

# Kraniyosinostozis Cerrahisinde Anestezi Uygulamaları

## Anesthesia Management for Craniosynostosis Surgery

**Onur Özlü**

TOBB ETÜ Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

### ÖZ

Kraniyosinostozis kraniyal suturelerden bir tanesinin veya daha fazlasının prematüre füzyonudur. İzole kraniyosinostozislerde normal beyin gelişimini ve normal kognitif fonksiyonları sağlamak, kozmetik deformiteleri düzelterek psikososyal olumsuz sonuçları önlemek için cerrahi işlemler uygulanır. Bu hastaların çoğunlukla infant olmaları, perioperatif dönemde belirgin kan kayıpları ile birleştiğinde, bu olguların anestezi yönetimini zorlaştırır. Perioperatif dönemde havayolunun güvenliğini sağlamak, kan transfüzyonları ve elektrolitli sıvıların infüzyonuna bağlı metabolik komplikasyonlar ile baş etmek, hipotermiyi önlemek, postoperatif ağrı yönetimi, bulantı kusma tedavisi anestezi uygulamalarının ana konularındandır. Doğru preoperatif planlama, monitorizasyon, zamanında kan ve sıvı infüzyonu ile mükemmel sonuçlar alınabilir.

**Anahtar sözcükler:** Kraniosinostozis, anestezi, beyin cerrahisi

### ABSTRACT

Craniosynostosis is premature fusion of one or more cranial sutures. In isolated craniosynostosis, surgical procedures are applied to ensure normal brain development and normal cognitive functions, to correct cosmetic deformities in order to prevent psychosocial negative consequences. The fact that they are mostly infants, combined with significant blood loss in the perioperative period, makes these cases challenging for the anesthetist. Ensuring airway safety, coping with metabolic complications related to blood transfusions and infusion of electrolyte fluids, preventing hypothermia, postoperative pain management, treatment of nausea and vomiting are the main subjects of anesthesia management. Excellent results can be obtained with proper preoperative planning, monitoring and timely blood and fluid infusion.

**Keywords:** Craniosynostosis, anesthesia, neurosurgery

### GİRİŞ

İnfant ve 1-3 yaş arasındaki çocuklarda kafatasındaki sutureler normalde hareketlidir ve 3 yaş sonuna doğru suturelerde füzyon gelişir (Tablo I) (1,2). Kraniosinostozis kraniyal suturelerden bir tanesinin veya daha fazlasının prematüre füzyonudur. Cerrahi uygulanan kraniyofasiyal anomaliler içinde ilk sıradadır. Yaklaşık olarak 3000 canlı doğumda 1 sıklıkta görülür (1). Kafatasındaki suturelerin prematüre füzyonu, infant dönemde kafatasının kubbe (*vault*) kısmının büyümesinin hızla büyüyen beyin gelişiminin gerisinde kalmasına yol açar ve kemik yapıda deformiteler gelişir. Düzeltme ameliyatları yapılmazsa kraniyosinostozis nörolojik ve psikososyal gelişme geriliklerine yol açarken bazı olgularda körlükle de sonuçlanabilen kafa içi basınç artışı gelişebilir. Kraniyofasiyal rekonstruktif cerrahi fiziksel görünüşü düzelterken, nörolojik gelişmeyi ve psikososyal gelişmeyi de sağlar (3).

Prematüre füzyon gelişen suture alanında beyin gelişimi sınırlı olurken diğer suturelerin alanında kompensatuvar aşırı gelişme olur. Normal kafatası gelişimi suturelere dik olurken, sinostoz durumunda ise füzyone suturelere paralel olur (4).

İzole kraniyosinostozisler genellikle sporadiktir ve genetik anomali olmadan, intrauterin dönemde kafatasının anormal baskı altında kalmasına bağlıdır. Entellektüel gelişme normal olabilir (2). Tek suturedeki sinostozislerin dört formu bulunur: Bunlar metopik, tek taraflı sagittal, koronal ve tek taraflı lambdoid sinostozistir (Şekil 1). En sık sagittal suture etkilenirken, daha az sıklıkta koronal, metopik ve lambdoid sutureler etkilenir. Lambdoid sinostozun, pozisyonel plagiosefali ile ayrımı yapılmalıdır (5,6). Pozisyonel plagiosefalide suture füzy-

**Tablo I.** Baş Suturelerinin Kapanma Zamanları

Suture	Kapanma zamanı (ay)
Metopik	2
Sagittal	22
Koronal	24
Lambdoid	26
Palatal	30-35
Frontonazal	68
Frontozigomatik	72

Geliş tarihi/Received : 28.01.2022

Kabul tarihi/Accepted : 26.05.2022

Yayın tarihi : 29.07.2022

\*Sorumlu yazar: Onur Özlü • ozluo@yahoo.com.tr

Onur Özlü  0000-0002-7371-881X

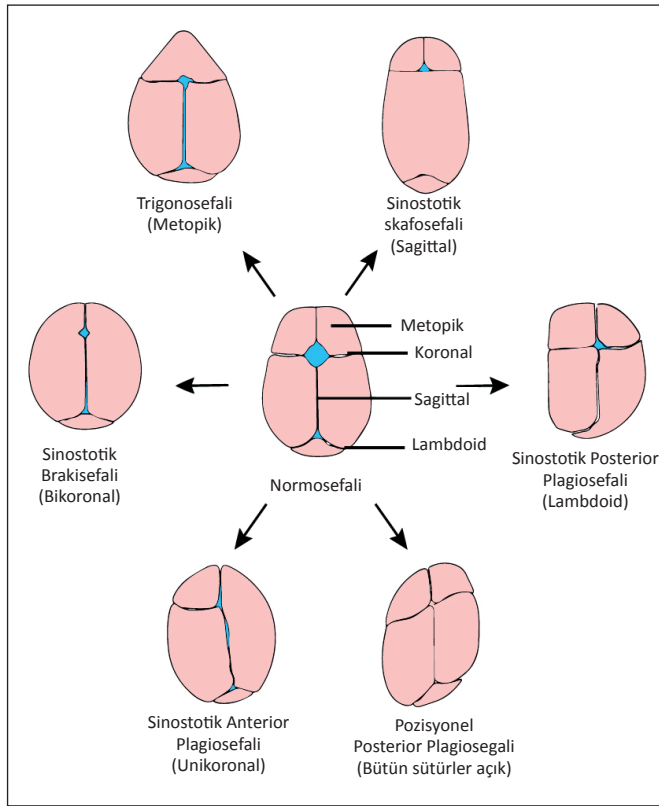
**Atf:** Özlü O. Kraniosinostozis cerrahisinde anestezi uygulamaları. JARSS 2022;30(3):163-170.



Bu eser "Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

**Tablo II.** Kraniyosinostozis Sınıflaması

İzole kraniyosinostoz	Kompleks kraniyosinostoz
Sagittal sütün sinostozu	(Birden fazla sütün füzyonu)
Metopik sütün sinostozu	Apert Sendromu
Tek taraflı koronal sütün sinostozu	Crouzon Sendromu
İki taraflı koronal sütün sinostozu	Pfeiffer Sendromu
	Chotzen Sendromu
	Muenke Sendromu
Lambdoid sütün sinostozu (posterior plagiosefalosinostoz)	Kraniofrontonazal displazi
	Kompleks kraniyosinostoz (sendromik fenotip)

**Şekil 1.** Kraniyosinostozis çeşitleri.

yonu yoktur, sürekli sırtüstü pozisyonda yatmaya bağlı olarak deformasyon gelişir ve cerrahi düzeltme gerektirmez (6). Kompleks kraniyosinostozislerde birden fazla sütün etkilenir, bilinen genetik bozukluklara bağlı bir sendromun parçasıdır, çoğunluğu mutasyona bağlı olmakla beraber genetik geçiş otozomal dominanttır. Beraberinde yüz kemiklerinde ve diğer organ sistemlerinde de anomaliler bulunur. Bu duruma Apert, Crouzon, Pfeiffer ve Muenke Sendromları örnek olarak verilebilir. Kraniyosinostozis olgularının %80'i izole, %20'si sendromik olgulardır (Tablo II) (1,2).

Bu olgularda, beynin büyümesi kafatasının büyümesinden daha fazladır. Beyin venöz drenajındaki anormalliklerin eklen-

mesi hidrosefali gelişme hızını artırır ve kafa içi basıncı artır. Kafa içi basınç artışı, nöbet, irritabilite, baş ağrısı ve gelişme geriliğinin nedenidir, ileri dönemde körlük ve ölüm gelişebilir. Tek sütün kraniyosinostozisinde hayatı tehdit eden durumlar gelişmemekle beraber; kozmetik deformitelerin düzeltilmesi ve önlenmesi, kozmetik deformiteye bağlı psikolojik ve sosyal sonuçların önlenmesi, beynin normal gelişiminin sağlanması için cerrahi işlemler uygulanmaktadır (4,5).

### CERRAHİNİN ZAMANLAMASI

Solum sıkıntısı, görme bozukluğu ve kafa içi basıncında artış olan durumlarda acil cerrahi gerekebilir. Elektif cerrahinin uygulama zamanı ise tartışmalıdır. Erken dönemde (3-6 ay) uygulanan cerrahilerde kemiklerin yumuşak olup kolay şekil verilebilmesi ve beyin üzerindeki potansiyel basıncın erken giderilmesi, hayatın çok erken döneminde hızlı beyin gelişiminin kafatasının büyümesini sağlaması avantajları olmakla beraber, daha sonra kemiklerdeki sertleşmeler ve sütünlerin füzyonu başta şekil bozukluklarına yol açarak tekrarlayan cerrahileri gerektirir. Erken dönemdeki cerrahi uygulamalarında kanamanın fazla olması, kan hacminin az olması nedeni ile hipovolemi riskini artırır. İleri yaşlarda yapılan cerrahilerde ise kemikleşmenin artması şekil vermeyi zorlaştırır. Deformitelerin düzeltilmesi zordur ve kraniyektomi sonrası osifikasyon olmayacağı için kemik greft kullanmak gerekir (1,5).

Erken operasyonun avantajlarından faydalanırken geç operasyonun zorluklarından kaçınmak için genellikle 1 yaş civarında cerrahi düzeltme işlemleri yapılmaktadır (1,3,5). Cerrahi işlemler ilk bir yıl içinde uygulandığında optimal sonuç alınmaktadır (3).

### CERRAHİ UYGULAMALAR

Cerrahi uygulamalarda amaç, fiziksel görüntüyü düzeltmek, nörolojik fonksiyonel bozulmayı önlemek, psikolojik gelişimi sağlamaktır (3). Cerrahi uygulamalar sinostozun yerine göre değişir. Cerrahi düzeltme yapılamıyorsa kafa içi basınç artışını önlemeye yönelik işlemler yapılır. Kafatası cerrahisinde hedef; füzyon gelişen sütün, büyümemiş kafatası bölümleri ve

kompansevar olarak aşırı gelişmiş kafatası alanlarıdır (3,5). En uygun anestezi yaklaşımı için, uygulanacak cerrahi işlemlerin tüm aşamalarının bilinmesi gereklidir (1,5).

### Sagittal Sinostozis Cerrahisi

#### Açık bant kraniyektomisi

İlk aylarda füzyon gelişmiş sütür ve komşu kemiklerden dar bir bant cerrahi olarak çıkarılır. İşlem beynin hızlı büyümesine izin verirken, kafatasına şekil verilmesini de sağlar ancak, kompansevar olarak gelişen kemik şekil bozuklukları düzeltilemez. Tekrar stenoz gelişme riskinin yanı sıra, sefalik indeksin normal değerlere ulaşma sıklığı düşüktür. Bu nedenle bu işlemin tek başına uygulanması tercih edilmez (1).

#### Endoskopik Bant Kraniyektomi ve Postoperatif Helmet Tedavisi

Daha küçük kesilerin uygulanması, cerrahi sürenin nispeten kısa olması ve hemodinaminin daha stabil seyretmesi endoskopik yaklaşımın avantajlarıdır. Ayrıca bu yaklaşımlarda, kan transfüzyonunun ve venöz hava embolisi (VHE) sıklığının daha az olduğu bildirilmiştir (7). Genellikle izole sagittal sütür sinostozu olan 6 aydan küçük infantlara uygulanır ve postoperatif erken taburculuğa imkan tanır. Cerrahi işlemde yaklaşık 2 hafta sonra takılan helmet başlık kafatasının normal şeklini alması, normal beyin ve kafatası gelişimi için 6 ay süre ile kalır (1,5,7).

#### Yaylı Telin Uygulandığı Kraniyoplasti

Genellikle 6 aydan küçük olgulara uygulanan bu yöntemde, sagittal bant kraniyektomiden sonra osteotomi alanlarında iki yere yay yerleştirilerek her iki parietal kemiğin daralması geciktirilir ve bu teller 6 ay sonra çıkarılır. Bu teknikte kan kaybı, ameliyat süresi ve hastanede yatış süresi kısa olmakla beraber, kafatasının şeklini düzeltme başarısı düşüktür ve ikinci bir operasyon gerekebilir (1).

#### Kafatasının Tamamına Tekrar Şekil Verilmesi

Füzyon gelişmiş sütür ve deforme kafatası bölümlerinin tamamı opere edilerek, kafatasının tamamının şekli düzeltilir. Sagittal komşuluk nedeni ile ameliyat sırasında çok dikkatli olmak gerekir. Hasta yüzüstü pozisyonudadır, baş ve boyun ekstansiyona getirilir (1,5,6).

Masif kanama, intraoperatif kardiyak arrest, transfüzyona bağlı reaksiyonlar, hipotansiyon, koagülopati, bradikardi, postoperatif nöbet, cerrahi yara enfeksiyonu, yüzün şişmesi, solunumun bozulması ve postoperatif mekanik ventilasyon ihtiyacı bildirilen komplikasyonlardır. Perioperatif dönemdeki en önemli sorunların başında kanama gelir ve cerrahi sırasında başın ekstansiyonuna bağlı venöz akımın obstrüksiyonu ödemi ve kanamayı arttır (3,5,8).

### Frontal Orbitanın İlerletilmesi ve Tekrar Şekil Verilmesi

Anormal frontal kemik ve supraorbital çerçevenin şekli düzeltilir. Supraorbital kenar ilerletilerek supraorbital çerçevenin geride duruşu, gözlerin fırlak ve biraz aralarının açık olması (ekzorbitizm) düzeltilir. Metopik ve koronal sinostozun cerrahi düzeltilmelerindeki asıl tekniktir (1). Ameliyat sırtüstü pozisyonda yapılır. Eksize edilen kemikler preoperatif dönemde istenen biçimi vermek için, tekrar kesilerek ve eğim verilerek şekillendirilir. Teller, emilebilen tabakalar veya vidalar ile yerine tutturulur.

### Posterior Genişletme ve Şekil Verme

İlerleyici bikoronal sinostoz ve kafa içi basınç artışında, kafatasının arka bölümü serbestleştirilerek yaylı tel veya ayırıcılar yerleştirilir (1).

### Orta yüzün İlerletilmesi (LeFort III ve Monoblok İşlemler)

Orta yüz hipoplazisi gelişen sendromik sinostozlarda frontal kemik, supraorbital kenar, ve yüzün orta bölümünde Le Fort III ilerletme yapılır. Bu cerrahinin uygulanmasından önce traqueostomi açılması, hava yolu problemi geliştiğinde laringoskopi yapılamayacağı için tercih edilebilir (1).

### Preoperatif Anestezik Değerlendirme

Kraniyofasiyal cerrahinin başarısı hastanın farklı uzmanlık alanları tarafından ele alınmasına bağlıdır. Tanı kraniyofasiyal anomalilerle ilgili pediatri uzmanı, kraniyofasiyal cerrahi ile ilgili plastik cerrah, pediatrik beyin cerrahisi tarafından konulur. Preoperatif konsültasyonda anestezi ekibi hastanın anamnezini alır, fizik muayenesini yapar, laboratuvar testlerini ve diyagnostik testlerini inceler ve anestezi riskini belirler (7,9). Hastanın kan ve kan ürünleri hazırlanır. Ameliyatı genellikle bizim merkezimizde de olduğu gibi bir pediatrik beyin cerrahisi ve bir kraniyofasiyal cerrahide uzman plastik cerrah beraber gerçekleştirir.

### Hava yolu

Kraniyofasiyal sinostoz olan Apert ve Crouzon sendromu gibi olgularda hava yolu problemleri siktir. Apert Sendromunda orta yüz hipoplazisi ve propitozis yüz maskesi ile ventilasyonu zorlaştırır. Küçük burun kanatları ve koanal stenoz nedeni ile ağızdan solunum yaptıkları için yüz maskesi uygulamasında ağız açık kalmalıdır. Oral veya nazal hava yolları (*airway*) ve devamlı pozitif hava yolu basıncı (*continuous positive airway pressure; CPAP*) ile bu tıkanıklıklar önlenir. Apert sendromunda servikal vertebralardaki füzyon laringoskopiye zorlaştırabilir. Frontofasiyal çıkıntısı olanlarda maksilla ve mandibula arasındaki ilişki bozulur, temporomandibuler eklem hareketi azalır ve entübasyon zorlaşır (1).

Cerrahi yaklaşım yerine bağlı olarak anestezi hekiminin endotrakeal tüpe erişimi zorlaşır, tüpün bükülme ve kollabe olma olasılığı yüksektir. Ayrıca ameliyat sırasında tüp endobronşiyal olarak yer değiştirebileceği gibi istemsiz ekstübasyon da olabilir. Bu nedenle spiralli tüp tercih edilebilir. Tüp tespitinde konvansiyonel yaklaşımlara ek olarak cerrahi sütür kullanılabilir (1,5).

### Solunum Sistemi

Yakın zamanda geçirilmiş üst solunum yolu enfeksiyonu intraoperatif dönemdeki solunum komplikasyonları için risk faktörüdür. Özellikle wheezing olması ameliyatı erteleyecek kadar önemlidir. Wheezing, sertleşmiş veya vertikal olarak füzyon gelişmiş trakeal halkaların sekresyon birikmesi ile daha da daraldığını gösterir. Bu durum trakeanın aspirasyonu, anestezinin derinleştirilmesi ve bronkodilatör uygulaması ile düzelir.

### Obstrüktif Uyku Apnesi

Orta yüz hipoplazisine bağlı nazofaringeal anatomideki değişikliklere bağlı gelişir. Apert, Crouzon ve Pfeiffer Sendromunda sık olur. Erken infant döneminde nazofaringeal airway yerleştirilmesi üst hava yolu obstrüksiyonunun giderilmesine yardımcıdır. Bu çocuklarda kraniyofasiyal cerrahiden 1-2 hafta önce trakeostomi açılması ile intraoperatif ve postoperatif dönem daha güvenli olur. Trakeostomi açılmamışsa oral/nazofaringeal airway ve çene asma manevrası ile anestezi indüksiyonu yapılabilir (1).

Bu çocuklarda kronik üst solunum yolu obstrüksiyonunun kardiyovasküler sistem ve santral sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Obstrüksiyona bağlı, uykunun aktif döneminde kafa içi basınç artışı ve bunu izleyen beyin perfüzyon basıncındaki azalma dönemleri uzun dönemde nörolojik ve bilişsel fonksiyonlar üzerine olumsuz etkiler yaratır (1,10).

### Laboratuvar İnceleme

Sendromik olmayan kraniyosinostozis hastaları genellikle sağlıklı olmakla beraber ayrıntılı fizik muayene ve gerekli laboratuvar incelemelerin yapılması gerekir. Hemoglobin, hematokrit ve trombosit sayımlarını içeren tam kan sayımı, kan transfüzyonunda karşılaştırma testleri için kan örneği, protrombin zamanı, uluslararası normal oran (INR), parsiyel tromboplastin zamanı ve elektrolit değerlerini içeren biyokimyasal testler yapılır (1,5,6). Sendromik kraniyosinostozis vakalarında ek anomaliler olduğu için ek test ve işlemler gerekir (5).

### Anestezi İndüksiyonu

Anestezi indüksiyonunun intravenöz veya inhalasyon yolu ile uygulama seçimi anestezi uzmanının tercihinin bağlı olduğu kadar, bir dereceye kadar çocuk ve ailenin tercihinin de bağlıdır. İntravenöz yol açmak özellikle sendromu olan çocuklarda

el sırtındaki yağ birikimi nedeni ile zor olabilir, çocuk için stres yaratabilir. İnhalasyon anestezikleri ile indüksiyon sırasında da maskenin yüze uygulanması stres yaratabileceği gibi solunum yollarında obstrüksiyon gelişme riskini artırır, bu nedenle solunumun baskılanmaması önerilir (1,7). İntravenöz yol mevcut ise intravenöz indüksiyon, yoksa sevofluran ile maske indüksiyonu uygulanabilir.

İdamede hava embolisi riski nedeni ile nitröz oksit kullanılması önerilmez (7).

### Sıcaklığın Korunması

Bu ameliyatlar sırasında olguların vücut sıcaklıkları monitörize edilmeli ve ısı kaybının önüne geçilmelidir (11-13). İnfantlarda başın yüzey alanı/gövdenin yüzey alanı oranının yüksek olması ve cerrahi işlemlerin uzun sürmesi, sıvı ve kan kaybında artışa ve buna bağlı olarak ısı kaybında artışa yol açar. Ameliyat süresinde ve postoperatif dönemde ısıtıcı battaniyelerin kullanılması, damar yolu ile uygulanan sıvıların ısıtılması önemlidir (1,14). Soğuk ve fazla miktarda kanın çok hızlı transfüzyonu kardiyak arreste neden olabilir. Masif transfüzyonda kanın ısıtılması önerilir (15).

### Pozisyon

Cerrahi yaklaşımı kolaylaştırmak ve komplikasyon riskini en aza indirmek için pozisyonun dikkatli verilmesi önemlidir. Sırtüstü, yüzüstü veya modifiye pron pozisyonlar uygulanabilir. Modifiye pron pozisyonda hasta yüzüstü iken baş ve boyun ekstansiyondadır. Boyundaki hiperekstansiyonun servikal kord hasarı yapabileceği hatırlanmalı, gözler basınçtan korunmalıdır. Venöz göllenmeye bağlı kafa içi basınç artışını önlemek için boyuna direkt basıdan kaçınılmalıdır. Postoperatif dönemde solunum problemleri, boyun ekstansiyonuna bağlı venöz ve lenfatik drenajın engellenmesi sonucu gelişen makroglossi nedeni ile olur. Horizontal pozisyon, baş aşağıda iken artan venöz kanama ve baş yukarı pozisyonda artan venöz hava embolisi risklerini azaltır (1).

Ameliyat süresinin uzun olmasına bağlı basınç noktalarındaki basınç artışının, sinir damar hasarları yumuşak pedler kullanılarak önlenir. Sıvı hatlarının ve monitör kablolarının deriye basınç uygulamaması önemlidir.

Kornea abrazyonunu ve temizleme solüsyonlarının irritasyonunu önlemek için gözler nemlendirici sürülerek bant ile kapatılır veya geçici olarak göz kapakları cerrah tarafından dikiş ile geçici olarak kapatılır. Propitozis, orbita hasarlanması için risk faktörüdür. Yüzüstü pozisyon sırasında orbita üzerine basınç, optik siniri hasarlayabildiği gibi retina iskemisi postoperatif dönemde körlük nedenidir. Doğrudan orbita basısı vagal uyarı ile cerrahi sırasında bradikardiye yol açabilir. Ameliyat başlamadan önce gözlere baskı olmadığından emin olunmalıdır (1,7).

## Monitörizasyon

Kraniyofasiyal cerrahilerde, dural venöz sinüsün açılması ve küçük venlerin yırtılması durumunda masif kanama görülebilir (5,13). Bu nedenle invaziv arteriyel monitorizasyon gereklidir (3,5).

İki periferik damar yolu sıklıkla yeterli olmakla beraber yüksek volümde sıvı ve kan uygulamaları ile santral venöz basınç (SVB) takibi için santral ven kateterizasyonu uygulanabilir (1,6). Sıvıya yanıtın izlenmesinde SVB takibi ile gözlenen ön yükteki artış her zaman kardiyak outputta artışı sağlayamaz. Ön yükteki artışın kardiyak outputta artış yapması için hastanın Frank-Starling eğrisinin lineer olarak yükselen bölümünde olması gerekir (16). Santral venöz basınç ölçümü güvenli olmamakla beraber basınç trendinin izlenmesi faydalıdır (3). İnfantlarda hipervolemi ve hipovoleminin fizyolojik kompensasyonu sınırlıdır ve sıvı homeostazisi dar sınırlar içinde gerçekleşir (17). Arteriyel atım basıncındaki değişikliklerin analizi, (pulse pressure variation-PPV), atım hacmi değişiklikleri (stroke volume variation-SVV), pleth değişkenlik indeksi (pleth variability index -PVI) gibi dinamik parametrelerle sıvı yanıtının izlenmesi erişkin yaş grubunda statik parametrelere göre daha güvenilir kabul edilmektedir (16-18). Çocuk yaş grubunda kan damarlarının kompliyansında yaşa bağlı olan değişikliklerin, solunumsal kompliyansın erişkinlere göre daha fazla olması gibi fizyolojik ve anatomik farklılıkların ve PPV gibi basınç temelli parametrelerin sıvı yanıtını değerlendirmede erişkindeki gibi belirli referans değerlerin kabul edilmesini zorlaştırdığı gösterilmiştir (18). Çocuk yaş grubunda dinamik parametrelerin erişkinlerde olduğu kadar güvenilirlikleri hâlâ araştırılmaktadır (17,18). Kliniğimizdeki olgularda hastanın volüm durumunu kalp hızı, arter basıncı, idrar çıkışı, SVB trend değerlerinin monitorizasyonları, kan gazında hemoglobin, hematokrit ve baz açığı değerlendirmeleri ile izliyoruz (19). Tidal sonu CO<sub>2</sub> basınç takibi venöz hava embolisinin belirlenmesinde ana parametre iken, prekordiyal Doppler hava embolisi takibi için kullanılabilir (3). Ameliyat sürelerinin uzun olması ve sıvı uygulamaları nedeni ile idrar sondası takılmalıdır.

Orbita yakınındaki cerrahi işlemler sırasında okülokardiyak refleksin uyarılması ile bradikardi gelişebilir. Monitörde gözlemlendiğinde cerrahın uyarılması ile basıncın kaldırılması genellikle tedavi gerektirmeden düzelmeyi sağlar, gerekirse atropin sülfat uygulanır (5).

İnfantlarda hipotermi ve hipertermi gelişme riski erişkinden daha yüksek olduğu için normotermi sağlanması dikkat gerektirir. Ekstremiteler kor sıcaklığından 2-4 °C daha soğuktur. Perioperatif dönemde periferden sıcaklık ölçümü doğru sonuç vermez. Otonomik termoregülasyon merkezleri perfüzyonu daha iyi olan mesane ve rektum gibi kor alanlardan veri aldıklarından genellikle rektal ısı ölçümü tercih edilir (7,20).

Biz de kliniğimizde uygulama kolaylığı nedeni ile rektal ısı takibini tercih ediyoruz.

## Venöz Hava Embolisi

Venöz hava embolisi (VHE) kraniyosinostozis cerrahisi sırasında beklenen bir komplikasyondur. Prekordiyal Doppler ile takiplerde, kraniyektomi sırasında %80 oranında VHE belirlendiği bildirilmiştir. Bu olguların çoğunda hemodinamik bozulma olmamış, tidal sonu CO<sub>2</sub> basınç değişikliği ve az sayıda olguda hipotansiyon gelişmiştir. Hızlı kan kaybının santral venöz basıncı düşürmesi, sağ atriyum ile cerrahi alan arasında basınç farkını artırmakta ve cerrahi sahadan hava girişine yol açmaktadır. Venöz hava embolisi, hipotansiyon, kardiyovasküler kollaps ve patent foramen ovale varlığında nörolojik sekele yol açan paradoks hava embolisi ile sonuçlanabilir (7,8). İntraoperatif dönemde hipotansiyon geliştiği zaman VHE gibi diğer nedenler de mutlaka akılda olmalıdır (8).

## Kanama Kontrolü

Çocuğun yaşı ve vücudu küçüldükçe başın vücuda oranı büyür, dolayısı ile başın kan hacmi oranı da artar. Kraniyofasiyal cerrahilerde de kan kaybının yönetiminde anestezi uzmanları çok önemli bir role sahiptir. Ameliyat sürecini bilmek, ameliyat sırasında kanamanın artacağı dönemleri bilerek kanamayı önceden tahmin etmeyi, dikkatli ve hazır olmayı sağlar. En fazla kanama skalp insizyonu ve periostun kaldırılması sırasında görülür. Kanama miktarına sadece aspiratörde biriken kan miktarı ile değil, cerrahi örtüler ve saha çevresindeki ıslaklık miktarı ile hesaplanmalıdır. Postoperatif dönemde de drenlerin takibi postoperatif kanama kontrolü için önemlidir.

Hızlı kan kaybı sırasında transfüzyon kararı arteriyel kan basıncı, santral venöz basınç ölçümleri ile verilebilir. Hemodinami stabil ise hemoglobin 7-8 g dL<sup>-1</sup>, hematokrit %27-30 değerlerine geldiğinde transfüzyon yapılması önerilmiştir. Erken transfüzyon stratejilerinin aşırı transfüzyona ve kan transfüzyon reaksiyonlarında artışa yol açabileceği ileri sürülmüştür (8).

Sitomegalovirus (CMV) kan bileşenlerinin transfüzyonu ile bulaşabilen yaygın bir enfeksiyon etkenidir. Bağışıklık sistemi sağlam kişilerde virüs genellikle klinik olarak anlamlı bir enfeksiyona yol açmazken, özellikle daha önce virüse maruz kalmamış immun sistemi baskılanmış hastalarda ağır, hatta öldürücü hastalığa yol açabilir. Lökosit arındırılmış eritrosit konsantrlerinde lökosit sayısı en fazla ünitelerde 1x10<sup>6</sup>'dır. Bu düzeyde lökosit sayısının azaltılması, CMV bulaşını önlemede CMV negatif kan kullanılması kadar etkindir (15,21). Hastanemizde, Türk Kızılayından temin edilen "Kan Hizmet Birimleri için Ulusal Standartlar Rehberi" ve "Ulusal Kan ve Kan Bileşenleri Hazırlama, Kullanımı ve Kalite Güvencesi Rehberi"ne göre hazırlanmış lökodesplezyon uygulanmış kan ve kan ürünleri kullanılmaktadır (15,21).

### Kan kaybını azaltma yöntemleri

Kraniyofasiyal cerrahilerde postoperatif dönemde de intraoperatif döneme yakın miktarda kan kayıpları görülebilmektedir. Bu durumun izole pıhtılaşma faktör eksikliğinden çok pıhtılaşma faktörlerinin dilüsyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir. Taze donmuş plazma ve eritrosit süspansiyonlarının 1:1 oranında uygulanması dilüsyonel koagülopatinin önlenmesi için önerilmektedir (8).

Perioperatif intravenöz sıvı uygulamaları sırasında hemoglobin düzeyindeki dilüsyonu önlemek ve ayrıca postoperatif hiponatremi sıklığını azaltmak için hipotonik sıvılar yerine izotonik sıvıların kullanılması tavsiye edilmektedir (7). Homolog kan transfüzyonlarına bağlı enfeksiyöz ve enfeksiyöz olmayan komplikasyonların gelişme riski buna bağlı olarak artar. Bu nedenle homolog kan transfüzyonu gereksinimini azaltan yöntemler uygulanmaktadır. Preoperatif düşük hematokrit değerleri ameliyat sırasında kan transfüzyonu gereksiniminin yüksek olacağını gösterir. Preoperatif demir desteği ve eritropoetin uygulaması ile mevcut anemiyi düzeltmek, ameliyat sırasında transfüzyon miktarının azalmasını sağlar (1). Rekombinant human eritropoetin 3-4 hafta süre ile haftalık subkutan uygulamaları, preoperatif dönemde hematokrit değerinde belirgin artış yapar. Bununla beraber, erişkinlerdeki komplikasyonların artışı Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'nin (*Food and Drug Administration; FDA*) uyarısına yol açarak kraniyofasiyal ameliyatlarda adı geçen ürünün çocuklardaki kullanımı sınırlandırılmıştır (5).

Pediatride kullanıma uygun rezervuarların yapımı ile intraoperatif hücre kurtarma sistemleri kan koruyucu teknikler arasına girmiştir (22).

Akut normovolemik hemodilüsyon anestezi indüksiyonundan önce hastanın kanının alınarak yerine kristalloid veya kolloid uygulanması ve depolanan kanın operasyon sonunda tekrar transfüze edilmesidir. Hemodilüsyon viskozitenin azalmasını, periferik vasküler direncin azalarak perfüzyonun ve kardiyak atım hacminin artmasını sağlar (22). Otolog kan transfüzyonu ise yaşlarının küçük olması ve kan hacimlerinin yetersiz olması nedeni ile uygulanamamaktadır.

Hipervolemik hemodilüsyon, kan alınmadan viskozitenin sıvı yükleyerek azaltılması tekniğidir. Genellikle kolloid sıvı preoperatif dönemde 15 mL kg<sup>-1</sup> yüklenir (14,23).

Ameliyat sırasında gelişebilecek hipotermi koagülopatiyeye yol açacağından normoterminin sağlanması önemlidir (7,11).

İnhalasyon ve intravenöz anestezikler yardımıyla kontrollü hipotansiyon tekniği uygulanabilirse de, hipovolemi, intrakraniyal basınç artışı ve hayati organların perfüzyonunun bozulması durumunda önerilmemektedir (22).

Kemik mumu kullanılması özellikle köprü venlerden kanamayı azaltmakla beraber diffüz ve devam eden kanamalarda başarılı olamamaktadır. Agar şekeri ve sığır plazmasından elde edilen pıhtılaşma faktörü II, VII, IX ve X içeren topikal hemostatik ajan olan SeraSeal® pıhtılaşmayı katalize ederek destekler. Çocuklarda kraniyosinostozis ameliyatlarında da kemik mumu ile beraber SeraSeal®'in transfüzyon gereksinimini azalttığı gösterilmiştir (24).

Antifibrinolitik ilaç olan traneksamik asit ve epsilon amino-kaproik asit kraniyofasiyal cerrahideki en sık uygulanan kanıta dayalı kan koruma yöntemleridir (3). Bu ilaçlar, kompetitif olarak plazminojenin lizin bağlanma bölgelerine bağlanırlar ve fibrin yüzeyinde plazminojenin plazmine dönüşünü inhibe ederler. Traneksamik asitin antifibrinolitik etkinliği, epsilon amino kaproik asitten daha güçlüdür ve daha uzun süre devam eder. Ayrıca traneksamik asit plazmini inhibe eder. Traneksamik asitin 10 mg kg<sup>-1</sup> bolus dozlarından sonra ameliyat süresince 5 mg kg<sup>-1</sup> sa<sup>-1</sup> infüzyon uygulamalarının pediatrik kraniyofasiyal ameliyatlarda kanamayı ve kan transfüzyonunu azalttığı, sistemik hemostazı etkilemeden D-dimer seviyesinde artışı önlediği gösterilmiştir (23,25). Traneksamik asit uygulamasının kan kaybını ve kan transfüzyonu sıklığını azalttığı, Zapata-Copete ve ark. ait meta analiz sonuçları ile de desteklenmektedir (26).

### Metabolik Sorunlar

Bu hastalarda metabolik monitörizasyon önemlidir. Aşırı kan kayıpları, kan transfüzyonları, kristalloid ve kolloid infüzyonları asit-baz ve elektrolit bozukluklarına yol açabilir. Kan transfüzyonuna bağlı sitrat artışı ile sitratın kalsiyumu bağlaması hipokalsemi nedenidir. Perioperatif dönemde sık izlenen metabolik asidoz birden fazla faktöre bağlıdır. Başlangıçta olan baz açığının infantlarda preoperatif uzamış açlık dönemine bağlı ketoasidoz nedeni ile, intraoperatif dönemde ise yüksek hacimde uygulanan kan, kolloid ve kristalloid sıvılara bağlı olduğu ileri sürülmüştür (12).

İntraoperatif dönemde gelişen ve postoperatif dönemde de devam eden negatif baz açığına, yüksek baş/gövde yüzey alanı oranına bağlı sıvı ve kan kayıplarının fazla olmasına bağlı gelişen hipotermi, hipotansiyon ve yetersiz doku perfüzyonunun yol açtığı bildirilmiştir (12). Cerrahi sürenin uzun olması, doku hipoperfüzyonuna bağlı laktat artışı ve metabolik asidozun nedenlerindedir. Laktat artışı yetersiz doku perfüzyonunun önemli bir göstergesidir (16,27). Ongun ve ark. çalışmalarında laktat artışının uzamış cerrahi süresi, belirgin anemi, hipotansiyon ve metabolik asidoz ile beraber olduğunu göstermişlerdir (14). Perioperatif dönemde hiperglisemi de gözlemlenir. Hipergliseminin ateş, enfeksiyon, kan transfüzyonu, hipotermi gibi faktörlere bağlı olmadığı belirlenmesi gerekir (27). Bununla beraber hipergliseminin, mekanik ventilasyonda kalış süresi, yoğun bakımda ve hastanede kalış sürelerini uzatmadığı gösterilmiştir (28).

## Postoperatif Dönem

Uzamış ameliyat ve anestezi süresi, yüksek hacimde kolloid ve kristalloid infüzyonu nedeni ile, ekstübasyon ameliyat sonunda yapılmayıp, yoğun bakıma ertelenebilir. Ayrıca preoperatif dönemde belirlenen uyku apnesi ve solunum sisteminin durumu ekstübasyon kararında önemlidir (8).

Drenlerden olan kayıplar ve arter kan gazı analizleri, idrar çıkışı yakından izlenir. Tam kan sayımları, biyokimyasal incelemeleri, solunum hızı, puls oksimetri ile oksijen saturasyonu, sıcaklık, ağrı takibi postoperatif erken dönemde dikkatle yapılmalıdır (7). Normoterminin sağlanması, laktat düzeylerinin fizyolojik sınırlarda kalmasında ve hemostazın devamında önemlidir. Majör pediatrik cerrahilerden sonra sık gelişen hiponatremi kraniyofasiyal cerrahilerden sonra daha fazla görülür ve bu durum antidiüretik hormon salınımı ve hipotonik sıvı uygulamalarına bağlıdır. Sendromik kraniyosinostozis olgularında, perioperatif yüksek kan kayıplarında, preoperatif dönemde kafa içi basıncı yüksek olgularda, postoperatif dönemde hiponatremi gelişme riski yüksektir. Hiponatremi yoğun bakımda kalış süresini beyin ödemi, nöbet ve ölüm riskini artırır (5,8,14).

Arts ve ark.'nın protokolüne göre; hemoglobinin miktarı preoperatif değerlerden 3 g dL<sup>-1</sup> den fazla azaldığında ve beraberinde deride ve konjonktivada solukluk, kapiller geri doluşta gecikme, taşikardi, takipne gibi anemi belirtileri mevcutsa, ayrıca hemoglobin değeri 7,5 g dL<sup>-1</sup> değerinin altında ise hemen eritrosit süspanasyonu verilmeye başlanması önerilmiştir (7).

## Bulantı-Kusma

Sıklıkla postoperatif ilk 8 saatte kusma görülmektedir. Kusma dönemlerinin kafa içi basıncında artışa, beyin omurilik sıvısında kaçağa ve fistül gelişimine yol açabileceği akıldan tutulmalıdır. Perioperatif dönemde beyin ödemini önlemek veya azaltmak için uygulanan dekzametazonun antiemetik etkisi vardır. Postoperatif dönemde de dekzametazonun ondansetron ile beraber kullanılması bulantı kusma sıklığını azaltır (7,8). Ondansetronun ayrıca profilaktik olarak 0,1 mg kg<sup>-1</sup> İV kullanımı önerilmektedir (7).

## Analjezi

Analjezi intraoperatif dönemde fentanil, remifentanil veya morfin ile morfin ile, postoperatif dönemde ise analjezi primer olarak intravenöz parasetamol 80 mg kg<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup> ile sağlanabilir (8). Postoperatif kanama riskini arttırabileceği için nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar önerilmemektedir. Morfin uygulamasına çocukların ve infantların postoperatif ağrı skalasında (CHIPPS) skor 7'den büyük olduğunda başlanır. Gerektiğinde 5 µg kg<sup>-1</sup> sa<sup>-1</sup> intravenöz infüzyon ile başlanır, maksimum 40 µg kg<sup>-1</sup> sa<sup>-1</sup> doza çıkılabilir (7). Yoğun bakım ünitelerinde remifen-

tanil infüzyonu da uygulanmaktadır. Postoperatif ilk 24 saatin sonunda intravenöz yol ile analjezik uygulaması kesilerek oral uygulamaya geçilebilir (29).

## SONUÇ

Kraniyosinostozis cerrahisinde anestezi uygulamaları; cerrahinin özellikleri yanı sıra çocukların yaş grubu nedeni ile preoperatif hazırlık sırasında multidisipliner yaklaşımı, ameliyat sırasında ve sonrasında anestezistin yakın ve dikkatli takibini gerektirir. İntraoperatif ve postoperatif dönemde masif kanama, kan ürünlerinin transfüzyonu ve elektrolit solüsyonlarının infüzyonuna bağlı metabolik komplikasyonlar ile başa çıkmak, normotermiyi ve yeterli analjeziyi sağlamak anestezi uygulamalarının esaslarıdır.

## YAZAR KATKILARI

Çalışmanın fikri ve tasarımı, veri toplama, makale taslağının hazırlanması, makalenin kritik revizyonu yazara aittir. Yazar (OÖ) sonuçları gözden geçirmiş ve makalenin son hâlini onaylamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Thomas K, Hughes C, Johnson D, Das S. Anesthesia for surgery related to craniosynostosis: A review. Part 1. Paediatr Anaesth 2012;22(11):1033-41.
2. Craniosynostosis. Elsevier Point of Care. Updated January 13, 2022. Copyright Elsevier BV. Available from: <https://www.clinicalkey.com/#!/content/67-s2.0-fb739b70-22c6-4d6f-841a-b5201c8f1bb5>. Available date:17/01/2022
3. Sobey JH, Niconchuk JA, Stickles ET, Menser CC, Reddy SK. Anesthesia for neurosurgery. In: Davis PJ, Cladis FP editors. Smith's Anesthesia for Infants and Children. Philadelphia: Elsevier, 2022;832-65.
4. Proctor MR, Meara JG. A review of the management of single-suture craniosynostosis, past, present, and future. J Neurosurg Pediatr 2019;24(6):622-31.
5. Stricker PA, Fiadjoe JE. Anesthesia for craniofacial surgery in infancy. Anesthesiol Clin 2014;32(1):215-35.
6. Koh JL, Gries H. Perioperative management of pediatric patients with craniosynostosis. Anesthesiol Clin 2007; 25(3):465-81.
7. Arts S, Delye H, van Lindert EJ, Blok L, Borstlap W, Driessen J. Evaluation of anesthesia in endoscopic strip craniectomy: A review of 121 patients. Paediatr Anaesth 2018;28(7):647-53.
8. Hughes C, Thomas K, Johnson D, Das S. Anesthesia for surgery related to craniosynostosis: A review. Part 2. Paediatr Anaesth 2013;23(1):22-7.
9. Birgfeld CB, Dufton L, Naumann H, et al. Safety of open cranial vault surgery for single suture craniosynostosis: A case for the multi-disciplinary team. J Craniofac Surg 2015;26(7):2052-58.

10. Couloigner V, Khalfallah SA. Craniosynostosis and ENT. *Neurochirurgie* 2019;65(5):318-21.
11. Raja RA, Khemani VD, Sheikh S, Khan H. Craniosynostosis: Early recognition prevents fatal complications. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2011;23(2):140-3.
12. Ali A, Basaran B, Tanirgan G, et al. Metabolic changes and factors influencing base deficit in infants undergoing craniosynostosis surgery: A retrospective study. *Acta Neurochir* 2015;157(7):1197-204.
13. Alford J, Derderian CA, Smartt JM Jr. Surgical treatment of nonsyndromic unicoronal craniosynostosis. *J Craniofac Surg* 2018;29(5):1199-207.
14. Ongun EA, Dursun O, Kazan MS, Nur B, Mihçı E. Early postoperative follow-up after craniosynostosis surgery. *Turk J Med Sci* 2018;48(3):584-91.
15. Ulusal kan ve kan bileşenleri hazırlama, kullanım ve kalite güvencesi rehberi 2016. Available from: <https://shgmkanhizmetleridb.saglik.gov.tr/TR-71523/ulusal-kan-ve-kan-bilesenleri-hazirlama--kullanim-ve-kalite-guvenesi-rehberi-2016.html>. Available date:04/11/2020
16. Hussein MM, Mostafa RH. Arterial pulse pressure variation versus central venous pressure as a predictor for fluid responsiveness during open major abdominal operations. *Open J Anesthesiol* 2018;8(2):43-53.
17. Renner J, Broch O, Duetschke P, et al. Prediction of fluid responsiveness in infants and neonates undergoing congenital heart surgery. *Br J Anaesth* 2012;108(1):108-15.
18. Lee JH, Kim EH, Jang YE, Kim HS, Kim JT. Fluid responsiveness in the pediatric population. *Korean J Anesthesiol* 2019; 72(5):429-40.
19. Özlü O, Aliyev D, Şahin HB, Macit Y. Anesthetic challenges: Craniosynostosis under general anesthesia. In: Ökten FF, Özlü O, editors. *Trauma, Anesthesia and Intensive*. İzmir:ARUD, 2019;219.
20. Nemeth M, Miller C, Bräuer A. Perioperative hypothermia in children. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(14):7541-59.
21. Kan hizmet birimleri için ulusal standartlar rehberi 2016. Available from: <https://shgmkanhizmetleridb.saglik.gov.tr/TR,71522/kan-hizmet-birimleri-icin-ulusal-standartlar-rehberi-2016.html>. Available date:22/09/2020
22. Lavoie J. Blood transfusion risks and alternative strategies in pediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2011;21(1):14-24.
23. Menon G, George M, Kumar P, et al. Comparison of perioperative anesthetic concerns in simple and complex craniosynostosis cases: A retrospective study. *J Neuroanaesth Crit Care* 2022;9(1):29-34.
24. Stehrer R, Hunger S, Schotten KJ, et al. Reduction of transfusion requirements in pediatric craniosynostosis surgery by a new local hemostatic agent. *J Craniomaxillofac Surg* 2016;44(9):1246-51.
25. Kim EJ, Kim YO, Shim KW, Ko BW, Lee JW, Koo BN. Effects of tranexamic acid based on its population pharmacokinetics in pediatric patients undergoing distraction osteogenesis for craniosynostosis: Rotational thromboelastometry (ROTEM™) Analysis. *Int J Med Sci* 2018;15(8):788-95.
26. Zapata-Copetea JA, Gómez-Ospinac JC, García-Perdomo HA, Caycedo DJ. Role of tranexamic acid in craniosynostosis surgery: Systematic review and meta-analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2022;75(4):1389-98.
27. Pino RM, Singh J. Appropriate clinical use of lactate measurements. *Anesthesiology* 2021;134(4):637-44.
28. Filho EM, de Carvalho WB, Cavalheiro S, Horigoshi NK, Freddi NA, Vieira GK. Hyperglycemia and postoperative outcomes in pediatric neurosurgery. *Clinics* 2011;66(9):1637-40.
29. Brown S, Yao A, Sanati-Mehrziy P, Zackai SP, Taub PJ. Postoperative pain management following craniosynostosis repair: Current practices and future directions. *J Craniofac Surg* 2019;30(3):721-9.