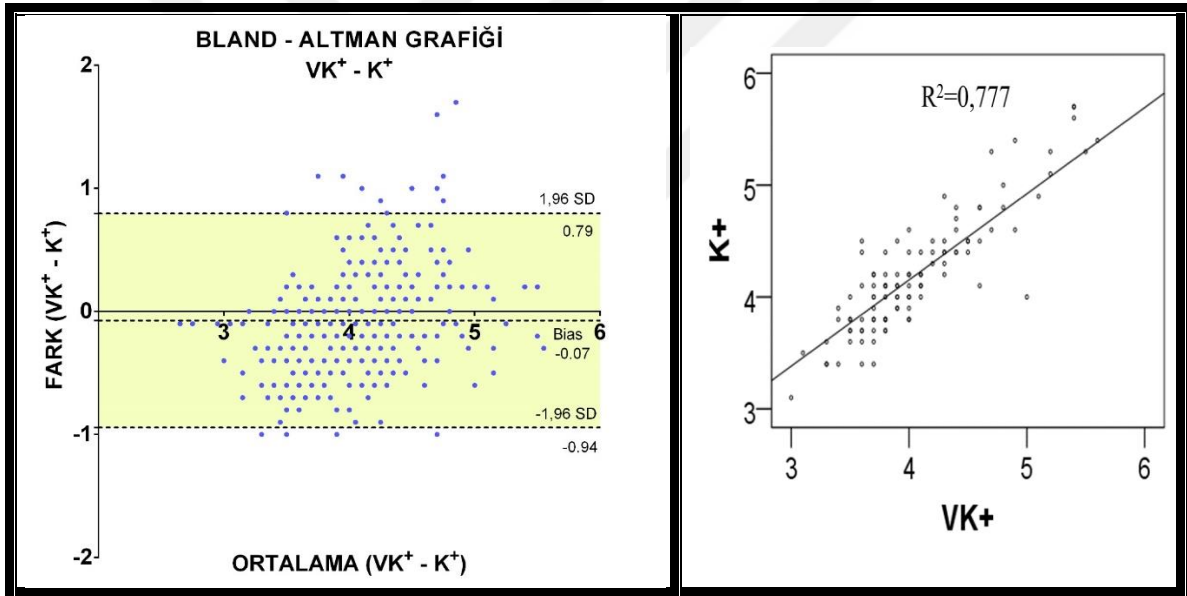
	Venöz Potasyum (VK ⁺)	Laboratuvar Potasyum (K ⁺)	Fark (VK ⁺ -K ⁺)
Histogram			
n	350	350	350
Ortalama SD	3,99±0,64	4,06±0,48	-0,07±0,44
Ortanca	4,00	4,00	-1,00
25. Persentil	3,5	3,8	-0,4
75. Persentil	4,4	4,3	0,2
En Düşük Değer	2,60	2,70	-1,00
En Yüksek Değer	7,60	6,20	1,70
Çarpıklık	0,639	0,805	0,676
Basıklık	1,907	1,703	0,916

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-3,119 , p=0,002)

Venöz kan gazında potasyum değeri ortalama $3,99 \pm 0,64$ mmol/L olarak ölçüldü. Değerlerin ortancası 4,0 (3,5 – 4,4) mmol/L'dir. En düşük potasyum değeri 2,6 mmol/L iken, en yüksek potasyum değeri 7,6 mmol/L'dir. Aynı hastaların laboratuvarında ölçülen potasyum sonuçlarının ortalaması $4,06 \pm 0,48$ mmol/L'dir. Ortancası 4,0 (3,8 - 4,3) mmol/L'dir. En düşük potasyum değeri 2,7 mmol/L, en yüksek potasyum değeri 6,2 mmol/L olarak ölçüldü.

İki ölçüm birbiriyle yüksek korelasyon göstermektedir ($r = 0,730$ $p < 0,001$). Normal dağılım gösteren venöz potasyum değerleri ile laboratuvar potasyum değerleri arasındaki fark Eşleştirilmiş T testi ile değerlendirildi. Bu test sonucuna göre iki farklı testin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,002$).

Testler birbirinin eş testi değildir ve birbiri yerine kullanılamaz.



Şekil 16: VK⁺ – K⁺ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki potasyum ölçümü arasındaki sapma $-0,07$ (%95 CI, $-0,94 - 0,79$) mmol/L'dir. Venöz potasyum ile laboratuvar potasyum değeri arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.

US CLIA limitlerin göre potasyum için kabul edilebilir limit, hedef potasyum değeri $\pm 0,5$ mmol/L'dir. Çalışmamız potasyum açısından değerlendirildiğinde hastaların %20'sinde ($n=71$) iki potasyum değeri arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstünde saptandı.

Tablo 24: Venöz Kan Gazındaki Potasyum Ölçümünün Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması

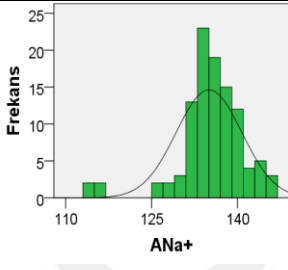
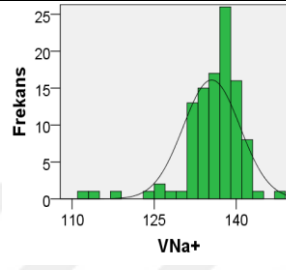
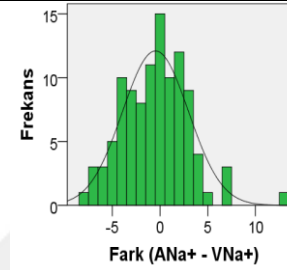
Venöz Kan Gazı Potasyum Değeri	Laboratuvar Potasyum Değeri		
	Ölçüm>5,1 Ölçüm<3,4	3,4≤Ölçüm≤5,1	Toplam
Ölçüm>5,1 Ölçüm<3,4	15	61	274
3,4≤Ölçüm≤5,1	7	267	76
Toplam	22	328	350

Metodolojik Araştırmalar			
Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Potasyum Değeri			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	68	47	83
Spesifisite (Özgüllük)	81	76	85
Yanlış Negatif	31		
Yanlış Pozitif	18		
Test Geçerliliği	80		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	19	15	24
Negatif Prediktif Değer (NPD)	97	95	98

Laboratuvarında potasyum için normal değer aralıkları 3,4 - 5,1 mmol/L olarak belirlenmiştir. Laboratuvara göre potasyum değerleri normal değer aralıklarında olmayan hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %68'dir. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %81'dir. Yanlış negatif oranı %31 iken, yanlış pozitif oranı %18'dir. Testin geçerliliği %80'dir. Pozitif prediktif değer (PPD) %19 , negatif prediktif değer %97'dir.

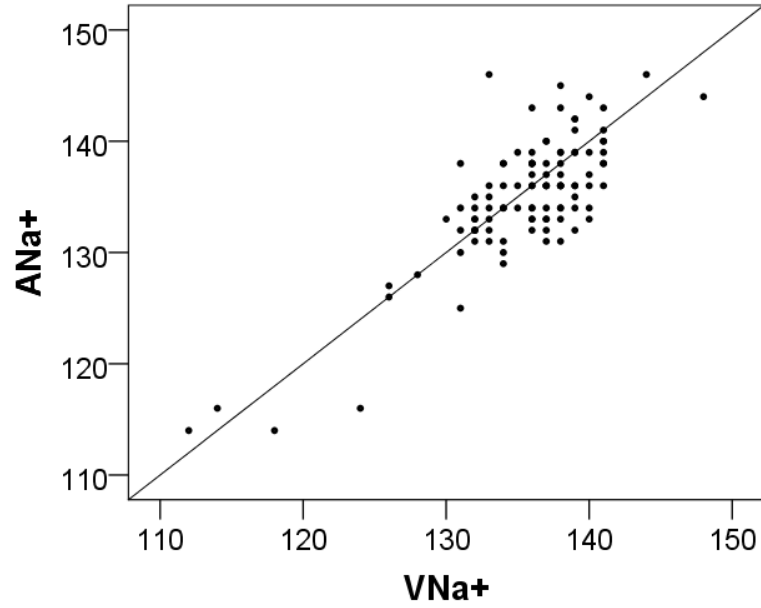
4.5 Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 25: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Sodyum (ANa ⁺)	Venöz Sodyum (VNa ⁺)	Fark (ANa ⁺ - VNa ⁺)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	135,0±5,7	135,5±5,2	-0,5±3,5
Ortanca	136	136	0
25. Persentil	133	138	-3
75. Persentil	138	138	2
En Düşük Değer	114	112	-8
En Yüksek Değer	146	148	13
Çarpıklık	-1,406	-1,940	0,466
Basıklık	4,067	6,578	1,307

İki Ölçüm Arasındaki Fark, Wilcoxon Testi, (z=-1,681 , p=0,093)

Arteriyel kan gazındaki sodyum değerleri ile venöz kan gazındaki sodyum değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel kan gazındaki ortalama sodyum değeri $135,0 \pm 5,7$ mmol/L'dir. Ortanca 136 (133 – 138) mmol/L'dir. En düşük değer 114 mmol/L, en yüksek değer 146 mmol/L ölçüldü. Eş zamanlı alınmış venöz kan gazındaki ortalama sodyum değeri $135,5 \pm 5,2$ mmol/L'dir. Ortanca 136 (133 – 138) mmol/L'dir. En düşük değer 112 mmol/L, en yüksek değer 148 mmol/L ölçüldü.

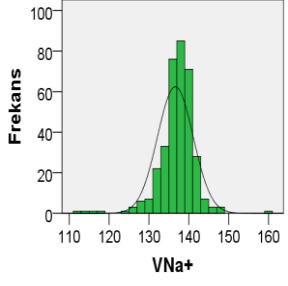
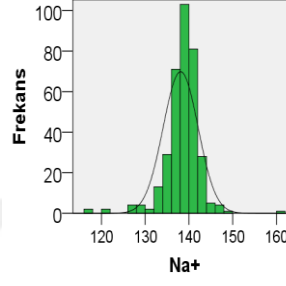
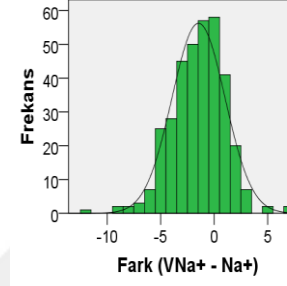


Şekil 17: Arteriyel ve Venöz Sodyum Değerleri Dağılım Nokta Grafiği

İki test arasındaki Spearman korelasyon katsayısı $0,774$ ($p < 0,001$)'dir. İki ölçüm arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirildi. Arteriyel ve venöz sodyum değerlerinin normal dağılım özelliği göstermemesinden ötürü Wilcoxon testi kullanıldı. Test sonucuna göre, arteriyel - venöz sodyum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p = 0,093$).

Sodyum değeri açısından bakıldığında bu iki testin birbiri yerine kullanılabilir olduğu sonucuna varıldı.

Tablo 26: Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Sodyum Değerlerinin Karşılaştırılması

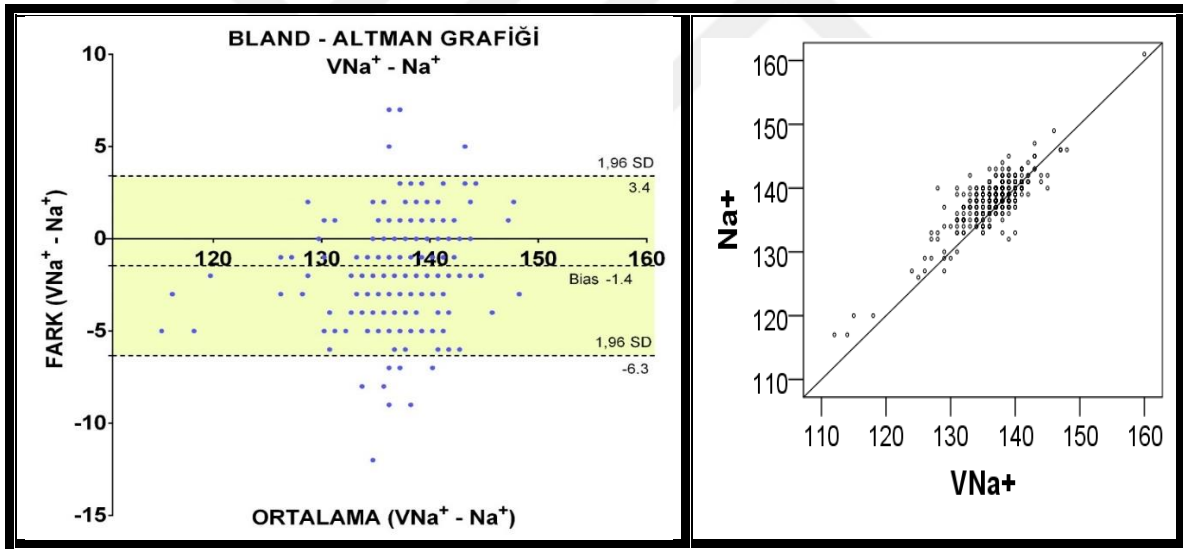
	Venöz Sodyum (VNa ⁺)	Laboratuvar Sodyum (Na ⁺)	Fark (VNa ⁺ - Na ⁺)
Histogram			
n	350	350	350
Ortalama SD	136±4,6	138±3,9	-1,46±2,5
Ortanca	137	138	-1,00
25. Persentil	135	137	-3,00
75. Persentil	139	140	0,00
En Düşük Değer	112	117	-12
En Yüksek Değer	160	161	7
Çarpıklık	-1,359	-1,074	-0,278
Basıklık	8,355	9,066	1,174

İki Ölçüm Arasındaki Fark, Wilcoxon Testi, (z=-9,930 , p<0,001)

Venöz kan gazında sodyum değeri ortalama $136 \pm 4,6$ mmol/L olarak ölçüldü. Değerlerin ortancası 137 (135 – 139) mmol/L'dir. En düşük değer 112 mmol/L, en yüksek değer 160 mmol/L ölçüldü. Aynı hastaların laboratuvarında ölçülen sodyum sonuçlarının ortalaması $138 \pm 3,9$ mmol/L, ortancası 138 (137 – 140) mmol/L'dir. En düşük sodyum değeri 117 mmol/L, en yüksek sodyum değeri 161 mmol/L olarak ölçüldü.

İki ölçüm yöntemi arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır ($r = 0,811$ $p < 0,001$). Laboratuvarından ve venöz kan gazından elde edilen sodyum değerleri, normal dağılım özelliği göstermediği için nonparametrik Wilcoxon testi kullanıldı. Test sonucuna göre, laboratuvar – venöz sodyum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p < 0,001$).

Bu iki test, eşdeğer testler değildir ve birbirini yerine kullanılamaz.



Şekil 18: VNa⁺ – Na⁺ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki yöntemin sodyum ölçümü arasındaki sapma $-1,4$ (%95 CI, $-6,3 - 3,4$) mmol/L'dir. Venöz sodyum ile laboratuvar sodyum değeri arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.

US CLIA limitlerine göre sodyum için kabul edilebilir limit, hedef sodyum değeri ± 4 mmol/L'dir. Çalışmamız sodyum açısından değerlendirildiğinde, hastalarının %12'sinde ($n=44$) iki sodyum değeri arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstünde saptandı.

Tablo 27: Venöz Kan Gazındaki Sodyum Değerinin Altın Standart Yönteme Göre Normal ve Patolojik Değerleri Tespit Gücü Yönünden Karşılaştırılması

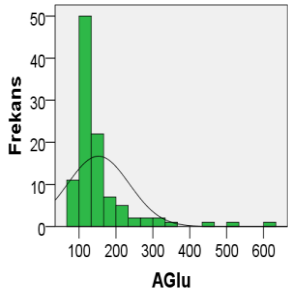
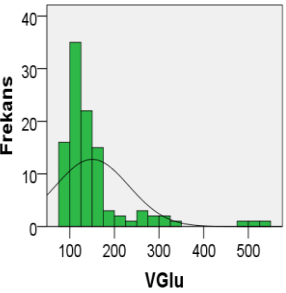
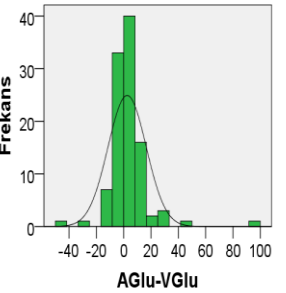
Venöz Kan Gazı Sodyum Değeri	Laboratuvar Sodyum Değeri		
	Ölçüm>145 Ölçüm<135	135≤Ölçüm≤145	Toplam
Ölçüm>145 Ölçüm<135	34	47	81
135≤Ölçüm≤145	12	257	269
Toplam	46	304	350

Metodolojik Araştırmalar Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Sodyum Değeri			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	73	59	84
Spesifisite (Özgüllük)	84	80	88
Yanlış Negatif	26		
Yanlış Pozitif	15		
Test Geçerliliği	83		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	41	36	47
Negatif Prediktif Değer (NPD)	95	92	97

Laboratuvarında sodyum için normal değer aralıkları 135 – 145 mmol/L olarak belirlenmiştir. Laboratuvara göre sodyum değerleri normal değer aralıklarında olmayan hastaların venöz kan gazı tarafında tespit edilme oranı yani sensitivitesi (Duyarlılık) %73'tür. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %84'tür. Yanlış negatif oranı %26 iken yanlış pozitif oranı %15'dir. Testin geçerliliği %83'tür. Pozitif prediktif değer (PPD) %41, negatif prediktif değer %95'tir.

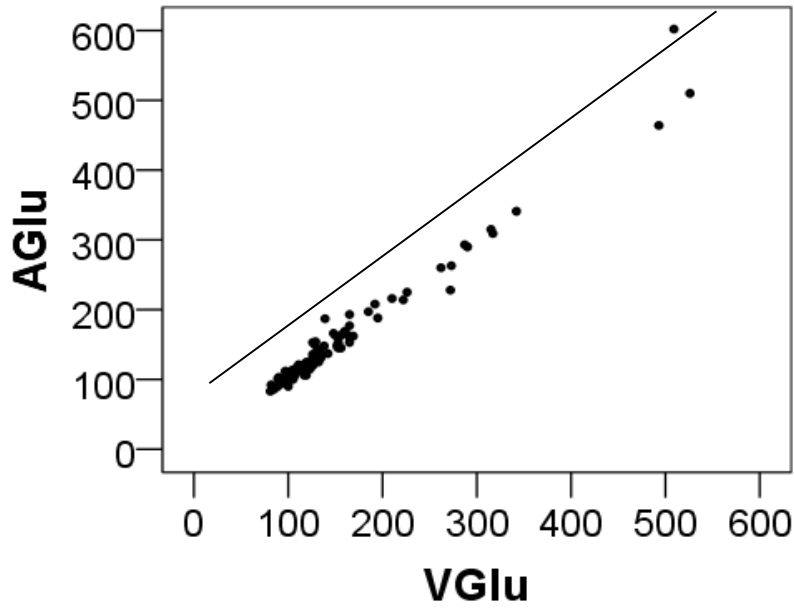
4.6 Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 28: Arteriyel – Venöz Kan Gazı Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Glukoz (AGlu)	Venöz Glukoz (VGlu)	Fark (AGlu-VGlu)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	152±83	150±82	2,5±14,0
Ortanca	124	126	1
25. Persentil	106	105	-3
75. Persentil	162	156	6
En Düşük Değer	83	81	-44
En Yüksek Değer	602	526	93
Çarpıklık	3,106	2,870	2,619
Basıklık	11,619	9,265	17,734

İki Ölçüm Arasındaki Fark, Wilcoxon Testi, ($z=-1,706$, $p=0,088$)

Arteriyel kan gazındaki glukoz değerleri ile venöz kan gazındaki glukoz değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel kan gazındaki ortalama glukoz değeri 152 ± 83 mg/dl'dir. Ortanca 124 (106 – 162) mg/dl'dir. En düşük değer 83 mg/dl , en yüksek değer 602 mg/dl ölçüldü. Eş zamanlı alınmış venöz kan gazındaki ortalama glukoz değeri 150 ± 82 mg/dl'dir. Değerlerin ortancası 126 (105 – 156) mg/dl'dir. En düşük değer 81 mg/dl, en yüksek değer 526 mg/dl ölçüldü.



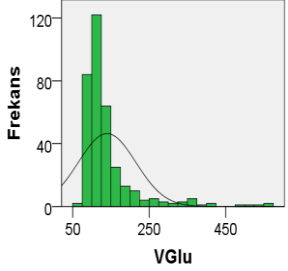
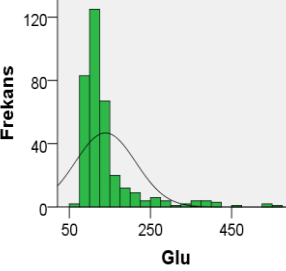
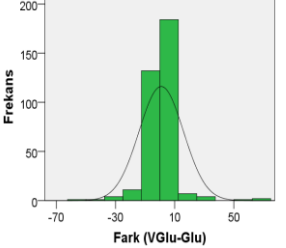
Şekil 19: Arteriyel ve Venöz Glukoz Değerleri Dağılım Nokta Grafiği

Arteriyel ve venöz kan gazı glukoz değerleri arasındaki Spearman korelasyon katsayısı 0,969 ($p < 0,001$)'dir. Venöz kan gazı ile arteriyel kan gazı glukoz değerleri arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır.

Arteriyel ve venöz glukoz değerlerinin normal dağılım özelliği göstermemesinden ötürü Wilcoxon testi kullanıldı. Test sonucuna göre, arteriyel - venöz glukoz değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p=0,088$).

Glukoz değeri açısından bakıldığında bu iki testin birbiri yerine kullanılabilir olduğu sonucuna varıldı.

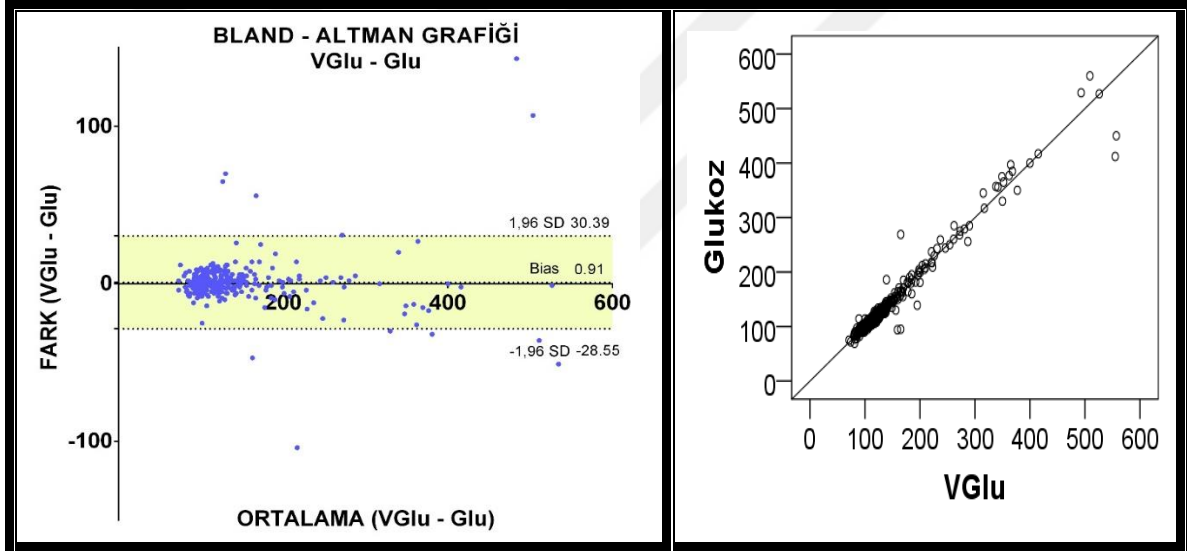
Tablo 29: Venöz Kan Gazı - Laboratuvar Glukoz Değerlerinin Karşılaştırılması

	Venöz Glukoz (VGlu)	Laboratuvar Glukoz (Glu)	Fark (VGlu - Glu)
Histogram			
n	350	350	350
Ortalama SD	140±75	139±74	0,9±15
Ortanca	116	114	1
25. Persentil	100	100	-3
75. Persentil	143	141	4
En Düşük Değer	71	69	-104
En Yüksek Değer	557	560	143
Çarpıklık	3,058	2,931	2,795
Basıklık	10,870	9,674	38,357

İki Ölçüm Arasındaki Fark, Wilcoxon Testi, (z=-1,387 , p=0,165)

Venöz kan gazında glukoz değeri ortalama 140 ± 75 mg/dl olarak ölçüldü. Değerlerin ortancası 116 (100 – 143) mg/dl'dir. En düşük değer 71 mg/dl, en yüksek değer 557 mg/dl ölçüldü. Aynı hastaların laboratuvarında ölçülen glukoz sonuçlarının ortalaması 139 ± 74 mg/dl, ortancası 114 (100 – 141) mg/dl'dir. En düşük glukoz değeri 69 mg/dl, en yüksek glukoz değeri 560 mg/dl olarak ölçüldü.

İki glukoz ölçüm yöntemi arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır ($r = 0,960$ $p < 0,001$). Laboratuvardan ve venöz kan gazından elde edilen glukoz değerleri normal dağılım özelliği göstermemektedir. Karşılaştırmak için nonparametrik Wilcoxon testi kullanıldı. Test sonucuna göre, laboratuvar - venöz glukoz değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur ($p = 0,165$).



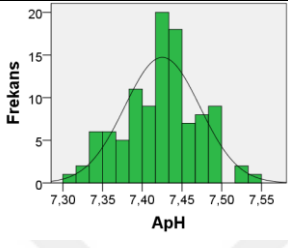
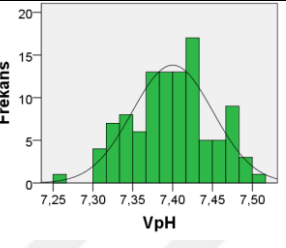
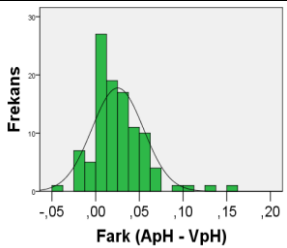
Şekil 20: VGlucose – Glukoz Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki glukoz ölçümü arasındaki sapma 0,91 (%95 CI, -28,5 – 30,4) mg/dl'dir. Venöz glukoz ile laboratuvar glukoz değeri arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.

US CLIA limitlerine göre glukoz için kabul edilebilir limit hedef glukoz değeri ± 6 mg/dl'dir veya %10'luk yanılmadır. Çalışmamızda glukoz sonuçları değerlendirildiğinde hastalarının %26'sında ($n=92$) iki glukoz değeri arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstünde saptandı.

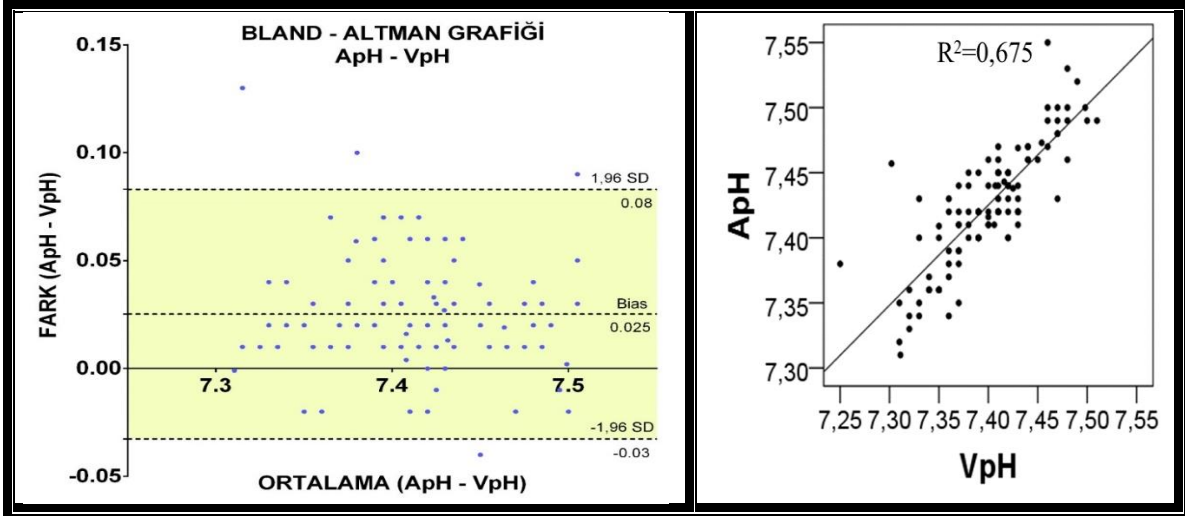
4.7 pH Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 30: Arteriyel – Venöz pH Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Kan Gazı ApH	Venöz Kan Gazı VpH	Fark (ApH-VpH)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	7,42±0,04	7,40±0,05	0,025±0,029
Ortanca	7,42	7,40	0,02
25. Persentil	7,40	7,36	0,01
75. Persentil	7,45	7,43	0,04
En Düşük Değer	7,31	7,25	-0,04
En Yüksek Değer	7,55	7,51	0,16
Çarpıklık	-0,087	-0,140	1,327
Basıklık	-0,071	-0,162	4,119

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-8,750 , p<0,001)

Arteriyel kan gazındaki pH değerinin ortalaması 7,42±0,04'dir. En düşük değer 7,31 en yüksek değer 7,55'tir. Venöz kan gazındaki pH değerinin ortalaması 7,40±0,05'tir. En düşük değer 7,25 en yüksek değer 7,51'dir. pH değerlerinin ortalamaları arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı olarak değerlendirildi (t:-8,750 , p<0,001).



Şekil 21: ApH – VpH Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafığı

İki pH ölçümü arasındaki sapma $-0,0025$ (%95 CI, $-0,03 - 0,08$)'dir. Venöz pH ile arteriyel pH değeri arasında lineer bir ilişki saptandı. Venöz pH ile arteriyel pH arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır. Pearson korelasyon katsayısı $0,820$ ($p < 0,001$)'dir.

Venöz kan gazından arteriyel kan gazındaki pH değerlerini tahmin etmek için regresyon analizi yapıldı. Regresyon analizinde pH üzerine etki eden parametreler bağımsız değişken olarak sunuldu ve bağımlı değişken olarak arteriyel pH seçildi. Lineer regresyon analizine göre aşağıdaki formül elde edildi. VpH, VpCO₂, Vlac, VB.E. değerlerinin arteriyel pH üzerine etkisi anlamlı bulunmadı. Bu formül ile çeşitli çalışmalardan elde edilen formüller karşılaştırıldı.

Arterleştirilmiş VpH (aVpH) Formülleri:

Çalışmamız	$aV1pH = 1,73 + 0,77 * VpH$
Khan, Samadi [62]	$aV2pH = 0,138 + 0,9851 * VpH$
Ak, Ogun [15]	$aV3pH = 1,004 * VpH$
Kim, Park [63]	$aV4pH = 0,763 * VpH + 1,786$

Tablo 31: Arterleştirilmiş VpH (aVpH) Değerleri

	Ortalama / SD	%95 Güven Aralığı	
ApH	7,42±0,04	7,41	7,43
VpH	7,40±0,05	7,39	7,41
aV1pH	7,42±0,03	7,42	7,43
aV2pH	7,42±0,05	7,41	7,43
aV3pH	7,43±0,05	7,41	7,44
aV4pH	7,43±0,03	7,42	7,44

Çeşitli çalışmalardan elde edilen formüllerle geliştirilmiş ortalama pH değerleri ve güven aralıkları tabloda görülmektedir. aVpH ortalamaları, arteriyel pH ortalamasına, venöz pH'a göre daha yakındır.

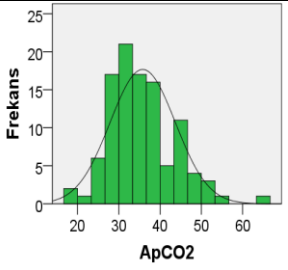
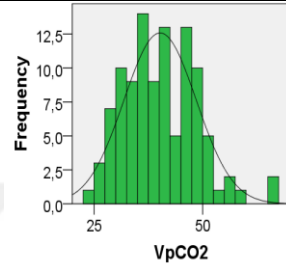
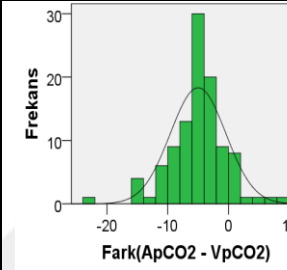
Tablo 32: pH İçin US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler

US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler		
	n	%
VpH	18	17
aV1pH	8	7
aV2pH	12	11
aV3pH	12	11
aV4pH	11	10

pH için US CLIA limitleri, hedef pH değeri $\pm 0,04$ 'tür. Tabloda pH için US CLIA limitleri dışında kalan değerler görülmektedir. Venöz pH ile aVpH değerleri incelendi. Venöz pH ile karşılaştırıldığında limit dışı değerlerde azalma görüldü.

4.8 pCO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 33: Arteriyel – Venöz pCO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel pCO ₂	Venöz pCO ₂	Fark (ApCO ₂ - VpCO ₂)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	35,7±7,9	40,2±8,3	-5,0±4,5
Ortanca	35,1	39,7	-4,8
25. Persentil	30,1	34,8	-7,0
75. Persentil	39,6	46,5	-2,8
En Düşük Değer	16,7	22,9	-23,1
En Yüksek Değer	64,3	66,0	8,4
Çarpıklık	0,644	0,525	-0,444
Basıklık	0,930	0,484	2,555

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-11,209 , p<0,001)

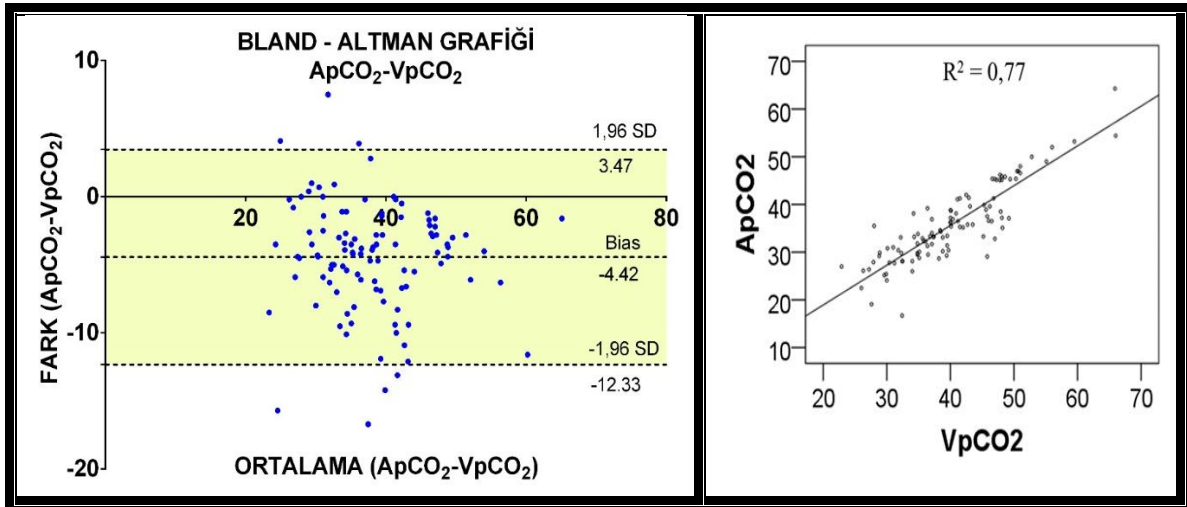
Arteriyel kan gazındaki ortalama pCO₂ değeri 35,7±7,9 mmHg'dır. En düşük değer 16,7 mmHg, en yüksek değer 64,3 mmHg ölçüldü. Venöz kan gazındaki ortalama pCO₂ değeri 40,2±8,3 mmHg'dır. En düşük değer 22,9 mmHg, en yüksek değer 66,0 mmHg ölçüldü. Eşleştirilmiş T testi kullanıldı. Test sonucuna göre, arteriyel - venöz karbondioksit değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır (p<0,001).

Tablo 34: Arteriyel ve Venöz pCO₂ - Metodolojik Araştırma

Venöz Kan Gazı pCO ₂	Arteriyel Kan Gazı pCO ₂ Değeri		
	Ölçüm>45 mmHg	Ölçüm≤45 mmHg	Toplam
Ölçüm>45 mmHg	20	14	34
Ölçüm≤45 mmHg	0	71	71
Toplam	20	85	105

Metodolojik Araştırmalar Arteriyel – Venöz pCO ₂ Değerleri			
Tanımlamalar	%	%95 Güven Aralığı	
Sensitivite (Duyarlılık)	100	84	100
Spesifisite (Özgüllük)	83	74	90
Yanlış Negatif	0		
Yanlış Pozitif	16		
Test Geçerliliği	86		
Pozitif Prediktif Değer (PPD)	58	48	68
Negatif Prediktif Değer (NPD)	100	95	99

Arteriyel kan gazında hiperkapni için alt değer aralıkları 45 mmHg olarak belirlenmiştir. Bu değer aralıklarının dışı patolojik olarak yorumlanır. Bu çalışmada venöz kan gazına göre 45 mmHg'den düşük pCO₂ değeri olan hastalardan hiçbirinde arteriyel kan gazında hiperkapni tespit edilmedi. Yani testin sensitivitesi (Duyarlılık) %100'dür. Testin spesifisitesi (Özgüllüğü) %83'tür. Yanlış negatif oranı %0, yanlış pozitif oranı %16'dır. Testin geçerliliği %86'dır. Pozitif prediktif değer (PPD) %58, negatif prediktif değer %100'dür.



Şekil 22: ApCO₂ – VpCO₂ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki pCO₂ ölçümü arasındaki sapma -4,42 (%95 CI, -12,33 – 3,47) mmHg'dır. Venöz pCO₂ ile arteriyel pCO₂ değeri arasında lineer bir ilişki saptandı. Karbondioksit değerleri arasında güçlü bir korelasyon mevcuttur. Pearson korelasyon katsayısı 0,878 (p<0,001)'dir.

Venöz kan gazından arteriyel kan gazındaki pCO₂ değerlerini tahmin etmek için regresyon analizi yapıldı. Regresyon analizinde pCO₂ üzerine etki eden parametreler bağımsız değişken olarak sunuldu ve bağımlı değişken olarak arteriyel pCO₂ seçildi. Lineer regresyon analizine göre aşağıdaki formül elde edildi. Bu formül ile çeşitli çalışmalardan elde edilen formüller karşılaştırıldı.

Arterleştirilmiş VpCO₂ (aVpCO₂) Formülleri

Çalışmamız	$aV1pCO_2 = 0,834 * VpCO_2 + 2,253$
Khan, Samadi [62]	$aV2pCO_2 = 0,806 * VpCO_2 + 1,457$
Ak, Ogun [15]	$aV3pCO_2 = 0,873 * VpCO_2$
Kim, Park [63]	$aV4pCO_2 = 0,611 * VpCO_2 + 9,521$

Tablo 35: Arterleştirilmiş VpCO₂ Değerleri

	Ortalama / SD	%95 Güven Aralığı	
ApCO₂	35,7 ± 7,9	34,2	37,3
VpCO₂	40,2 ± 8,3	38,6	41,8
aV1pCO₂	35,7 ± 6,9	34,4	37,1
aV2pCO₂	33,8 ± 6,7	32,5	35,1
aV3pCO₂	35,1 ± 7,2	33,7	36,5
aV4pCO₂	34,0 ± 5,0	33,1	35,0

Arteriyel parsiyel karbondioksit basıncının ortalaması 35,7 ±7,9 mmHg olarak bulundu. Venöz kan gazında bu değer ise 40,2 ± 8,3 mmHg'dır. Çalışmamızda regresyon analizi yapıldı ve analiz sonucu elde edilen verilerin ortalaması 35,7 ± 6,9 mmHg olduğu görüldü. Khan ve ark [62]. geliştirdikleri formüle göre elde edilen ortalama değer 33,8 ± 6,7 mmHg'dır. Ak ve ark [15] geliştirdikleri formüle göre ortalama değer 35,1 ± 7,2 mmHg'dır. Kim ve ark [63] geliştirdikleri formüle göre elde edilen ortalama değer 34,0 ±5,0 mmHg'dır. Elde edilen ortalamalar arteriyel değere daha yakındır.

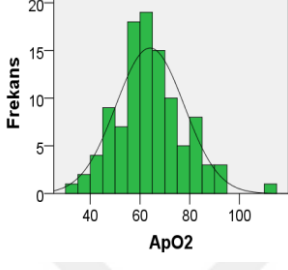
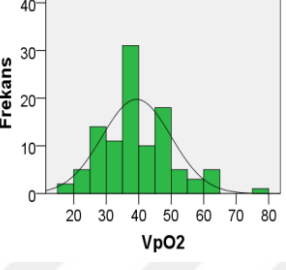
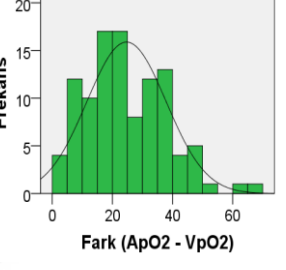
Tablo 36: pCO₂ İçin US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler

US CLIA Limitleri Dışında Kalan Değerler		
	n	%
VpCO₂	51	48
aV1pCO₂	15	14
aV2pCO₂	28	26
aV3pCO₂	14	13
aV4pCO₂	30	28

pH için US CLIA limitleri, hedef pCO₂ değeri ± 5 mmHg veya %8'dir. Tabloda pCO₂ için US CLIA limitleri dışında kalan değerler görülmektedir. Venöz pCO₂ ile arterleştirilmiş VpCO₂ (aVpCO₂) değerleri incelendi. Venöz pCO₂ ile karşılaştırıldığında limit dışı değerlerde azalma görüldü.

4.9 pO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 37: Arteriyel – Venöz pO₂ Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel pO ₂	Venöz pO ₂	Fark (ApO ₂ - VpO ₂)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	64,0±13,7	39,3±10,60	24,7±13,19
Ortanca	62,8	38,3	22,5
25. Persentil	56,0	31,8	15
75. Persentil	70,4	46,4	33,9
En Düşük Değer	30,1	16,2	2,8
En Yüksek Değer	113,0	75,0	66,2
Çarpıklık	0,435	0,481	-0,02
Basıklık	0,814	0,465	0,467

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, (t=-19,156 , p<0,001)

Arteriyel kan gazındaki ortalama pO₂ değeri 64,0±13,7 mmHg'dır. Ortanca 62,8 (56,0 – 70,4) mmHg'dır. En düşük değer 30,1 , en yüksek değer 113,0 mmHg ölçüldü. Eş zamanlı alınmış venöz kan gazındaki ortalama pO₂ değeri 39,3±10,6 mmHg'dır. Ortanca 38,3 (31,8 – 46,4) mmHg'dır. En düşük değer 16,2 mmHg, en yüksek değer 75,0 mmHg ölçüldü.

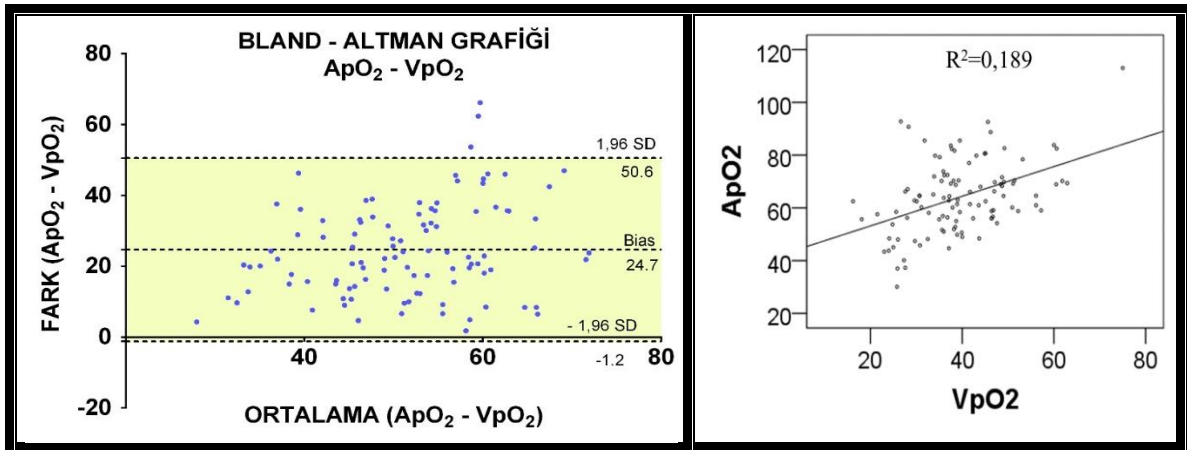
Tablo 38: ApO₂-VpO₂-sO₂-VsO₂ Korelasyon Tablosu

Pearson Korelasyon	ApO ₂	VpO ₂	sO ₂	AsO ₂	VsO ₂
ApO ₂	1	0,434 (p<0,001)	0,754 (p<0,001)	0,815 (p<0,001)	0,316 (p<0,001)
VpO ₂	0,434 (p<0,001)	1	0,350 (p<0,001)	0,400 (p<0,001)	0,852 (p<0,001)
sO ₂	0,754 (p<0,001)	0,350 (p<0,001)	1	0,920 (p<0,001)	0,339 (p<0,001)
AsO ₂	0,815 (p<0,001)	0,400 (p<0,001)	0,920 (p<0,001)	1	0,402 (p<0,001)
VsO ₂	0,316 (p<0,001)	0,852 (p<0,001)	0,339 (p<0,001)	0,402 (p<0,001)	1

Venöz pO₂ ile arteriyel pO₂ arasında orta derecede bir korelasyon bulunmaktadır. Saturasyon değeri ile arteriyel pO₂ arasında yüksek korelasyon saptandı.

Bütün bu veriler ışığında ApO₂ değerini tahmin etmeye yönelik regresyon analizi yapıldı. Bağımlı değişken olarak ApO₂, bağımsız değişken olarak VpO₂, VsO₂, sO₂(pulse) seçilmiştir. Yapılan analizler sonucu arterleştirilmiş pO₂ değeri aşağıdaki şekilde formüle edildi.

$$aVpO_2 = 0,58 * VpO_2 - 0,25 * VsO_2 + 1,47 * sO_2(\text{pulse}) - 74,1$$

Şekil 23: ApO₂ – VpO₂ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki pO₂ ölçümü arasındaki sapma 24,7 (%95 CI, -1,2 – 50,6) mmHg'dır. Venöz pO₂ ile arteriyel pO₂ değeri arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki bulunmaktadır.

aVpO₂ ile ApO₂ değerleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Pearson korelasyon katsayısı 0,791 (p<0,001)'dir.

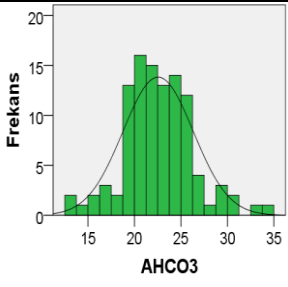
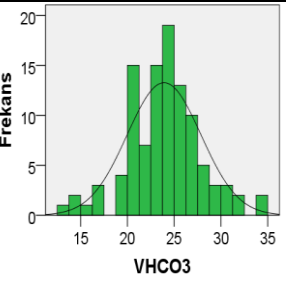
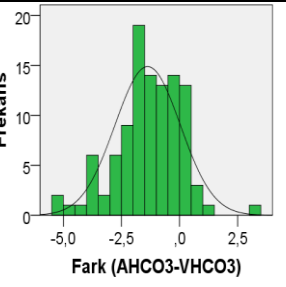
Tablo 39: pO₂ Değerleri – Çapraz Tablo

aVpO ₂ Sınıflama	Arteriyel pO ₂ Sınıflama							
	NORMAL		HAFİF HİPOKSEMİ		ORTA HİPOKSEMİ		AĞIR HİPOKSEMİ	
	n	%	n	%	n	%	n	%
NORMAL	2	15	0	0	0	0	0	0
HAFİF HİPOKSEMİ	11	86	46	94	17	50	0	0
ORTA HİPOKSEMİ	0	0	3	6	17	50	1	33
AĞIR HİPOKSEMİ	0	0	0	0	0	0	2	67
TOPLAM	13	100	49	100	34	100	3	100

Arteriyel kan gazı örneklemesine göre normal ($pO_2 \geq 80$ mmHg) kategorisine giren 13 hasta bulunmaktadır. Bu gruba giren hastaların sadece %15'i düzeltilmiş aVpO₂ tarafından da normal olarak değerlendirilebildi. Geri kalanı hafif hipoksemi kategorisinde yer aldı. Arteriyel kan gazına göre hafif hipoksemi ($80 > pO_2 \geq 60$ mmHg) kategorisine giren 49 hasta bulunmaktadır. Bu gruba giren hastaların %94'ü aVpO₂ tarafından da hafif hipoksemik olarak değerlendirildi. Orta hipoksemi ($60 > pO_2 \geq 40$ mmHg) kategorisine giren 34 hasta vardır. aVpO₂ ile bu hasta grubunun %50'si orta hipoksemik olarak değerlendirilebildi. Ağır hipoksemi ($pO_2 < 40$ mmHg) kategorisinde 3 adet hasta bulunmaktadır. Bu gruptaki hastaların %67'si aVpO₂ tarafından ağır hipoksemi grubunda değerlendirilebildi.

4.10 Bikarbonat Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 40: Arteriyel – Venöz Bikarbonat Değerlerinin Karşılaştırılması

	Arteriyel Bikarbonat AHCO_3^-	Venöz Bikarbonat VHCO_3^-	Fark ($\text{AHCO}_3^- - \text{VHCO}_3^-$)
Histogram			
n	105	105	105
Ortalama SD	22,5±3,7	23,9±3,9	-1,37±1,4
Ortanca	22,3	24	-1,3
25. Persentil	20,2	21,4	20,2
75. Persentil	24,8	26	24,8
En Düşük Değer	12,5	12,6	-5,3
En Yüksek Değer	34,3	34,7	3,1
Çarpıklık	0,269	-0,066	-0,343
Basıklık	1,238	0,847	0,733

Ortalamalar Arasındaki Fark, Eşleştirilmiş T Testi, ($t=-9,996$, $p<0,001$)

Arteriyel kan gazındaki ortalama bikarbonat değeri 22,5±3,7 mmol/L'dir. En düşük değer 12,5 mmol/L iken, en yüksek değer 34,3 mmol/L olarak ölçüldü. Venöz kan gazındaki ortalama bikarbonat değeri 23,9±3,9 mmol/L'dir. En düşük değer 12,6 mmol/L, en yüksek değer 34,7 mmol/L olarak ölçüldü. Arteriyel ve venöz bikarbonat değerleri arasındaki fark için Eşleştirilmiş T testi kullanıldı. Test sonucuna göre, bikarbonat değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık vardır. ($p<0,001$)

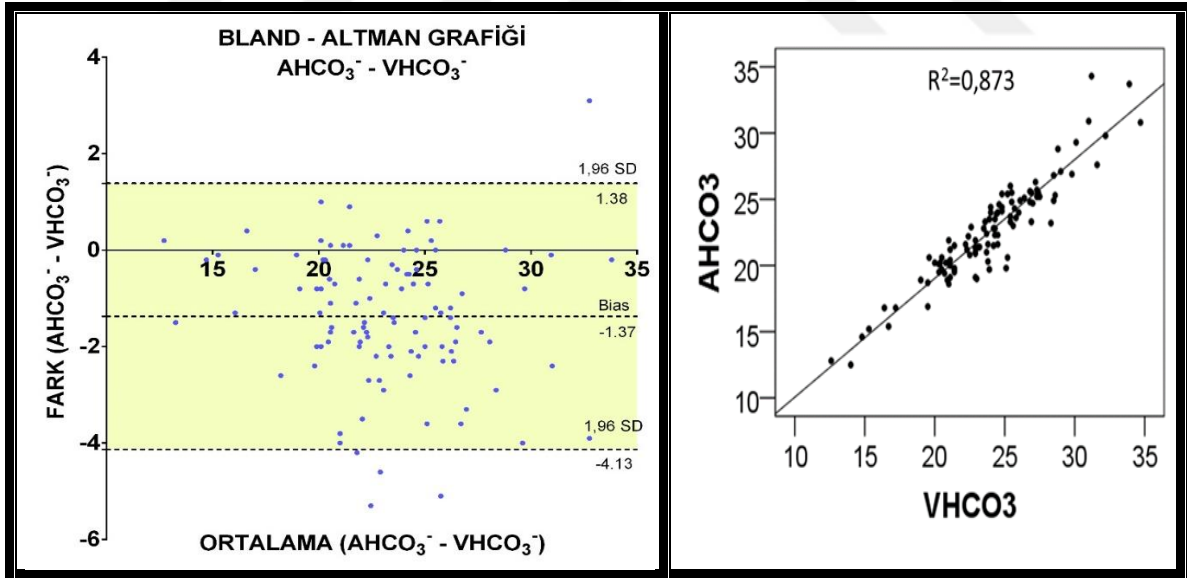
Tablo 41: AHCO₃-VHCO₃-VpCO₂ Korelasyon Tablosu

Pearson Korelasyon	AHCO ₃	VHCO ₃	VpCO ₂
AHCO ₃	1	0,935 (p<0,001)	0,641 (p<0,001)
VHCO ₃	0,935 (p<0,001)	1	0,731 (p<0,001)
VpCO ₂	0,641 (p<0,001)	0,731 (p<0,001)	1

Bikarbonat değerleri arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır. Pearson korelasyon katsayısı 0,935 (p<0,001)'dir

Venöz kan gazından arteriyel kan gazındaki bikarbonat değerlerinin tahmin etmek için regresyon analizi yapıldı. Regresyon analizinde bağımlı değişken olarak arteriyel bikarbonat, bağımsız değişken olarak bikarbonat ve venöz karbondioksit seçildi. VpCO₂'nin regresyon analizinde katkısı anlamlı bulunmadı. Lineer regresyon analizine göre aşağıdaki formül elde edildi.

$$aVHCO_3^- = 0,9*VHCO_3^-+1$$

Şekil 24: AHCO₃⁻ – VHCO₃⁻ Değerlerinin Bland - Altman ve Dağılım Nokta Grafiği

İki HCO₃⁻ ölçümü arasındaki sapma -1,37 (%95 CI, -1,2 – 50,6) mmol/L'dir. Venöz HCO₃⁻ ile arteriyel HCO₃⁻ değerleri arasında pozitif lineer bir ilişki bulunmaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada arteriyel kan gazı alımı işlemini etkileyen olası parametreler incelendi. Beden kitle indeksi, cinsiyet, kullanılan iğne çeşidi gibi faktörlerin ağrı şiddeti üzerine etkisi araştırıldı. Çalışmada, aynı zamanda venöz kan gazındaki ölçülen parametreler, arteriyel kan gazı ve merkez laboratuvar ile karşılaştırılıp, aralarındaki uyum araştırıldı. Venöz kan gazında bulunan pH, pCO₂, pO₂, HCO₃⁻ değerlerinin arteriyel değerleri öngörme konusundaki başarısı incelendi.

Kan gazı alımının gerçekleştiği bölge ile ağrı skoru arasındaki ilişki değerlendirildi. Radial arter, femoral artere göre daha yüzeysel seyretmesine rağmen çap olarak küçük olması arter ponksiyonunu zorlaştırmaktadır. Femoral arterin boyutları, radial artere göre daha rahat palpe edilmesine olanak tanır. Femoral arter, anatomik olarak femoral ven ve femoral sinir komşuluğunda seyretmektedir [12]. Çalışmaya başlamadan önceki öngörümüz femoral arter ponksiyonunun daha az ağrılı olduğu yönündeydi. Çalışmada aralarında anlamlı fark bulunmadı. Kan gazı alımı sırasında femoral sinire temas ağrı şiddetinde ciddi artışlara neden olabilmektedir. Her iki kan gazı alım bölgesinde ağrı açısından istatistiksel fark çıkmamasının sebebi femoral sinirin femoral artere yakın komşuluğu gibi görünmektedir.

Beden kitle indeksinin artmasıyla arter çapının attığı bilinmektedir [64]. Bu bilgi ışığında hekimlerin arteriyel kan gazı alımı sırasında kan gazı almayı tercih ettiği bölge ile BMI araştırıldı. Hekimler beden kitle indeksinin artmasıyla femoral bölgeden kan gazı alma eğiliminde olmaktadır. Radial arterin, görece daha küçük olması ve obezitede palpasyonunun zorlaşması, hekimleri femoral arter ponksiyonuna yönlendirmektedir.

Klinik deneyimlerimiz kilolu ve obez hastalarda cilt ve cilt altı yağ dokusunun fazlalığı nedeniyle arter palpasyonunun, dolayısıyla kan gazı alımının zor olduğu şeklindeydi. Baskın ve arkadaşlarının [65] çalışmasında, kan gazı alımının zorluk derecesinin BMI ile ilişkisi olmadığı sonucuna varıldı. Çalışmada kan gazı örnekleme sadece radial arterden gerçekleşmişti. Bizim çalışmamızda femoral arterden alınan kan gazı örnekleri de çalışmaya dahil edildi. Femoral arter ponksiyonu, çalışmamızda radial arterden kan gazı alımının mümkün olmadığı durumlarda ya da başarısız olması durumunda yapıldı. Dolayısıyla çalışmaya görece daha zor kan gazı alımı gerçekleştirecek hastalar da dahil edildi. Kan gazı alımının zorluğu, beraberinde hastanın ağrı şiddetini de

artırmaktadır. İki çalışmanın ağrı skorlarının ortalaması arasında ciddi farklılıklar vardır. Bu durum Baskın ve arkadaşlarının [65] çalışmalarında, görece daha kolay kan gazı alınabilen hastaların dahil edildiği düşüncesini desteklemektedir. (Baskın ve ark. VAS ort. kadın 3,36 erkek 3,18 ; Çalışmamız VAS ort. kadın 6,31 erkek 5,73)

Kan gazı alımında cinsiyet farklılığına göre ağrı skoru arasındaki ilişki incelendi. Çeşitli çalışmalarda kadın ve erkeklerde ağrı eşiğinin algılanması açısından fark olduğu, kadınlarda ağrı eşiğinin daha düşük olduğu, ağrılı uyarılara erkeklere göre daha şiddetli yanıt verdiği görülmüştür [66, 67]. Çalışmamızda kadın ve erkek arasında ağrı skoru açısından fark bulunmadı. Baskın ve arkadaşları [65] da çalışmalarında benzer bulgulara ulaştılar. Arteriyel kan gazı alımı sırasında kadın ve erkeklerin belirttikleri ağrı şiddeti arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmamaktadır.

İnsülin enjektörü iğnesi ve kan gazı enjektörü iğnesinin neden olduğu ağrı şiddeti karşılaştırıldı. Çalışmamızda iğne boyutlarının ağrı üzerine etkisi olmadığı sonucuna ulaşıldı. Bunun nedeni kan gazı enjektörünün iğnesinin arteriyel ponksiyon sırasında boyut itibarıyla daha ergonomik olması olabilir. Patout ve arkadaşları [68] radial arter ponksiyonu sırasında 23G ve 25G'lik iğne uçlarının, ağrı ve anksiyete üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 23G enjektör ucunun bizim çalışmamızdakine benzer şekilde ağrı şiddetini artırmadığı sonucuna ulaştılar.

Baskın ve arkadaşlarının [65] heparinlenmiş insülin enjektörü ile koruma kapaklı kan gazı enjektörünün karşılaştırıldığı çalışmalarında, deriyi penetre etme konusunda iki grup arasında anlamlı fark tespit edilmedi. Çalışmamızda bu yönden değerlendirme yapıldı ve benzer sonuca ulaşıldı. İnsülin enjektörü iğnesi ile ortalama $1,53 \pm 0,7$ kez, kan gazı enjektörü ile ortalama $1,74 \pm 0,9$ kez deri penetre edildi. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildi.

Hemoglobin - Hematokrit

Çalışmamızda arteriyel ve venöz kan gazından elde edilen hemoglobin ve hematokrit değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel ve venöz kan gazında ölçülen hemoglobin ve hematokrit değerleri kendi içinde yüksek korelasyona sahip olup ortalamaları arasında istatistiksel fark yoktur. Bu durum cihazın hemoglobin ve hematokrit ölçümleri açısından uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Venöz kan gazındaki hemoglobin ve hematokrit değerleri ile merkez laboratuvar karşılaştırıldığında, ortalama hemoglobin için $1,8 \pm 1,0$ g/dl, hematokrit için $6,8 \pm 3,1$ fark bulundu. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değerlendirildi. US CLIA limitlerine göre değerlendirme yapıldığında, venöz kan gazındaki hemoglobin değerlerinin %78'i, hematokrit değerlerinin %92'si US CLIA limitlerinin dışında kalmaktadır. Metodolojik değerlendirme yapıldığında ise sensitivite ve spesifisite değerlerinin düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir (Tablo 14-15-19-20).

Uysal ve arkadaşlarının [69] yapmış oldukları, acil serviste kan gazı analizörlerinin elektrolit ve metabolik değerlerdeki güvenilirliğiyle ilgili çalışmada, 1094 hasta çalışmaya dahil edilmişti. 874 hastanın venöz kan gazı merkez laboratuvar ile karşılaştırıldığında aralarındaki farkın hemoglobin için $-0,06 \pm 1,04$ g/dl, hematokrit için $2,27 \pm 3,41$ olduğu görüldü. Hemoglobin ve hematokrit değeri laboratuvar ile yüksek korelasyon göstermektedir. Zhang ve arkadaşlarının [41] yapmış oldukları acil serviste sodyum, potasyum, hemoglobin için kan gazı ve laboratuvar ölçümlerinin farklılıklarını değerlendirdikleri çalışmada, iki hemoglobin ölçümü arasındaki farkın $0,08$ g/dl olduğu görüldü. Ray ve arkadaşlarının [70] yapmış oldukları genel durumu kritik hastalarda hemoglobin konsantrasyonunu tahmin etmedeki arteriyel kan gazı analizörlerinin etkinliği ile ilgili çalışmada iki ölçüm arasındaki farkın $0,43$ g/dl olduğu görüldü. King ve arkadaşlarının [71] yapmış oldukları benzer bir çalışmada kan gazı ve laboratuvar hemoglobin ölçümleri arasındaki ortalama fark $0,19$ g/dl olarak bulundu.

Bizim çalışmamızda da literatürdeki diğer çalışmalar gibi hemoglobin ve hematokrit değerleri arasında anlamlı farklılıklar mevcuttu. Diğer çalışmalara göre hemoglobin ve hematokrit değerleri arasındaki fark daha yüksek saptandı. Çalışmada, Bland Altman ve dağılım nokta grafikleri incelendiğinde (Şekil 12-14), korelasyon katsayılarına bakıldığında (Hb $r=0,917$, Hct $r=0,921$ $p<0,001$), laboratuvar ölçümleri ile iyi bir uyumun olduğu görülebilmektedir. Ancak venöz kan gazı hemoglobin ölçümü açısından merkez laboratuvar yerine kullanılamaz.

Potasyum

Çalışmamızda arteriyel ve venöz kan gazından elde edilen potasyum değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel ve venöz kan gazında ölçülen potasyum değerleri yüksek korelasyona sahip olup ortalamaları arasında istatistiksel fark yoktur. Bu durum cihazın potasyum ölçümü açısından uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Venöz kan gazındaki potasyum ile merkez laboratuvar karşılaştırıldığında, ortalamalar arasında istatistiksel anlamlı fark bulundu. Bland Altman ve dağılım nokta grafikleri incelendiğinde sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 16). İki ölçüm metodu arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır. US CLIA limitlerine göre değerlendirme yapıldığında, ortalamalar arasındaki fark kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Ancak venöz kan gazındaki potasyum değerleri tek tek incelendiğinde, değerlerin %20'si US CLIA limitlerinin dışında kalmaktadır.

Bozkurt ve arkadaşlarının [7] yapmış oldukları venöz kan gazı ile laboratuvar potasyum sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada iki ölçüm arasındaki fark 0,56 mmol/L olarak bulundu ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı. US CLIA limitlerine göre değerlendirme yapıldığında iki test birbiri yerine kullanılamaz. Çalışmanın kısıtlılığı, retrospektif olarak gerçekleştirilmiş ve sadece 99 hastanın çalışmaya dahil edilmiş olmasıdır. Enjektörün heparinle yıkanması sırasında farklı miktarlarda heparinin enjektörde kalması, dilüsyon etkisine neden olmuş olabilir. Bu durum potasyum değerlerinde düşük ölçümlerle sonuçlanır ve laboratuvar ile farkın artmasına neden olur. Bizim çalışmamız prospektif olarak gerçekleştirildi ve venöz kan gazı için lityum heparin bulduran negatif basınçlı tüpler kullanıldı.

Jain ve arkadaşlarının [1] arter kan gazı ile laboratuvar potasyum sonuçlarını karşılaştıran çalışmasında ortalama fark 0,46 mmol/l bulundu. Hipokalemik, normokalemik ve hiperkalemik hasta popülasyonunda ayrı ayrı kan gazı değerlendirildiğinde farklarda belirgin bir artış görülmedi ve US CLIA limitlerinin içinde kaldı. Bu durum çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile örtüşmektedir.

King ve arkadaşlarının [71] arter kan gazı ile merkez laboratuvarını potasyum sonuçları yönünden karşılaştırdıkları çalışmada iki test arasındaki ortalama fark 0,2 mmol/L bulundu. Bu çalışmada, bizim çalışmamıza benzer bir şekilde laboratuvar sonuçlarının daha yüksek olduğu görüldü. Bu farkın nedeni, kan örneğinin laboratuvarında bekletilmesine bağlı oluşan potasyum değerlerindeki hatalı yükselme olabilir.

Jose ve arkadaşları [72] genel durumu kritik 121 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, 529 arteriyel kan gazı laboratuvar ile değerlendirildi. Aralarındaki fark 0,03 mmol/L bulundu ve sonuçların sadece %5'i US CLIA limitlerinin dışında kaldı. Klinik kararlar verirken kan gazı analizörlerinin yeterli ve efektif olduğu sonucuna varıldı. Çalışmada, bizim sonuçlarımıza çok yakın değerler elde edilmiş olsa da biz bu yoruma katılmamaktayız. US CLIA limit dışı kalan sonuçlar çalışmamızda daha fazladır. Bunun nedeninin protokollerdeki farklılıklara bağlı olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızda her hasta bir kere değerlendirmeye dahil edildi ve laboratuvar ile karşılaştırmada venöz kan gazı kullanıldı. Jose ve arkadaşlarının çalışmalarında ise bir hasta birden çok kez çalışmaya dahil edilmişti ve karşılaştırmada da arteriyel kan gazı kullanılmıştı.

Sezik ve arkadaşlarının [8] 2354 hasta ile retrospektif gerçekleştirdikleri çalışmada laboratuvar potasyum değeri ile kan gazı arasında farklılıklar olduğu, yüksek korelasyon göstermesine rağmen US CLIA limitlerinin dışında olduğu görüldü. Bu sebepten ötürü birbirinin yerine kullanılamayacağı sonucuna varıldı. Çalışmada kan gazı analizleri, sıvı heparinle yıkanmış enjektörler kullanılarak gerçekleştirilmişti. Bu durum dilüsyona neden olabileceğinden, hatalı sonuçlara yol açabilir.

Zhang ve arkadaşlarının [41] yapmış oldukları kan gazı ve laboratuvar ölçümlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, potasyum değerleri arasındaki farkın ortalaması 0,43 mmol/L olduğu görüldü ve US CLIA limitlerine göre bu fark kabul edilebilir değerler arasındadır. Fakat 200 hastanın dahil edildiği çalışmada 44 hastanın (%22) sonucu US CLIA limitlerinin üzerindedir. Bu çalışmanın diğer çalışmalara üstünlüğü değerlerin tek tek US CLIA limitlerine göre incelenmiş olmasıdır. Diğer çalışmalarda ortalamalar üzerinden yorumlar yapılmıştır. Zhang ve arkadaşlarının çalışmasında %22 seviyesinde olan limit dışı değerler; bizim çalışmamızda %20 ile sınırlı kaldı. Bu seviyelerdeki bir hatanın, klinik olarak kabul edilebilirliği düşüktür.

Venöz kan gazı potasyum değerleri laboratuvar ile karşılaştırıldığında sensitivitesi %68, spesifisitesi %81'dir. Bu değerler, birbirine yakın özellik gösteren iki test için düşük seviyede kalmaktadır. Bu durum literatürdeki ikileme de açıklama getiriyor olabilir. Literatürde Jain ve arkadaşlarının [1] yapmış oldukları gibi potasyum değerlerinin kategorize edilip kan gazı ile karşılaştırmasının yapıldığı pek fazla çalışma yoktur. Kan gazı cihazları normal değer aralıklarında laboratuvar ile uyumlu sonuçlar gösterse de patolojik değerlerde bu uyumu gösteremiyor olabilir. Patolojik değerlerin toplam veri içindeki oranının değişmesi, sonuçlarda farklılıklar ortaya çıkarabilir.

Sodyum

Çalışmamızda arteriyel ve venöz kan gazından elde edilen sodyum değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel ve venöz kan gazında ölçülen sodyum değerleri yüksek korelasyona sahip olup ortalamaları arasında istatistiksel fark yoktur. Bu durum cihazın sodyum ölçümü açısından uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Venöz kan gazındaki sodyum ile merkez laboratuvar karşılaştırıldığında, ortalamalar arasında istatistiksel anlamlı fark bulundu. Bland Altman ve dağılım nokta grafikleri incelendiğinde sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 18). İki ölçüm yöntemi arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır. US CLIA limitlerine göre değerlendirme yapıldığında, ortalamalar arasındaki fark kabul edilebilir sınırlar içerisindeydir. Ancak venöz kan gazındaki sodyum değerleri tek tek incelendiğinde, değerlerinin %12'si US CLIA limitlerinin dışında kalmaktadır.

Sezik ve arkadaşlarının [8] retrospektif olarak yapmış oldukları 2354 hastayı dahil ettikleri çalışmada sodyum değeri için farkların ortalamasının $9,26 \pm 6,54$ mmol/L olduğu görüldü ve değerler arasında zayıf korelasyon tespit edildi ($r=0,407$ $p<0,001$). Kan gazı ile biyokimyasal sodyum ölçümlerinin birbiri yerine kullanılamayacağı sonucuna varıldı. Bu farkın nedenini, enjektörü yıkamak için kullanılan heparinin sodyum içermesine bağladılar. Bizim çalışmamızda venöz kan gazı için lityum heparin içeren negatif basınçlı tüpler kullanıldı. Bizim çalışmamız ile karşılaştırıldığında, sodyum ölçümleri arasındaki fark daha düşüktür. Bu durumun nedeni, kullanılan heparin çeşidinin farklı olması olabilir.

Öner ve arkadaşlarının [59] 1007 hasta ile yaptıkları çalışmada sodyum için kan gazı ve biyokimya laboratuvarı arasındaki farkın ortalaması $2,7$ mmol/L bulundu ve iki ölçüm arasında yüksek korelasyon tespit edildi. Farkların ortalaması, US CLIA limitlerine göre kabul edilebilir değer aralığındadır. Biyokimyasal tetkikler sonuçlanana kadar kan gazının sodyum konusunda tedavi yönetiminde kullanılabilceği sonucuna ulaşılar.

Uysal ve arkadaşlarının [69] yapmış oldukları 1094 hastayı dahil ettikleri elektrolit ölçümlerinde kan gazının güvenilirliği ile ilgili çalışmada 875 hasta venöz kan gazı ile değerlendirilip sonuçlar laboratuvar ile karşılaştırıldı. Sodyum için iki test arasındaki farkın ortalamasının $-1,49 \pm 3,34$ mmol/L olduğu görüldü. Ölçümler yöntemleri arasında yüksek korelasyon saptandı ($r = 0,796$, $p<0,001$).

Zhang ve arkadaşlarının [41] yapmış oldukları kan gazı cihazında ölçülen potasyum, sodyum ve hemoglobinin laboratuvar ile karşılaştırıldığı çalışmada laboratuvar sodyum değeri ile kan gazı arasındaki farkın ortalaması 3,04 mmol/L'dir. Bu fark US CLIA limitlerine göre kabul edilebilir bir farktır. Fakat sodyum değeri için çalışmada 200 hastanın %16'sında iki değer arasındaki fark US CLIA limitlerini aşmıştır. Bu bulgularla sodyum ölçümünde, kan gazına kısmi güvenilebilir sonucuna ulaşıldı.

Jain ve arkadaşlarının [1] kan gazı analizörlerinin merkez laboratuvarı ile karşılaştırıldığı çalışmada sodyum değerlerinin arteriyel kan gazındaki ortalaması 131,28±7,33 mmol/L, merkez laboratuvardaki ortalaması ise 136,4±6,50 mmol/L saptandı. İki ölçüm arasındaki farkın ortalaması 5,09 mmol/L'dir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Çalışmada sodyum değerleri 145 mmol/L ve üstü, 135-145 mmol/L arası, 120 – 135 mmol/L arası ve 120 mmol/L'den düşük olacak şekilde 4 gruba bölündü. Kan gazı ile laboratuvar ölçümlerinde, ortalamalar arasındaki fark sodyum değerini düşmesiyle artmaktadır. Normal sodyum değerler aralıklarında farklarının ortalaması 3,4 mmol/L saptandı. İstatistiksel olarak bu fark anlamlıdır fakat US CLIA limitlerine göre kabul edilebilir değerler arasındadır. Bu fark 120-135 mmol/L grubunda ise 7,4 mmol/L'ye <120Mmol/L grubunda ise 12,8 mmol/L'ye yükselmektedir. Hiponatremik hastalarda sonuçlar US CLIA limitlerine göre kabul edilebilir değerlerin dışına çıkmaktadır.

Venöz kan gazının laboratuvara göre sensitivite ve spesifisite değerleri ortalama değerlere bakılınca beklenenden düşük kaldı. Bu durum, Jain ve arkadaşlarının [1] çalışmalarında gösterdikleri gibi normal dışı değerlerde ölçümlerin yeterince güvenilir olmamasına bağlı olabilir. Bu sensitivite ve spesifisite değerleri, eğer çalışmamızda hiponatremik ve hipernatremik hasta oranı daha fazla olsaydı sonuçlarımızın daha farklı olacağı izlenimi edinmemize neden oldu. Dolayısıyla klinik açısından, acil tanı ve tedavi gereken sodyum dengesi bozukluklarında, venöz kan gazı biyokimyasal ölçüm yerine kullanılamaz ancak laboratuvar tetkikleri sonuçlanana kadarki sürede hekime fikir verebilir.

Glukoz

Arteriyel ve venöz kan gazından elde edilen glukoz değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel ve venöz kan gazında ölçülen glukoz değerleri yüksek korelasyona sahipti ve ortalamaları arasında istatistiksel fark yoktu. Bu durum cihazın glukoz ölçümü açısından uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Venöz kan gazındaki glukoz ile merkez laboratuvar karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Bland Altman ve dağılım nokta grafikleri bu durumu desteklemektedir (Şekil 20). US CLIA limitlerine göre değerlendirme yapıldığında, ortalamalar arasındaki fark kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Ancak venöz kan gazındaki glukoz değerleri tek tek incelendiğinde, değerlerinin %26'si US CLIA limitlerinin dışında kalmaktadır.

Uysal ve arkadaşlarının [69] kan gazı analizörleri ile elde edilen sonuçların güvenilirliği ile ilgili çalışmasında glukoz için venöz kan gazı ile biyokimya laboratuvarı karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki fark $-7,67 \pm 25,17$ mg/dl bulundu. Çalışmada glukoz, sodyum, potasyum, klor, hemoglobin, hematokrit içerisinde en güvenilir sonuçlar glukozda elde edildi. Çalışmamızda da benzer sonuçlar bulundu. Sodyum, potasyum, hemoglobin, hematokrit değerleri incelendiğinde laboratuvar ile değerlerin ortalaması açısından aralarında istatistiksel fark tespit edilmeyen tek grup glukoz oldu.

Öner ve arkadaşlarının [59] yapmış oldukları 1007 hastayı içine alan retrospektif çalışmada, kan gazı ve biyokimya glukoz değerleri karşılaştırıldığında ortalama fark 17,3 mg/dl bulundu. İki ölçüm yöntemi arasında yüksek korelasyon vardır. Glukoz için dağılım nokta grafiği (Şekil 20) incelendiğinde hiperglisemik değerlerde ölçümlerin uyumunun düştüğü görülebilmektedir. Öner ve arkadaşlarının çalışmasında farkların çalışmamıza göre fazla olmasının nedeni hiperglisemik hasta oranının daha fazla olması olabilir.

US CLIA limitlerine göre limit dışı değer oranı %26 olarak görünse de glukoz ölçümlerinde venöz kan gazı laboratuvar ile yüksek korelasyon göstermektedir ve ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bunun nedeni US CLIA limitlerinin klinik açıdan önemi olmayan farkları kapsamaması olabilir. Klinik açıdan hekim kararını etkilemeyecek kabul edilebilir farkları belirlemek güçtür ve bu konuda glukoz için literatürde yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bulgular eşliğinde, venöz kan gazının glukoz konusunda güvenilir sonuçlar verdiğini düşünmekteyiz.

pH

Çalışmamızda arteriyel ve venöz pH değerleri karşılaştırıldı ve yaklaşık 0,03'lük bir fark bulundu. İki ölçüm arasında yüksek korelasyon vardır. Arteriyel kan gazındaki pH değeri venöz kan gazına göre daha fazladır. Bu fark beklenen bir değerdir ve literatürle uyumludur.

pH ölçümünde alternatif olarak kullanılacak test için kabul edilebilir farklar değişkenlik göstermektedir. Rang ve ark [73] göre pH için kabul edilebilir farklılık 0,05'dir. US CLIA limitlerine göre ise 0,04'tür. Ortalamalar arasındaki fark incelendiğinde her iki limit için de kabul edilebilir sınırlardadır. Sonuçlar tek tek incelendiğinde, sonuçların %17'si US CLIA limitlerinin dışına çıkmaktadır.

Çalışmada arteriyel pH'ı tahmin etmek için regresyon analizi yapılmış ve bir formül ortaya konmuştur. Formüle göre aVpH değeri oluşturuldu. ApH ile aVpH değerlerinin ortalamaları arasındaki fark 0,01'den düşük seviyeye indi ve US CLIA limitlerine göre limit dışına çıkan pH değeri %7'ye geriletildi. Arterleştirilmiş VpH'n kullanımı arteriyel ölçümlere daha yakın ve güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.

Bakoğlu ve arkadaşlarının [11] yapmış oldukları acil serviste periferik venöz kan gazının arter kan gazı yerine kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada arteriyel ve venöz kan pH değerleri arasında ortalama 0,2 fark buldular. İki değer birbiriyle yüksek korelasyon göstermektedir. Bizim çalışmamızda da benzer sonuçlar bulunmaktadır. Ortalamalar açısından bakıldığında US CLIA limitleri içerisindedir.

Ak ve arkadaşlarının [15] KOAH akut alevlenmesinde arteriyel kan gazını öngörmede venöz kan gazının kullanılabilirliği ile ilgili araştırmasında arteriyel ve venöz pH değerlerinin arasındaki farkın ortalaması 0,031 olarak bulundu ve pH değerleri arasında yüksek korelasyon olduğu görüldü. Bu fark US CLIA limitleri içerisindedir. Çalışmada arterleştirilmiş pH için önerilen formülü kendi verilerimize uyguladık. Venöz pH'a göre arteriyel pH ile ortalama değerler arasındaki fark azaldı ve US CLIA limitleri dışında kalan değer %11'e geriletildi. Geliştirilen formülün arteriyel pH değerini öngörme konusunda olumlu etkisi bulunmaktadır.

Khan ve arkadaşlarının [62] yapmış oldukları arteriyel ve venöz kan gazındaki ilişkinin incelendiği prospektif çalışmada, arteriyel ve venöz kan gazındaki pH değerlerinin ortalamaları arasındaki fark yaklaşık 0,02 olarak ölçüldü. Bu bulgu çalışmamızla uyumluluk göstermektedir. Arteriyel ve venöz pH arasında yüksek

korelasyon tespit edilmesi üzerine arteriyel pH'ı tahmin etmek için formül geliştirdiler. Geliştirilen formül verilerimize uygulandığında, oluşturulan aVpH değerlerinin ApH ortalamasına VpH'a kıyasla daha yakın olduğu görüldü. Formül sonucu elde edilen aVpH değerleri US CLIA limitlerine göre incelendiğinde, limit dışında kalan değerler %11'e geriledi. Geliştirilen formülün Arteriyel pH'ı öngörme konusunda olumlu etkisi olduğu kanaatindeyiz.

Kim ve arkadaşlarının [63] geliştirmiş oldukları formül çalışmadaki verilerimize uygulandı. aVpH değeriyle arteriyel kan gazındaki pH değerini karşılaştırıldı. Arteriyel pH ile arterleştirilmiş pH (aVpH) arasında yüksek korelasyon tespit edildi. aVpH değerleri arteriyel değerlere yakınlık konusunda VpH'a üstünlük sağladı. aVpH, US CLIA limitlerine göre değerlendirildiğinde limit dışı kalan değer %17 seviyesinden %10 seviyesine düştü. Bu formül de kullanılabilir bir formüldür.

Venöz kan gazı, arteriyel kan gazındaki pH değerine oldukça yakın değerler sunabilmektedir. Bu konu ile ilgili yapılmış yayınların çoğunda, ortalamalar arasındaki fark US CLIA limitleri içinde bulundu. Fakat değerler ortalamadan bağımsız, teker teker incelendiğinde limit dışında kalan değer sayısı önemsenmeyecek kadar az değildir. Bu sebepten ötürü arteriyel kan gazındaki pH değerini öngörmeye ham venöz pH'ı kullanmak yerine çeşitli çalışmalardan elde edilmiş formülleri kullanmak daha uygundur. Formüller US CLIA limitleri dışında kalan değerleri azaltmaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz formül ile limit dışı kalan değer %10 seviyelerinden aşağıya çekildi. Geliştirmiş olduğumuz formül dışında hiçbir formül limit dışı değerleri %10'dan daha az seviye çekmeyi başaramadı. Bu durum geliştirdiğimiz formülün diğer formüllere göre üstün olduğu sonucuna varılmasına neden olamaz. Çünkü geliştirdiğimiz formül sonuçlarını bildiğimiz değerler incelenerek oluşturuldu. Diğer formüllere göre başarısının daha yüksek olması, zaten beklenen bir durumdur. İdeal formülü bulmak için çok sayıda hasta içeren çeşitli çalışmalara ihtiyaç vardır.

pCO₂

Çalışmada VpCO₂ ile ApCO₂ değerleri karşılaştırıldı. Arteriyel ve venöz kan gazları parsiyel karbondioksit basınçları arasındaki fark (ApCO₂ – VpCO₂) -5,8±4,8 mmHg (%95 CI, -13,96 – 3,96 mmHg) olarak ölçüldü. McCanny ve arkadaşlarının [74] 89 hastayı kapsayan prospektif çalışmasında arteriyel ve venöz parsiyel karbondioksit basınçları arasındaki ortalama farkın 8,6 mmHg (%95 CI, -7,84 – 25,05 mmHg) olduğu görüldü. Kelly ve arkadaşlarının [75] yapmış olduğu 58 hastanın dahil edildiği çalışmada, arteriyel ve venöz kan gazı pCO₂ değerleri arasındaki farkın ortalaması -7,9 mmHg (%95 CI, -22,9 – 6,9 mmHg) olarak bulundu. Kelly ve arkadaşlarının [76] yapmış olduğu bir başka çalışmada pCO₂ değerleri arasındaki farkın ortalaması 5.8 mmHg (%95CI, -8,8 – 20,5 mmHg)'dir. Çalışmalardaki bulgular birbirine yakın değerlerdir. Çalışmalarda venöz pCO₂'nin arteriyel pCO₂ yerine kullanılabilmesi için yeterli veri olmadığı sonucuna vardılar. Çalışmamızda, bu çalışmalara benzer sonuçlar elde edilse de farkların ortalaması diğer çalışmalara göre daha azdır. Bu farklılığın nedeni hastaların klinik durumları ile açıklanabilir. McCanny ve arkadaşlarının [74] yapmış oldukları çalışmada hastaların % 33,7'sinde arteriyel kan gazında hiperkapni tespit edildi. Bizim çalışmamızda hiperkapnik hastaların oranı %19'dur. Kell ve arkadaşlarının [75] çalışmasında ise noninvaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalar çalışmaya dahil edildi. Çalışmamızda böyle bir sınırlama yapılmadı. Ortalamalar arasındaki farklılığın sebebi hiperkapnik hasta dağılımındaki farklılıklara bağlı olabilir.

Karbondioksit retansiyonunu belirleme açısından araştırmada VpCO₂ için cut-off değeri 45 mmHg seçildi. Kelly ve arkadaşlarının [76] yapmış oldukları çalışmada ROC curve analizine göre sensitivite ve spesifisite açısından en uygun değer 45 mmHg olduğu belirlendi (sensitivite %100, spesifisite %57). Çalışmamızda arteriyel kan gazında hiperkapni tespit edilen hastaların hepsinde venöz kan gazında da hiperkapni tespit edildi (Sensitivite %100, spesifisite %83). McCanny ve arkadaşlarının [74] yapmış olduğu çalışmada pCO₂ için sensitivite %100, spesifisite %34'tür. Hastanın karbondioksit retansiyonunda olup olmadığını belirlemek tedavi açısından önemlidir. Hastanın karbondioksit retansiyonunda olmadığını bilmesi, pek çok arteriyel kan gazı alım gereksinimi ortadan kaldırabilir. Çalışmalarda birbirinden çok farklı spesifisite değerlerine rastlandı. Bu durum, arteriyel kan gazı yerine venöz kan gazı kullanımının düşük seviyelerde kalmasına neden olur.

Çalışmamızda venöz kan gazındaki pCO_2 değeri ile arteriyel kan gazındaki pCO_2 değeri arasında güçlü korelasyon tespit ettik. Bu bulgu literatürdeki pek çok çalışma ile örtüşmektedir [77]. Arteriyel kan gazındaki pCO_2 'yi tespit etmeye yönelik regresyon analizi yapıldı ve arterleştirilmiş pCO_2 ($aVpCO_2$) oluşturuldu. Bu değer $VpCO_2$ ile karşılaştırıldığında arteriyel değerlere daha yakın sonuçlar sunabilmektedir.

İki ölçüm metodunun birbiriyle karşılaştırıldığında ne kadarlık bir farklılığın klinisyenler tarafından tolere edilebileceği veya klinik kararlar üzerinde etkisi olacağını belirlemek zordur. Bu konuda sınırlı çalışma bulunmaktadır [75]. Rang ve ark [73] çalışmalarında pCO_2 için klinik olarak kabul edilebilir limit 6,6 mmHg'dir. US CLIA limitlerine göre pCO_2 için belirlenen limitler hedef değer ± 5 mmHg veya %8'den az olmasıdır. Ortalamalar arasındaki fark US CLIA limitlerinin üstündedir. Her bir değer ayrı ayrı incelendiğinde US CLIA limitlerinin dışında kalan pCO_2 değeri %48 iken $aVpCO_2$ için limit dışı değerler %14'tür. Formül arteriyel değerleri öngörmeye olumlu etki göstermektedir.

Khan ve arkadaşlarının [62] çalışmasında geliştirdikleri formül çalışmamızda uygulandı. $aVpCO_2$ değeri oluşturuldu. Yeni oluşturulan bu değerler arteriyel değerlere daha yakın sonuçlar vermektedir. US CLIA limitlerine göre bu formül ile limit dışında kalan değer sayısı %48'den %26'ya gerilemiştir. Geliştirilen formülün kullanılabilir olduğunu düşünmekteyiz.

Ak ve arkadaşlarının [15] yaptıkları çalışmada arteriyel ve venöz kan gazında pCO_2 değerleri arasında yüksek korelasyon tespit edilip formül geliştirildi. Formülü kendi verilerimize uyguladığımızda değerlerin $ApCO_2$ değerine yaklaştığı görüldü. US CLIA limitlerine göre veriler ayrı ayrı incelendiğinde limit dışı kalan değer sayısı %48'den %13'e geriledi. Geliştirilen formülün kullanılabilir olduğunu düşünmekteyiz.

Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada pCO_2 için geliştirdikleri formülü kendi verilerimize uyguladık ve sonuçlar, $VpCO_2$ ile kıyaslandığında $ApCO_2$ değerlerini öngörmeye daha başarılı oluğuna ulaştık. US CLIA limitlerine göre limit dışı veri oranı %48'den %28'e geriledi. Bu formülün arteriyel kan gazındaki pCO_2 değerini tahmin etme konusunda başarılı olmadığı düşünmekteyiz.

pO₂

Çalışmamızda, venöz pO₂ ile arteriyel pO₂ arasında orta dereceli bir korelasyon tespit edildi. Bland Altman ve dağılım nokta grafiğinde görülebildiği gibi, klinik olarak VpO₂ değerinin ApO₂ yerine kullanılabilirliği çok düşüktür.

Çalışmamızda ApO₂ değerlerini öngörebilmek için çok değişkenli regresyon analizi yapıldı ve aVpO₂ değeri oluşturuldu. ApO₂ ile aVpO₂ arasında yüksek korelasyon tespit edildi ($r = 0,791$, $p < 0,001$). aVpO₂ değerleri tanısal anlamda VpO₂'ye göre daha iyi olsa da bu yeterli değildir (Tablo 38). aVpO₂ değerlerinin klinik kullanım açısından uygun olmadığını düşünmekteyiz.

Bakoğlu ve arkadaşlarının [11] acil serviste periferik venöz kan gazının arteriyel kan gazı yerine kullanılabilirliği ile ilgili araştırmasında ApO₂ ile VpO₂ arasında zayıf bir korelasyon tespit edildi. Yıldıztaş ve arkadaşlarının [13] yapmış oldukları benzer çalışmada pO₂ değerleri arasında düşük korelasyon tespit edildi ve yakın pO₂ monitörizasyonu gerekmeyen hastalarda venöz kan gazının arteriyel yerine kullanılabilmesi sonucuna varıldı. Khan ve arkadaşlarının [23] arteriyel ve venöz kan gazının ilişkisini inceledikleri çalışmasında venöz kan gazının pO₂ ve sO₂ konusunda arteriyel kan gazı yerine kullanılmayacağı sonucuna vardılar. Ak ve arkadaşları [15] KOAH akut alevlenme dönemindeki hastaları dahil ettikleri çalışmalarında arteriyel ve venöz kan gazı pO₂ değerleri arasında düşük korelasyon tespit edilmesi nedeniyle arteriyel pO₂ ve sO₂ değerlerini venöz kan gazı üzerinden tahmin etmenin doğru olmadığı sonucuna vardılar.

Çalışmamızda pO₂ konusunda bulgularımız literatürle uyumludur. Venöz kan gazından arteriyel pO₂ değerlerini tahmin etmek doğru bir yaklaşım değildir. Geliştirmiş olduğumuz formül bu çalışma için kullanılabilir gibi görünse de etkinliğinin tespit edilebilmesi için başka çalışmalarda kullanılıp test edilmesi gereklidir.

HCO₃⁻

Çalışmamızda arteriyel ve venöz kan gazındaki bikarbonat değerleri karşılaştırıldı. Venöz kan gazında ölçülen bikarbonat değerlerinin ortalaması daha yüksektir ve iki değer arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır.

Kelly ve arkadaşlarının [78] yapmış oldukları arteriyel ve venöz kan gazında bikarbonat ölçümünü inceledikleri çalışmalarında iki ölçüm arasında 1,20 mmol/L fark tespit edildi. %95 güven aralığının dar özellik göstermesi nedeniyle solunum ve metabolik hastalıklarda venöz kan gazının bikarbonat konusunda arteriyel ölçüm yerine kabul edilebilir olduğu sonucuna vardılar.

Middleton ve arkadaşlarının [77] yapmış oldukları arteriyel ve santral venöz kan gazı değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarında, bikarbonat değerleri arasındaki ortalama fark 0,52 mmol/L olarak bulundu. Bu fark bizim çalışmamıza göre daha düşüktür. Bunun nedeni çalışmada yoğun bakım hastalarından veri toplanmış olması ve periferik damar yolundan değil santral venöz kateterden kan gazı alınması olabilir.

Koul ve arkadaşlarının [79] yapmış oldukları kardiyopulmoner hastalıklara sahip olan hastaları dahil ettikleri çalışmalarında, arteriyel ve venöz kan gazı değerleri incelendi ve çalışmamızdakine benzer şekilde bikarbonat değerleri arasında yüksek korelasyon tespit edildi.

Bakoğlu ve arkadaşlarının [11] yapmış oldukları çalışmada venöz bikarbonat değerlerinin arteriyel bikarbonat değerlerinden ortalama 1,5 mmol/L fazla olduğu tespit edildi. Bunun nedenini venöz kan gazının karbondioksit içeriğinin yüksek olmasına bağladılar. Bu farkın ihmal edilebilir bir fark olduğu sonucuna ulaştılar.

Kim ve arkadaşlarının [63] yapmış oldukları tek merkezli ve yoğun bakım ünitelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, arteriyel ve venöz değerler karşılaştırıldı ve çalışmamızdakine benzer sonuçlar tespit edildi. Araştırmacılar klinik açıdan bikarbonat için bu farkın çok az olduğunu ve venöz kan gazının arteriyel yerine alternatif olabileceği sonucuna vardılar.

Bulgularımız araştırmacıların bikarbonat ile ilgili yorumlarını destekler niteliktedir. Klinik kararlar verilirken arteriyel ve venöz kan gazındaki bikarbonat ölçümleri arasındaki farkın ihmal edilebilir bir fark olduğu düşüncesindeyiz.

6. ÇIKARIM

Arteriyel kan gazı alımı üzerinde pek çok parametrenin etkisi olmaktadır. Obezite, kan gazı alımını zorlaştıran başlı başına bir parametredir. Hastanın BMI'sinin artması hekimleri femoral arter ponksiyonuna yönlendirmektedir. Femoral arter ponksiyonunun ağrı şiddeti üzerine olumlu herhangi bir katkısı bulunmamaktadır. İnsülin enjektörü iğnesinin kullanımı başarısız girişim oranını azaltmamaktadır. Ağrı şiddeti yönünden kan gazı enjektörü iğnesine bir üstünlüğü yoktur.

Venöz kan gazının hemoglobin, hematokrit potasyum, sodyum ve glukoz değerleri konusunda güvenilirliği tartışmalıdır. Sonuçlar laboratuvar ile yüksek korelasyon göstermektedir. Ancak sonuçlar tek tek incelendiğinde ciddi farklılıklar görülebilmektedir. Glukoz, sodyum, potasyum, hemoglobin ve hematokrit ölçümlerinin hiçbirinde US CLIA limitleri dikkate alındığında, limit dışı değerlerin toplam veriye oranı %10'un altında değildir. Venöz kan gazı glukoz dışında biyokimyasal ve hematolojik tetkiklerin yerine kullanılamaz. Sadece hekimin hastanın kliniğiyle ilgili ön fikir sahibi olmasını sağlar. Kesin kararlar laboratuvar sonuçlarına göre verilmelidir.

Venöz kan gazı, pH ölçümü konusunda arteriyel kan gazına çok yakın değerler sunabilmektedir. Çeşitli formüllerle bu değerler daha da yakınlaştırılabilmektedir. pCO_2 ölçümlerinde, arteriyel ve venöz kan gazları arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır. Hiperkapni konusunda venöz kan gazının spesifitesi çalışmalarda farklılık göstermektedir. Bu durum karbondioksit retansiyonu konusunda venöz kan gazının kullanımını sınırlamaktadır. Venöz kan gazı pCO_2 açısından yol göstericidir fakat arteriyel kan gazı yerine kullanılamaz. pO_2 ölçümünde arteriyel ve venöz değerler arasında orta dereceli korelasyon bulunmaktadır. Geliştirilen formül sonucunda A_{pO_2} değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir fakat tanısal etkinlik açısından bu sonuçlar henüz güvenilir değildir. Formülün kullanılabilirliği için daha kapsamlı prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır. Arteriyel ve venöz kan gazındaki bikarbonat değerleri birbiriyle yüksek korelasyon göstermektedir. İki değer arasında fark bulunmaktadır ancak klinik kararlar verilirken bu fark ihmal edilebilir.

Sonuç olarak acil servislerde venöz kan gazı glukoz dışında biyokimyasal tetkikler yerine kullanılamaz. Venöz kan gazının pH ve bikarbonat ölçümleri dışında arteriyel kan gazı yerine kullanılması uygun değildir. Venöz kan gazı, klinisyene tetkikler sonuçlanana kadar yol gösterici olabilir.

7. ÖZET

ACİL SERVİSTE VENÖZ KAN GAZI ANALİZİNİN ARTERİYEL VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİ ÖNGÖRMEDEKİ ETKİNLİĞİ

AMAÇ

Elektrolit ve metabolik değerler, hem kan gazı hem de merkez laboratuvar analizörleri ile ölçülebilmektedir fakat sonuçlara ulaşabilme süresi konusunda aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmada venöz kan gazının biyokimyasal parametreler yerine kullanılabilirliği araştırıldı.

Arteriyel kan gazı analizi özellikle kardiyopulmoner hastalıklara sahip olan hastalarda klinik değerlendirme yapılırken önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte arteriyel kan gazı alımının pek çok dezavantajı vardır. Bölgesel hematoma, enfeksiyon, oklüzyon, embolizasyon, iskemik hasar gibi komplikasyon risklerini barındırmaktadır. Bunlara ek olarak genellikle ağırlı bir işlemdir. Venöz kan alımı arteriyel alıma göre daha az risk barındırır. Dolayısıyla bu çalışmada acil serviste venöz kan gazının arteriyel kan gazı yerine kullanılabilirliği incelendi.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu prospektif çalışma Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisinde yürütüldü. Çalışmaya dahil edilen hastalar 1 Mayıs 2016 – 30 Eylül 2016 tarihleri arasında acil servise başvuran ve çalışmaya katılmayı kabul eden hastalardır. Çalışma protokolü ile ilgili etik kurul onayı alındı. 350 farklı hastadan venöz kan örneği alındı ve acil servis resüsitasyon odası içinde bulunan kan gazı analizörü ile merkez laboratuvar analizöründe çalışıldı. 350 hastanın 105'inde ilaveten arteriyel kan gazı örneği alındı. pH, pCO₂, pO₂, HCO₃⁻, sodyum, potasyum, glukoz, hemoglobin, hematokrit, değerleri Bland Altman grafikleri ve regresyon analizleri ile uyum yönünden incelendi. Bağımlı gruplarda ortalamalar arasındaki farkın değerlendirilmesi için Eşleştirilmiş T testi ve Wilcoxon testi kullanıldı.

SONUÇLAR

Hemoglobin, hematokrit, potasyum, sodyum, glukoz değerleri venöz kan gazı ve merkez laboratuvar analizörleri ile yüksek korelasyon göstermektedir. Hemoglobin, hematokrit, potasyum, sodyum, glukoz ölçümlerinde kan gazı cihazı ile merkez laboratuvar arasındaki farkların ortalaması sırasıyla $1,8 \pm 1,0$ g/dl, $\%6,8 \pm 3,1$, $-0,07 \pm 0,44$ mmol/L, $-1,46 \pm 2,5$ mmol/L, $2,5 \pm 14,0$ mg/dl'dir. US CLIA tarafından belirlenen kabul edilebilir hata sınırını aşan hemoglobin, hematokrit, potasyum, sodyum ve glukoz değerleri sırasıyla $\%78$, $\%92$, $\%20$, $\%12$, $\%26$ 'dır. Bu parametreler için korelasyon katsayısı sırasıyla $0,917$, $0,927$, $0,730$, $0,811$, $0,960$ 'tır.

Arteriyel kan gazı ve venöz kan gazı arasında pH, pCO₂, pO₂ ve HCO₃⁻ parametreleri açısından anlamlı bir korelasyon bulunmaktadır ($p < 0,001$). pH, pCO₂, pO₂ ve HCO₃⁻ ölçümlerinde arteriyel ve venöz kan gazı değerlerinin ortalamaları arasındaki farklar sırasıyla $0,025 \pm 0,029$, $-5,0 \pm 4,5$ mmHg, $24,7 \pm 13,19$ mmHg ve $-1,37 \pm 1,4$ mmol/L'dir. Arteriyel pH, pCO₂, pO₂ ve HCO₃⁻ için lineer regresyon denklemleri kuruldu. Bu denklemler: Arteriyel pH = $1,73 + 0,77 * \text{venöz pH}$; arteriyel pCO₂ = $0,834 * \text{venöz pCO}_2 + 2,25$; arteriyel pO₂ = $0,58 * \text{venöz pO}_2 - 0,25 * \text{VsO}_2 + 1,47 * \text{sO}_2(\text{pulse}) - 74,1$ ve arteriyel HCO₃⁻ = $0,9 * \text{venöz HCO}_3^- + 1$ 'dir.

ÇIKARIM

Kan gazı ve merkez laboratuvar analizörleri değişken performans gösterdiler. Testlerden elde edilen sonuçların hepsi US CLIA tarafından belirlenen kabul edilebilir hata sınırları içerisinde değildir. Bu nedenle venöz kan gazı güvenilir değildir. Ancak klinisyenlerin elektrolitler ve metabolik değerler konusunda fikir sahibi olmasını sağlar. Biyokimyasal değerler sonuçlanana kadar, venöz kan gazı değerleri, özellikle acil durumlarda kritik hastaların tanı ve tedavi yönetiminde ön fikir verir.

Venöz kan gazı pH ve HCO₃⁻ parametreleri dışında arteriyel kan gazı yerine kullanılamaz. Arteriyel kan gazı değerlerini tahmin etmek için geliştirilen formüller ham veriyle kıyaslandığında daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat geliştirilmiş formüllerin kabul edilebilir emniyet sınırları içinde kullanılabileceğinin belirlenebilmesi için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Arteriyel Kan Gazı, Venöz Kan Gazı, Korelasyon, Elektrolitler, Biyokimyasal Değerler, Hemoglobin, Acil Servis

8. ABSTRACT

EFFICACY OF VENOUS BLOOD GAS ANALYSIS IN PREDICTING ARTERIAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN EMERGENCY DEPARTMENT

AIM

Electrolyte and metabolic values are measured both by blood gas analyzers and central laboratory analyzers, but significant time gap exists between the availability of their results. The use of venous blood gas instead of biochemical parameters has been studied.

Arterial blood gas analysis has an important role in clinical assessment of patients with cardiopulmonary diseases. However, arterial puncture has many drawbacks. It carries the risk of complications such as local hematoma, infections, occlusion, embolisations and ischemic injury. Also it is often painful. Venous puncture carries less risk of complications than arterial puncture. So we aimed to investigate the utility of peripheral venous blood gas instead of arterial blood gas in emergency department.

MATERIAL METHODS

This prospective study was conducted in Ufuk University, School of Medicine, Emergency Department. The study included patients who visited the emergency department between May 1st, 2016 and September 30th, 2016 and consented to participate. The study protocol was approved by local ethical committee. Venous blood samples, belonging to 350 different patients, were analyzed by central laboratory analyzers and blood gas analyser, located in resuscitation room in ED. In 105 of 350 patients, arterial blood gas was taken in addition to these examinations. The results of pH, pCO₂, pO₂, bicarbonate, sodium, potassium, glucose, hemoglobin and hematocrit were compared by Bland Altman plot and regression analysis. The significant differences for the paired means were calculated using the paired samples t test and Wilcoxon signed-rank test.

RESULTS

Hemoglobin, hematocrit, potassium, sodium, glucose values in venous blood gases were highly correlated with the central laboratory analyzer. The weighted mean differences between venous blood gas analyser and central laboratory analyzers in hemoglobin, hematocrit, potassium, sodium, glucose were $1,8 \pm 1,0$ g/dl, $\%6,8 \pm 3,1$, $-0,07 \pm 0,44$ mmol/L, $-1,46 \pm 2,5$ mmol/L, $2,5 \pm 14,0$ mg/dl respectively. Hemoglobin, hematocrit, potassium, sodium, glucose values which exceed the US CLIA determined acceptable bias were $\%78$, $\%92$, $\%20$, $\%12$, $\%26$ respectively. Correlation coefficients were $0,917$, $0,927$, $0,730$, $0,811$, $0,960$ respectively. There were a significant correlations between arterial blood gas and venous blood gas values of pH, pCO₂, pO₂ and HCO₃⁻ (p<0,001).

The weighted mean arterio-venous difference in pH, pCO₂, pO₂ and HCO₃⁻ were $0,025 \pm 0,029$ pH unit, $-5,0 \pm 4,5$ mmHg, $24,7 \pm 13,19$ mmHg and $-1,37 \pm 1,4$ mmol/L respectively. Linear regression equations for estimation of pH, pCO₂, pO₂ and HCO₃⁻ were as follows: arterial pH = $1,73 + 0,77 * \text{venous pH}$; arterial pCO₂ = $0,834 * \text{venous pCO}_2 + 2,25$; arterial pO₂ = $0,58 * \text{venous pO}_2 - 0,25 * V_{sO_2} + 1,47 * sO_2(\text{pulse}) - 74,1$ and arterial HCO₃⁻ = $0,9 * \text{venous HCO}_3^- + 1$.

CONCLUSION

Blood gas analyzer and central laboratory analyzer demonstrated variable performances and not all test results met US CLIA determined acceptable bias. Venous blood gas analyzer is not reliable however it gives clinicians an idea about electrolytes and metabolic values. Venous blood gas values can be used - especially in case of emergency, in treatment of critical patients -until biochemical values are obtained.

Venous blood gas can not be used in place of arterial blood gas except pH and HCO₃⁻. The formulas developed to estimate arterial values give better results than raw values but further studies are required to establish whether the developed models can be used with acceptable safety.

Keywords: Arterial Blood Gas, Venous Blood Gas, Correlation, Electrolytes, Biochemical Values, Hemoglobin, Emergency Department

9. KAYNAKÇA

1. Jain, A., I. Subhan, and M. Joshi, *Comparison of the point-of-care blood gas analyzer versus the laboratory auto-analyzer for the measurement of electrolytes*. International journal of emergency medicine, 2009. **2**(2): p. 117-120.
2. Sterns, R.H., et al., *Neurologic sequelae after treatment of severe hyponatremia: a multicenter perspective*. J Am Soc Nephrol, 1994. **4**(8): p. 1522-30.
3. Shiber, J.R. and A. Mattu, *Serum phosphate abnormalities in the emergency department*. J Emerg Med, 2002. **23**(4): p. 395-400.
4. Leino, A. and K. Kurvinen, *Interchangeability of blood gas, electrolyte and metabolite results measured with point-of-care, blood gas and core laboratory analyzers*. Clin Chem Lab Med, 2011. **49**(7): p. 1187-91.
5. Association, A.H., *2010 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care*. 2010: American Heart Association.
6. Flegar-Meštrić, Z. and S. Perkov, *Comparability of point-of-care whole-blood electrolyte and substrate testing using a Stat Profile Critical Care Xpress analyzer and standard laboratory methods*. Clinical Chemical Laboratory Medicine, 2006. **44**(7): p. 898-903.
7. Bozkurt, S., et al., *Comparison of the Results of Venous Blood Gas and Laboratory Measurement of Potassium/Venöz Kan Gazı Potasyum Sonuçları ile Laboratuvar Potasyum Sonuçlarının Karsılaştırılması*. Journal of Academic Emergency Medicine, 2012. **11**(2): p. 73.
8. Savaş Sezik, T.Y.K., *Comparison of The Sodium And Potassium Results Obtained By Blood Gas Analysis Versus Autoanalyzer*. Tepecik Eğitim Araştırma Hastanesi Dergisi, 2014. **24**(1): p. 7-11.
9. Morimatsu, H., et al., *Comparison of point-of-care versus central laboratory measurement of electrolyte concentrations on calculations of the anion gap and the strong ion difference*. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, 2003. **98**(5): p. 1077-1084.
10. Uysal, E., et al., *How reliable are electrolyte and metabolite results measured by a blood gas analyzer in the ED?* The American journal of emergency medicine, 2016. **34**(3): p. 419-424.
11. Bakoğlu, E., et al., *Acil Serviste Periferik Venöz Kan Gazının Arter Kan Gazı Yerine Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. Eur J Basic Med Sci, 2013. **3**(2): p. 29-33.
12. Acican, T., *Arter kan gazları*. Yogun Bakim Dergisi, 2003. **3**: p. 160-75.
13. Yıldızdaş, D., et al., *Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit*. Archives of disease in childhood, 2004. **89**(2): p. 176-180.
14. Boulain, T., et al., *Predicting arterial blood gas and lactate from central venous blood analysis in critically ill patients: a multicentre, prospective, diagnostic accuracy study*. Br J Anaesth, 2016. **117**(3): p. 341-9.
15. Ak, A., et al., *Prediction of arterial blood gas values from venous blood gas values in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease*. Tohoku J Exp Med, 2006. **210**(4): p. 285-90.
16. Lemoel, F., et al., *Improving the validity of peripheral venous blood gas analysis as an estimate of arterial blood gas by correcting the venous values with SvO(2)*. J Emerg Med, 2013. **44**(3): p. 709-16.
17. Trulock, E.P., *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. 3 ed. Vol. Chapter 49 Arterial Blood Gases. 254-57.
18. Breathnach, C., *The development of blood gas analysis*. Medical history, 1972. **16**(01): p. 51-62.

19. Beneteau-Burnat, B., et al., *Evaluation of the GEM Premier 4000: a compact blood gas CO-Oximeter and electrolyte analyzer for point-of-care and laboratory testing*. Clin Chem Lab Med, 2008. **46**(2): p. 271-9.
20. Langhan, M.L., et al., *A randomized controlled trial of capnography in the correction of simulated endotracheal tube dislodgement*. Acad Emerg Med, 2011. **18**(6): p. 590-6.
21. Samallhout B, K.Z., *An atlas of capnography*. 1. ed. 1881, Amsterdam, Kerchebosch-Zeist. 122-127.
22. Chatburn, R.L. and M.F. El-Khatib, *Equipment for respiratory care*. Vol. Chapter 6: Blood Gas and Critical Care Analyte Analysis. 2016: Jones & Bartlett Publishers.
23. A, K., *Arter Kan Gazları, Derleme*. Turkish Medical Journal, 2007. **1**: p. 44-50.
24. Cable, D.G., C.J. Mullany, and H.V. Schaff, *The Allen test*. Ann Thorac Surg, 1999. **67**(3): p. 876-7.
25. Ruengsakulrach, P., et al., *Preoperative assessment of hand circulation by means of Doppler ultrasonography and the modified Allen test*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2001. **121**(3): p. 526-31.
26. Greenwood, M.J., et al., *Vascular communications of the hand in patients being considered for transradial coronary angiography: is the Allen's test accurate?* J Am Coll Cardiol, 2005. **46**(11): p. 2013-7.
27. Arslan, C., et al., *Radial arter kanülünün etkilerini değerlendirmede Allen testinin yeri*. Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi, 2008. **16**(2): p. 104-106.
28. Driscoll P, B.T., Gwinnut C, Wardle T. , *A simple guide to blood gas anaysis*. BMJ publishing group, 1997. .
29. Schnapp, L.M. and N.H. Cohen, *Pulse oximetry. Uses and abuses*. Chest, 1990. **98**(5): p. 1244-50.
30. Börekçi, Ş. and S. Umut, *Arter kan gazı analizi, alma tekniği ve yorumlaması*. Türk Toraks Dergisi, 2011. **12**: p. 5-9.
31. Madiedo, G., et al., *Use of syringes containing dry (lyophilized) heparin in sampling blood for pH measurement and blood-gas analysis*. Clinical chemistry, 1982. **28**(7): p. 1727-1729.
32. Higgins, C., *The use of heparin in preparing samples for blood-gas analysis*. Medical Laboratory Observer, 2007. **39**(10): p. 16.
33. Dake, M., J. Peters, and R. Teague, *The effect of heparin dilution on arterial blood gas analysis*. Western Journal of Medicine, 1984. **140**(5): p. 792.
34. Chhapola, V., S. Kumar, and P. Goyal, *Is liquid heparin comparable to dry balanced heparin for blood gas sampling in intensive care unit?* Indian Journal of Critical Care Medicine, 2014. **18**(1): p. 14.
35. Sood, P., G. Paul, and S. Puri, *Interpretation of arterial blood gas*. Indian Journal of Critical Care Medicine, 2010. **14**(2): p. 57.
36. Larkin, B.G. and R.J. Zimmanck, *Interpreting Arterial Blood Gases Successfully*. AORN journal, 2015. **102**(4): p. 343-357.
37. *United States Clinical Laboratory Improvement Amendment*.
38. Nicolaou, D.D., et al., *Acid-base disorders*. Emergency medicine a comprehensive study guide. 7th ed. McGraw&Hill, 2011: p. 102-12.
39. Andreoli TE, B.J., Carpenter CJ, Plum F, Smith LH (çevirenler: Çalangu S, Gündoğdu S, Paker T, Paker N, SivaA). *Cecil Essentials of Medicine (Türkçesi)*. 2002, İstanbul: Tavaslı Matbaacılık. 238-14. .
40. Anderson, R.J., et al., *Hyponatremia: a prospective analysis of its epidemiology and the pathogenetic role of vasopressin*. Ann Intern Med, 1985. **102**(2): p. 164-8.

41. Zhang, J.B., J. Lin, and X.D. Zhao, *Analysis of bias in measurements of potassium, sodium and hemoglobin by an emergency department-based blood gas analyzer relative to hospital laboratory autoanalyzer results*. PLoS One, 2015. **10**(4): p. e0122383.
42. Hoorn, E.J., J. Lindemans, and R. Zietse, *Development of severe hyponatraemia in hospitalized patients: treatment-related risk factors and inadequate management*. Nephrol Dial Transplant, 2006. **21**(1): p. 70-6.
43. Yıldız, G., M. Kayataş, and F. Candan, *Hiponatremi: Güncel tanı ve tedavisi*. Turk Neph Dial Transpl, 2011. **20**(2): p. 115-131.
44. Fraser, C.L. and A.I. Arieff, *Epidemiology, pathophysiology, and management of hyponatremic encephalopathy*. The American journal of medicine, 1997. **102**(1): p. 67-77.
45. Sterns, R.H., S.M. Silver, and J.K. Hix, *Treatment of hyponatremia*, in *Hyponatremia*. 2013, Springer. p. 221-250.
46. Adrogué, H.J. and N.E. Madias, *The challenge of hyponatremia*. Journal of the American Society of Nephrology, 2012. **23**(7): p. 1140-1148.
47. Adrogué, H.J. and N.E. Madias, *Hypernatremia*. N Engl J Med, 2000. **342**(20): p. 1493-9.
48. McManus, M.L., K.B. Churchwell, and K. Strange, *Regulation of cell volume in health and disease*. N Engl J Med, 1995. **333**(19): p. 1260-6.
49. Kang, S.K., W. Kim, and M.S. Oh, *Pathogenesis and treatment of hypernatremia*. Nephron, 2002. **92 Suppl 1**: p. 14-7.
50. Peterson, B., et al., *Prolonged hypernatremia controls elevated intracranial pressure in head-injured pediatric patients*. Crit Care Med, 2000. **28**(4): p. 1136-43.
51. Halperin, M.L. and K.S. Kamel, *Potassium*. The Lancet, 1998. **352**(9122): p. 135-140.
52. Lin, S.-H., et al., *Laboratory tests to determine the cause of hypokalemia and paralysis*. Archives of internal medicine, 2004. **164**(14): p. 1561-1566.
53. Clausen, T., *Hormonal and pharmacological modification of plasma potassium homeostasis*. Fundamental & clinical pharmacology, 2010. **24**(5): p. 595-605.
54. Brown, M., D. Brown, and M. Murphy, *Hypokalemia from beta2-receptor stimulation by circulating epinephrine*. New England Journal of Medicine, 1983. **309**(23): p. 1414-1419.
55. LeeCT, G., ChenJB., *Hyponatremia in the emergency department*. AmJEmergMed, 2000. **18**(3): p. 264-8.
56. Gray, T., et al., *Evidence based practice: clinicians' use and attitudes to near patient testing in hospitals*. Journal of clinical pathology, 1996. **49**(11): p. 903-908.
57. Jose, R.J. and J. Preller, *Near-patient testing of potassium levels using arterial blood gas analysers: can we trust these results?* Emerg Med J, 2008. **25**(8): p. 510-3.
58. Higdon, M.L. and J.A. Higdon, *Treatment of oncologic emergencies*. Am Fam Physician, 2006. **74**(11): p. 1873-80.
59. Öner, N., et al., *Utility of blood gas values in place of biochemical values in emergency department*. Gaziantep Medical Journal, 2012. **18**(3): p. 155-159.
60. Chacko, B., et al., *Electrolytes assessed by point-of-care testing - Are the values comparable with results obtained from the central laboratory?* Indian J Crit Care Med, 2011. **15**(1): p. 24-9.
61. Wittenmeier, E., et al., *Comparison of the gold standard of hemoglobin measurement with the clinical standard (BGA) and noninvasive hemoglobin measurement (SpHb) in small children: a prospective diagnostic observational study*. Paediatr Anaesth, 2015. **25**(10): p. 1046-53.
62. Khan, Z.H., et al., *Prospective study to determine possible correlation between arterial and venous blood gas values*. Acta Anaesthesiol Taiwan, 2010. **48**(3): p. 136-9.

63. Kim, B.R., et al., *Correlation between peripheral venous and arterial blood gas measurements in patients admitted to the intensive care unit: A single-center study*. *Kidney Res Clin Pract*, 2013. **32**(1): p. 32-8.
64. Velasco, A., et al., *Ultrasonic evaluation of the radial artery diameter in a local population from Texas*. *J Invasive Cardiol*, 2012. **24**(7): p. 339-41.
65. Baskin, S.B., et al., *The comparison of heparinized insulin syringes and safety-engineered blood gas syringes used in arterial blood gas sampling in the ED setting (randomized controlled study)*. *The American journal of emergency medicine*, 2014. **32**(5): p. 432-437.
66. Wiesenfeld-Hallin, Z., *Sex differences in pain perception*. *Gend Med*, 2005. **2**(3): p. 137-45.
67. Gutiérrez Lombana, W. and S.E. Gutiérrez Vidál, *Pain and gender differences. A clinical approach*. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 2012. **40**(3): p. 207-212.
68. Patout, M., et al., *A Randomized Controlled Trial on the Effect of Needle Gauge on the Pain and Anxiety Experienced during Radial Arterial Puncture*. *PLoS One*, 2015. **10**(9): p. e0139432.
69. Uysal, E., et al., *How reliable are electrolyte and metabolite results measured by a blood gas analyzer in the ED?* *Am J Emerg Med*, 2016. **34**(3): p. 419-24.
70. Ray, J.G., J.R. Post, and C. Hamielec, *Use of a rapid arterial blood gas analyzer to estimate blood hemoglobin concentration among critically ill adults*. *Critical Care*, 2001. **6**(1): p. 72.
71. King, R. and A. Campbell, *Performance of the radiometer OSM3 and ABL505 blood gas analysers for determination of sodium, potassium and haemoglobin concentrations*. *Anaesthesia*, 2000. **55**(1): p. 65-69.
72. José, R. and J. Preller, *Near-patient testing of potassium levels using arterial blood gas analysers: can we trust these results?* *Emergency Medicine Journal*, 2008. **25**(8): p. 510-513.
73. Rang, L.C., et al., *Can peripheral venous blood gases replace arterial blood gases in emergency department patients?* *Cjem*, 2002. **4**(01): p. 7-15.
74. McCanny, P., et al., *Venous vs arterial blood gases in the assessment of patients presenting with an exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease*. *Am J Emerg Med*, 2012. **30**(6): p. 896-900.
75. Kelly, A.M., S. Klim, and S.E. Rees, *Agreement between mathematically arterialised venous versus arterial blood gas values in patients undergoing non-invasive ventilation: a cohort study*. *Emerg Med J*, 2014. **31**(e1): p. e46-9.
76. Kelly, A.M., E. Kyle, and R. McAlpine, *Venous pCO(2) and pH can be used to screen for significant hypercarbia in emergency patients with acute respiratory disease*. *J Emerg Med*, 2002. **22**(1): p. 15-9.
77. Middleton, P., et al., *Agreement between arterial and central venous values for pH, bicarbonate, base excess, and lactate*. *Emerg Med J*, 2006. **23**(8): p. 622-4.
78. Kelly, A.M., R. McAlpine, and E. Kyle, *Agreement between bicarbonate measured on arterial and venous blood gases*. *Emerg Med Australas*, 2004. **16**(5-6): p. 407-9.
79. Koul, P.A., et al., *Comparison and agreement between venous and arterial gas analysis in cardiopulmonary patients in Kashmir valley of the Indian subcontinent*. *Ann Thorac Med*, 2011. **6**(1): p. 33-7.