

ARTICLE TYPE: REVIEW

Derin Hipotermik Sirkülatuar Arrest: Tarihçe, Klinik Uygulamalar ve Nörolojik Koruma Stratejileri
Deep Hypothermic Circulatory Arrest: History, Clinical Implications and Strategies for Neurologic ProtectionMehmet Burak COŞKUN^{1*}¹Sağlık Bakanlığı, Ordu Devlet Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi, Ordu, Türkiye,
Mehmetburakcoskun@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-6748-575X

ÖZET

Derin hipotermik sirkülatuar arrest (DHSA), kompleks kardiyovasküler cerrahilerde kullanılan, vücut sıcaklığını düşürerek kan dolaşımını geçici olarak durdurmayı içeren bir tekniktir. Bu yöntem, cerrahların hemodinamik dengede ve hareket etmeyen bir cerrahi alan oluşturmasına olanak sağlarken, serebral koruma ve organ fonksiyonlarının korunmasında kritik bir role sahiptir. DHSA'nın temelleri, 1950'lerde hipotermi cerrahi alanında kullanılmasına dayanmaktadır. 1975 yılında Griep ve arkadaşları, aort ark cerrahisinde DHSA'yı uygulayarak modern kullanımın temelini oluşturmuştur.

Klinik prosedür üç aşamadan oluşmaktadır: kardiyopulmoner baypasın (KPB) başlatılması, hipotermi induksiyonu ve sirkülatuar arrestin uygulanması. KPB, kanın vücut dışına alınarak oksijenlenmesini ve yeniden dolaşıma verilmesini sağlar. Hipotermi, metabolik hızı %90 oranında azaltarak organların düşük oksijen koşullarında korunmasını mümkün kılar. Sirkülatuar arrest sırasında cerrahi süre genellikle 30-40 dakika ile sınırlıdır. Serebral koruma teknikleri arasında antegrad ve retrograd serebral perfüzyon bulunmaktadır. Antegrad serebral perfüzyon, beyne ileri yönde kan akışını sağlarken, retrograd serebral perfüzyon ters yönde dolaşımı içerir.

Farmakolojik destek, DHSA sırasında nörolojik koruma ve inflamasyonun kontrolü için kritik öneme sahiptir. Barbitüratlar, merkezi sinir sisteminde inhibitör etkilerini artırarak serebral metabolizmayı yavaşlatır. Steroidler inflamatuvar yanıtı baskılar ve osmotik diüretikler ödemi önler. DHSA, modern cerrahi tekniklerle güvenli ve etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Ancak, komplikasyonların önlenmesi için dikkatli bir yönetim ve monitörizasyon gereklidir. Bu nedenle, deneyimli bir cerrahi ekip ve protokollerin sıkı bir şekilde uygulanması esastır. DHSA ile ilişkili risklerin azaltılması ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesi adına, cerrahi protokoller ve farmakolojik stratejilerdeki gelecekteki ilerlemeler umut vaat etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Derin Hipotermik Sirkülatuar Arrest (DHSA), Kardiyopulmoner Baypas (CPB), Serebral Koruma, Farmakolojik Destek, Kardiyovasküler Cerrahi

ABSTRACT

Deep hypothermic circulatory arrest (DHCA) is a critical technique utilized in complex cardiovascular surgeries to temporarily halt blood circulation by reducing body temperature. This approach enables surgeons to create a hemodynamically stable and motionless surgical field while ensuring cerebral protection and preserving organ function. The foundations of DHCA trace back to the 1950s, with Griep et al. pioneering its application in aortic arch surgeries in 1975, thus laying the groundwork for modern utilization.

The clinical procedure involves three essential stages: initiation of cardiopulmonary bypass (CPB), induction of hypothermia, and implementation of circulatory arrest. CPB facilitates extracorporeal blood oxygenation and recirculation, while hypothermia significantly reduces metabolic rates by up to 90%, protecting organs under low oxygen conditions. Circulatory arrest is generally limited to 30–40 minutes. Cerebral protection techniques, including antegrade and retrograde cerebral perfusion, play a pivotal role in minimizing neurological complications.

Pharmacological interventions are integral to DHCA, providing neuroprotection and controlling inflammation. Barbiturates decelerate cerebral metabolism, steroids suppress inflammatory responses, and osmotic diuretics mitigate cerebral edema. Despite its efficacy and safety in contemporary surgical practice, DHCA requires meticulous monitoring and management to prevent complications. Future advancements in surgical protocols and pharmacological strategies hold promise for reducing associated risks and improving patient outcomes.

Keywords: Deep Hypothermic Circulatory Arrest (DHCA), Cardiopulmonary Bypass (CPB), Cerebral Protection, Pharmacological Support, Cardiovascular Surgery

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Burak COŞKUN, Sağlık Bakanlığı Ordu Devlet Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi, Ordu, Türkiye, Mehmetburakcoskun@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-6748-575X

Atıf /Cite: Coşkun MB. Derin Hipotermik Sirkülatuar Arrest: Tarihçe, Klinik Uygulamalar ve Nörolojik Koruma Stratejileri. Mehes Journal. 2024;2(4):37-47.

The journal is licensed under a [Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

GİRİŞ

Açık kalp cerrahisi, kalbin iç yapılarına doğrudan erişim sağlamak amacıyla sternotomi yoluyla gerçekleştirilen bir grup cerrahi prosedürü kapsar. Bu yöntem, koroner arter bypass greftleme (KABG), kalp kapakçıklarının onarımı veya değiştirilmesi ve doğuştan gelen kalp kusurlarının düzeltilmesi gibi önemli müdahaleleri içerir. Ameliyat sırasında, kardiyopulmoner baypas (KPB) makinesi kalp ve akciğerlerin işlevlerini geçici olarak devralır. Böylece cerrahlar, operasyon sırasında stabil ve kansız bir çalışma alanı sağlarken, vücut dokularının oksijenlenmesi devam eder. Ancak, KPB'nin kullanımı cerrahi başarıyı artırmasına rağmen inflamatuvar yanıtın tetiklenmesi ve organ disfonksiyonu gibi potansiyel komplikasyon risklerini de beraberinde getirebilir (1).

Derin Hipotermik Sirkülatuar Arrest: Tarihçesi ve Gelişimi

Derin hipotermik sirkülatuar arrest (DHSA), cerrahi işlemler sırasında vücut sıcaklığının kontrollü bir şekilde düşürülmesi ve kan dolaşımının geçici olarak durdurulmasıyla karakterize edilen bir tekniktir. Bu yöntem, cerrahlara kan akışının durdurulduğu ve stabil bir operasyon sahası sağlandığı bir ortam sunmak amacıyla geliştirilmiştir (2).

DHSA'nın kökenleri, 1950'li yıllarda hipotermimin cerrahi alandaki uygulamalarına dayanmaktadır. 1952 yılında Dr. F. John Lewis ve ekibi, 28°C'ye soğutulmuş bir hastada atriyal septal defekt onarımı gerçekleştirerek, hipotermimin metabolizmayı yavaşlatıp cerrahi süreyi uzatma potansiyelini ortaya koymuştur (3). Bu önemli başarı, DHSA'nın temel prensiplerinin geliştirilmesine önemli bir katkı sağlamıştır.

1975 yılında Griep ve arkadaşları, aort ark replasmanında DHSA'yı uygulayarak, bu tekniğin modern cerrahideki temel kullanımını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalar, DHSA'nın serebral perfüzyonun korunması ve cerrahi güvenliğinin artırılmasında etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır (2). Griep ve ekibinin bu çalışması, DHSA'nın kardiyovasküler cerrahide standart bir teknik olarak benimsenmesine zemin hazırlamıştır.

DHSA'nın tarihçesi, cerrahi tekniklerin ve nöromonitörizasyon yöntemlerinin ilerlemesiyle paralel bir gelişim göstermiştir. Günümüzde DHSA, neonatal dönemdeki kompleks konjenital kalp defektlerinin onarımında yaygın şekilde kullanılmakta ve nörolojik komplikasyonları önemli ölçüde azaltmaktadır (4).

Aort Cerrahisi

Aort cerrahisi, vücudun en büyük atardamarı olan aortun çeşitli patolojik durumlarının cerrahi yönetimini kapsar. Aort anevrizmaları (aortun genişleyip balonlaşması), aort diseksiyonu (aort duvarında yırtılma) ve aort kapak hastalıkları, aort cerrahisinin başlıca endikasyonları arasında yer alır. Bu tür cerrahiler genellikle kardiyopulmoner baypas (KPB) kullanılarak

gerçekleştirilir ve bazen derin hipotermi ile sirkülatuar arrest gibi özel teknikler gerektirebilir. Özellikle asendan aort diseksiyonları, acil cerrahi müdahale gerektiren ve yüksek mortalite riski taşıyan durumlar arasında yer alır (5).

Aort cerrahisinde, distal aortik perfüzyon ve serebrospinal sıvı drenajı gibi organ koruma stratejileri, spinal kord iskemisi ve nörolojik komplikasyonların önlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. Bu stratejiler, aort cerrahisinin başarılı bir şekilde sonuçlanması ve postoperatif komplikasyonların en aza indirilmesi açısından vazgeçilmezdir (4).

DHSA: Klinik Prosedür

DHSA, özellikle aort cerrahisi ve hassas anatomik bölgelerde gerçekleştirilen operasyonlarda, cerrahi başarının kritik bir unsuru olarak kabul edilen hayati bir tekniktir. Bu prosedür, sırasıyla kardiyopulmoner baypasın (KPB) başlatılması, hipoterminin indüksiyonu ve sirkülatuar arrestin uygulanması olmak üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

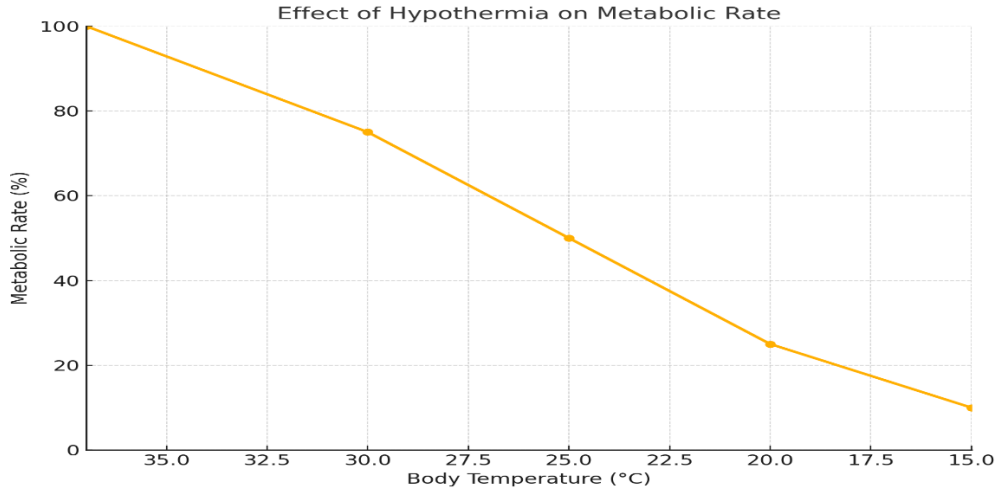
1. Kardiyopulmoner Baypasın (KPB) Başlatılması

Cerrahi müdahaleden önce hasta, kardiyopulmoner baypas (KPB) makinesine bağlanır. KPB, kanın vücut dışına alınarak oksijenlendirilmesini ve ardından sistemik dolaşıma geri pompalanmasını sağlar. Bu süreç, cerrahların kansız ve stabil bir operasyon alanında çalışmasını mümkün kılar (2). Ayrıca, KPB, cerrahi sırasında organların kan akımı olmaksızın oksijenlenmesini sürdürerek hayati fonksiyonların korunmasına olanak tanır.

2. Hipoterminin İndüksiyonu

Kardiyopulmoner baypas (KPB) kullanılarak hastanın vücut sıcaklığı kontrollü bir şekilde 18–20°C'ye kadar düşürülür. Bu sıcaklık aralığı, metabolik hızı yaklaşık %90 oranında azaltarak organların, özellikle beynin, hipoksik koşullarda zarar görmesini engeller. Hipoterminin sağladığı metabolik yavaşlama, cerrahların daha uzun süre güvenli bir şekilde çalışmasına olanak tanır (4).

Bununla birlikte, hipotermi indüksiyonunun dikkatli bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi, hipotermiye bağlı komplikasyonların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (6).



Şekil 1. Hipoterminin metabolik hız üzerindeki etkisi (2).

3. Sirkülatuar Arrestin Başlatılması

Hedef vücut sıcaklığına ulaşıldığında, kardiyopulmoner baypas (KPB) makinesi durdurulur ve sistemik kan dolaşımı tamamen kesilir. Bu aşamada, cerrahi işlemlerin genellikle 30-40 dakikalık bir süre içerisinde tamamlanması gereklidir. Sürenin uzaması durumunda, serebral iskemi ve nörolojik komplikasyon riski önemli ölçüde artar (7). Bu nedenle, cerrahi prosedürün belirtilen süre zarfında tamamlanması, serebral iskemi ve nörolojik komplikasyon risklerini en aza indirmek açısından hayati önem taşımaktadır.

Klinik Önemi

DHSA, özellikle kompleks aort cerrahisi sırasında serebral korumanın sağlanması ve organ fonksiyonlarının sürdürülmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde, DHSA, cerrahların hassas anatomik bölgelerde daha güvenli ve etkili müdahaleler gerçekleştirmelerine olanak tanıyan bir standart prosedür haline gelmiştir. Ayrıca, bu prosedür sırasında kullanılan teknikler ve nöromonitörizasyon yöntemleri, cerrahi sonuçların iyileştirilmesi amacıyla sürekli olarak geliştirilmektedir (6).

4. Serebral Koruma Teknikleri

Serebral koruma, özellikle aort cerrahisi sırasında beyinde meydana gelebilecek nörolojik hasarın önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Beyni korumak amacıyla en sık kullanılan iki temel teknik, antegrad serebral perfüzyon (ASP) ve retrograd serebral perfüzyon (RSP) olarak tanımlanmaktadır. Bu tekniklerin uygulama protokolleri ve monitörizasyon stratejileri aşağıda detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Antegrad Serebral Perfüzyon (ASP)

Antegrad serebral perfüzyon (ASP), kanın belirli arterler aracılığıyla beyne yönlendirilerek oksijenlenmenin sürdürülmesini hedefleyen bir tekniktir. Bu yöntem, özellikle aort arkı cerrahisi sırasında beyin kan akışının sürekliliğini sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Cerrahi Teknik

- **Perfüzyon Yöntemi:** Perfüzyon, sağ brakisefalik arter (innominate arter) ve sol karotis arter yoluyla sağlanır. Cerrahi gereksinimlere bağlı olarak, sol subklavian arter geçici olarak bağlanabilir veya perfüzyon uygulanmayabilir.

Perfüzyon Uygulaması

1. **Kan Akışı: KPB** makinesi aracılığıyla oksijenlenmiş kan, ısıtılmadan veya hafifçe soğutulmuş arterlere iletilir.
2. **Basınç ve Akış Hızı:** Perfüzyon basıncı 50–70 mmHg arasında tutulur ve akış hızı yaklaşık 10–20 mL/kg/dakika olarak ayarlanır.
3. **Sıcaklık:** Beyin korumasını optimize etmek için kanın sıcaklığı genellikle 15–20°C arasında tutulur. Bu sıcaklık aralığı, serebral metabolizmayı önemli ölçüde azaltarak iskemik hasarı önlemeye yardımcı olur (2, 6).

Monitörizasyon

- **Bilateral NIRS (Yakın Kızılötesi Spektroskopisi):** Serebral oksijenlenme düzeylerini sürekli izlemek amacıyla kullanılır.
- **Kan Gazları:** Perfüzyon yeterliliği, düzenli kan gazı analizi ile doğrulanır.
- **Transkraniyal Doppler:** Karotis arterlerdeki kan akışı değerlendirilir.

Retrograd Serebral Perfüzyon (RSP)

- **Retrograd serebral perfüzyon (RSP),** kanın üst vena kava aracılığıyla ters yönde beyne yönlendirilmesini sağlayarak embolik materyalin temizlenmesini ve serebral venöz dolaşımın desteklenmesini amaçlayan bir tekniktir. Bu yöntem, serebral korumanın sağlanmasında genellikle tamamlayıcı bir teknik olarak kullanılmaktadır.

Cerrahi Teknik

- **Retrograd Serebral Perfüzyon (RSP):** RSP, üst vena kavaya yerleştirilen özel tasarlanmış kanüller aracılığıyla gerçekleştirilir. Kanüller kardiyopulmoner baypas devresine bağlanır ve oksijenlenmiş kanın retrograd akışı sağlanır.

Akış ve Basınç Ayarları

- **Basınç:** Retrograd akış basıncı, 15–25 mmHg arasında tutulmalıdır. Basıncın bu aralığın üzerine çıkması, serebral venöz sistemde basınç kaynaklı hasara yol açabilir.

- **Akış Hızı:** Akış hızı genellikle 200–300 mL/dakika arasında ayarlanır. Bu hız, embolik materyalin temizlenmesi ve serebral koruma sağlanması açısından yeterlidir (2).

Reperfüzyon ve Isıtma

Cerrahi işlemin tamamlanmasının ardından, kalp akciğer makinesi yeniden devreye alınarak sistemik kan dolaşımı başlatılır. Bu aşamada, vücut sıcaklığı kademeli olarak artırılır. Hızlı ısıtma, koagülopati ve organ hasarına yol açabileceğinden, bu süreç dikkatle yönetilmelidir. Kademeli ısıtma, koagülopati ve organ hasarı risklerini en aza indirmek için hayati önem taşımaktadır (4–6).

Barbitüratlar

Barbitüratlar, DHSA sırasında serebral metabolizmayı yavaşlatarak oksijen ve enerji tüketimini azaltan farmakolojik ajanlardır. Özellikle tiyopental sodyum gibi kısa etkili ajanlar, nöroprotektif etkileri nedeniyle tercih edilmektedir.

Etki Mekanizması

- **Metabolik Hız Azalması:** Barbitüratlar, merkezi sinir sisteminde inhibisyon sağlayarak serebral oksijen tüketimini %50–60 oranında azaltır.
- **Glutamat İnhibisyonu:** Eksitator bir amino asit olan glutamatın salınımını baskılar ve nöroprotektif etki sağlar.
- **Serbest Radikal Temizleme:** Serbest radikalleri temizleyerek oksidatif hasarı önler ve hücrel hasarı sınırlar (7).

Uygulama Zamanı

Barbitüratlar genellikle hipotermi indüksiyonu sırasında uygulanır ve uzun süreli sirkülatuar arrest durumlarında tercih edilir (4).

Klinik Kullanımı

- **Dozaj:** 3–5 mg/kg intravenöz (IV) olarak uygulanır.
- **Avantajları:** Uzun sirkülatuar arrest sürelerinde nörolojik komplikasyonların azaltılmasına yardımcı olur.
- **Yan Etkiler:** Hipotansiyon, solunum depresyonu ve ilaç birikimi gibi riskler içerebilir (2).

Steroidler

Steroidler, inflamatuvar yanıtı azaltmak ve organ korumasını artırmak amacıyla kullanılan farmakolojik ajanlardır. Özellikle metilprednizolon, DHSA sırasında sistemik inflamatuvar yanıt sendromunu (SIRS) baskılamak için yaygın olarak tercih edilmektedir (7).

Etki Mekanizması

- **Enflamasyon Baskılanması:** Steroidler, pro-enflamatuar sitokinlerin (IL-1, TNF- α) salınımını azaltarak inflamatuvar yanıtı baskılar.
- **Serbest Radikal Temizleme:** Antioksidan etkileri sayesinde oksidatif stresi azaltır ve hücrel hasarı önler.
- **Hücre Stabilizasyonu:** Hücre zarlarını stabilize ederek hasara karşı direnci artırır ve organ fonksiyonlarını destekler.

Uygulama Zamanı

Steroidler genellikle KPB başlamadan önce uygulanır ve inflamatuvar yanıtı kontrol altına almak için erken dönemde tercih edilir.

Klinik Kullanımı

- **Dozaj:** 30 mg/kg intravenöz (IV) olarak uygulanır.
- **Avantajları:** Serebral ödemin önlenmesi, spinal kord iskemisinin azaltılması ve multiorgan disfonksiyonunun önlenmesine yardımcı olur.
- **Yan Etkiler:** Hiperglisemi, bağışıklık baskılanması ve yara iyileşmesinde gecikme gibi istenmeyen etkiler görülebilir (4).

Osmotik Diüretikler

Mannitol, DHSA sırasında beyin ödemi önlemek ve oksidatif stresin zararlı etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan temel bir osmotik diüretiktir.

Hipotermi İndüksiyonu

- **Uygulama Zamanı:** Hipotermi indüksiyonundan önce mannitol uygulanır. Bu uygulama, intrakraniyal basıncı azaltarak serebral dokuların korunmasını destekler (7).

Sirkülatuar Arrest Süreci

- **Beyin Koruması:** Sirkülatuar arrest sırasında mannitol, serbest radikalleri temizleyerek ve oksidatif hasarı önleyerek beyin dokusunun korunmasına yardımcı olur.

Klinik Kullanımı

- **Dozaj:** 0.5–1 g/kg intravenöz (IV) bolus olarak uygulanır.
- **Uygulama Süresi:** Doz, cerrahi gerekliliklere ve arrest süresine bağlı olarak tekrarlanabilir.
- **Etkisinin İzlenmesi:** Serum elektrolitleri ve ozmolalite düzeyleri düzenli olarak izlenmelidir. Yüksek ozmolalite (>320 mOsm/L) komplikasyonlara yol açabileceğinden dikkatle değerlendirilmelidir.

DHSA'da kullanılan farmakolojik destek ajanlarının karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. DHSA'da kullanılan farmakolojik destek ajanlarının karşılaştırılması (4).

İlaç Grubu	Ana Etki	Etki Mekanizması	DHSA'daki Kullanımı	Dozaj (IV)
Barbitüratlar	Serebral metabolizmayı ve oksijen ihtiyacını azaltır	Santral sinir sistemi aktivitesini inhibe ederek metabolik hızı düşürür	Hipotermi induksiyonu sırasında, uzun arrest durumlarında	3-5 mg/kg
Steroidler	Enflamasyonu baskılar ve hücre zararını stabilize eder	Pro-enflamatuar sitokinleri (örn. IL-1, TNF- α) azaltır	CPB başlamadan önce enflamasyonu kontrol etmek için	30 mg/kg
Osmotik Diüretikler	Serebral ödemi önler ve oksidatif stresi azaltır	İntrakraniyal basıncı azaltır ve serbest radikalleri temizler	Hipotermi ve arrest sırasında serebral koruma için	0.5-1 g/kg

Risk Yönetimi

DHSA sırasında nörolojik hasar, kanama ve organ disfonksiyonu gibi komplikasyonların önlenmesi, uygun farmakolojik destek stratejilerinin yanı sıra etkin nörolojik monitörizasyon ve serebral oksijenasyonun sürekli izlenmesiyle mümkün olmaktadır. Bu uygulamalar, cerrahi sonuçların iyileştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (2).

TARTIŞMA

Ghunaim ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, DHSA uygulanan çocuklar ile kontrol grubundaki çocukların nörogelişimsel değerlendirmeleri karşılaştırılmıştır. Çalışmaya toplamda 35 hasta dahil edilmiş olup, 25'i DHSA grubunda, 10'u ise kontrol grubunda yer almıştır. Ameliyat öncesi verilerde gruplar arasında demografik veya klinik fark bulunmamasına rağmen, DHSA grubunda daha kısa KPB ve operasyon süreleri kaydedilmiştir. Bununla birlikte, postoperatif dönemde gruplar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Nörogelişimsel değerlendirme sonuçları, DHSA'nın bilişsel, iletişimsel ve motor beceriler üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Ancak, DHSA süresi ile bilişsel ve motor puanlar arasında negatif bir ilişki saptanmış, bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (8).

Tweddell ve arkadaşlarının (2002) çalışmasında, DHSA sürelerinin uzamasının nörolojik hasar ile ilişkili olduğu ve olumsuz nörogelişimsel sonuçlara yol açabileceği belirtilmiştir. nedeniyle palyasyon geçiren 115 ardışık hasta üzerinde yapılan bu çalışmada, sağkalım oranlarını artırmaya yönelik stratejiler de tanımlanmıştır (9).

Fuller ve arkadaşları (2002), KPB ve DHSA sürelerinin bebek kalp ameliyatı sonrası 1 yaşındaki gelişimsel sonuçları öngörmediğini göstermiştir. Bu çalışmada, DHSA'nın uzun sürelerinin beyin gelişimi üzerindeki potansiyel etkilerine rağmen, bu sürelerin gelişimsel sonuçlarla anlamlı bir ilişki göstermediği ifade edilmiştir (10).

Uzark ve arkadaşlarının (1998) çalışmasında, DHSA'nın, özellikle yenidoğan ve küçük çocuklarda KPB ile ilişkili morbiditeyi azaltma potansiyeli nedeniyle sıkça tercih edildiği vurgulanmıştır. Çalışma, fonksiyonel tek ventrikül Fontan onarımı yapılan çocukların nörogelişimsel sonuçları üzerinde DHSA'nın etkilerini ayrıntılı bir şekilde incelemiştir (11).

Bellinger ve arkadaşlarının (1999) çalışmasında, DHSA'nın teknik avantajları nedeniyle pediatrik kalp cerrahisinde yaygın olarak kullanıldığı ifade edilmiştir. Ancak, DHSA'nın nörogelişimsel sonuçları üzerindeki etkileriyle ilgili önceki çalışmaların çelişkili bulgular sunduğu belirtilmiştir. Michigan Üniversitesi'nde yapılan prospektif bir çalışma, DHSA'nın bölgesel serebral perfüzyon ile karşılaştırıldığında, 1 yaşındaki gelişimsel testler açısından anlamlı bir fark yaratmadığını göstermiştir (12, 13).

Kosiosek ve arkadaşlarının (2022) çalışması, DHSA kullanılmadan yapılan bebek kalp cerrahilerinde nörolojik sonuçların kötüleştiğini ortaya koymuştur. Buna karşılık, Visconti ve arkadaşlarının (2006) retrospektif çalışmasında, yenidoğanlarda bölgesel düşük akışlı serebral perfüzyon ile DHSA'nın karşılaştırılması sonucunda, 1 yaşındaki nörogelişimsel sonuçlar açısından fark bulunmamıştır. Bu bulgular, DHSA ve alternatif yöntemler arasındaki nörogelişimsel etkiler açısından tutarsız sonuçlara işaret etmektedir (14, 15)

SONUÇ

DHSA, kardiyovasküler cerrahide, özellikle aort cerrahisinde kritik bir rol oynayan etkili bir yöntemdir. Ancak bu yöntemin başarı oranı ve komplikasyon riski, büyük ölçüde uygulama protokollerine ve hasta karakteristiklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Literatürde, DHSA'nın nörolojik ve sistemik etkilerini en aza indirmek amacıyla çeşitli yenilikçi yaklaşımlar önerilmektedir. Sonuç olarak, DHSA'nın komplikasyon oranlarını azaltmak ve hasta sonuçlarını iyileştirmek amacıyla daha kapsamlı klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

DHSA uygulamalarında komplikasyonların yönetimi üzerine yapılan araştırmalar, selektif serebral perfüzyonun bu süreçteki kritik önemini vurgulamaktadır. Özellikle uzun süreli DHSA uygulamalarında, nörolojik koruma stratejileri hayati bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, optimal hematokrit seviyelerinin korunması ve gelişmiş soğutma tekniklerinin entegrasyonu, DHSA'nın güvenilirliğini ve etkinliğini artırabilecek önemli yaklaşımlar arasında yer almaktadır (2, 4, 7).

Bilimsel Sorumluluk Beyanı

Yazarlar, çalışma tasarımı, veri toplama, analiz ve yorumlama dahil olmak üzere makalenin bilimsel içeriğinden, yazımdan, ana çizginin bir kısmından veya içeriğinin hazırlanmasından,

bilimsel olarak gözden geçirilmesinden ve makalenin son halinin onaylanmasından sorumlu olduklarını beyan ederler.

Etik Onay

Çalışmamız derleme olduğu için etik onaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar (lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Yazar Katkıları

Mehmet Burak Coşkun: Makale hipotez, literatür tarama, yazma.

Mali Destek/Finansman

Yok

KAYNAKLAR

1. İkinci S. Açık kalp ameliyatında hafif ve orta derece hipotermi uygulanan hastalarda böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması [tez]. İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=w2QlwlOquRm6GdTIVDb0Uw&no=KWDNZif9xSk9NvRxCqSqQ>
2. Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975;70(6):1051–1063. doi: [10.1016/S0022-5223\(19\)41098-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)41098-0).
3. Lewis FJ, Taufic M. Closure of atrial septal defects with the aid of hypothermia; experimental accomplishments and report of one successful case. *Surgery.* 1953;33(1):52–59. PMID: [13013833](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13013833/).
4. Safi HJ, Miller CC, Huynh TT, Estrera AL, Porat EE. Distal aortic perfusion and cerebrospinal fluid drainage for thoracoabdominal and descending thoracic aortic repair: Ten years of organ protection. *Ann Surg.* 2003;238(3):372–380. doi: [10.1097/01.sla.0000086662.92853.9c](https://doi.org/10.1097/01.sla.0000086662.92853.9c).
5. Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi. Açık kalp cerrahisi geçiren hastalarda gelişen asendan aort diseksiyonları. *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi.* 2003;11(2):157–160. Erişim adresi: <https://tgkdc.dergisi.org/abstract.php?id=469>.
6. Demirağ MK. Hipotermi ve derin sirkulatuar arrest. *Türkiye Klinikleri Kalp Damar Cerrahisi - Özel Konular.* 2013;5(1):1–4. Erişim adresi: <https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-hipotermi-derin-sirkulatuar-arrest-64405.html>.
7. Yüksek A. Derin hipotermi ve sirkulatuar arrest. *Türkiye Klinikleri Kardiyovasküler Cerrahi - Özel Konular.* 2012;4(2):57–60. Erişim adresi: <https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-derin-hipotermi-ve-sirkulatuar-arrest-63219.html>.
8. Ghunaim AH, Aljabri B, Dohain A, Althinayyan GS, Aleissa AI, Alshebly AT, et al. Effect of the duration of deep hypothermic circulatory arrest on the neurodevelopmental outcomes in children undergoing cardiac surgery. *Pediatr Rep.* 2024;16(3):753–62. doi: [10.3390/pediatric16030063](https://doi.org/10.3390/pediatric16030063).
9. Tweddell JS, Hoffman GM, Mussatto KA, Fedderly RT, Berger S, Jaquiss RD, et al. Improving survival in patients undergoing palliation for hypoplastic left heart syndrome: Lessons learned from 115 consecutive patients. *Circulation.* 2002;106(12 Suppl 1):I82–9. doi: [10.1161/01.cir.0000032878.55215.bd](https://doi.org/10.1161/01.cir.0000032878.55215.bd).
10. Fuller S, Nord AS, Gerdes M, Wernovsky G, Jarvik GP, Bernbaum J, et al. Predictors of impaired neurodevelopmental outcomes at one year of age after infant cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;36(1):40–7. doi: [10.1016/j.ejcts.2009.02.049](https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.02.049).
11. Uzark K, Lincoln A, Lamberti JJ, Mainwaring RD, Spicer RL, Moore JW. Neurodevelopmental outcomes in children undergoing functional single ventricle Fontan repair. *Pediatrics.* 1998;101(4):630–3. doi: [10.1542/peds.101.4.630](https://doi.org/10.1542/peds.101.4.630).
12. Bellinger DC, Wypij D, Kuban KC, Rappaport LA, Hickey PR, Wernovsky G, et al. Developmental and neurological status of children at 4 years of age after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass. *Circulation.* 1999;100(5):526–32. doi: [10.1161/01.CIR.100.5.526](https://doi.org/10.1161/01.CIR.100.5.526).
13. Pigula FA, Nemoto EM, Griffith BP, Siewers RD. Regional low-flow perfusion provides cerebral circulatory support during neonatal aortic arch reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(2):331–9. doi: [10.1016/S0022-5223\(00\)70264-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70264-1).

14. Kosiorek A, Donofrio MT, Zurakowski D, Reitz JG, Tague L, Murnick J, et al. Predictors of neurological outcome following infant cardiac surgery without deep hypothermic circulatory arrest. *Pediatr Cardiol.* 2022;43(1):62–73. doi: 10.1007/s00246-021-02745-3.
15. Visconti KJ, Rimmer D, Gauvreau K, del Nido P, Mayer JE Jr, Hagino I, et al. Regional low-flow perfusion versus circulatory arrest in neonates: one-year neurodevelopmental outcome. *Ann Thorac Surg.* 2006;82(6):2207–13. doi: 10.1016/j.athoracsur.2006.05.081.