



T.C. SAğLIK BAKANLIğI
ANTALYA
İL SAğLIK MüDüRLüğü
ANTALYA EğİTİM VE ARAşTIRMA
HASTANESİ

T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANTALYA EğİTİM VE ARAşTIRMA HASTANESİ
SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON KLİNİğİ

SKOLYOZ CERRAHİSİNDE HEMOGLOBİN TAKİBİ:
NONİNVAZİV VE İNVAZİV YÖNTEMLERİN
KARşILAşTIRILMASI

Dr. Cemal DAğ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANTALYA/2026



T.C. SAğLIK BAKANLIğI
ANTALYA
İL SAğLIK MüDüRLüğü
ANTALYA EğİTİM VE ARAşTIRMA
HASTANESİ

T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANTALYA EğİTİM VE ARAşTIRMA HASTANESİ
SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON KLİNİğİ

SKOLYOZ CERRAHİSİNDE HEMOGLOBİN TAKİBİ:
NONİNVAZİV VE İNVAZİV YÖNTEMLERİN
KARşILAşTIRILMASI

Dr. Cemal DAğ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Erhan ÖZYURT

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANTALYA/2026

TEŞEKKÜR

Asistanlık eğitimim süresince, tezimin planlanması, yürütülmesi ve yazımı aşamalarında bilgi ve deneyimleriyle bana her zaman yol gösteren; desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek bu zorlu süreci benim için daha kolay ve anlamlı kılan değerli tez danışmanım, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği Öğretim Üyesi Doç. Dr. Erhan ÖZYURT'a;

Asistanlığım boyunca bilgi ve tecrübesinden yararlanma fırsatı bulduğum, bilimsel eğitimimize verdiği değer ve özverili yaklaşımıyla her zaman örnek aldığım, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı klinik şefimiz Prof. Dr. Nilgün KAVRUT ÖZTÜRK'e;

Her zaman samimiyeti, sakinliği ve içtenliğiyle yanımda olan, bizlere bir hocadan çok abi gibi yaklaşan, en yoğun ve stresli anlarda bile desteğini ve güler yüzünü hiç eksik etmeyen çok değerli hocamız Prof. Dr. Ali Sait KAVAKLI'ya;

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi, deneyim ve desteklerinden faydalandığım, mesleki bakış açımın gelişmesinde katkıları bulunan, eğitim hayatım boyunca yol göstericilikleri ve değerli önerileriyle her zaman yanımda olan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Sadık ÖZMEN'e, Doç. Dr. Mehmet TERCAN'a, Doç. Dr. Kerem İNANOĞLU'na, Doç. Dr. Arzu KARAVELİ'ye ve Doç. Dr. Asuman ONUK'a;

Birlikte çalışmaktan ve eşkıdem olmaktan büyük mutluluk duyduğum, dayanışma ve arkadaşlıklarıyla bana güç veren değerli eşkıdemlerim Dr. Şemsettin EKİNGEN'e ve Dr. İlayda TEKDEMİR'e;

Hayatımın her döneminde yanımda olan; anlayışı, sabrı ve koşulsuz desteğiyle bu yoğun ve yorucu süreçte en büyük gücüm olan, aynı yolu yürümekten onur ve mutluluk duyduğum sevgili eşim Hülya DAĞ'a;

Hayat dolu gülüşüyle bana her gün güç veren, varlığıyla tüm yorgunluklarımı unutturan ve her başarımın en güzel motivasyonu olan canım kızım Gökçe DAĞ'a,

Saygı, sevgi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Cemal DAĞ

Antalya/2026

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. SKOLYOZ	4
2.1.1. Tanım.....	4
2.1.2. Skolyozun Sınıflandırılması	4
2.1.3. Cobb Açısı	5
2.1.4. Skolyoz Cerrahisi.....	6
2.2. PREOPERATİF DEĞERLENDİRME	7
2.3. PRONE POZİSYONU.....	8
2.4. HİPOTERMİ	9
2.5. MONİTÖRİZASYON	10
2.6. TOTAL İNTRAVENÖZ ANESTEZİ	12
2.7. KANAMA.....	14
2.8. KAN TRANSFÜZYONU.....	14
2.8.1. Kan ve Kan Ürünlerinin Genel Özellikleri.....	15
2.8.1.1. Tam kan.....	15
2.8.1.2. Eritrosit süspansiyonu.....	16

2.8.1.3. Taze donmuş plazma	16
2.8.1.4. Trombosit süspansiyonu	17
2.8.1.5. Kriyopresipitat.....	17
2.8.2. Restriktif ve Liberal Transfüzyon Stratejileri.....	18
2.8.3. Masif Kan Transfüzyonu.....	19
2.8.4. Kan Transfüzyon Reaksiyonları	19
2.8.4.1. Febril hemolitik olmayan transfüzyon reaksiyonu (FNHTR).....	20
2.8.4.2. Hipotermi	20
2.8.4.3. Hiperkalemi.....	21
2.8.4.4. Hipokalsemi	21
2.8.4.5. Akut hemolitik transfüzyon reaksiyonları.....	21
2.8.4.6. Hava embolisi.....	22
2.8.4.7. Sitrat toksisitesi	22
2.8.4.8. Alerjik reaksiyon	22
2.8.4.9. Anafilaktik reaksiyon.....	22
2.8.4.10. Transfüzyona bağlı dolaşım yüklenmesi (Transfusion-Associated Circulatory Overload, TACO)	23
2.8.4.11. Transfüzyonla ilişkili akut akciğer hasarı (TRALI)	23
2.8.4.12. Transfüzyona bağlı immünomodülasyon.....	23
2.8.4.13. Kan transfüzyonu ile bulaşan hastalıklar	24
2.9. HEMOGLOBİN ÖLÇÜMÜ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER	24
2.9.1. Fizyolojik Faktörler.....	24
2.10. İNVAZİV HB ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	25
2.10.1. Kan Gazı Analizleri.....	25
2.10.2. Tam Kan Sayımı	26
2.11. NONİNVAZİV HB ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	26

2.11.1. Radical-7® Pulse CO-Oximeter ve Root (Masimo)	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	33
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA.....	46
6. SONUÇLAR.....	52
7. KAYNAKLAR	54
8. ÖZGEÇMİŞ	59
9. EKLER.....	60
EK 1. ETİK KURUL ONAY FORMU	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AİS	: Adölesan İdiyopatik Skolyoz
AKG	: Arteriyel Kan Gazı
ALI	: Akut Akciğer Hasarı (Acute Lung Injury)
aPTT	: Aktive Parsiyel Tromboplastin Zamanı
ARDS	: Akut Respiratuvar Distres Sendromu (Acute Respiratory Distress Syndrome)
ASA	: American Society of Anesthesiologists (Amerikan Anesteziyologlar Derneği)
AUC	: Eğri Altında Kalan Alan (Area Under The Curve)
BE	: Baz Açığı (Base Excess)
CABG	: Koroner Arter Bypass Grefti (Coronary Artery Bypass Grafting)
CO₂	: Karbondioksit
CVP	: Santral Venöz Basınç (Central Venous Pressure)
DAB	: Diyastolik Arter Basıncı
ĐİK	: Dissemine İntravasküler Koagülasyon
EKG	: Elektrokardiyografi
ESA	: European Society of Anaesthesiology (Avrupa Anestezi Derneği)
ES	: Eritrosit Süspansiyonu
EtCO₂	: End-Tidal Karbondioksit
FDA	: Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
FiO₂	: İnspire Edilen Oksijen Fraksiyonu
FNHTR	: Febril Non-Hemolitik Transfüzyon Reaksiyonu
GABA	: Gama Aminobütirik Asit
GA	: Genel Anestezi
Hb	: Hemoglobin
Hct	: Hematokrit

HIV	: Human Immunodeficiency Virus
HLA	: Human Lökosit Antijeni (Human Leukocyte Antigen)
HT	: Hipertansiyon
ICC	: Intraclass Correlation Coefficient
IgA	: İmmünoglobulin A
IgE	: İmmünoglobulin E
INR	: International Normalized Ratio
IQR	: Interquartile Range
İV	: İntravenöz
KAH	: Kalp Atım Hızı
KB	: Kan Basıncı
LAB	: Laboratuvar Hemoglobin Ölçümü
LMA	: Laringeal Maske
LoA	: Limits of Agreement (Uyum Sınırları)
MAP	: Mean Arterial Pressure (Ortalama Arter Basıncı)
MKT	: Masif Kan Transfüzyonu
MTP	: Masif Transfüzyon Protokolü
NICE	: National Institute for Health and Care Excellence
OAB	: Ortalama Arter Basıncı
O₂	: Oksijen
PaCO₂	: Parsiyel Arteriyel Karbondioksit Basıncı
PaO₂	: Parsiyel Arteriyel Oksijen Basıncı
PCWP	: Pulmoner Kapiller Kama Basıncı
PEEP	: Pozitif Ekspirasyon Sonu Basıncı
Pi	: Perfüzyon İndeksi
POVL	: Postoperative Visual Loss (Postoperatif Görme Kaybı)
PT	: Protrombin Zamanı
PVI	: Pleth Variability Index

QT	: Q-T Aralığı
Rh	: Rhesus Faktörü
ROC	: Receiver Operating Characteristic
SAB	: Sistolik Arter Basıncı
Sd	: Standart Sapma
SET	: Signal Extraction Technology
SpHb	: Noninvaziv Hemoglobin Ölçümü
SpO₂	: Periferik Oksijen Satürasyonu
SSEP	: Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyel
SVR	: Sistemik Vasküler Direnç
SVV	: Atım Hacmi Varyasyonu (Stroke Volume Variation)
TACO	: Transfüzyona Bağlı Dolaşım Yüklenmesi (Transfusion Associated Circulatory Overload)
TDP	: Taze Donmuş Plazma
TİVA	: Total İntravenöz Anestezi
TRALI	: Transfüzyonla İlişkili Akut Akciğer Hasarı (Transfusion Related Acute Lung Injury)
TV	: Tidal Volüm
TxA	: Traneksamik Asit
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
V5	: Prekordiyal V5 Derivasyonu
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YBÜ	: Yoğun Bakım Ünitesi
°C	: Santigrat Derece

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Çalışma hastalarının demografik verileri (n=53).....	34
Tablo 2. Çalışma hastalarının perioperatif verileri (n=53)	35
Tablo 3. SpHb ve Hemoglobin Değerleri	36
Tablo 4. SpHb zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması	37
Tablo 5. AKG değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması	37
Tablo 6. LAB Hb değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması	38
Tablo 7. Hemodinamik ve Diğer Parametreler	39
Tablo 8. SAB'ın zaman içi karşılaştırılması	40
Tablo 9. OAB'ın zaman içi karşılaştırılması.....	40
Tablo 10. DAB'ın zaman içi karşılaştırılması.....	41
Tablo 11. Nabız basıncının zaman içi karşılaştırılması	42
Tablo 12. Vücut ısısının zaman içi karşılaştırılması.....	42
Tablo 13. Hemoglobin ölçümlerinin zaman aralıklarına göre korelasyon değerleri ..	43
Tablo 14. SpHb'nin LAB ve AKG referans yöntemleriyle karşılaştırılması.....	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Skolyoz tanımı	4
Şekil 2. Cobb metodu kullanılarak eğriliğin ölçümü	5
Şekil 3. Radical-7 Pulse CO-Oksimetre™ (Masimo Corp., Irvine, CA, ABD) monitörü.....	27
Şekil 4. İşaret parmağına yerleştirilen RD rainbow SET™ SpHb sensör probu.....	30
Şekil 5. Bland-Altman analizi: SpHb ile LAB ve AKG ölçümlerinin karşılaştırılması	45

ÖZET

Skolyoz Cerrahisinde Hemogloblin Takibi: Noninvaziv ve İnvaziv Yöntemlerin Karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmada, elektif skolyoz cerrahisi uygulanan hastalarda noninvaziv hemogloblin ölçümü (SpHb) ile arteriyel kan gazı ve laboratuvar hemogloblin değerleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi; SpHb'nin doğruluğu, uyumu ve intraoperatif dönemdeki klinik kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma prospektif gözlemsel niteliktedir. Etik kurul onayı sonrası, çalışmaya, genel anestezi altında prone pozisyonda elektif posterior enstrümantasyon uygulanacak ASA I–III grubunda 53 hasta dahil edildi. Bilgilendirilmiş onamları alınan hastaların demografik verileri kayıt edildi. Tüm hastalarda SpHb ölçümleri, Radical-7® Pulse CO-Oximeter ve Root (Masimo) cihazı ile noninvaziv olarak sürekli takip edildi. Eş zamanlı olarak başlangıçta ve saatlik aralıklarla arteriyel kan gazı ve laboratuvar hemogloblin ölçümleri yapıldı. Hemogloblin değerleri arasındaki ilişki korelasyon analizi ile değerlendirildi, yöntemler arası uyum Bland-Altman analizi ile incelendi. Ayrıca intraoperatif hemodinamik parametreler, kanama miktarı ve transfüzyon verileri kaydedildi.

Bulgular: Çalışmaya skolyoz cerrahisi uygulanan 53 hasta (yaş ortalaması $16,5 \pm 4,9$ yıl; %60,4 kadın) dahil edildi. Hastaların %77,4'ü idiyopatik, %22,6'sı nöromüsküler skolyoz tanılıydı. İntraoperatif kanama ortancası 800 (IQR: 700) ml olup hastaların %69,8'ine eritrosit süspansiyonu transfüzyonu uygulandı. Tüm ölçüm yöntemlerinde (SpHb, AKG Hb, LAB Hb) hemogloblin değerleri intraoperatif süreçte istatistiksel olarak anlamlı biçimde azaldı (tüm gruplarda $p < 0,001$). SpHb, tüm zaman noktalarında invaziv referans yöntemlere kıyasla sistematik olarak daha düşük değerler verdi (negatif bias). Başlangıç ölçümünde bias $-0,694$ g/dL (LAB) ve $-0,911$ g/dL (AKG) iken, intraoperatif süreç ilerledikçe bu değerlerin kademeli olarak azaldığı (3. saatte LAB için $-0,369$ g/dL, AKG için $-0,315$ g/dL) gözlemlendi. SpHb ile invaziv yöntemler arasındaki korelasyon tüm zaman noktalarında istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü düzeydeydi ($r=0,649-0,797$; $p < 0,001$). Bland–Altman analizinde %95 uyum sınırları yaklaşık $\pm 2-3$ g/dL aralığında olmakla birlikte, zaman ilerledikçe bu aralığın

daraldığı ve yöntemler arası uyumun arttığı saptandı. Oransal bias eğilimi gözlemlenmedi.

Sonuç: SpHb ölçümleri, skolyoz cerrahisi sırasında invaziv hemoglobin yöntemleri ile güçlü ilişki göstermekte ve intraoperatif hemoglobin değişimlerini güvenilir şekilde yansıtmaktadır. Mutlak değerlerde sınırlı sapma bulunmakla birlikte, özellikle hemoglobin düzeyindeki değişimlerin gerçek zamanlı izlenmesine olanak sağlaması nedeniyle klinik kullanım açısından değerli bir monitörizasyon yöntemidir. Uygun hasta ve hemodinamik koşullarda SpHb, intraoperatif kan yönetiminde doğrudan kullanılabilecek yararlı bir araç olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Sözcükler: Skolyoz cerrahisi, SpHb, noninvaziv hemoglobin, arteriyel kan gazı, transfüzyon

ABSTRACT

Hemoglobin Monitoring in Scoliosis Surgery: Comparison of Noninvasive and Invasive Methods

Aim: This study aimed to evaluate the relationship between noninvasive hemoglobin measurement (SpHb) and invasive hemoglobin values obtained from arterial blood gas and laboratory analysis in patients undergoing elective scoliosis surgery, and to assess the accuracy, agreement, and clinical utility of SpHb in the intraoperative setting.

Patients and Methods: This prospective observational study was conducted after obtaining ethics committee approval. A total of 53 ASA physical status I–III patients scheduled for elective posterior instrumentation surgery in the prone position under general anesthesia were included in the study. Demographic data of patients who provided informed consent were recorded. Continuous noninvasive SpHb monitoring was performed in all patients using the Radical-7® Pulse CO-Oximeter and Root (Masimo) devices. Simultaneously, arterial blood gas hemoglobin and laboratory hemoglobin measurements were obtained at baseline and at hourly intervals throughout the intraoperative period. Correlations between hemoglobin measurements were evaluated using correlation analysis, while agreement between methods was assessed using Bland–Altman analysis. Intraoperative hemodynamic parameters, blood loss, and transfusion data were also recorded.

Results: Fifty-three patients undergoing scoliosis surgery (mean age: 16.5 ± 4.9 years; 60.4% female) were included in the study. Of the patients, 77.4% were diagnosed with idiopathic scoliosis and 22.6% with neuromuscular scoliosis. Median intraoperative blood loss was 800 (IQR: 700) mL, and 69.8% of patients received erythrocyte suspension transfusion. Hemoglobin levels measured by all methods (SpHb, ABG Hb, and laboratory Hb) decreased significantly during the intraoperative period ($p < 0.001$ for all comparisons). SpHb values were consistently lower than invasive reference methods at all time points, indicating a systematic negative bias. At baseline, the bias was -0.694 g/dL compared with laboratory Hb and -0.911 g/dL compared with ABG Hb; these values gradually decreased during the intraoperative period (at the 3rd hour: -0.369 g/dL for laboratory Hb and -0.315 g/dL

for ABG Hb). Correlation analysis demonstrated a statistically significant and strong correlation between SpHb and invasive methods at all time points ($r=0.649-0.797$, $p<0.001$). Bland–Altman analysis revealed 95% limits of agreement of approximately $\pm 2-3$ g/dL; however, these limits narrowed over time, indicating improved agreement between methods. No proportional bias was observed.

Conclusion: SpHb monitoring shows a strong association with invasive hemoglobin measurements and reliably reflects intraoperative hemoglobin trends in scoliosis surgery. Although minor discrepancies exist in absolute values, its ability to provide real-time continuous monitoring makes it a valuable clinical tool. Under appropriate clinical conditions, SpHb may be effectively used in intraoperative blood management.

Key Words: Scoliosis surgery, SpHb, noninvasive hemoglobin, arterial blood gas, transfusion

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Skolyoz, omurganın koronal planda lateral deviasyonuna vertebral rotasyonun eşlik ettiği, üç boyutlu bir deformite olarak tanımlanmaktadır. En yaygın formu olan adolesan idiyopatik skolyoz (AİS), tüm skolyoz olgularının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (1). Özellikle büyüme dönemindeki çocuk ve adolesanlarda ortaya çıkması ve progresyon potansiyeli taşıması nedeniyle, önemli bir sağlık problemi olarak değerlendirilmektedir.

Dünya genelinde skolyoz prevalansı, kullanılan tanı kriterleri ve tarama yöntemlerine bağlı olarak değişmekle birlikte, 10° ve üzerindeki eğrilikler için %1–3 arasında bildirilmektedir (2). Adölesan popülasyonda bu oran %2–4 düzeylerine kadar ulaşabilmektedir. Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, özellikle progresyon gösteren olgularda kızlarda daha sık görülmekte olup, ileri dereceli eğriliklerde kadın/erkek oranının 5:1'e kadar çıkabildiği belirtilmektedir (2).

Skolyoz hastalarının büyük bir bölümü konservatif yöntemlerle izlenmekte olup, yalnızca sınırlı bir kısmı cerrahi tedavi gereksinimi duymaktadır. Literatürde, tüm skolyoz olgularının yaklaşık %0,15–0,3'ünün cerrahi endikasyona ulaştığı bildirilmektedir (2). Cerrahi yaklaşım; eğrilğin ilerlemesi, kozmetik deformitenin belirgin hale gelmesi veya kardiyopulmoner fonksiyonların etkilenme riskinin bulunması durumlarında tercih edilmektedir.

Adölesan idiyopatik skolyoz hastalarına uygulanan posterior enstrümantasyon cerrahilerinde, kan kaybının genellikle 750–1500 ml arasında değiştiği bildirilmektedir (3). Aşırı kan kaybının; hemodinamik instabilite, kardiyopulmoner fonksiyon bozukluğu ve hatta ölüm gibi ciddi problemlere neden olabileceği; ayrıca allojenik kan transfüzyonu nedeniyle transfüzyon reaksiyonları, enfeksiyon ve koagülopati gibi ek komplikasyonlar oluşabileceği bildirilmiştir (4).

Kan transfüzyonu, karmaşık ve çoklu disipliner yaklaşım gerektiren bir tedavi sürecidir. Bu süreç; transfüzyon kararının verilmesinden başlayarak, uygulama öncesi hazırlık, uygulama sırası ve sonrası dönemin dikkatle izlenmesini gerektirmektedir.

Kanama riski yüksek cerrahi hastalarda, sıvı resüsitasyonu ve transfüzyon gereksinimleri; fizik muayene bulguları ve vital parametreler temelinde değerlendirildiği gibi, laboratuvarda ölçülen hemoglobin (Hb) ve hematokrit (Hct) düzeylerine göre de değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerinde takip edilen hastaların sıvı resüsitasyonları gecikmeden yapılmalı; olası hipovolemik şok veya devam eden kanama durumları göz önünde bulundurularak tedavi protokolleri uygulanmalı, eş zamanlı olarak vital bulgular ile Hb ve Hct değerleri izlenmelidir. Böylece kan kaybının miktarı, transfüzyon gereksinimi ve yapılan transfüzyonun etkileri güvenilir biçimde takip edilebilir (5).

Hb düzeyi, kanaması olan hastalarda laboratuvarda en sık kullanılan izlem parametrelerinden biridir. Hemoglobin ölçümü; invaziv olarak alınan kan örneklerinin kan gazı analizi ya da tam kan incelemesi sonucunda tedavi kararını yönlendirmektedir (6). Buna ek olarak, parmak ucundan sürekli ölçüm yapabilmeye imkân tanıyan ve hemoglobin düzeyinin anlık takibine olanak sağlayan noninvaziv cihazlar geliştirilmiştir.

Son yıllarda, noninvaziv monitörizasyon yöntemleri dünya genelinde giderek daha yaygın ve tercih edilen bir uygulama haline gelmiştir. Bu yöntemler, noninvaziv olmalarının yanı sıra parmak ucundan, yatak başında ve gerçek zamanlı değerlendirme imkânı sağlamaktadır (7). Bu teknolojiler arasında en yaygın kullanılan yöntem noninvaziv hemoglobin (SpHb) ölçüm yöntemidir. SpHb, yoğun kan kaybının görüldüğü cerrahilerde hemoglobin düzeylerini anlık olarak izleyebilme olanağı sunması, kan alma işlemlerine bağlı rahatsızlığı azaltması, laboratuvar maliyetlerini düşürmesi ve zaman kaybını azaltması açısından önemli bir potansiyele sahiptir (7).

SpHb, hemoglobin düzeyini spektrofotometrik yöntemle gerçek zamanlı, sürekli ve noninvaziv olarak takip etme imkânı sunar. Bu teknolojiye, çoklu dalga boylarındaki ışığın parmak dokusundan geçirilmesiyle hemoglobinin ışık absorpsiyon özellikleri ölçülmektedir (8). SpHb ölçümünün doğruluğu, kullanımına başlanmasından itibaren pek çok çalışmada gösterilmiştir (9, 10). Standart ölçümlerle arasında geniş bir uyum aralığı bulunması nedeniyle, SpHb'nin geleneksel laboratuvar yöntemlerinin tamamen yerine kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmektedir (11, 12). Bu nedenle, SpHb izleminin perioperatif süreçte belirli aralıklarla yapılan invaziv

hemoglobin ölçümlerini destekleyici bir yöntem olarak kullanılma potansiyeli bulunmaktadır (10).

Bu çalışmanın amacı, skolyoz cerrahisi esnasında gerçekleştirilen SpHb ölçümlerini; aynı anda düzenli olarak alınan arteriyel kan gazı ve hemogram örneklerindeki hemoglobin değerleriyle karşılaştırmaktır.



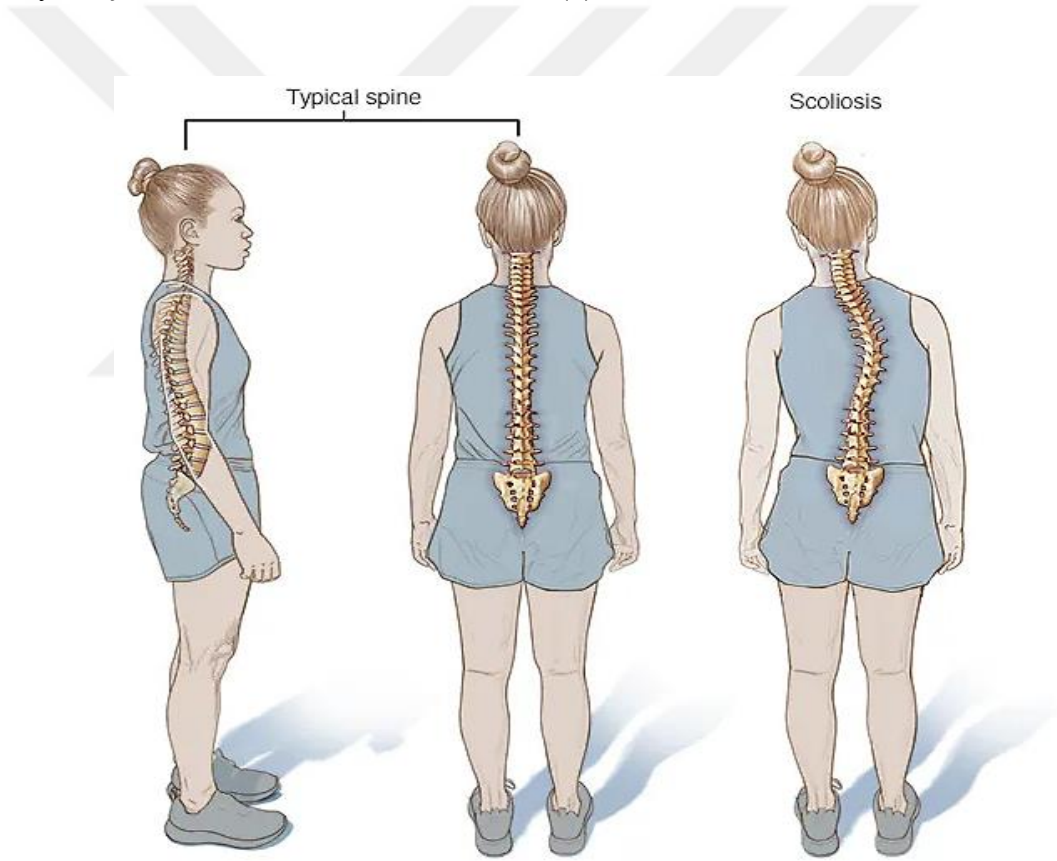
2. GENEL BİLGİLER

2.1. SKOLYOZ

2.1.1. Tanım

Skolyoz, omurgada en sık rastlanan deformite olup, omurganın lateral yönde eğrilmesiyle karakterize bir hastalıktır. Eğriliğin 10° 'nin üzerinde olması durumunda skolyoz tanısı konulmaktadır (Şekil 1) (13).

Toplumda yaklaşık %4 oranında görülmekte olup, kadınlarda erkeklere kıyasla yaklaşık dört kat daha sık izlenmektedir (2).



Şekil 1. Skolyoz tanımı (13)

2.1.2. Skolyozun Sınıflandırılması

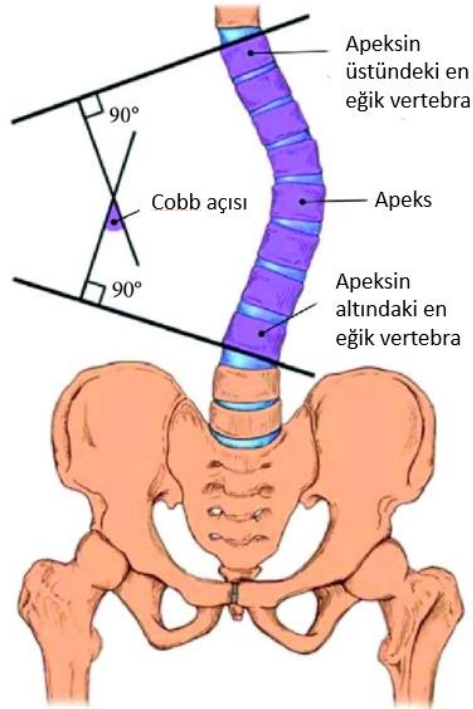
Skolyoz, başlıca konjenital, idiyopatik ve nöromusküler olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır (2). Konjenital skolyozda, vertebra korpusunun oluşumu ve/veya segmentasyonu sırasında gelişen yapısal anomaliler söz konusudur.

Nöromüsküler skolyozda ise hastaya metabolik, nöromüsküler, iskelet veya bağ dokusu hastalıkları eşlik edebilmekte ya da nörofibromatozis gibi başka sendromlarla birlikte görülebilmektedir (1).

İdiyopatik skolyoz, başlangıç yaşına göre alt gruplara ayrılmaktadır: 0–3 yaş arasında ortaya çıkan infantil idiyopatik skolyoz, 4–10 yaş döneminde başlayan juvenil idiyopatik skolyoz, 11–18 yaş aralığında görülen adolesan idiyopatik skolyoz ve 18 yaşından sonra ortaya çıkan erişkin skolyoz (2). Bu alt gruplar içerisinde en sık karşılaşılan form, idiyopatik adolesan skolyozdur (2).

2.1.3. Cobb Açısı

Skolyozun şiddeti, standart değerlendirme yöntemi olarak kabul edilen Cobb açısı ile belirlenmektedir. Cobb açısı, eğriliğin başladığı ve sonlandığı vertebra arasındaki açısal sapmayı ifade eder (Şekil 2). Cobb açısının 10° 'nin üzerinde olması skolyoz tanısını düşündürürken, 20° 'nin üzerindeki değerlerde genellikle korse kullanımı ve fizik tedavi önerilmektedir. Eğriliğin 40° 'yi aşması durumunda ise çoğu hastada cerrahi tedavi gereksinimi ortaya çıkmaktadır (14).



Şekil 2. Cobb metodu kullanılarak eğriliğin ölçümü (14)

2.1.4. Skolyoz Cerrahisi

Skolyoz cerrahisi, özellikle adölesan idiyopatik skolyoz olgularında progresyon gösteren eğriliklerin tedavisinde başlıca yöntemlerden biridir. Cerrahi yaklaşım genellikle Cobb açısının 40–50°'nin üzerinde olduğu ve ilerleme riskinin yüksek kabul edildiği hastalarda önerilmektedir (15). Bu tedavinin temel hedefi; omurgadaki deformitenin üç boyutlu olarak düzeltilmesi, spinal dengenin sağlanması ve hastanın fonksiyonel ile kozmetik sonuçlarının iyileştirilmesidir (2).

Günümüzde skolyoz cerrahisinde en sık uygulanan teknik posterior spinal füzyon olup, pedikül vida ve rod sistemleri kullanılarak etkili bir deformite düzeltilmesi sağlanabilmektedir (16). Posterior yaklaşım; tek seansta uygulanabilmesi, yüksek düzeltme oranları sunması ve kabul edilebilir komplikasyon profili nedeniyle güncel cerrahi pratiğin standart yöntemi haline gelmiştir. Bununla birlikte, anterior spinal füzyon ve kombine anterior–posterior yaklaşımlar, özellikle rijit ve ileri dereceli eğriliklerde seçilmiş olgularda tercih edilebilmektedir (17).

Son yıllarda, minimal invaziv cerrahi teknikler ve gelişmiş spinal enstrümantasyon sistemleri, cerrahi travmayı azaltmayı ve postoperatif iyileşmeyi hızlandırmayı hedefleyen yenilikler olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca osteotomi teknikleri, özellikle rijit deformitelerde daha etkin düzeltme sağlanmasına katkı sunmaktadır (18).

Skolyoz cerrahisi genel olarak başarılı sonuçlar veren bir tedavi yöntemi olmakla birlikte, uzun operasyon süresi ve geniş cerrahi diseksiyon alanı nedeniyle önemli miktarda kan kaybı ile ilişkili olabilmektedir. Literatürde, bu cerrahiler sırasında belirgin düzeyde kan kaybı gelişebileceği ve buna bağlı olarak kan transfüzyonu gereksiniminin ortaya çıkabileceği bildirilmektedir (3). Bu durum, intraoperatif dönemde hemoglobin düzeylerinin yakından izlenmesini zorunlu kılmakta ve güvenilir hemoglobin monitörizasyon yöntemlerinin önemini artırmaktadır.

2.2. PREOPERATİF DEĞERLENDİRME

Skolyoz cerrahisi planlanan hastalarda, preoperatif dönemde kardiyovasküler, solunum ve nörolojik sistemlerin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Havayolu değerlendirmesinde, Amerikan Anestezistler Derneği'nin (ASA) önerdiği standart havayolu muayenesine ek olarak; özellikle servikal omurga hareketliliği ve boyun hareket kısıtlılığı mutlaka sorgulanmalıdır. Duchenne tipi müsküler distrofi gibi glossal hipertrofiye yol açabilen kalıtsal hastalıklar, üst havayoluna yönelik geçirilmiş cerrahi girişimler veya radyoterapi öyküsü ile daha önce zor havayolu deneyimi bulunması, doğrudan laringoskopide güçlük yaşanabileceğini düşündürmektedir.

Havayolu değerlendirilmesi sırasında, entübasyonun uyanık koşullarda mı yoksa genel anestezi indüksiyonu sonrasında mı gerçekleştirileceği önceden planlanmalıdır. Pediatrik hastalarda zor entübasyon sıklıkla altta yatan sendromlarla ilişkilidir. Zor havayolu öngörülen olgularda; videolaringoskop, fiberoptik bronkoskop ve gerektiğinde ventilasyon sağlayabilen laringeal maske (LMA) gibi supraglottik havayolu araçlarının ameliyat öncesinde hazır bulundurulması önerilmektedir (19).

Preoperatif dönemde perioperatif kanama riskinin öngörülebilmesi ve anormal sonuçların saptanması halinde düzeltilmesi amacıyla, rutin laboratuvar testleri olan protrombin zamanı (PT), aktive parsiyel tromboplastin zamanı (aPTT) ve uluslararası normalize oran (INR) ölçümlerinin yapılması uzun süredir uygulanan bir yaklaşımdır. Ancak, preoperatif dönemde rutin olarak bakılan koagülasyon testlerinin yalnızca sınırlı bir hasta grubunda kanama açısından yüksek riski saptayabildiği unutulmamalıdır. Buna karşılık, preoperatif değerlendirme sırasında hastanın kendisinde ya da ailesinde kanama öyküsünün sorgulanmasının, koagülasyon bozukluklarının yaklaşık %60 oranında tespit edilmesini sağladığı bildirilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından, kadınlarda hemoglobin düzeyinin <12 g/dL, erkeklerde ise <13 g/dL olması şeklinde tanımlanan aneminin, preoperatif dönemde saptanarak düzeltilmesinin mortaliteyi azalttığı gösterilmiştir (20). Ayrıca, preoperatif anemisi bulunan hastalarda perioperatif kan transfüzyonu gereksiniminin daha fazla olduğu raporlanmıştır (21). Bu nedenlerle, transfüzyon ihtiyacını azaltmak

amacıyla elektif cerrahi planlanan ve demir eksikliği anemisi bulunan erişkin hastalarda preoperatif demir replasmanının uygulanması önerilmektedir (20).

Popta ve ark. tarafından yapılan çalışmada, adölesan idiyopatik skolyoz cerrahisi için transfüzyon tetikleyici hemoglobin değeri 7 g/dL olarak belirlenmiş ve güvenli perioperatif yönetim için preoperatif hemoglobin düzeyinin bu eşik değerden yaklaşık 5 g/dL daha yüksek olması önerilmiştir (22). Skolyoz cerrahisinde perioperatif kan transfüzyonunu artıran; non-idiyopatik skolyoz varlığı veya cerrahi sürenin uzunluğu gibi faktörlere ek olarak, hastanın beslenme durumunun da kanama üzerine etkili olduğu gösterilmiştir. Bu bağlamda, preoperatif beden kitle indeksinin en az 3. Persantilin üzerine çıkarılmasının, allojenik kan transfüzyonu gereksinimini azaltabileceği Dupius ve arkadaşları tarafından ortaya konmuştur (23).

Skolyoz cerrahisi, perioperatif dönemde hasta ve yakınları için zorlayıcı bir süreçtir. Bu nedenle hasta ve ailesi süreç hakkında ayrıntılı olarak bilgilendirilmeli, varsa soruları yanıtlanmalı ve yazılı onamları alınmalıdır. Bu yaklaşım, hasta-hekim iletişimini güçlendirdiği gibi, olası sorunlar karşısında objektif bir dayanak oluşturacaktır.

2.3. PRONE POZİSYONU

Vertebra cerrahisinde uygun pozisyonlamanın hem cerrahi sürenin kısılmasına hem de intraoperatif kan kaybının azalmasına katkı sağladığı bildirilmiştir (24). Omurganın posterior anatomik kemik ve nöral yapılarına yeterli görüş ve erişim imkânı sunması nedeniyle, vertebra cerrahilerinde hastalara çoğunlukla prone pozisyon verilmektedir (24). Bununla birlikte, prone pozisyonda gerçekleştirilen idiyopatik adölesan skolyoz ameliyatlarında; artan abdominal basıncın vertebral venöz yapılara kan göllenmesine yol açarak intraoperatif kanamayı artırabildiği raporlanmıştır (25).

İnferior vena kavanın bası altında kalmasının, kalbe venöz dönüşü ve kardiyak debiyi azaltarak doku perfüzyonunu olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (24). Bu nedenle prone pozisyonlamada, ince destekler yerine kalın destekler kullanılarak batin ve toraksın serbest bırakılması önerilmektedir. Prone pozisyonda brakiyal pleksus hasarını önlemek amacıyla; hastanın kollarının gövdeden 90°'nin üzerinde abdükte

edilmemesi, toraks çevresinin uygun şekilde desteklenmesi, dirseklerin tam ekstansiyonundan kaçınılması ve ulnar sinir için somatosensoriyel uyarılmış potansiyel (SSEP) monitörizasyonunun uygulanması gerektiği belirtilmiştir (26).

Supin dışındaki pozisyonlarda, basıya bağlı olarak alt ekstremitelerde kompartman sendromu ve rabdomiyoliz gelişebileceği bildirildiğinden, periferik perfüzyonun değerlendirilmesine yardımcı olmak amacıyla pulse oksimetre probunun ayak parmağına yerleştirilmesi önerilmektedir (24). Uzun süreli prone pozisyonda yapılan cerrahilerde görülebilen postoperatif görme kaybı ise nadir olmakla birlikte yıkıcı bir komplikasyondur (26). En sık etyolojisinin; azalmış oküler perfüzyon basıncı, belirgin kan kaybı, anemi veya hemodilüsyona bağlı gelişen iskemik optik nöropati olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra, santral retinal arter tıkanıklığı, santral retinal ven tıkanıklığı ve kortikal körlük de görme kaybının diğer olası nedenleri arasında yer almaktadır (26).

Baş yastıkları kullanılırken gözler ve kulaklar üzerine doğrudan bası uygulanmasından kaçınılması, ayrıca ameliyat süresince yaklaşık 20 dakikada bir gözlerde bası olup olmadığının kontrol edilmesi önerilmektedir (24).

2.4. HİPOTERMİ

Perioperatif hipotermi, anestezi sırasında sık görülen ve önemli klinik sonuçlara yol açabilen bir komplikasyondur (27). Normal vücut sıcaklığı 36,0–37,3 °C olup, çekirdek sıcaklığın 36 °C'nin altına düşmesi hipotermi olarak tanımlanır. Çekirdek sıcaklığına göre hipotermi hafif (35,0–35,9 °C), orta (34,0–34,9 °C) ve şiddetli (<33,9 °C) olarak sınıflandırılır (27).

Cerrahi hastaların yaklaşık %70'inde hipotermi geliştiği bildirilmektedir (28). Ameliyathane ortamının düşük sıcaklığı, anestezinin termoregülasyonu baskılaması ve ısıtılmamış sıvı verilmesi başlıca nedenlerdir (29). Hipotermi; koagülasyon bozukluğu, artmış kan kaybı ve transfüzyon ihtiyacı, enfeksiyon riskinde artış ve hastanede kalış süresinin uzaması ile ilişkilidir. Bu nedenle perioperatif dönemde hipotermi önlenmesi önemlidir (28).

Volatil ajanlar, propofol ve opioidler termoregülasyonu bozarak hipotermiye katkıda bulunur. Hipotermi gelişimi; çekirdek ısının periferik dokulara redistribüsyonu ile başlar ve ısı kaybının metabolik üretimi aşmasıyla ilerler (30).

Genel anestezi altında hipotermi üç evrede gelişir. İlk saat içinde görülen redistribüsyon fazında çekirdek sıcaklık hızlı düşer. Bunu daha yavaş seyreden ısı kaybı fazı izler. Uzamış cerrahilerde ise periferik vazokonstriksiyon gelişerek plato fazı oluşur (30).

30 dakikadan uzun süren anestezilerde vücut sıcaklığı izlenmelidir. Çekirdek sıcaklık; özofagus, nazofarenks veya timpanik membran üzerinden ölçülebilir, ancak her yöntemin kısıtlılıkları vardır. Periferik ölçümler çekirdek sıcaklığı tam yansıtmayabilir (30).

Hipoterminin ciddi komplikasyonlara yol açtığı, yıllar içerisinde yapılan çok sayıda çalışmayla gösterilmiş olup, bu nedenle intraoperatif dönemde normoterminin korunması bir bakım standardı haline gelmiştir (30). İngiliz ulusal sağlık ve klinik mükemmellik enstitüsü (NICE) kılavuzlarında, anestezi sırasında hasta vücut sıcaklığının 30 dakikalık aralıklarla ölçülmesi ve hastaların aktif yöntemlerle 36,5 °C hedef sıcaklığa ısıtılması gerektiği belirtilmiştir (30).

Hipotermiyi önlemede aktif ısıtma yöntemleri temel yaklaşımdır (29). Sıcak hava üfleli sistemler etkinlikleri nedeniyle en sık kullanılan yöntemlerdir. Preoperatif ısıtmanın redistribüsyon hipotermisini azalttığı gösterilmiştir (29). Ayrıca ameliyathane sıcaklığının uygun düzeyde tutulması ve verilen sıvıların ısıtılması önerilmektedir (31).

2.5. MONİTÖRİZASYON

Ameliyathane ortamında uygulanan genel anestezi sırasında gerekli monitörizasyon uygulamalarına ilişkin olarak, Amerikan Anestezistler Derneği'nin (ASA) erişkin ve ASA onaylı pediatrik kılavuzları bulunmaktadır (32). ASA standartlarına göre, genel anestezi uygulanacak tüm hastalarda oksijenasyon, ventilasyon, dolaşım ve vücut sıcaklığı sürekli olarak izlenmelidir. Bu kılavuzlar doğrultusunda; noninvaziv kan basıncı ölçümü, pulse oksimetre ile periferik oksijen

satürasyonu takibi, kapnografi ile soluk sonu karbondioksit (end-tidal CO₂, EtCO₂) ölçümü, anestezi gaz ve inhale edilen oksijen konsantrasyonlarının izlenmesi, elektrokardiyografi (EKG) ve vücut sıcaklığı ölçümü temel monitörizasyon bileşenleri arasında yer almaktadır (32).

Pulse oksimetre, uzun yıllardır mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda standart bir monitörizasyon yöntemi olarak kullanılmaktadır (32). Spektrofotometrik prensip ile arteriyel hemoglobin oksijen satürasyonunu ölçer. Bunun yanı sıra, sıklıkla göz ardı edilen pletismografik dalga formu analizi, hastanın hemodinamik durumu ve kardiyopulmoner etkileşimleri hakkında gerçek zamanlı, noninvaziv ve değerli bilgiler sunmaktadır (33).

Elektrokardiyografi, esas olarak kalbin elektriksel aktivitesini yansıtır; ancak azalmış miyokard kontraktilesi veya düşmüş kardiyak debi gibi fonksiyonel bozuklukları her zaman ortaya koyamayabilir. Miyokard iskemisini düşündüren EKG değişiklikleri; ST-segment depresyonu ya da en az 0,1 mm ST-segment elevasyonu şeklinde olup, bu bulgular en iyi II ve V5 derivasyonlarında izlenmektedir. İskeminin en duyarlı şekilde saptanabilmesi için intraoperatif 5 derivasyonlu EKG monitörizasyonunda V ucu V5 pozisyonuna yerleştirilmelidir (34).

Aerobik metabolizmanın bir son ürünü olan karbondioksitin (CO₂) ölçümü, ventilasyonun yeterliliğini değerlendirmede kullanılan end-tidal CO₂ monitörizasyonu ile yapılmaktadır. Bununla birlikte EtCO₂, pulmoner sisteme karbondioksit taşınmasıyla ilişkili olması nedeniyle kardiyak debiye de bağımlıdır. Endotrakeal tüp yerleşiminin doğrulanmasında altın standart kabul edilen EtCO₂ ölçümünün; ölü boşluk, kardiyak debi ve havayolu direnci hakkında da bilgi verdiği bildirilmektedir (35).

Sistemik arteriyel kan basıncı, oksijen ve besin maddelerinin dokulara taşınması için gerekli olan itici gücü sağlar (32). Osilometrik yöntem, kan basıncı ölçümünde yaygın olarak kullanılan standart bir teknik olmakla birlikte, ölçümleri aralıklı yapması ve arteriyel dalga formu hakkında bilgi sunmaması nedeniyle sınırlamalara sahiptir (36). Buna karşılık arteriyel kateterizasyon, arteriyel dalga formunun sürekli izlenmesine olanak tanıyarak atım hacmi, kardiyak debi ve sistemik vasküler direnç hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Ayrıca atım hacmi varyasyonlarının

değerlendirilmesiyle hemodinamik yönetime katkıda bulunur ve kan gazı örnekleme için uygun bir yöntemdir. Bu nedenlerle, idiyopatik adölesan skolyoz gibi majör ve kanama riski yüksek cerrahilerde rutin olarak tercih edilmektedir (37).

Radyal arter kanülasyonu öncesinde elin kollateral dolaşımını değerlendirmek amacıyla Allen testi uygulanmaktadır. Bu testte, ulnar ve radyal arterlere bası uygulanarak hastadan elini sıkması istenir, ardından yalnızca ulnar arter üzerindeki bası kaldırılarak elin normal pembemsi renginin 15 saniye içinde geri dönmesi beklenir. Arteriyel kanülasyonun; radyal arter başta olmak üzere femoral, brakial, ulnar, aksiller, dorsalis pedis, tibialis posterior ve temporal arterlerden uygulanabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte arteriyel kanülasyon; psödoanevrizma, tromboz, hematoma oluşumu, uzuv iskemisi, kompartman sendromu ve soğuk ekstremiteler gibi vasküler; parestezi ve palsi gibi nörolojik ve enfeksiyöz komplikasyonlara yol açabilmektedir (36).

2.6. TOTAL İNTRAVENÖZ ANESTEZİ

Total intravenöz anestezi (TİVA), anestezi ajanlarının yalnızca intravenöz (İV) yoldan veya kombine biçimde uygulanmasıyla gerçekleştirilen bir anestezi yöntemidir (38). Propofolün klinik pratiğe girmesiyle birlikte TİVA kullanımının yaygınlaştığı görülmüştür. Özellikle ultra kısa etkili opioid analjezik olan remifentanilin geliştirilmesi, bu tekniğin önemini artırmıştır. Anestezi derinliğini değerlendirmeye yönelik çeşitli monitörizasyon sistemleri, propofol tüketimini azaltarak ve derlenme sürelerini kısaltarak TİVA uygulamalarının etkinliğini desteklemektedir (39).

Propofol, etkisini γ -aminobütirik asit A (GABA-A) reseptörleri üzerinden inhibitör mekanizma ile gösterir. Yapısal olarak iki izopropil grubu içeren fenolik bir halkaya sahiptir ve formülasyonunda soya yağı, gliserol ile yumurta lesitini bulunmaktadır. Yumurtadaki alerjen bileşenin çoğunlukla yumurta akında yer alması ve propofolde kullanılan lesitin yumurta sarısından elde edilmesi nedeniyle, yumurta alerjisi propofol kullanımı için mutlak kontrendikasyon oluşturmamaktadır. Bakteriyel kontaminasyon açısından uygun bir besiy ortamı oluşturduğundan, flakon açıldıktan sonra ilacın 6 saat içinde kullanılması önerilmektedir. TİVA uygulamalarında,

endotrakeal entübasyon sonrası propofol infüzyon dozu 30–100 µg/kg/dk aralığında uygulanmaktadır (40).

Propofolün başlıca özellikleri literatürde ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Lipofilik yapısı nedeniyle etki başlangıcı ve derlenme süresi hızlıdır. Klirensinin hepatik kan akımından yüksek olması, ilacın ekstrahepatik metabolizma yollarıyla da yıkıma uğradığını düşündürmektedir. Obezite, siroz veya böbrek yetmezliğinin propofolün farmakokinetiği üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, genellikle 48 saatten uzun süren infüzyonlarda; lipemi ve metabolik asidozla seyreden, nadiren ölümcül olabilen propofol infüzyon sendromu gelişebilmektedir (41).

Propofolün kardiyovasküler etkileri, sistemik vasküler dirençte, preload'da ve miyokard kontraktilesinde azalmaya bağlı olarak arteriyel kan basıncında düşüş şeklinde ortaya çıkar. Uygulanan doz ve infüzyon hızı ile hastanın yaşı, propofol ilişkili hipotansiyonun şiddetini belirleyen temel faktörlerdir. Solunumsal açıdan, santral solunum depresyonuna ve apneye yol açabilir; hipoksik ventilatuvar yanıtı ve hiperkapniye cevabı baskılar. Havayolu reflekslerini azaltması nedeniyle entübasyon, endoskopik girişimler ve laringeal maske uygulamaları için avantaj sağlar. Histamin salınımına neden olabilmesine karşın, astımlı hastalarda bronkospazm insidansının düşük olduğu bildirilmektedir. Serebral etkileri arasında serebral kan akımı ve intrakraniyal basıncın azalması yer almakta olup, antiemetik ve antikonvülzan özellikleri mevcuttur; epilepsili hastalarda güvenle kullanılabilir (41).

Remifentanil, kısa etkili, sentetik bir opioid olup, nonspesifik kan ve doku esterazları tarafından hidrolize edilen piperidin türevi metil ester yapısındadır. Güçlü bir µ-opioid reseptör agonisti olup belirgin analjezik etki gösterir ve naloksan ile antagonize edilebilir. Lipofilik özellikte olan remifentanilin kan-beyin bariyerini geçiş süresi yaklaşık 1–1,5 dakika, eliminasyon yarı ömrü ise 3–5 dakikadır. Plasentayı geçerek fetüste metabolize olmaya devam ederken, renal ve hepatik fonksiyon bozukluklarının klirensi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır (38).

Remifentanilin klinik özellikleri şu şekilde özetlenebilir: 1 µg/kg bolus dozun ardından 0,1–0,4 µg/kg/dk infüzyon uygulanması, cerrahi uyarana bağlı gelişen hemodinamik ve somatik yanıtları azaltır; ancak tek başına anestezi sağlamadığından

inhalasyon veya intravenöz bir anestezi ajanla birlikte kullanılmalıdır. Kan basıncı ve kalp hızında düşüşe neden olabilir; bu etkiler 0,3–0,4 mg İV glükopirolat veya adrenerjik ajanlarla azaltılabilir. Doza bağımlı solunum depresyonu yapar ve bu etki 6 µg/kg naloksan ile geri döndürülebilir. Ayrıca serebral oksijen tüketimini ve intrakraniyal basıncı azaltırken, serebral perfüzyon basıncı üzerine minimal etki gösterir ve EEG üzerinde belirgin değişiklik oluşturmaz. Renal doz ayarlaması gerektirmez ve intraoküler basınç artışına yol açmaz (38).

2.7. KANAMA

Skolyoz hastalarında uygulanan çok düzeyli spinal füzyon ve posterior düzeltme cerrahilerinde, intraoperatif kan kaybının 750–1500 ml aralığında değişebileceği bildirilmiştir (42). Kılavuzlara göre, vücut ağırlığı en az 35 kg olan bireylerde toplam kan volümü kadın hastalarda 65 ml/kg, erkek hastalarda ise 70 ml/kg olarak hesaplanmakta olup, bu değerler 35 kg ağırlığındaki bir hasta için yaklaşık toplam kan volümünün %50'sine karşılık gelmektedir (43). Aşırı perioperatif kan kaybının; enfeksiyon, hemodinamik instabilite, kardiyopulmoner disfonksiyon, böbrek yetmezliği ve hatta ölüm riskini artırdığı raporlanmıştır (44).

Skolyoz hastalarında kanama riskini artıran faktörler arasında; erkek cinsiyet, yüksek Cobb açısı, füzyon yapılan vertebra seviye sayısının fazla olması, ileri Risser evresi, artmış aktive parsiyel tromboplastin zamanı (aPTT), yüksek preoperatif fibrinojen düzeyi, preoperatif kifoza varlığı, uzun operasyon süresi ve kadın hastalarda premenstrüel dönem yer almaktadır (25). Ayrıca, allojenik kan transfüzyonunun; kan yoluyla bulaşan enfeksiyonlar, transfüzyon reaksiyonları, elektrolit dengesizlikleri, koagülopati ve cerrahi alan enfeksiyonu riskini artırdığı bildirilmiştir (44).

2.8. KAN TRANSFÜZYONU

Kan, her biri özgün işlevlere sahip son derece spesifik bileşenlerden oluşan, bütüncül ve canlı bir dokudur. Bu bağlamda, kan transfüzyonu bir doku ya da organ nakli olarak da değerlendirilebilir (45). Kan veya kan ürünlerinin tedavi amacıyla

intravenöz yolla dolaşıma verilmesi şeklinde tanımlanan kan transfüzyonu, klinik uygulamada sık kullanılan ancak karmaşık bir tedavi yöntemidir. Dünya genelinde her yıl 100 milyon ünitenin üzerinde kan bağışı yapılmakta olup, kan ürünlerinin sınırlı süreyle saklanabilmesi nedeniyle sürekli bağış gereksinimi devam etmektedir (46).

Kan transfüzyonu, potansiyel risk ve komplikasyonlarının yanı sıra yüksek maliyeti nedeniyle de dikkatli ve akılcı kullanım gerektirmektedir. Bu nedenle transfüzyon kararı alınırken yarar-risk dengesi gözetilmeli, gerekli olmadığı durumlarda kan ve kan ürünü kullanımından kaçınılmalıdır (46).

Son bin yılın tıbbi gelişmelerini ele alan herhangi bir değerlendirme, kan transfüzyonunun yaşam kurtarıcı etkisini tartışmasız biçimde kabul etmektedir. Bununla birlikte, kan ve kan ürünleri transfüzyonunun temelini gönüllü bağışçıların oluşturduğu unutulmamalıdır. Bu özverili uygulamanın toplumda sürdürülebilmesi için bireylerin düzenli kan bağışında bulunmasının öneminin vurgulanması gerekmektedir.

2.8.1. Kan ve Kan Ürünlerinin Genel Özellikleri

Transfüzyon amacıyla donörden temin edilen kan; tam kandan elde edilen kan bileşenleri ile plazmadan hazırlanan ürünlerden oluşmaktadır. Kan bileşenleri kapsamında; eritrosit, trombosit ve lökosit süspansiyonları ile taze donmuş plazma ve kriyopresipitat yer almaktadır. Kan transfüzyonundaki temel hedef, hastada eksik olan bileşenin yerine konulması olmalıdır (45).

2.8.1.1. Tam kan

Kan, plazma ve şekilli elemanlardan oluşmaktadır. Plazma sıvı fazı temsil ederken, kanın şekilli elemanları eritrositler, lökositler ve trombositlerden meydana gelmektedir. Tam kan, bu bileşenlerin tamamını içeren bir üründür ve yaklaşık olarak 200 ml eritrosit ile 250 ml plazma içermektedir. 2–6 °C arasında saklanan tam kanın raf ömrü 21–35 gün arasında değişmektedir. Erişkin bir hastada 1 ünite tam kan, hemoglobin düzeyinde yaklaşık 1 g/dL, hematokrit değerinde ise %3–4 oranında artış sağlamaktadır (47).

Güncel klinik uygulamalarda tam kan nadiren kullanılmakta olup, çoğunlukla diğer kan ürünlerinin elde edildiği bir kaynak niteliğindedir. Masif kanama durumları tam kan kullanımının başlıca endikasyonunu oluşturmaktadır. Ayrıca, eritrosit süspansiyonunun temin edilemediği ve eritrosit gereksiniminin bulunduğu olgularda tam kan tercih edilebilmektedir. Hasar kontrollü resüsitasyon kapsamında önerilen 1:1:1 oranındaki kan bileşeni replasmanının, tam kanın içeriğini birebir karşılamadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, tam kanın gerekli tüm kan bileşenlerini tek bir ürün içerisinde sunması nedeniyle, günümüzde de belirli klinik durumlarda kullanım alanı bulunmaktadır (48).

2.8.1.2. Eritrosit süspansiyonu

Eritrosit süspansiyonu, tam kandan santrifüj işlemiyle plazmasının büyük kısmı ayrıştırılarak elde edilen bir kan ürünüdür. Bir ünite eritrosit süspansiyonu yaklaşık 200 ml eritrosit içermekte olup, koruyucu solüsyonla birlikte toplam hacmi yaklaşık 300–350 ml'dir. İçeriğinde hemoglobin düzeyi ortalama 15 g/dL, hematokrit değeri ise %65–75 arasındadır. Eritrosit süspansiyonları 2–6 °C arasında kan merkezi buzdolaplarında saklanmalı olup, raf ömürleri 21–42 gün arasında değişmektedir (47).

Klinik uygulamada eritrosit süspansiyonları; kan kaybının yerine konulması, dokulara oksijen taşınmasının artırılması ve anemi başta olmak üzere çeşitli hematolojik bozuklukların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Erişkin hastalarda eritrosit süspansiyonu genellikle tek ünite halinde uygulanmakta ve bu uygulama sonucunda hemoglobin düzeyinde yaklaşık 1 g/dL artış sağlanmaktadır (49).

2.8.1.3. Taze donmuş plazma

Taze donmuş plazma (TDP), tam kandan santrifüjleme veya aferez yöntemi kullanılarak iki farklı şekilde elde edilebilmektedir. Toplanan plazmanın, alımdan sonraki ilk 6 saat içinde dondurulması ile hazırlanır. Tam kandan santrifüj yoluyla ayrıldığında yaklaşık 200–250 ml, aferez yöntemiyle elde edildiğinde ise yaklaşık 500 ml hacminde TDP sağlanmaktadır. –18 °C'de saklanması gereken TDP, –25 °C'de

muhafaza edildiğinde 1 yıla kadar stabilitesini koruyabilmektedir. İçeriğinde pıhtılaşma faktörleri, albümin ve immünoglobulinler bulunur.

TDP transfüzyonunda ABO uyumu aranırken, Rh uyumu gerekli değildir ve cross-match yapılmasına ihtiyaç duyulmaz. Klinik kullanım alanları arasında; oral antikoagülan (warfarin) tedavisinin acil olarak geri döndürülmesi, koagülasyon faktörü eksikliklerinde replasman tedavisi, masif kan transfüzyonuna bağlı gelişen dilüsyonel koagülopati, karaciğer hastalıkları, Hemolitik Üremik Sendrom ve Dissemine İntravasküler Koagülasyon (DİK) yer almaktadır (47).

2.8.1.4. Trombosit süspansiyonu

Trombosit süspansiyonu, tam kandan santrifüjleme yöntemiyle ya da donörlerden aferez cihazları kullanılarak elde edilmektedir. Tam kandan santrifüj ile hazırlanan trombosit süspansiyonunun hacmi yaklaşık 50–70 ml olup, ortalama $5,5 \times 10^{10}$ trombosit içermektedir. Bu ürünler tek ünite halinde kullanılabildiği gibi, kan bankasında 6 ünite havuzlanarak da uygulanabilmektedir.

Aferez yöntemiyle elde edilen trombosit süspansiyonlarında ise donörden yalnızca trombositler ayrıştırılmakta olup, tek bir aferez işlemiyle 3×10^{11} ve üzerinde trombosit içeren ürün toplanabilmektedir. Bu miktar, yaklaşık 5–6 ünite random donör trombosit süspansiyonuna eşdeğer trombosit içeriğine karşılık gelmektedir. Aferez trombosit süspansiyonlarının lökosit içeriği oldukça düşüktür (49).

Trombosit transfüzyonu; trombositopeni veya trombosit fonksiyon bozukluğu ile ilişkili kanamaların önlenmesi ya da tedavisi amacıyla uygulanmaktadır. Erişkin hastalarda 1 ünite aferez trombosit transfüzyonu, trombosit sayısında mikrolitre başına yaklaşık 30.000–50.000 artış sağlamaktadır. Transfüzyon eşik değerleri ise hastanın klinik durumu ve eşlik eden risk faktörlerine göre belirgin farklılıklar gösterebilmektedir (49).

2.8.1.5. Kriyopresipitat

Kriyopresipitat, taze donmuş plazmanın 2–4 °C’de çözündürülmesi ve ardından santrifüj edilmesiyle elde edilen kriyoglobulin fraksiyonudur. İçeriğinde yüksek

konsantrasyonlarda faktör VIII, fibrinojen, von Willebrand faktörü ve faktör XIII bulunmaktadır. Her bir ünite kriyopresipitat, fibrinojen düzeyini dL başına yaklaşık 5–10 mg artırmaktadır. Erişkin hastalarda standart uygulama dozu, genellikle 10 ünite havuzlanmış kriyopresipitat şeklindedir (47).

2.8.2. Restriktif ve Liberal Transfüzyon Stratejileri

Liberal kan transfüzyon stratejisinde, uzun yıllardır standart eşik olarak kabul edilen 10 g/dL veya üzerindeki hemoglobin düzeyleri hedeflenmekte ve transfüzyon uygulamaları bu doğrultuda planlanmaktadır. Bazı çalışmalarda liberal transfüzyon yaklaşımının, mortalite ve hastanede kalış süresi açısından anlamlı avantajlar sağladığı bildirilmiştir. Buna karşın, restriktif transfüzyon stratejisinde yetersiz doku oksijenizasyonuna bağlı olarak mortalitenin daha yüksek olabileceğini, ancak enfeksiyon oranları açısından belirgin bir fark bulunmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (50).

Salpeter ve arkadaşları, restriktif transfüzyon yaklaşımında hedef hemoglobin düzeyini 6–8 g/dL aralığına düşürmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; yalnızca hidrasyon gibi basit destekleyici önlemlerle karşılaştırıldığında, hastalık ya da kanamaya bağlı anemisi bulunan bireylerde uygulanan kan transfüzyonlarının daha olumsuz klinik sonuçlarla ilişkili olduğu gösterilmiştir (50).

Restriktif ve liberal transfüzyon stratejilerini karşılaştıran bir başka çalışmada ise restriktif grupta akut koroner sendrom, yeniden kanama, pulmoner ödem ve enfeksiyon insidansının yanı sıra hastanede kalış süresinin daha düşük olduğu saptanmıştır (50).

Her ne kadar literatürde farklı sonuçlar bildirilmiş olsa da ileri yaşta, geçirilmiş kardiyopulmoner hastalık öyküsü bulunan veya kardiyak rezervi sınırlı olan hastalarda liberal transfüzyon stratejisinin tercih edilmesi, buna karşılık ek komorbiditesi bulunmayan cerrahi hastalarda restriktif yaklaşımın uygulanmasının daha uygun ve yararlı olacağı düşünülmektedir.

2.8.3. Masif Kan Transfüzyonu

Masif kan transfüzyonu (MKT), en yaygın kabul edilen tanıma göre, 24 saat içerisinde hastanın toplam kan hacmine eşdeğer miktarda kan ürünü verilmesi şeklinde tanımlanmakta olup, erişkin hastalarda bu durum yaklaşık 10 ünite eritrosit süspansiyonu transfüzyonuna karşılık gelmektedir (51). Bunun yanı sıra, kısa sürede gelişen yoğun kan kaybını ifade etmek amacıyla 3 saat içinde ≥ 5 ünite eritrosit süspansiyonu uygulanması veya saatlik ≥ 4 ünite transfüzyon gereksinimi de masif transfüzyon kapsamında değerlendirilmektedir (52). Günümüzde özellikle aktif ve kontrol altına alınamayan kanamalarda erken ve etkin müdahaleyi sağlamak amacıyla masif transfüzyon protokolü (MTP) kavramı kullanılmakta olup, bu yaklaşımın temel hedefi hızlı ve dengeli kan ürünü replasmanının sağlanmasıdır (53).

2.8.4. Kan Transfüzyon Reaksiyonları

Kan transfüzyonuna bağlı reaksiyonlar, immün mekanizmalarla gelişen ve immün kaynaklı olmayan reaksiyonlar olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Transfüzyon sonrası reaksiyonlar genellikle ilk 24 saat içinde, çoğu zaman ise ilk 4 saatlik dönemde ortaya çıkmakta olup, bu erken reaksiyonların büyük kısmı immün kökenli değildir. Buna karşılık, 48 saat veya daha uzun süre sonra gelişen geç reaksiyonlar çoğunlukla immün aracılı mekanizmalarla ilişkilidir (54).

Kan bileşenlerinin transfüzyonu, hafif klinik tablolardan yaşamı tehdit eden durumlara kadar geniş bir yelpazede reaksiyonlara neden olabilmektedir. Transfüzyon reaksiyonlarının azaltılması açısından restriktif transfüzyon stratejilerini destekleyen yüksek kaliteli kanıtlar bulunmakla birlikte, kan transfüzyonunun etkinliğini daha net ortaya koyabilmek için ileri düzey klinik çalışmalara ihtiyaç devam etmektedir.

Bir çalışmada, 1 milyon ünite kan bileşeni transfüzyonu başına yaklaşık 4,5 ölüm ve 35 majör hastalıkla sonuçlanan toplam 505 ciddi komplikasyon bildirildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, mevcut raporlama sistemlerinde tüm olayların eksiksiz bildirilemediği; özellikle transfüzyonla ilişkili akut akciğer hasarı (TRALI) gibi bazı komplikasyonların yetersiz tanı ve eksik bildirim nedeniyle olduğundan daha az raporlandığı bilinmektedir. Buna rağmen bu veriler, kan transfüzyonunun önemli akut komplikasyonları ve riskleri hakkında genel bir çerçeve sunmaktadır (46).

2.8.4.1. Febril hemolitik olmayan transfüzyon reaksiyonu (FNHTR)

Febril nonhemolitik transfüzyon reaksiyonu (FNHTR), en sık karşılaşılan transfüzyon komplikasyonlarından biridir. Genellikle transfüzyonu takiben ilk 1 saat içinde ortaya çıkar ve yaklaşık her 100 transfüzyonda 1–3 oranında görülmektedir. Klinik olarak, başka bir nedenle açıklanamayan vücut sıcaklığında ≥ 1 °C artış, titreme, geçici hipertansiyon ve baş ağrısı en belirgin bulgular arasında yer almaktadır. FNHTR'nin; kanın şekilli elemanlarına ait antijenler ile plazma proteinlerine karşı gelişen immün yanıtlar sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu nedenle, daha önce transfüzyon öyküsü bulunan hastalar ile multipar kadınlarda FNHTR gelişme riskinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (54).

FNHTR, esas olarak bir dışlama tanısı olduğundan, hemolitik transfüzyon reaksiyonlarından ayırıcı tanısının yapılması büyük önem taşır. Bu amaçla reaksiyon sonrasında direkt antiglobulin testi ve hemoliz açısından plazmanın görsel değerlendirilmesi gibi laboratuvar incelemeleri yapılarak diğer olası nedenler dışlanmalıdır. Transfüzyonun kesilmesi veya antipiretik tedaviye rağmen düzelmeyen, ≥ 2 °C ateş yükselmesi olan ya da yeni gelişen bakteriyel enfeksiyon bulguları gösteren hastalarda ise septik transfüzyon reaksiyonu olasılığı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (54).

2.8.4.2. Hipotermi

Hipotermi, özellikle masif transfüzyon gerektiren kanamalı cerrahilerde sık karşılaşılan bir durumdur. Ameliyathane ortamında hastanın yeterli düzeyde ısıtılamaması, soğuk sıvı ve kan ürünlerinin hızlı infüzyonu, vücut boşluklarının açıkta kalması, azalmış ısı üretimi ve bozulmuş termoregülasyon mekanizmaları hipotermi gelişimine katkıda bulunan başlıca faktörlerdir. Hipotermi; koagülopati ve asidoz ile birlikte “ölüm üçlüsü” olarak tanımlanan kritik tablonun bir bileşeni olduğundan, cerrahi hastalarda önlenmesi ve etkin şekilde yönetilmesi gereken önemli bir klinik durumdur (55).

2.8.4.3. Hiperkalemi

Plazmadaki potasyum düzeyi 7–77 mEq/L arasında değişiklik gösterebilmekte ve saklama süresinin uzamasıyla daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, eritrosit membranındaki ATPaz pompasının fonksiyon kaybına uğramasıdır. Potasyum düzeyinin ısınlama işlemiyle arttığı, buna karşılık yıkama işlemiyle azaldığı bilinmektedir. Depolanmış kanın transfüzyonunu takiben ise ATPaz pompası yeniden aktif hale gelmekte ve eritrositler aktif metabolizmaya dönerek potasyumu tekrar hücre içine almaktadır (47).

2.8.4.4. Hipokalsemi

Normal serum kalsiyum düzeyi 8,5–10,5 mEq/L aralığındadır. Özellikle hızlı gerçekleştirilen kan transfüzyonlarında, kan ürünlerinde bulunan sitratın kalsiyumu bağlaması sonucu hipokalsemi gelişebilmektedir. Bu nedenle, hızlı ve yüksek volümlü transfüzyonlar sonrasında kalsiyum replasmanı gereksinimi olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (47).

2.8.4.5. Akut hemolitik transfüzyon reaksiyonları

Akut hemolitik transfüzyon reaksiyonları immün aracılı veya immün olmayan mekanizmalarla gelişebilmektedir. İmmün kaynaklı reaksiyonlar, alıcının eritrosit antikorları ile uyumsuz kan transfüzyonu sonucu ortaya çıkar. Klinik olarak ani ateş, titreme, sıklıkla böbrek kapsül gerilmesine bağlı ağrı, hipotansiyon, hemoglobinüri veya hemoglobinemi ile kendini gösterebilir. İnvasküler ya da ekstrasvasküler hemolize bağlı olarak dispne gelişebilir. Ateş ve titremenin erken bulgular olması nedeniyle, transfüzyon sırasında hastalar yakından izlenmeli ve şüpheli durumda transfüzyon derhal sonlandırılmalıdır (54).

İmmün olmayan akut hemolitik reaksiyonlar ise eritrositlerin uygunsuz solüsyonlarla (örneğin %5 dekstrozu) verilmesi veya kanın uygun olmayan koşullarda saklanması gibi nedenlerle gelişebilmektedir (54).

2.8.4.6. Hava embolisi

Basınçlı infüzyon sistemleri ile hızlı transfüzyon uygulanırken ya da set değişimi sırasında sistemde hava bulunması durumunda, intravenöz yolla verilen hava hava embolisine yol açabilir. Uyanık hastalarda dispne, göğüs ağrısı, öksürük ve şok, genel anestezi altındaki hastalarda ise hipotansiyon ve end-tidal CO₂ düşüşü ile kendini gösterebilir (56).

2.8.4.7. Sitrat toksisitesi

Masif ve hızlı uygulanan taze donmuş plazma, tam kan veya trombosit süspansiyonu transfüzyonlarında plazma sitrat düzeyi artar. Bu durum hipokalsemi ve hipomagnezemiye neden olabilir. Klinik olarak tetani, QT uzaması, hipotansiyon ve azalmış miyokard kontraktilitesi görülebilir. Sitrat toksisitesi gelişimini karaciğer hastalığı, karaciğer transplantasyonu, hipotermi ve hiperventilasyon hızlandırabilmektedir (57).

2.8.4.8. Alerjik reaksiyon

Alerjik transfüzyon reaksiyonları genellikle immünoglobulin E (IgE) aracılıdır. Klinik olarak eritem, ödem ve kaşıntı gibi hafif semptomlarla seyreder ve çoğunlukla ateş eşlik etmez. Lokalize ürtiker varlığında genellikle transfüzyonun kesilmesine gerek yoktur; tedavide antihistaminikler yeterli olabilir (54).

2.8.4.9. Anafilaktik reaksiyon

Anafilaktik reaksiyonların görülme sıklığı yaklaşık 0,5/1000'dir. Çok düşük miktarda kan veya plazma transfüzyonundan sonra dahi gelişebilir. Ateşin olmaması ayırıcı tanıda önemlidir. Klinik olarak bronkospazm, solunum sıkıntısı, hipotansiyon, şok, bilinç kaybı, ayrıca bulantı, kusma ve abdominal kramplar görülebilir. Özellikle IgA eksikliği bulunan ve daha önce transfüzyon öyküsü olan hastalarda daha sık izlenir. Önlem olarak yıkanmış eritrosit süspansiyonları ve IgA içermeyen ürünler tercih edilebilir (54).

2.8.4.10. Transfüzyona bağı dolaşım yüklenmesi (Transfusion-Associated Circulatory Overload, TACO)

Transfüzyona bağı dolaşım yüklenmesi (TACO) ve transfüzyonla ilişkili akut akciğer hasarı (TRALI), transfüzyon ilişkili morbidite ve mortalitenin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. TACO, genellikle transfüzyondan sonraki ilk 6 saat içinde gelişen akut pulmoner ödem ile karakterizedir. Tanı kriterlerinin özgül olmaması nedeniyle gerçek insidansın tam olarak belirlenmesi güçtür. Ancak restriktif transfüzyon stratejilerinin benimsenmesiyle TACO ve TRALI sıklığında azalma olduğu bildirilmiştir (58).

2.8.4.11. Transfüzyonla ilişkili akut akciğer hasarı (TRALI)

TRALI, transfüzyondan sonraki 6 saat içinde gelişen ve diğer akut akciğer hasarı nedenleriyle açıklanamayan bir klinik tablodur (47). Akciğer grafisinde bilateral infiltratlar izlenir. Klinik olarak akut solunum sıkıntısı, hipoksemi, ateş, hipotansiyon, taşikardi, ayrıca lökopeni/lökositoz ve trombositopeni görülebilir (58). Tedavisi destekleyici olup, bazı hastalarda mekanik ventilasyon gereksinimi doğabilir.

TRALI riski özellikle taze donmuş plazma transfüzyonlarında daha yüksek olup, verilen kan ürünü miktarı arttıkça risk de artmaktadır. Başlıca risk faktörleri arasında mekanik ventilasyon, sepsis, masif transfüzyon, koroner arter cerrahisi ve karaciğer yetmezliği yer almaktadır. Kadın donörlerden elde edilen plazma ile daha sık görülmesi, gebelik sonrası gelişen anti-HLA antikorları ile ilişkilendirilmiştir. Kritik hastalarda TRALI gelişimini açıklamak için çift vuruş (two-hit) teorisi öne sürülmüştür (58).

2.8.4.12. Transfüzyona bağı immünomodülasyon

Kan transfüzyonu sonrası alıcıda immün aktivasyon veya immünosupresyon gelişebilir. İmmünosupresyonun böbrek transplantasyonunda greft reddini azalttığı gösterilmiş olsa da aynı mekanizma nedeniyle yara iyileşmesinde gecikme, enfeksiyon riskinde artış ve malignite rekürrensi görülebilmektedir. Bu nedenle gereksiz transfüzyonlardan kaçınılması önerilmektedir (45).

2.8.4.13. Kan transfüzyonu ile bulaşan hastalıklar

Kan ve kan ürünleri transfüzyonları ile bakteriyel, viral, paraziter ve prion enfeksiyonları bulaşabilmektedir. Günümüzde uygulanan tarama testleri bu riski önemli ölçüde azaltmış olsa da bağışçının enfeksiyonun pencere döneminde olması nedeniyle bulaş tamamen ortadan kaldırılamamıştır (45). En sık bulaşan viral etkenler arasında Hepatit B, HIV (1–2) ve Batı Nil virüsü yer almaktadır. Bakteriyel kontaminasyon durumunda, transfüzyonu takiben ilk 4 saat içinde ≥ 39 °C ateş, hemodinamik instabilite ve genel durum bozulması görülebilir (54).

2.9. HEMOGLOBİN ÖLÇÜMÜ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Hemoglobin (Hb) ölçümü hem fizyolojik hem de teknik pek çok değişkenden etkilenebilmektedir. Hastanın volüm durumunun doğru değerlendirilmesi ile birlikte kullanılan ölçüm cihazlarının uygun ve düzenli aralıklarla kalibre edilmesi, en güvenilir sonuçların elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

2.9.1. Fizyolojik Faktörler

İnvaziv yöntemlerle gerçekleştirilen hemoglobin ölçümlerinin doğruluğunu etkileyen çeşitli fizyolojik etmenler bulunmaktadır. Bunlar arasında turnike kullanımı, vücut pozisyonu, örnekleme günün hangi saatinde yapıldığı ve kan örneğinin alındığı anatomik bölge yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada, kapiller kandan ölçülen Hb düzeylerinin, venöz kandan elde edilen değerlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu gösterilmiştir (59).

Başka bir araştırmada ise venöz kan örneklerinde saptanan Hb düzeylerinin, arteriyel kandan ölçülen değerlere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu durumun, venöz kan alımı sırasında kullanılan turnikenin etkisiyle venöz yatakta kanın göllenmesine bağlı olarak hemoglobin ve hematokrit konsantrasyonunun artmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (59).

Venöz kan örneklemede turnike uygulama süresinin 2 dakikayı aşması halinde Hb ve Hct değerlerinde yükselme meydana geldiği gösterilmiş; bu etkiyi önlemek amacıyla ideal turnike süresinin 30 saniyenin altında tutulması gerektiği

vurgulanmıştır (59). Ölçülen hemoglobin değerlerinin vücut pozisyonuna bağlı olarak da değişkenlik gösterebildiği bilinmektedir. Ayakta alınan kan örneklerinde ölçülen Hb düzeylerinin, oturur veya yatar pozisyonda alınan örneklerle göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (60).

Ayrıca, hemoglobin düzeylerinin günün saatine göre değişiklik gösterebildiği; sabah saatlerinde alınan kan örneklerinden ölçülen Hb değerlerinin, günün ilerleyen saatlerinde alınan örneklerle kıyasla daha yüksek bulunduğu da raporlanmıştır (59).

2.10. İNVAZİV HB ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

İnvaziv yöntemlerle gerçekleştirilen çeşitli hemoglobin ölçüm teknikleri mevcuttur. Bu yöntemlerde kan örneği alınarak laboratuvara gönderilmekte ya da hasta başı ölçüm yapabilen cihazlar aracılığıyla değerlendirme yapılmaktadır.

2.10.1. Kan Gazı Analizleri

Kan gazı analizlerinde; oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2), pH, laktat ve bikarbonat gibi birçok parametreye ek olarak hemoglobin düzeyi de ölçülebilmektedir. Kan gazında Hb ölçümü için iki temel yöntem bulunmaktadır:

1. Doğrudan ölçüm yöntemi: Klinik pratikte daha sık kullanılan ve daha güvenilir sonuçlar sağlayan bu yöntemde, alınan kan örneği kan gazı analizine yönelik cihazlarda doğrudan hemoglobin ölçümüne tabi tutulur.
2. Hesaplama yöntemi: Günümüzde nadiren kullanılan bu yöntemde O_2 ve CO_2 düzeyleri, pH ve bazı diğer parametreler ölçülerek hemoglobin değeri formüller aracılığıyla hesaplanmaktadır; ancak pratikte uygulanabilirliği sınırlıdır.

Kan gazı analizi, birçok hastalığın tanı ve takibinde yaygın olarak kullanılmakta olup; oksijen ve karbondioksit taşıma kapasitesi, solunum fonksiyonu ve asit-baz dengesi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Hızlı sonuç vermesi nedeniyle kan gazından hemoglobin ölçümü, ameliyathaneler, acil servisler ve yoğun bakım ünitelerinde sık tercih edilen bir Hb izlem yöntemidir.

2.10.2. Tam Kan Sayımı

Geleneksel olarak tam kan sayımı, hemoglobin ölçümünde halen altın standart kabul edilmektedir (51). Bununla birlikte; kanın alınması, tüpe konulması, laboratuvara ulaştırılması, analiz edilmesi ve sonucun hekim tarafından değerlendirilmesi gibi çok aşamalı bir süreç içermesi, bu yöntemin kullanımını pratik açıdan zorlaştırabilmektedir (51). Özellikle perioperatif dönemde kanamalı hastaların izleminde, bu süreç zaman kaybına yol açarak morbidite ve mortaliteyi olumsuz etkileyebilmektedir. Güncel teknolojik gelişmelere rağmen, sonuçlanma süresinin genellikle 15–20 dakika civarında olduğu bildirilmektedir (61).

2.11. NONİNVAZİV HB ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Noninvaziv hemoglobin ölçüm yöntemleri, hastadan kan örneği alınmaksızın ve herhangi bir invaziv girişim uygulanmadan Hb düzeyinin belirlenmesini sağlayan tekniklerdir. Bu yöntemler; özellikle ameliyathanelerde perioperatif kanaması olan hastalarda ve yoğun bakım ünitelerinde kritik hastaların sürekli hemoglobin takibinde kullanılmaktadır. Ancak bu ölçümlerin doğruluğunun, invaziv yöntemlerle gerçekleştirilen laboratuvar Hb ölçümlerine kıyasla değişkenlik gösterebildiği bildirilmiştir (61).

2.11.1. Radical-7® Pulse CO-Oximeter ve Root (Masimo)

Kan gazı analizi yoluyla hemoglobin (Hb) izlemi, klinik uygulamada altın standart kabul edilmekte ve günlük pratikte en sık başvuru olan yöntem olarak kullanılmaktadır (51). Hb konsantrasyonunun en doğruya yakın biçimde ölçülmesini sağlamakla birlikte, bu yöntemin invaziv kan örnekleme gerektirmesi, maliyetli olması ve sonuçlanmasının zaman alması önemli dezavantajlar arasında yer almaktadır (62). Bu sınırlılıkların aşılmasına yönelik olarak, son yıllarda noninvaziv, sürekli ve gerçek zamanlı Hb takibi yapabilen teknolojiler geliştirilmiş ve klinik kullanımları giderek artmıştır.

Bu sistemler, özellikle masif kanama durumlarında Hb'deki düşüş eğilimini saptayarak klinisyeni erken dönemde uyarma ve olası müdahalelerde gecikmeyi

azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca kan transfüzyonu sırasında ve sonrasında Hb düzeylerindeki artışın anlık olarak izlenmesine olanak tanınması sayesinde, son çalışmalarda sıkça vurgulanan gereksiz kan transfüzyonlarının önlenmesine katkı sağlayabileceği bildirilmektedir (63).



Şekil 3. Radical-7 Pulse CO-Oksimetre™ (Masimo Corp., Irvine, CA, ABD) monitörü

Radical-7® Pulse CO-Oximeter ve Root (Masimo) sistemlerinde (Şekil 3), ışık yayan diyotlar tarafından oluşturulan çoklu görünür ve kızılötesi dalga boylarındaki ışık, ölçüm bölgesine (genellikle parmak) uygulanmaktadır. Bu ışık, daha sonra elektrik sinyallerine dönüştüren bir fotodedektör tarafından algılanmakta ve elde

edilen dijital sinyaller, gelişmiş algoritmalar aracılığıyla işlenerek tahmini Hb konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Baskın olmayan elin işaret veya orta parmağına SpHb probu yerleştirilmelidir (64).

Söz konusu yöntem, FDA onayı almış bir teknolojidir. Her ne kadar noninvaziv Hb ölçümü henüz invaziv yöntemlerin yerini tamamen alabilecek düzeyde olmasa da, destekleyici bir izlem aracı olarak kullanılabilmekte ve klinisyene ek veri sağlayarak hasta yönetimine katkıda bulunabilmektedir (65).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, 27.03.2025 tarih ve 6/2 sayılı S.B.Ü. Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayını takiben; Nisan 2025-Ocak 2026 tarihleri arasında S.B.Ü. Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Helsinki Deklarasyonu ve İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu'na uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma ayrıca clinicaltrials.gov tarafından tescil edilmiştir (NCT05239234). Katılımcılar ve birinci derece yakınları, çalışma öncesinde, çalışma ile ilgili tüm detaylar hakkında hem sözel hem de yazılı olarak bilgilendirilmiş ve tüm katılımcılardan yazılı ve sözlü onam alınmıştır.

Bu prospektif gözlemsel çalışmaya; Sağlık Bilimleri Üniversitesi Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde GA altında, elektif skolyoz cerrahisi planlanan, ASA I-III, kendisinden ve/veya vasisinden yazılı ve sözlü onamları alınan toplam 53 hasta dahil edildi.

Çalışmaya katılmak istemeyen ve onamı alınamayan, yapışkan sensör materyaline alerjisi olan, sensör yerleştirilmesini engelleyecek önceden var olan deformiteler veya cilt sorunları olan, mevcut hematolojik hastalığı bulunan, düzeltilmemiş preoperatif anemisi (preoperatif hemoglobin < 9 g/dL) olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Operasyon odasında, hastalara ait kabul numarası, cinsiyet, yaş, boy, kilo, vücut kitle indeksi (VKİ), ek hastalık varlığı ve ASA sınıflaması çalışma formuna kaydedildi.

Tüm hastalarda EKG, SpO₂ ve noninvaziv kan basıncı monitörizasyonu rutin olarak uygulandı. Hastaların damar yapısına uygun olacak şekilde el sırtı veya antekübital venlerden, 22/20/18 G kanül kullanılarak intravenöz damar yolu açıldı. İnvaziv arteriyel kan basıncı izlemi ve aralıklı arteriyel kan gazı takibi amacıyla tüm hastalara preoperatif Allen testi uygulandı; anestezi indüksiyonunu takiben 20 G kanül kullanılarak radyal arter kanülasyonu gerçekleştirildi. Rutin olarak alınan operasyona giriş arter kan gazı ve hemogram örnekleri laboratuvarında ve kan gazı cihazında (GEM® Premier 3500) çalışıldı. Hastalara yüz maskesi aracılığıyla %100 oksijen

verilerek preoksijenasyon sağlandı. Tüm hastalarda standart genel anestezi indüksiyonu (0,05 mg/kg İV midazolam, 2 µg/kg İV fentanil, 2 mg/kg İV propofol ve 0,6 mg/kg İV rokuronyum) uygulandı; indüksiyon sonrası 2 dakika süreyle ventilasyon sağlandıktan sonra hastanın yaşına ve kilosuna uygun spiralli tüp ile orotrakeal entübasyon gerçekleştirildi. Entübasyon, anestezi cihazında ardışık ve düzenli olarak EtCO₂ değerlerinin izlenmesiyle doğrulandı ve hasta mekanik ventilatöre bağlandı.

Mekanik ventilatör ayarları; TV 8 ml/kg, solunum frekansı 12–18/dk, inspire edilen oksijen fraksiyonu (FiO₂) %40, ekspirasyon sonu pozitif basınç (PEEP) 4–5 cmH₂O ve inspirasyon/ekspirasyon oranı 1:2 olacak şekilde düzenlendi. Operasyon süresince solunum frekansı, normokapninin (sürekli izlenen EtCO₂ 30–35 mmHg, aralıklı arteriyel kan gazında parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı (PaCO₂) 35–45 mmHg) korunmasını sağlayacak biçimde ayarlandı. SpO₂ <%95 veya arteriyel kan gazında parsiyel arteriyel oksijen basıncı (PaO₂) <100 mmHg saptanması durumunda FiO₂ artırıldı.



şekil 4. İşaret parmağına yerleştirilen RD rainbow SET™ SpHb sensör probu

SpHb takibi, hastaların arteriyel kanülasyonu yapılmayan dominant olmayan elinin işaret parmak ucuna yerleştirilen, spektrofotometrik yöntemle ölçüm yapan Radical-7 Pulse CO-Oksimetre™ (Masimo Corp., Irvine, CA, ABD) cihazına ait parmak ucu sensör probu (RD rainbow SET™-2 Neo) kullanılarak gerçekleştirildi (Şekil 4).

Özofageal sıcaklık probu, anlık sıcaklık takibi amacıyla özefagus distal ucuna kadar ilerletilerek sabitlendi. Saatlik idrar çıkışının takibi için mesane sondası yerleştirildi.

Anestezi idamesi, TİVA tekniği ile propofol ve remifentanil infüzyonları kullanılarak sağlandı. Propofol infüzyonu 100–160 µg/kg/dk aralığında (yüksek dozla başlanıp 10 dakikada bir kademeli azaltılarak), remifentanil infüzyonu ise 0,08–0,25 µg/kg/dk aralığında sürdürüldü. Kontrollü hipotansiyon stratejisi kapsamında ortalama arter basıncının (OAB) 60–65 mmHg arasında tutulması hedeflendi. Hemodinamik izlemde OAB <60 mmHg veya bradikardi (KTA <60/dk) gelişmesi durumunda, propofol ve remifentanil infüzyon dozları azaltıldı.

Tüm hastalara, anestezi indüksiyonunu takiben ve cerrahi girişim başlamadan önce 15 mg/kg traneksamik asit uygulandı, ardından ameliyat süresince 10 mg/kg/saat hızında infüzyonla tedavi sürdürüldü.

Bütün olgular prone pozisyonunda opere edildi. Pozisyonlama sırasında toraks ve batin çevresine uygun destekler yerleştirildi; üst ekstremiteler gövdeden 90°'yi geçmeyecek şekilde abdukte edilip, dirsekler ve kolların altına yumuşak jel destekler konuldu. Kalça ve diz eklemlerine hafif fleksiyon verildi, yüz koruyucu jel pedleri kullanılarak göz ve yüz basısından korunup baş-boyun ekseninde nötral pozisyon korundu. Operasyon boyunca göz, burun ve kulaklarda doğrudan bası olup olmadığı 20 dakikada bir düzenli olarak kontrol edildi.

Hipotermiinin önlenmesi amacıyla hastaların intraoperatif dönemde ısıtılmasında hava üfleli ısıtma sistemleri (Bair Hugger Warming System, Augustine Medical, Eden Prairie, MN, ABD) kullanıldı. Serum, infüzyon solüsyonları ve kan ürünlerinin ısıtılması ve sabit sıcaklıkta tutulması için ise sıvı ısıtma cihazları (Astoflo® Plus Eco) uygulandı.

Hastaların rutin takibi sırasında, indüksiyon sırasında ve sonraki her saat başında SpHb düzeyi (g/dL), alınan AKG ve tam kan örneklerindeki Hb (g/dL) değerleri, sistolik ve diastolik tansiyon değerleri (mmHg), nabız (bpm), SpO₂ (%), vücut sıcaklığı (°C), değerleri çalışma formuna kaydedildi.

Ameliyat süresince dengeli kristalloid solüsyonlar kullanılarak hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulandı. Operasyon boyunca restriktif transfüzyon stratejisi benimsendi. Aralıklı alınan arteriyel kan gazı analizlerinde hemoglobin için kabul edilen 8 g/dL eşik değerinin altına düşülmesi durumunda, 10–15 ml/kg eritrosit süspansiyonu transfüze edildi.

Gerekli eritrosit süspansiyonu miktarı, “Gereken kan volümü = Total kan volümü × istenen hematokrit (Hct) artışı / verilecek eritrosit süspansiyonunun hematokrit değeri” formülü kullanılarak hesaplandı; klinik olarak öngörülen değer ile formül sonucu arasında belirgin farklılık saptanması halinde, formül ile elde edilen sonuç esas alınmıştır. Hesaplamalarda total kan volümü kadın hastalarda 65 ml/kg, erkek hastalarda 70 ml/kg olarak kabul edilmiş; eritrosit süspansiyonunun hematokrit değeri ise koruyucu solüsyonlar nedeniyle ortalama %60 olarak değerlendirilmiştir. Paketlenmiş eritrositlerin hacminin ortalama 250–350 ml olduğu varsayılarak kan merkezi talepleri yapıldı.

Operasyon bitiminde hastaya verilen toplam sıvı miktarları, eritrosit süspansiyonu miktarı, toplam traneksamik asit miktarı, yaklaşık kanama hacmi (aspiratörde toplanan toplam sıvı miktarı, irrigasyon sıvılarının hacmi, kirli gaz ve batin sayısı), toplam idrar çıkışı, anestezi ve cerrahi süreleri hesaplanarak kayıt altına alınmıştır.

Bu çalışmanın bulgularına dayanarak; noninvaziv hemoglobin ölçüm yönteminin, invaziv ölçümlere kıyasla daha hızlı değerlendirme ve müdahale olanağı sunacağı, ayrıca perioperatif kan transfüzyonu karar verme süreçlerinde daha etkili bir araç olabileceği hipotezini ileri sürmekteyiz.

Çalışmamızın ikincil sonuç değişkenleri; transfüzyon miktarı, hemodinamik parametreler ve vücut ısısı değerleridir.

3.1. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmamız prospektif gözlemsel bir çalışmadır. Güç analizi için G*power 3.1 programı kullanıldı. Erdoğan Kayhan ve ark. yaptığı çalışmada; laboratuvar ve non-invaziv hemoglobin cihazı yoluyla ölçülen hemoglobin değerlerinin farkını $0,85 \pm 1,58$ olarak bulmuş (66). Buradan hareketle, etki büyüklüğü 0,53 olarak hesapladık. Bu değere göre %95 güç ve α değeri 0,05 olacak şekilde güç analizi yaptığımızda, örneklem büyüklüğünü 47 hasta olarak bulduk. Çalışma sırasında olası kayıpları düşündüğümüzde, 53 hastanın çalışmaya dahil edilmesine karar verdik.

Demografik ve perioperatif veriler ortalama $\pm$ standart sapma, ortanca (IQR) veya sayı (yüzde) olarak ifade edildi. Verilerin dağılımının normalliğin tespiti için Shapiro-Wilk testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama değerler arasındaki farklar Student t-testi ile normal dağılım göstermeyen değişkenler Mann-Whitney U-testi ile karşılaştırıldı. Kategorik veriler için Ki kare testi ve Fisher-Exact test kullanıldı. Hem hemodinamik verilerin hem de hemoglobin değerlerinin, zaman aralıkları arasındaki farklarını tespit etmek için tekrarlayan ölçümler ANOVA testi yapıldı. Perioperatif üçüncü saatteki ölçüm sayıları diğer saatlerdeki ölçüm sayılarından farklı olması nedeniyle, post-hoc (Bonferroni düzeltmeli) analiz eklendi. Ölçümler sonucu elde edilen hemoglobin değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek için pearson korelasyon testi kullanıldı. Ayrıca, SpHb'nin LAB ve AKG referans yöntemleriyle olan sistematik farkını (bias) ve ölçümler arası değişkenliği (%95 uyum sınırları) belirlemek; böylece SpHb'nin perioperatif dönemde kan transfüzyonu kararlarını yönlendirmede güvenilir biçimde kullanılıp kullanılamayacağını saptamak için Bland-Altman analizi yapıldı. Veri analizi için IBM SPSS Statistics Version 25 (IBM Corp Armonk, NY) kullanıldı. $P < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya toplam 53 hasta dahil edilmiştir. Hastaların yaş ortalaması $16,5 \pm 4,9$ yıl (minimum–maksimum: 6–30 yıl) olup, çalışma grubunun ağırlıklı olarak adölesan yaş grubundan oluştuğu görülmektedir. Cinsiyet dağılımı incelendiğinde hastaların %60,4’ünün kadın, %39,6’sının erkek olduğu saptanmıştır.

Hastaların ortalama boyu $159,3 \pm 14,8$ cm, vücut ağırlığı $54,1 \pm 17,9$ kg ve vücut kitle indeksi (VKİ) $21 \pm 5,4$ kg/m² olarak bulunmuştur. Bu değerler, çalışma grubunun genel olarak normal vücut kitle indeksi aralığında olduğunu göstermektedir.

ASA fiziksel durum sınıflamasına göre hastaların büyük çoğunluğunun ASA I (%77,4) olduğu, geri kalan hastaların ise ASA II (%11,3) ve ASA III (%11,3) grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Etyolojik dağılım incelendiğinde hastaların %77,4’ünün idiyopatik, %22,6’sının ise nöromüsküler skolyoz tanısına sahip olduğu görülmüştür. Hastanın demografik verileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışma hastalarının demografik verileri (n=53)

Değişken	Değer
Yaş (yıl)	$16,5 \pm 4,9$ (6–30)
Cinsiyet (K/E)	32 / 21 (60,4 / 39,6)
Boy (cm)	$159,3 \pm 14,8$
Kilo (kg)	$54,1 \pm 17,9$
VKİ (kg/m ²)	$21 \pm 5,4$
ASA (I / II / III)	41 / 6 / 6 (77,4 / 11,3 / 11,3)
Etyoloji (İdiyopatik / Nöromüsküler)	41 / 12 (77,4 / 22,6)

Veriler n (%), ortalama $\pm$ SD veya medyan (IQR) olarak ifade edilmiştir. VKİ: Vücut kitle indeksi, ASA: Amerikan Anestezistler Derneği sınıflaması

Çalışmaya dahil edilen hastaların %69,8’ine intraoperatif dönemde eritrosit süspansiyonu transfüzyonu uygulanmıştır. Hastalarda transfüze edilen miktarın ortanca değeri 700 (350) ml’dir.

Hastalara uygulanan ortalama intravenöz sıvı miktarı 2600 (1500) ml olarak belirlenirken, ortalama idrar çıkışı 1000 (800) ml olarak saptanmıştır.

İntraoperatif kanama miktarı 800 (700) ml olarak bulunmuştur. Kanama kontrolüne yönelik olarak tüm hastalara traneksamik asit uygulanmış olup, kullanılan dozun ortanca (IQR) değeri 1750 (1225) mg olarak bulunmuştur.

Anestezi süresinin ortanca (IQR) değeri 210 (80) dakika iken, cerrahi sürenin ortanca (IQR) değeri 180 (80) dakika olarak bulunmuştur. Çalışmaya ait perioperatif veriler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma hastalarının perioperatif verileri (n=53)

Değişken	Değer
Transfüzyon	37 (69,8)
Transfüzyon miktarı ml	700 (350)
Verilen sıvı (ml)	2600 (1500)
İdrar çıkışı (ml)	1000 (800)
Kanama miktarı (ml)	800 (700)
Traneksamik asit (mg)	1750 (1225)
Anestezi süresi (dk)	210 (80)
Cerrahi süresi (dk)	180 (80)

Veriler n (%) veya ortanca (IQR) olarak ifade edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen hastalarda intraoperatif dönemde ölçülen SpHb, kan gazı ile ölçülen hemoglobin (Hb) ve laboratuvar hemogramından elde edilen hemoglobin değerleri zaman noktalarına göre karşılaştırılmıştır.

SpHb değerleri incelendiğinde, başlangıçta $11,3 \pm 0,2$ olan ortalama değer 1. saatte $10,5 \pm 0,2$ ’ye, 2. ve 3. saatlerde ise $10,3 \pm 0,2$ seviyesine gerilediği gözlenmiştir. Benzer şekilde, kan gazı ile ölçülen hemoglobin değerlerinin başlangıçta $12,2 \pm 1,5$ iken, 1. saatte $10,9 \pm 1,5$ ’e, 2. saatte $10,7 \pm 1,4$ ’e ve 3. saatte $10,6 \pm 1,5$ ’e düştüğü saptanmıştır. Laboratuvar hemogramından elde edilen hemoglobin değerleri de

başlangıçta $12 \pm 1,4$ iken, 1. saatte $11,1 \pm 1,5$, 2. ve 3. saatlerde ise $10,7 \pm 1,5$ olarak ölçülmüştür.

Tüm ölçüm yöntemlerinde hemoglobin düzeylerinin intraoperatif süreçte azalma eğiliminde olduğu ve bu azalmanın özellikle ilk saat içerisinde daha belirgin olduğu görülmüştür. SpHb değerlerinin tüm zaman noktalarında hem kan gazı hem de hemogram ile ölçülen hemoglobin değerlerinden daha düşük olduğu dikkat çekmiştir. Bununla birlikte, zaman içerisindeki değişim eğiliminin tüm ölçüm yöntemlerinde benzer olduğu gözlenmiştir. Çalışmaya ait SpHb ve hemoglobin değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. SpHb ve Hemoglobin Değerleri

Parametre	Giriş	1. Saat	2. Saat	3. Saat	p değeri
SpHb	$11,3 \pm 0,2$	$10,5 \pm 0,2$	$10,3 \pm 0,2$	$10,3 \pm 0,2$	<0,001
Hb (Kan gazı)	$12,2 \pm 1,5$	$10,9 \pm 1,5$	$10,7 \pm 1,4$	$10,6 \pm 1,5$	<0,001
Hb (Hemogram)	$12 \pm 1,4$	$11,1 \pm 1,5$	$10,7 \pm 1,5$	$10,7 \pm 1,5$	<0,001

Veriler Ortalama $\pm$ SD olarak ifade edilmiştir. SpHb: Noninvaziv Hemoglobin Konsantrasyonu

SpHb ölçümlerinin zaman içerisindeki değişimi incelendiğinde, başlangıç değerine kıyasla sonraki tüm ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptandı. Giriş ile 1. saat karşılaştırıldığında ortalama fark $0,65$ g/dL (GA: $0,33-0,97$; $p<0,001$), giriş ile 2. saat arasında $0,97$ g/dL (GA: $0,49-1,46$; $p<0,001$) ve giriş ile 3. saat arasında $1,00$ g/dL (GA: $0,59-1,43$; $p<0,001$) olarak bulundu. Bu bulgular, intraoperatif süreçte SpHb değerlerinde belirgin ve progresif bir düşüş olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık ardışık saatler arasındaki değişimler değerlendirildiğinde, 1. saat ile 2. saat ($\Delta=0,32$ g/dL; $p=0,139$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,36$ g/dL; $p=0,071$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,04$ g/dL; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. SpHb zaman içi değişimlerinin karşılaştırıldığı veriler Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. SpHb zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	0,65	0,33	0,97	<0,001
Giriş – 2.saat	53	0,97	0,49	1,46	<0,001
Giriş – 3.saat	39	1,00	0,59	1,43	<0,001
1.saat – 2.saat	53	0,32	-0,57	0,70	0,139
1.saat – 3.saat	39	0,36	-0,02	0,73	0,071
2.saat – 3.saat	39	0,04	-0,42	0,49	1,000

Arteriyel kan gazı (AKG) ile ölçülen hemoglobin değerlerinin zaman içerisindeki değişimi incelendiğinde, başlangıç değerine kıyasla tüm zaman noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptandı. Giriş ile 1. saat karşılaştırıldığında ortalama fark 1,25 g/dL (GA: 0,84–1,65; $p<0,001$), giriş ile 2. saat arasında 1,47 g/dL (GA: 0,98–1,97; $p<0,001$) ve giriş ile 3. saat arasında 1,56 g/dL (GA: 0,95–2,17; $p<0,001$) olarak bulundu.

Ardışık ölçümler arasındaki değişimler değerlendirildiğinde ise 1. saat ile 2. saat ($\Delta=0,22$ g/dL; $p=1,000$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,31$ g/dL; $p=0,966$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,09$ g/dL; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. AKG değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırıldığı veriler Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. AKG değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	1,25	0,84	1,65	<0,001
Giriş – 2.saat	53	1,47	0,98	1,97	<0,001
Giriş – 3.saat	39	1,56	0,95	2,17	<0,001
1.saat – 2.saat	53	0,22	-0,25	0,70	1,000
1.saat – 3.saat	39	0,31	-0,30	0,92	0,966
2.saat – 3.saat	39	0,09	-0,47	0,65	1,000

Laboratuvar (LAB) yöntemi ile ölçülen hemoglobin değerlerinin zaman içerisindeki değişimi incelendiğinde, başlangıç değerine kıyasla tüm zaman noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptandı. Giriş ile 1. saat karşılaştırıldığında ortalama fark 0,87 g/dL (GA: 0,56–1,18; $p<0,001$), giriş ile 2. saat arasında 1,20 g/dL (GA: 0,62–1,77; $p<0,001$) ve giriş ile 3. saat arasında 1,33 g/dL (GA: 0,75–1,93; $p<0,001$) olarak bulundu.

Ardışık ölçümler arasındaki değişimler değerlendirildiğinde ise 1. saat ile 2. saat ($\Delta=0,32$ g/dL; $p=0,504$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,47$ g/dL; $p=0,200$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,14$ g/dL; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. LAB Hb değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırıldığı veriler Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. LAB Hb değerlerinin zaman içi değişimlerinin karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	0,87	0,56	1,18	<0,001
Giriş – 2.saat	53	1,20	0,62	1,77	<0,001
Giriş – 3.saat	39	1,33	0,75	1,93	<0,001
1.saat – 2.saat	53	0,32	-0,18	0,83	0,504
1.saat – 3.saat	39	0,47	-0,12	1,06	0,200
2.saat – 3.saat	39	0,14	-0,43	0,72	1,000

Arteriyel kan basıncı değerleri incelendiğinde, sistolik arter basıncının (SAB) başlangıçta $116 \pm 19,3$ mmHg iken intraoperatif süreçte hafif bir azalma göstererek 3. saatte $106,5 \pm 14,8$ mmHg seviyesine gerilediği gözlenmiştir. Benzer şekilde, ortalama arter basıncı (OAB) başlangıçta $82,8 \pm 13,8$ mmHg iken 1. saatte $77,2 \pm 12,2$ mmHg’ye, 2. saatte $76 \pm 11,3$ ve 3. saatte $76 \pm 10,2$ seviyelerine düşmüş, ancak tüm ölçüm zamanlarında klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde seyrini sürdürmüştür. Diyastolik arter basıncı (DAB) değerlerinde de paralel bir azalma

eğilimi izlenmiş olup, başlangıçta $66,2 \pm 12,2$ mmHg olan ortalama değerin 3. saatte $60,7 \pm 8,7$ mmHg seviyesine gerilediği saptanmıştır.

Nabız değerleri değerlendirildiğinde, başlangıçta $84,5 \pm 15,4$ atım/dk olan ortalama değerin 1. saatte $71,7 \pm 13,7$ atım/dk'ya düştüğü, ilerleyen saatlerde ise $78,6 \pm 18,7$ atım/dk seviyelerinde stabil seyrettiği görülmüştür.

Vücut ısıları değerlerinde ise başlangıçtan itibaren kademeli bir azalma gözlenmiş olup, $36,2 \pm 0,4$ °C olan ortalama değerin 3. saatte $35,5 \pm 0,6$ °C'ye düştüğü saptanmıştır. Çalışmaya ait hemodinamik veriler ve diğer parametreler Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Hemodinamik ve Diğer Parametreler

Parametre	Giriş	1. Saat	2. Saat	3. Saat	p değeri
SAB (mmHg)	$116 \pm 19,3$	$108,3 \pm 16,9$	$106,3 \pm 15,8$	$106,5 \pm 14,8$	0,011
OAB (mmHg)	$82,8 \pm 13,8$	$77,2 \pm 12,2$	$76 \pm 11,3$	$76 \pm 10,2$	0,007
DAB (mmHg)	$66,2 \pm 12,2$	$61,7 \pm 10,9$	$60,8 \pm 9$	$60,7 \pm 8,7$	0,010
Nabız (atım/dk)	$84,5 \pm 15,4$	$71,7 \pm 13,7$	$78,6 \pm 18,7$	$78,6 \pm 18,7$	<0,001
Isı (°C)	$36,2 \pm 0,4$	$35,8 \pm 0,5$	$35,6 \pm 0,6$	$35,5 \pm 0,6$	<0,001

Veriler Ortalama $\pm$ SD olarak ifade edilmiştir. SKB: Sistolik Kan Basıncı, OAB: Ortalama Arter Basıncı, DAB: Diyastolik Kan Basıncı

Sistolik arter basıncının (SAB) zaman içindeki değişimi karşılaştırıldığında, giriş ile 1. saat arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($\Delta=8,44$ mmHg; GA: $-1,95-18,83$; $p=0,178$). Giriş ile 2. saat karşılaştırmasında ise sistolik arter basıncında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptandı ($\Delta=9,74$ mmHg; GA: $0,67-18,81$; $p=0,029$). Giriş ile 3. saat arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($\Delta=9,97$ mmHg; GA: $-0,77-20,71$; $p=0,082$).

Ardışık ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda ise 1. saat ile 2. saat ($\Delta=1,31$ mmHg; $p=1,000$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=1,54$ mmHg; $p=1,000$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,23$ mmHg; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı. SAB'ın zaman içi karşılaştırıldığı veriler Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. SAB’ın zaman içi karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	8,44	-1,95	18,83	0,178
Giriş – 2.saat	53	9,74	0,67	18,81	0,029
Giriş – 3.saat	39	9,97	-0,77	20,71	0,082
1.saat – 2.saat	53	1,31	-7,92	10,54	1,000
1.saat – 3.saat	39	1,54	-8,14	11,21	1,000
2.saat – 3.saat	39	0,23	-7,29	7,75	1,000

Ortalama arter basıncının (OAB) zaman içindeki değişimi karşılaştırıldığında, giriş ile 1. saat arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($\Delta=6,71$ mmHg; GA: $-1,02-14,44$; $p=0,123$). Giriş ile 2. saat karşılaştırmasında ortalama arter basıncında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptandı ($\Delta=6,94$ mmHg; GA: $0,29-13,59$; $p=0,037$). Giriş ile 3. saat arasında da benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($\Delta=7,43$ mmHg; GA: $0,06-14,79$; $p=0,047$).

Ardışık ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda ise 1. saat ile 2. saat ($\Delta=0,23$ mmHg; $p=1,000$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,72$ mmHg; $p=1,000$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,49$ mmHg; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı. OAB’ın zaman içi karşılaştırıldığı veriler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. OAB’ın zaman içi karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	6,71	-1,02	14,44	0,123
Giriş – 2.saat	53	6,94	0,29	13,59	0,037
Giriş – 3.saat	39	7,43	0,06	14,79	0,047
1.saat – 2.saat	53	0,23	-6,64	7,10	1,000
1.saat – 3.saat	39	0,72	-5,76	7,19	1,000
2.saat – 3.saat	39	0,49	-4,64	5,62	1,000

Diyastolik arter basıncının (DAB) zaman içindeki değişimi karşılaştırıldığında, giriş ile 1. saat arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($\Delta=5,85$ mmHg; GA: $-1,01-12,70$; $p=0,137$). Giriş ile 2. saat ($\Delta=5,54$ mmHg; GA: $-0,46-11,53$; $p=0,085$) ve giriş ile 3. saat ($\Delta=6,15$ mmHg; GA: $-0,06-12,37$; $p=0,053$) karşılaştırmalarında da istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

Ardışık ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda ise 1. saat ile 2. saat ($\Delta=-0,31$ mmHg; $p=1,000$), 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,31$ mmHg; $p=1,000$) ve 2. saat ile 3. saat ($\Delta=0,62$ mmHg; $p=1,000$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. DAB'ın zaman içi karşılaştırıldığı veriler Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. DAB'ın zaman içi karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	5,85	-1,01	12,70	0,137
Giriş – 2.saat	53	5,54	-0,46	11,53	0,085
Giriş – 3.saat	39	6,15	-0,06	12,37	0,053
1.saat – 2.saat	53	-0,31	-6,17	5,56	1,000
1.saat – 3.saat	39	0,31	-4,85	5,46	1,000
2.saat – 3.saat	39	0,62	-3,67	4,90	1,000

Nabız değerlerinin zaman içindeki değişimi incelendiğinde, giriş ile 1. saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptandı ($\Delta=12,33$ atım/dk; GA: $5,22-19,45$; $p<0,001$). Giriş ile 2. saat karşılaştırmasında da anlamlı bir azalma gözlemlendi ($\Delta=9,28$ atım/dk; GA: $0,75-17,82$; $p=0,026$). Ancak giriş ile 3. saat arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($\Delta=4,85$ atım/dk; GA: $-4,79-14,48$; $p=1,000$).

Ardışık ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda 1. saat ile 2. saat arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($\Delta=-3,05$ atım/dk; $p=0,261$). Buna karşılık 1. saat ile 3. saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptandı ($\Delta=-7,49$ atım/dk; GA: $-13,96-1,02$; $p=0,016$). 2. saat ile 3. saat arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($\Delta=-4,44$ atım/dk; $p=0,327$). Nabızın zaman içi karşılaştırıldığı veriler Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Nabız basıncının zaman içi karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	12,33	5,22	19,45	<0,001
Giriş – 2.saat	53	9,28	0,75	17,82	0,026
Giriş – 3.saat	39	4,85	-4,79	14,48	1,000
1.saat – 2.saat	53	-3,05	-7,12	1,02	0,261
1.saat – 3.saat	39	-7,49	-13,96	1,02	0,016
2.saat – 3.saat	39	-4,44	10,66	1,79	0,327

Vücut ısısının zaman içindeki değişimi incelendiğinde, tüm ölçümlerde başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptandı. Giriş ile 1.saat karşılaştırıldığında ortalama fark $0,410^{\circ}\text{C}$ (GA: 0,213–0,608; $p<0,001$), giriş ile 2. saat arasında $0,641^{\circ}\text{C}$ (GA: 0,394–0,888; $p<0,001$) ve giriş ile 3. saat arasında $0,710^{\circ}\text{C}$ (GA: 0,467–0,954; $p<0,001$) olarak bulundu.

Ardışık ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda da 1. saat ile 2. saat ($\Delta=0,231^{\circ}\text{C}$; GA: 0,148–0,314; $p<0,001$) ve 1. saat ile 3. saat ($\Delta=0,300^{\circ}\text{C}$; GA: 0,174–0,426; $p<0,001$) arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü. Buna karşılık 2. saat ile 3. saat arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($\Delta=0,069^{\circ}\text{C}$; GA: -0,042–0,181; $p=0,554$). Isının zaman içi karşılaştırıldığı veriler Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Vücut ısısının zaman içi karşılaştırılması

	N	Δ Ort	%95 güven aralığı		p değeri
			Alt sınır	Üst sınır	
Giriş – 1.saat	53	0,410	0,213	0,608	<0,001
Giriş – 2.saat	53	0,641	0,394	0,888	<0,001
Giriş – 3.saat	39	0,710	0,467	0,954	<0,001
1.saat – 2.saat	53	0,231	0,148	0,314	<0,001
1.saat – 3.saat	39	0,300	0,174	0,426	<0,001
2.saat – 3.saat	39	0,069	-0,042	0,181	0,554

SpHb ölçümleri ile arteriyel kan gazı ve laboratuvar hemoglobin değerleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, tüm zaman noktalarında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyon saptanmıştır (tüm ölçümlerde $p<0,001$). Başlangıç ölçümünde, SpHb ile arter kan gazı hemoglobin değerleri arasında güçlü düzeyde korelasyon ($r=0,701$) bulunurken, SpHb ile laboratuvar hemoglobin değerleri arasında benzer şekilde güçlü bir korelasyon ($r=0,732$) saptanmıştır. İntraoperatif süreçte yapılan ölçümlerde de bu ilişkinin devam ettiği görülmüş olup, 1. ve 2. ölçümlerde korelasyon katsayılarının orta-güçlü düzeyde ($r=0,649-0,701$ ve $r=0,659-0,696$ aralığında) olduğu belirlenmiştir. Üçüncü ölçüm zamanında ise korelasyon katsayılarının arttığı ve SpHb ile arter kan gazı hemoglobin değerleri arasında $r=0,761$, SpHb ile laboratuvar hemoglobin değerleri arasında ise $r=0,797$ düzeyinde güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır. Korelasyon analizine ait veriler Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Hemoglobin ölçümlerinin zaman aralıklarına göre korelasyon değerleri

Ölçüm zamanı	Karşılaştırılan değişkenler	r	p değeri	n
Giriş	SpHbG – Hb (AKG)	0.701	<0.001	53
Giriş	SpHbG – Hb (Laboratuvar)	0.732	<0.001	53
1. Saat	SpHb1 – Hb1 (AKG)	0.649	<0.001	53
1. Saat	SpHb1 – Hb1 (Laboratuvar)	0.701	<0.001	53
2. Saat	SpHb2 – Hb2 (AKG)	0.659	<0.001	53
2. Saat	SpHb2 – Hb2 (Laboratuvar)	0.696	<0.001	53
3. Saat	SpHb3 – Hb3 (AKG)	0.761	<0.001	39
3. Saat	SpHb3 – Hb3 (Laboratuvar)	0.797	<0.001	39

SpHb: Noninvaziv Hemoglobin, Hb: Hemoglobin, AKG: Arter Kan Gazı

Çalışmamızda SpHb ile invaziv hemoglobin ölçümleri arasındaki uyum, korelasyon analizine ek olarak Bland–Altman yöntemi ile de değerlendirilmiştir. Tüm zaman noktalarında SpHb’nin hem laboratuvar hemoglobin hem de arteriyel kan gazı ölçümlerine göre negatif bias gösterdiği, yani sistematik olarak daha düşük değerler verdiği saptanmıştır. Giriş ölçümünde bias değerinin LAB için $-0,694$ g/dL ve AKG

için $-0,911$ g/dL olması, başlangıçta invaziv yöntemlere göre farkın daha belirgin olduğunu göstermektedir. Zaman ilerledikçe bias değerlerinin kademeli olarak azaldığı (örneğin 3. ölçümde LAB için $-0,369$ g/dL ve AKG için $-0,315$ g/dL) görülmüştür.

Uyum sınırları (LoA) incelendiğinde, tüm zaman noktalarında %95 LoA aralığının yaklaşık $\pm 2-3$ g/dL sınırlarında olduğu görülmektedir. Bu aralık, bireysel ölçüm düzeyinde değerlendirildiğinde SpHb ile invaziv yöntemler arasında klinik kararları doğrudan etkileyebilecek düzeyde farklar olabileceğini göstermektedir. Ancak dikkat çekici olarak, zaman ilerledikçe hem standart sapmanın hem de uyum sınırlarının daraldığı izlenmiştir. Özellikle üçüncü ölçümde LoA aralığının belirgin şekilde daralması, ölçümler arasındaki değişkenliğin azaldığını ve yöntemler arası uyumun arttığını göstermektedir.

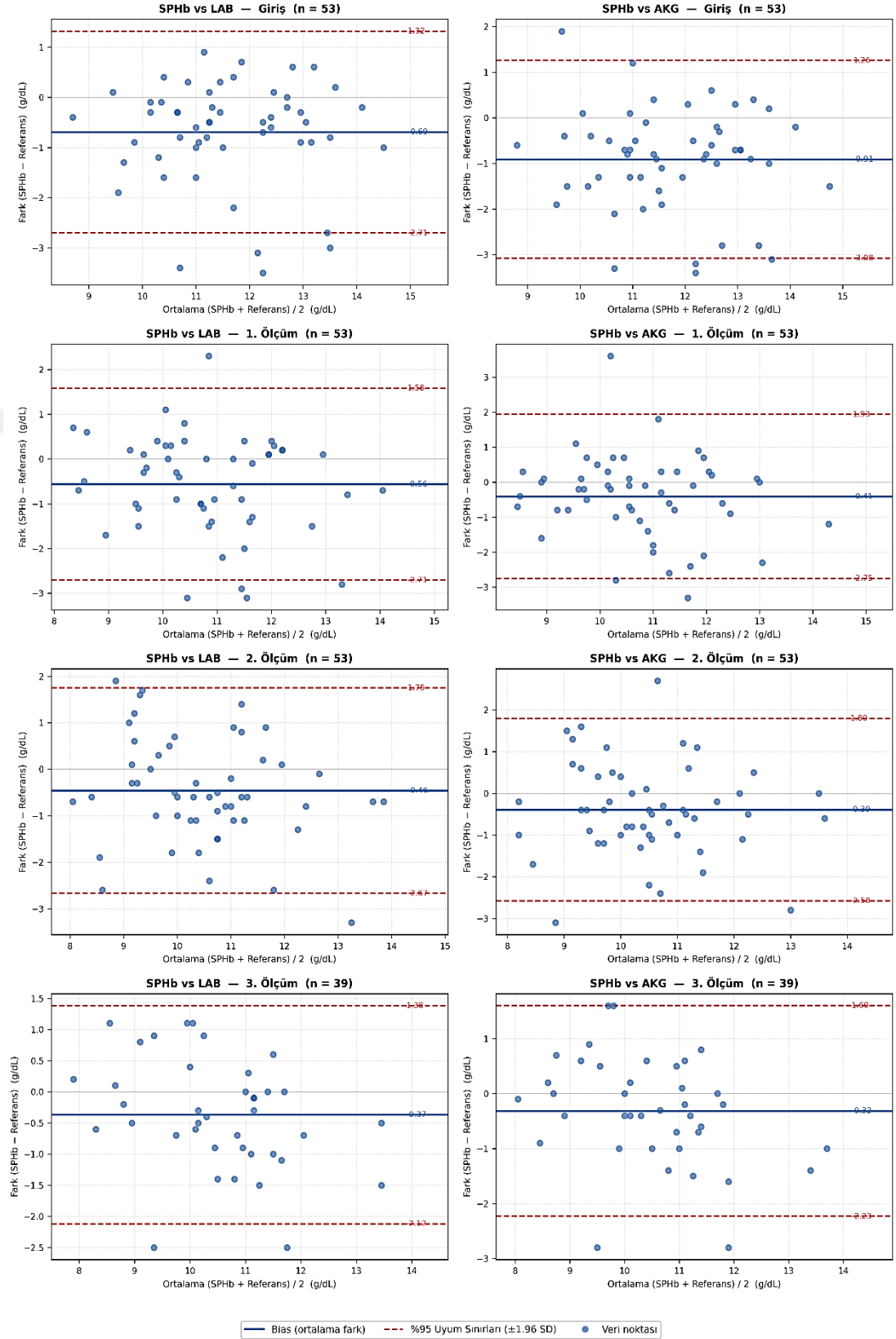
Bland–Altman grafikleri incelendiğinde, farkların ortalama etrafında homojen şekilde dağıldığı ve belirgin bir oransal bias (proportional bias) eğilimi olmadığı görülmektedir. SpHb'nin LAB ve AKG referans yöntemleriyle karşılaştırıldığı veriler Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14. SpHb'nin LAB ve AKG referans yöntemleriyle karşılaştırılması

Zaman / Yöntem	n	Bias	SD	%95 LoA Alt	%95 LoA Üst
Giriş – LAB	53	-0.694	1.026	-2.705	1.316
Giriş – AKG	53	-0.911	1.106	-3.079	1.257
1. Saat – LAB	53	-0.564	1.094	-2.708	1.580
1. Saat – AKG	53	-0.409	1.194	-2.750	1.931
2. Saat – LAB	53	-0.460	1.128	-2.672	1.751
2. Saat – AKG	53	-0.391	1.116	-2.579	1.797
3. Saat – LAB	39	-0.369	0.893	-2.120	1.382
3. Saat – AKG	39	-0.315	0.979	-2.233	1.603

Bias: ortalama fark (SpHb – Referans, g/dL). LoA: %95 Uyum Sınırları ($\text{Bias} \pm 1.96 \times \text{SD}$). LAB: Laboratuvar, AKG: Arter Kan Gazı

**Bland-Altman Analizi: SPHb vs LAB ve AKG
4 Zaman Noktası**



Şekil 5. Bland-Altman analizi: SpHb ile LAB ve AKG ölçümlerinin karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada elektif posterior enstrümantasyon uygulanan skolyoz cerrahisi hastalarında SpHb ile arteriyel kan gazı ve laboratuvar hemoglobin ölçümleri karşılaştırılmış; ayrıca bu yöntemin klinik kullanılabilirliği, hemodinamik veriler ve perioperatif kanama-transfüzyon özellikleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmamızın en önemli bulguları; tüm ölçüm zamanlarında SpHb ile invaziv hemoglobin yöntemleri arasında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyon saptanması, SpHb'nin tüm zaman noktalarında invaziv yöntemlere göre daha düşük seyretmesi ve buna rağmen zaman içindeki değişim yönünü invaziv ölçümlerle paralel biçimde izlenmesidir. Bu sonuç, SpHb'nin mutlak değerden çok özellikle “trend monitörü” olarak klinik anlam taşıdığı görüşünü desteklemektedir (67, 68).

Skolyoz cerrahisi; uzun operasyon süresi, geniş cerrahi diseksiyon alanı, çok düzeyli füzyon uygulanması ve prone pozisyona bağlı fizyolojik değişiklikler nedeniyle perioperatif kan kaybı ve transfüzyon gereksinimi açısından yüksek riskli cerrahiler arasında yer almaktadır. Bu nedenle intraoperatif hemoglobin izleminin doğru, hızlı ve tekrarlanabilir olması; hem gecikmiş transfüzyonun yol açabileceği doku hipoksisinin önlenmesi hem de gereksiz transfüzyonların azaltılması açısından önem taşımaktadır. Ancak klasik hemoglobin ölçümü, kan örneği alınması, örneğin işlenmesi ve sonucun klinisyene ulaşması gibi basamaklar nedeniyle aralıklı ve gecikmeli bilgi sağlamaktadır. Bu bağlamda SpHb monitörizasyonunun temel klinik değeri, laboratuvar ölçümünün yerini almak değil; invaziv ölçümler arasındaki dönemde hemoglobindeki değişim eğilimini kesintisiz olarak gösterebilen tamamlayıcı bir izlem aracı olmasıdır (8, 11).

SpHb'nin klinik değeri özellikle transfüzyon karar sürecinde ortaya çıkmaktadır. Literatürde SpHb izleminin, laboratuvar test sıklığını tamamen ortadan kaldırmadan, transfüzyon zamanlamasını iyileştirebildiği ve bazı cerrahi gruplarda gereksiz eritrosit süspansiyonu kullanımını azaltabildiği bildirilmiştir. Awada ve ark. yüksek kan kayıplı nöroşirürji hastalarında SpHb izlemine dayalı yaklaşımın eritrosit transfüzyonunu azaltabileceğini göstermiştir (67). Ribed-Sánchez ve ark. ise sürekli

hemoglobin izleminin transfüzyon maliyetlerini azaltma potansiyeline dikkat çekmiştir (69). Bizim çalışmamızda transfüzyon kararı doğrudan SpHb'ye dayandırılmamış olmakla birlikte, SpHb'nin invaziv ölçümlerle güçlü ilişkisi ve intraoperatif düşüş eğilimini eş zamanlı yansıtması, bu yöntemin özellikle karar öncesi uyarı ve sık örnekleme gereksinimini azaltma amacıyla kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte mevcut verilerimizden hareketle SpHb'nin tek başına transfüzyon eşiği belirlemek için kullanılabileceğini söylemek uygun değildir.

Çalışmamızda tüm yöntemlerde hemoglobin değerlerinin özellikle ilk saat içerisinde daha belirgin olmak üzere zamanla düştüğü izlendi (Tablo 3). SpHb'nin başlangıçta 11,3 g/dL'den üçüncü saatte 10,3 g/dL'ye, kan gazı hemoglobininin 12,2 g/dL'den 10,6 g/dL'ye ve laboratuvar hemoglobininin 12,0 g/dL'den 10,7 g/dL'ye düşmesi; her üç yöntemin de intraoperatif süreçte gelişen hemoglobin düşüşünü benzer şekilde yansıttığını, ancak SpHb'nin bu değişimi sistematik olarak daha düşük bir baz düzeyden takip ettiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışmamız, Lamhaut ve ark.nın hemorajik cerrahi sırasında SpHb'nin laboratuvar hemoglobinine göre daha düşük değerler verdiğini, ancak değişim yönünü izleyebildiğini bildiren verileriyle uyumludur (61). Yine, Adel ve ark. da noninvaziv hemoglobin ölçümünün farklı volüm ve perfüzyon durumlarında trend takibinde klinik değer taşıyabileceğini bildirmiştir (68). Park ve ark. ise genel anestezi indüksiyonu sırasında periferik perfüzyondaki değişikliklerin SpHb doğruluğunu etkilediğini, periferik dolaşım iyileştikçe ölçümlerin referans değere daha fazla yaklaştığını belirtmiştir (70). Bizim çalışmamızda da tüm zaman noktalarında SpHb ortalamalarının hem arter kan gazı hem de laboratuvar hemoglobin değerlerinin altında kalması, cihazın mutlak değer açısından düşük ölçme eğiliminde olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızın en güçlü bulgularından biri, SpHb ile hem arteriyel kan gazı hem de laboratuvar hemoglobin değerleri arasında tüm zaman noktalarında anlamlı ve güçlü pozitif korelasyon saptanmış olmasıdır (Tablo 13). Başlangıçta $r=0,701$ ve $r=0,732$ olan korelasyon katsayılarının üçüncü ölçümde sırasıyla $r=0,761$ ve $r=0,797$ 'ye yükselmesi, intraoperatif süreç ilerledikçe bu ilişkinin daha da güçlendiğini düşündürmektedir. Berkow ve ark. kompleks omurga cerrahisinde SpHb ile laboratuvar total hemoglobin arasında klinik olarak kabul edilebilir bir ilişki bildirmiştir (8). Macknet ve ark. kontrollü hemodilüzyon modelinde SpHb'nin referans

yöntemle yaklaşık 1 g/dL içinde doğruluk gösterdiğini raporlamıştır (71). Frasca ve ark. yoğun bakım hastalarında SpHb'nin klinik açıdan anlamlı trend takibine olanak sağladığını, ancak mutlak kararlar için dikkatli yorumlanması gerektiğini vurgulamıştır (62). Çalışmamızdaki korelasyon katsayıları, bu verilerle uyumlu biçimde SpHb'nin güvenilir bir trend monitörü olabileceğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte korelasyon ile uyumun aynı kavramlar olmadığı unutulmamalıdır. Bu nedenle çalışmamızda SpHb ile invaziv hemoglobin ölçüm yöntemleri arasındaki uyum Bland-Altman analizi ile ayrıca değerlendirilmiştir (Şekil 3). Elde edilen sonuçlara göre, SpHb ölçümlerinin tüm zaman noktalarında hem laboratuvar hem de arteriyel kan gazı referans yöntemlerine kıyasla hafif negatif bias gösterdiği saptanmıştır (Tablo 14). Bu durum, SpHb'nin sistematik olarak referans yöntemlere göre daha düşük ölçüm eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bland-Altman analizinde bias değerlerinin yaklaşık -0,3 ile -0,9 g/dL aralığında olduğu, %95 uyum sınırlarının ise yaklaşık $\pm 2-3$ g/dL aralığında bulunduğu görülmüştür. Bu bulgular, SpHb'nin mutlak değer açısından invaziv yöntemlerle tam örtüşmediğini, ancak klinik olarak kabul edilebilir düzeyde bir sapma ile ölçüm yaptığını düşündürmektedir. Bu bulgumuz literatür ile uyumlu bir sonuçtur (72). Özellikle ölçüm zamanları ilerledikçe bias ve standart sapma değerlerinde azalma ve uyum sınırlarında daralma gözlenmesi, SpHb ile invaziv yöntemler arasındaki uyumun intraoperatif süreçte iyileşme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu durum, çalışmamızda korelasyon katsayılarının zamanla artması ile paralellik göstermektedir. İntraoperatif süreç ilerledikçe hemodinamik stabilitenin sağlanması ve periferik perfüzyonun iyileşmesi, noninvaziv ölçümlerin doğruluğunu artırmış olabilir. Nitekim literatürde periferik perfüzyonun SpHb doğruluğu üzerinde belirleyici olduğu gösterilmiştir. Park ve ark. periferik dolaşımın iyileşmesi ile SpHb ölçümlerinin referans değerlere daha fazla yaklaştığını bildirirken, Nguyen ve ark. düşük perfüzyon durumlarında SpHb ile laboratuvar hemoglobin değerleri arasındaki farkın arttığını göstermiştir (73, 74). Literatürde Bland-Altman analizi kullanılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Lamhaut ve ark. SpHb ölçümlerinin laboratuvar hemoglobinine göre daha düşük seyrettiğini ve geniş uyum sınırları gösterdiğini bildirmiştir (61). Frasca ve ark. ise SpHb'nin mutlak değer açısından sınırlı doğruluğa sahip olmakla birlikte, trend takibinde klinik olarak anlamlı bir araç olduğunu

vurgulamıştır (62). Bu bulgular, çalışmamızda elde edilen Bland-Altman sonuçları ile uyumludur.

Çalışmamızda korelasyon katsayılarının üçüncü ölçüm zamanında artmış olması ayrıca dikkat çekicidir (Tablo 13). Bunun muhtemel açıklamalarından biri, operasyon ilerledikçe hemodinamik yönetimin oturması ve periferik perfüzyonun daha stabil hale gelmesidir. Nitekim çalışmamızda ortalama arter basıncı tüm ölçümlerde kabul edilebilir sınırlar içinde kalmış, belirgin hemodinamik instabilite gelişmemiştir (Tablo 8, 9, 10). Nabız değerlerinde indüksiyon sonrası beklenen düşüş izlense de sonraki saatlerde relatif stabilizasyon sağlanmıştır (Tablo 11). Park ve ark. periferik vazodilatasyon ve artmış perfüzyon indeksinin SpHb biasını azaltabileceğini göstermiştir (70). Benzer şekilde Nguyen ve ark. düşük perfüzyon indeksinde SpHb ile laboratuvar hemoglobini arasındaki farkın arttığını bildirmiştir (74). Dolayısıyla çalışmamızda hemodinamik parametrelerin stabil seyretmesi, korelasyonun görece yüksek bulunmasına katkıda bulunmuş olabilir.

Bizim çalışmamızda intraoperatif eritrosit süspansiyonu transfüzyon oranı %69,8 olarak bulundu (Tablo 2). Bu oran, yalnızca primer idiyopatik skolyoz olgularını içeren bazı modern serilerde bildirilen oranlardan daha yüksektir. Ahlers ve ark., traneksamik asit gibi antifibrinolitik ajanların rutin olarak kullanıldığı pediatrik skolyoz cerrahilerinde intraoperatif allojenik eritrosit transfüzyon oranını %15 olarak bildirmiştir (75). Benzer şekilde Mange ve ark. primer idiyopatik skolyoz cerrahisinde perioperatif allojenik transfüzyon oranını %18,2 olarak rapor etmiştir (76). Ancak, Dong ve ark. da adölesan skolyoz cerrahisinde transfüzyon oranının hasta alt gruplarına göre değiştiğini göstermiştir (77). Çalışmamızdaki hastaların %22,6'sını nöromüsküler skolyoz hastalarından oluşmaktaydı (Tablo 1). Bu nedenle, daha yüksek transfüzyon oranımız; çalışmamıza, idiyopatik skolyoz olgularının yanında, nöromüsküler olguların da dahil edilmiş olması ile açıklanabilir. Ayrıca çalışmamızın gözlemsel nitelikte olması nedeniyle, transfüzyon kararı çalışmada bulunmayan anestezi hekimleri tarafından verilmiştir. Bu durum farklı ve fazla oranda transfüzyon kararlarına neden olmuş olabilir.

Çalışmamızda medyan kanama miktarı 800 mL, anestezi süresi 210 dakika ve cerrahi süre 180 dakika olarak bulundu (Tablo 2). Bu bulgular, skolyoz cerrahisinin

kan kaybı ve operasyon süresi açısından majör cerrahi niteliğini desteklemektedir. Koerner ve ark. posterior spinal füzyon uygulanan adölesan idiyopatik skolyoz hastalarında kan kaybı ve transfüzyon gereksiniminin cerrahi değişkenlerle yakından ilişkili olduğunu göstermiştir (78). Benzer şekilde Soliman ve ark. spinal füzyon cerrahisinde en düşük hemoglobin düzeyi ve transfüzyon riskinin öngörülmesinin hasta kan yönetimi açısından önem taşıdığını vurgulamıştır (79). Bizim bulgularımız da skolyoz cerrahisinde saatlik ve dinamik hemoglobin izleminin klinik gerekliliğini desteklemektedir.

Çalışmamızda vücut ısısının 36,2°C'den 35,5°C'ye gerilemiş olması, SpHb doğruluğu açısından teorik olarak olumsuz bir etken olarak değerlendirilebilir (Tablo 7). Hipotermi periferik vazokonstriksiyon ve düşük perfüzyon indeksi üzerinden noninvaziv ölçümlerin güvenilirliğini azaltabilmektedir. Buna rağmen bizim serimizde, hemoglobin ölçüm yöntemleri arasındaki anlamlı korelasyonun korunmuş olması dikkat çekicidir. Bu durum, aktif ısıtma uygulanması, kontrollü sıvı yönetimi ve genel hemodinamik stabilitenin korunması sayesinde ölçüm kalitesinin kabul edilebilir düzeyde tutulabilmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgu, SpHb'nin skolyoz cerrahisi gibi hipotermi ve kanama riski yüksek bir ortamda dahi uygun koşullarda klinik olarak yararlı olabileceğini göstermektedir. Ancak hipoterminin artması, vazopresör kullanımı veya ciddi hipoperfüzyon gelişmesi halinde doğruluğun azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (70, 74).

Literatürde traneksamik asit kullanımı ile transfüzyon ihtiyacının azaldığına dair yayınlar vardır (80). Ancak bizim çalışmamızda tüm hastalarımıza traneksamik asit uygulandığı için transfüzyon ihtiyacının azalıp azalmadığı ile ilgili bir yorum yapmanın doğru olmayacağı kanaatindeyiz (Tablo 2).

Çalışmamızın güçlü yönleri bulunmaktadır. Öncelikle çalışma prospektif olarak tasarlanmıştır ve eş zamanlı olarak farklı ölçüm yöntemleri ile çalışılmıştır (SpHb, arteriyel kan gazı ve laboratuvar hemoglobin ölçümleri). İkinci olarak çalışma, SpHb literatüründe daha sınırlı temsil edilen skolyoz cerrahisine odaklanmaktadır.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları da bulunmaktadır. İlk olarak çalışma tek merkezde ve görece sınırlı sayıda hasta ile gerçekleştirilmiştir. Ancak çalışmamıza, güç analizine uygun sayıda hasta alınması ile bu kısıtlılık aşılmaya çalışılmıştır. İkinci

olarak hasta grubunda idiyopatik ve nöromüsküler etyolojili hastaların birlikte yer alması, kanama ve transfüzyon profili açısından heterojenlik oluşturmuş olabilir. Bu nedenle gelecekte daha büyük örneklemlili, skolyoz alt tiplerine göre tabakalandırılmış ve farklı klinik durumları içeren çalışmalarla SpHb'nin performansının daha ayrıntılı değerlendirilmesine ihtiyaç vardır (68, 74).



6. SONUÇLAR

Elektif skolyoz cerrahisi uygulanan hastalarda gerçekleştirilen bu çalışmada, SpHb ile arteriyel kan gazı ve laboratuvar temelli hemogloblin değerleri arasında tüm ölçüm zamanlarında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir. SpHb değerlerinin invaziv yöntemlere kıyasla daha düşük seyretmesine rağmen, intraoperatif süreçte meydana gelen hemogloblin azalmasının yönünü ve seyrini benzer biçimde yansıtması, bu yöntemin özellikle dinamik değişimleri izleme açısından güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Bland–Altman analizi ile yapılan değerlendirme de bu bulguları desteklemekte olup, SpHb ölçümlerinin referans yöntemlere göre hafif negatif sapma gösterdiği, ancak uyum sınırlarının büyük ölçüde klinik olarak kabul edilebilir düzeylerde kaldığı saptanmıştır. Ölçüm zamanları ilerledikçe farkların azalması ve uyum aralığının daralması, intraoperatif koşullar stabilize oldukça SpHb ile invaziv yöntemler arasındaki ilişkinin güçlenebileceğine işaret etmektedir.

Çalışma süresince hemodinamik parametrelerin genel olarak stabil seyretmesi ve belirgin bir dolaşım bozukluğunun gelişmemesi, SpHb ölçümlerinin güvenilirliğini destekleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilmiştir. Noninvaziv hemogloblin ölçümünün periferik perfüzyondan etkilendiği göz önüne alındığında, uygun fizyolojik koşulların sağlanmış olması elde edilen sonuçların tutarlılığını açıklayabilir.

Skolyoz cerrahisi gibi kan kaybı riski yüksek ve operasyon süresi uzun olan girişimlerde, hemogloblin düzeyinin anlık ve kesintisiz izlenebilmesi klinik yönetim açısından büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan SpHb monitörizasyonu, invaziv ölçümler arasında geçen sürede hemogloblin değişimlerini sürekli olarak takip etme imkânı sunarak, olası gecikmeleri azaltabilecek bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Elde edilen veriler, SpHb'nin mutlak değer doğruluğundan ziyade hemogloblin değişimlerinin yönünü ve hızını ortaya koyma konusunda klinisyene değerli bilgiler sağladığını göstermektedir. Bu özellik, özellikle ani kan kaybı durumlarında erken uyarı mekanizması oluşturarak uygun zamanda müdahale edilmesine katkı sağlayabilir.

Bununla birlikte SpHb ölçümlerinin bireysel düzeyde belirli bir sapma aralığı göstermesi, bu yöntemin tek başına kesin transfüzyon kararları için kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu nedenle SpHb'nin, invaziv ölçümlerin yerine geçen bir yöntemden ziyade, uygun klinik koşullarda karar sürecini destekleyen bir izlem aracı olarak değerlendirilmesi daha rasyonel görünmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma SpHb'nin skolyoz cerrahisi sırasında hemogloblin değişimlerini izleme açısından anlamlı ve uygulanabilir bir yöntem olduğunu göstermektedir. Uygun hasta ve koşullarda, intraoperatif dönemde hemogloblin düzeylerinin gerçek zamanlı takibinde klinik kullanım potansiyeli taşımaktadır. Ancak yöntemin farklı hasta gruplarında ve değişken perfüzyon koşullarında performansının daha net ortaya konabilmesi için daha geniş örneklemli içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15030.
2. Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst*. 2020;36(6):1111-9.
3. Tang CYK, Kamath VHD, Cheung PWH, Cheung JPY. Predictive factors for intraoperative blood loss in surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):225.
4. Gadiya AD, Koch JEJ, Patel MS, Shafafy M, Grevitt MP, Quraishi NA. Enhanced recovery after surgery (ERAS) in adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a meta-analysis and systematic review. *Spine Deform*. 2021;9(4):893-904.
5. Nikolouzakakis TK, Kantidakis EE, Crawford R, Pretorius R, Zaimakis ON, Chrysos E. Perioperative Patient Blood Management: Evidence-Based Strategies for Surgeons and Anesthesiologists: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2026;15(8).
6. Kumar M, Hepner DL, Grawe ES, Keshock M, Khambaty M, Patel MS, et al. Diagnosis and Treatment of Perioperative Anemia: A Society for Perioperative Assessment and Quality Improvement Collaborative Review. *Anesthesiology*. 2024;141(5):984-96.
7. Helmer P, Steinisch A, Hottenrott S, Schlesinger T, Sammeth M, Meybohm P, et al. Evaluation of Non-Invasive Hemoglobin Monitoring in Perioperative Patients: A Retrospective Study of the Rad-67(TM) (Masimo). *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(2).
8. Berkow L, Rotolo S, Mirski E. Continuous noninvasive hemoglobin monitoring during complex spine surgery. *Anesth Analg*. 2011;113(6):1396-402.
9. Wittenmeier E, Lesmeister L, Pirlich N, Dette F, Schmidtmann I, Mildnerberger E. Assessment of haemoglobin measurement by several methods - blood gas analyser, capillary and venous HemoCue((R)), non-invasive spectrophotometry and laboratory assay - in term and preterm infants. *Anaesthesia*. 2019;74(2):197-202.
10. Park SK, Hur C, Kim YW, Yoo S, Lim YJ, Kim JT. Noninvasive hemoglobin monitoring for maintaining hemoglobin concentration within the target range during major noncardiac surgery: A randomized controlled trial. *J Clin Anesth*. 2024;93:111326.
11. Barker SJ, Shander A, Ramsay MA. Continuous Noninvasive Hemoglobin Monitoring: A Measured Response to a Critical Review. *Anesth Analg*. 2016;122(2):565-72.
12. Panda SK, Mishra A, Jena PK. Agreement between Noninvasive Hemoglobin and Laboratory Hemoglobin Measurements in Neonates: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neonatology*. 2023;120(1):24-32.
13. Mahaudens P, Banse X, Mousny M, Detrembleur C. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. *Eur Spine J*. 2009;18(4):512-21.
14. Horng MH, Kuok CP, Fu MJ, Lin CJ, Sun YN. Cobb Angle Measurement of Spine from X-Ray Images Using Convolutional Neural Network. *Comput Math Methods Med*. 2019;2019:6357171.
15. Hresko MT. Clinical practice. Idiopathic scoliosis in adolescents. *N Engl J Med*. 2013;368(9):834-41.

16. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification. *Spine*. 2001;26(10):1161–70.
17. Oba H, Kelly MP, Fletcher N, Parent S, Upasani VV, Farnsworth C, et al. Three-Dimensional Analysis of Disc and Vertebral Height and Their Role in Kyphosis Creation in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2025;50(23):1617-23.
18. Urquhart JC, Gurr KR, Bailey SI, Slobogean GP, al. e. Minimally invasive scoliosis surgery. *Spine*. 2020;45(14):E870–E8.
19. Krishna SG, Bryant JF, Tobias JD. Management of the Difficult Airway in the Pediatric Patient. *J Pediatr Intensive Care*. 2018;7(3):115-25.
20. Mueller MM, Van Remoortel H, Meybohm P, Aranko K, Aubron C, Burger R, et al. Patient Blood Management: Recommendations From the 2018 Frankfurt Consensus Conference. *JAMA*. 2019;321(10):983-97.
21. Oetgen ME, Litrenta J. Perioperative Blood Management in Pediatric Spine Surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017;25(7):480-8.
22. van Popta D, Stephenson J, Patel D, Verma R. The pattern of blood loss in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2014;14(12):2938-45.
23. Dupuis C, Michelet D, Hilly J, Diallo T, Vidal C, Delivet H, et al. Predictive factors for homologous transfusion during paediatric scoliosis surgery. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2015;34(6):327-32.
24. Kwee MM, Ho YH, Rozen WM. The prone position during surgery and its complications: a systematic review and evidence-based guidelines. *Int Surg*. 2015;100(2):292-303.
25. Koraki E, Stachtari C, Stergiouda Z, Stamatopoulou M, Gkiouliava A, Sifaki F, et al. Blood and fluid management during scoliosis surgery: a single-center retrospective analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(5):809-14.
26. Garg B, Bansal T, Mehta N, Sharan AD. Patient Positioning in Spine Surgery: What Spine Surgeons Should Know? *Asian Spine J*. 2023;17(4):770-81.
27. Sessler DI. Perioperative Temperature Monitoring. *Anesthesiology*. 2021;134(1):111-8.
28. Giuliano KK, Hendricks J. Inadvertent Perioperative Hypothermia: Current Nursing Knowledge. *AORN J*. 2017;105(5):453-63.
29. Wu S, Bao Y. Effectiveness of active warming interventions in preventing perioperative hypothermia and its complications in cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Surg Oncol*. 2025;51(10):110329.
30. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet*. 2016;387(10038):2655-64.
31. Madrid E, Urrutia G, Roque i Figuls M, Pardo-Hernandez H, Campos JM, Paniagua P, et al. Active body surface warming systems for preventing complications caused by inadvertent perioperative hypothermia in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;4(4):CD009016.
32. American Society of Anesthesiologists. Standards for Basic Anesthetic Monitoring. Schaumburg, IL: American Society of Anesthesiologists; 2024.
33. Tusman G, Bohm SH, Suarez-Sipmann F. Advanced Uses of Pulse Oximetry for Monitoring Mechanically Ventilated Patients. *Anesth Analg*. 2017;124(1):62-71.
34. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, Hall TS, Abdelhamid M, Barbato E, et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J*. 2022;43(39):3826-924.

35. Selby ST, Abramo T, Hobart-Porter N. An Update on End-Tidal CO₂ Monitoring. *Pediatr Emerg Care*. 2018;34(12):888-92.
36. Roach JK, Thiele RH. Perioperative blood pressure monitoring. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2019;33(2):127-38.
37. Esper SA, Pinsky MR. Arterial waveform analysis. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2014;28(4):363-80.
38. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology*. 7 ed. New York: McGraw-Hill Education; 2022.
39. Gu Y, Hao J, Wang J, Liang P, Peng X, Qin X, et al. Effectiveness Assessment of Bispectral Index Monitoring Compared with Conventional Monitoring in General Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesthesiol Res Pract*. 2024;2024:5555481.
40. Iwakiri M, Inoue R, Uchida K. Allergic reactions to propofol in adult patients with egg or soybean allergy: a retrospective cohort study from a large database of a single institute. *JA Clin Rep*. 2023;9(1):1.
41. Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, Cahalan MK, Stock CM, Ortega R, et al. *Clinical Anesthesia Fundamentals*. 1 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017. p. 137–48.
42. Li C, Yang M, Wang C, Wang C, Fan J, Chen Z, et al. Preoperative factors predicting intraoperative blood loss in female patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(1):e359.
43. Batista MFS, Costa CO, Vialle EN, Guasque J, Fiorentin JZ, Souza CS. Acute Normovolemic Hemodilution in Spinal Deformity Surgery. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*. 2019;54(5):516-23.
44. Borden TC, Bellaire LL, Fletcher ND. Improving perioperative care for adolescent idiopathic scoliosis patients: the impact of a multidisciplinary care approach. *J Multidiscip Healthc*. 2016;9:435-45.
45. Organization WH. *Guidance on Implementing Patient Blood Management to Improve Global Blood Health Status*. Geneva: World Health Organization; 2024.
46. Shander A, Hardy JF, Ozawa S, Farmer SL, Hofmann A, Frank SM, et al. A Global Definition of Patient Blood Management. *Anesth Analg*. 2022;135(3):476-88.
47. Harmening DM. *Modern Blood Banking and Transfusion Practices*. 7 ed. Philadelphia, PA: F.A. Davis Company; 2019.
48. Cap AP, Beckett A, Benov A, Borgman M, Chen J, Corley JB, et al. Whole Blood Transfusion. *Mil Med*. 2018;183(suppl_2):44-51.
49. Raval JS, Griggs JR, Fleg A. Blood Product Transfusion in Adults: Indications, Adverse Reactions, and Modifications. *Am Fam Physician*. 2020;102(1):30-8.
50. Carson JL, Stanworth SJ, Guyatt G, Valentine S, Dennis J, Bakhtary S, et al. Red Blood Cell Transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA*. 2023;330(19):1892-902.
51. Miller RD, Eriksson LI, Fleisher LA, Wiener-Kronish JP, Cohen NH, Young WL. Hemoglobin monitoring and perioperative blood management. *Miller's Anesthesia*. 9 ed. Philadelphia: Elsevier; 2020.
52. Surgeons ACo. *Advanced Trauma Life Support (ATLS) Student Course Manual*. 10 ed. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2018.

53. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, Fox EE, Wade CE, Podbielski JM, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;313(5):471-82.
54. Delaney M, Wendel S, Bercovitz RS, Cid J, Cohn C, Dunbar NM, et al. Transfusion reactions: prevention, diagnosis, and treatment. *Lancet*. 2016;388(10061):2825-36.
55. Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, Cerny V, Cimpoesu D, Curry N, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care*. 2023;27(1):80.
56. Khan AI, Goldin J, Gupta G. Noninfectious Complications of Blood Transfusion. StatPearls. Treasure Island (FL)2026.
57. Schrinier JB, Van Gent JM, Meledeo MA, Olson SD, Cotton BA, Cox CS, Jr., et al. Impact of Transfused Citrate on Pathophysiology in Massive Transfusion. *Crit Care Explor*. 2023;5(6):e0925.
58. Roubinian N. TACO and TRALI: biology, risk factors, and prevention strategies. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*. 2018;2018(1):585-94.
59. Whitehead RD, Jr., Mei Z, Mapango C, Jefferds MED. Methods and analyzers for hemoglobin measurement in clinical laboratories and field settings. *Ann N Y Acad Sci*. 2019;1450(1):147-71.
60. Lippi G, Salvagno GL, Lima-Oliveira G, Danese E, Favaloro EJ, Guidi GC. Influence of posture on routine hemostasis testing. *Blood Coagul Fibrinolysis*. 2015;26(6):716-9.
61. Lamhaut L, Apriotesei R, Combes X, Lejay M, Carli P, Vivien B. Comparison of the accuracy of noninvasive hemoglobin monitoring by spectrophotometry (SpHb) and HemoCue(R) with automated laboratory hemoglobin measurement. *Anesthesiology*. 2011;115(3):548-54.
62. Frasca D, Dahyot-Fizelier C, Catherine K, Levrat Q, Debaene B, Mimos O. Accuracy of a continuous noninvasive hemoglobin monitor in intensive care unit patients. *Crit Care Med*. 2011;39(10):2277-82.
63. Vos JJ, Kalmar AF, Struys MM, Porte RJ, Wietasch JK, Scheeren TW, et al. Accuracy of non-invasive measurement of haemoglobin concentration by pulse co-oximetry during steady-state and dynamic conditions in liver surgery. *Br J Anaesth*. 2012;109(4):522-8.
64. Berkow L. Factors affecting hemoglobin measurement. *J Clin Monit Comput*. 2013;27(5):499-508.
65. Kim SH, Lilot M, Murphy LS, Sidhu KS, Yu Z, Rinehart J, et al. Accuracy of continuous noninvasive hemoglobin monitoring: a systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg*. 2014;119(2):332-46.
66. Erdogan Kayhan G, Colak YZ, Sanli M, Ucar M, Toprak HI. Accuracy of non-invasive hemoglobin monitoring by pulse CO-oximeter during liver transplantation. *Minerva Anesthesiol*. 2017;83(5):485-92.
67. Awada WN, Mohmoued MF, Radwan TM, Hussien GZ, Elkady HW. Continuous and noninvasive hemoglobin monitoring reduces red blood cell transfusion during neurosurgery: a prospective cohort study. *J Clin Monit Comput*. 2015;29(6):733-40.
68. Adel A, Awada W, Abdelhamid B, Omar H, Abd El Dayem O, Hasanin A, et al. Accuracy and trending of non-invasive hemoglobin measurement during different volume and perfusion statuses. *J Clin Monit Comput*. 2018;32(6):1025-31.
69. Ribed-Sanchez B, Gonzalez-Gaya C, Varea-Diaz S, Corbacho-Fabregat C, Perez-Oteyza J, Belda-Iniesta C. Economic Analysis of the Reduction of Blood Transfusions during Surgical Procedures While Continuous Hemoglobin Monitoring Is Used. *Sensors (Basel)*. 2018;18(5).

70. Park SG, Lee OH, Park YH, Shin HY, Kang H, Baek CW, et al. The changes of non-invasive hemoglobin and perfusion index of Pulse CO-Oximetry during induction of general anesthesia. *Korean J Anesthesiol.* 2015;68(4):352-7.
71. Macknet MR, Allard M, Applegate RL, 2nd, Rook J. The accuracy of noninvasive and continuous total hemoglobin measurement by pulse CO-Oximetry in human subjects undergoing hemodilution. *Anesth Analg.* 2010;111(6):1424-6.
72. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10.
73. Park YH, Lee JH, Song HG, Byon HJ, Kim HS, Kim JT. The accuracy of noninvasive hemoglobin monitoring using the radical-7 pulse CO-Oximeter in children undergoing neurosurgery. *Anesth Analg.* 2012;115(6):1302-7.
74. Nguyen BV, Vincent JL, Nowak E, Coat M, Paleiron N, Gouny P, et al. The accuracy of noninvasive hemoglobin measurement by multiwavelength pulse oximetry after cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2011;113(5):1052-7.
75. Ahlers CG, Lan M, Schoenecker JG, Borst AJ. Blood Loss and Transfusion in a Pediatric Scoliosis Surgery Cohort in the Antifibrinolytic Era. *J Pediatr Hematol Oncol.* 2022;44(3):e701-e6.
76. Mange TR, Sucato DJ, Poppino KF, Jo CH, Ramo BR. The incidence and risk factors for perioperative allogeneic blood transfusion in primary idiopathic scoliosis surgery. *Spine Deform.* 2020;8(4):695-702.
77. Dong Y, Tang N, Wang S, Zhang J, Zhao H. Risk factors for blood transfusion in adolescent patients with scoliosis undergoing scoliosis surgery: a study of 722 cases in a single center. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):13.
78. Koerner JD, Patel A, Zhao C, Schoenberg C, Mishra A, Vives MJ, et al. Blood loss during posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(18):1479-87.
79. Soliman HAG, Beausejour M, Joncas J, Roy-Beaudry M, Barchi S, Mac-Thiong JM, et al. Predicting lowest hemoglobin level and risk of blood transfusion in spinal fusion surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2019;28(6):1342-8.
80. Chen K, Wang L, Gao Q, Masood U, Zeng Z, Yang H, et al. Tranexamic acid can reduce blood loss in adolescent scoliosis surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1):686.