

ARTICLE TYPE:REVIEW

Kardiyopulmoner Bypass Sırasında Kan Kardiyoplejisi ve Del Nido Kardiyopleji Solüsyonlarının Kullanımı
Use Of Blood Cardioplegia And Del Nido Cardioplegia Solutions During Cardiopulmonary BypassEzhar Ersöz^{1*}¹Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi, Şanlıurfa, Türkiye,
ezharkorkmaz@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7531-4958

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kardiyopulmoner bypass (KPB) sırasında miyokardiyal koruma için kullanılan kan kardiyoplejisi solüsyonları (KKS) ve del Nido kardiyoplejisi solüsyonları (DNKS) hakkında bilgi sağlamaktır. Başarılı açık kalp ameliyatı için miyokardiyal canlılığın korunması kritik öneme sahiptir. Yeterli miyokardiyal koruma sağlamak için farklı bileşimlere sahip kardiyopleji solüsyonları kullanılmaktadır. Ancak optimum bileşim ve uygulama tekniği için bir standart yoktur. DNKS, 1 ünite kan ile 4 ünite kristaloid sıvının karıştırılmasıyla hazırlanırken, KKS genellikle 1 ünite kristaloid sıvı ile 4 ünite kanın karıştırılmasıyla oluşturulur. DNKS genellikle tek doz uygulanırken, KKS her 15-20 dakikada bir tekrarlanmalıdır. DNKS, potasyum klorür ve lidokain içerirken, KKS daha yüksek potasyum konsantrasyonu taşır ve kalsiyum içermez. DNKS, kros-klemp süresi 90 dakikadan kısa olan işlemlerde etkilidirken, KKS daha uzun süreli koruma sağlar. DNKS'nin avantajları arasında zaman tasarrufu, düşük maliyet, az kan ürünü kullanımı ve uzun süreli koruma bulunurken; KKS'nin avantajları arasında yüksek oksijen taşıma kapasitesi ve geniş uygulama yelpazesi yer alır. Buna karşın, DNKS'nin uzun süreli iskemi durumlarında etkinliği azalabilirken, KKS sürekli tekrar gerektirdiği için cerrahi süreci kesintiye uğratabilir ve maliyet artışı yaratabilir. Sonuç olarak, her iki solüsyon da miyokardiyal korumada etkili olsa da, DNKS daha az invaziv ve maliyet etkin bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ancak, uzun süreli iskemi gerektiren karmaşık prosedürlerde KKS'nin daha uygun olabileceği bildirilmektedir. Cerrahin tercihi, hastanın durumu ve cerrahi prosedürün özelliklerine göre değişebilir.

Anahtar Kelimeler: Kardiyopulmoner Bypass, Miyokard Koruması, Del Nido Kardiyoplejisi, Kan Kardiyoplejisi

ABSTRACT

The aim of this study is to provide information about blood cardioplegia solutions (BCS) and del Nido cardioplegia solutions (DNCS) used for myocardial protection during cardiopulmonary bypass (CPB). Maintenance of myocardial viability is critical for successful open heart surgery. Cardioplegia solutions with different compositions are used to provide adequate myocardial protection, but there is no standard for optimal composition and administration technique. DNCS is prepared by mixing 1 unit of blood with 4 units of crystalloid fluid, while BCS is usually prepared by mixing 1 unit of crystalloid with 4 units of blood. DNCS is usually administered as a single dose, while BCS should be repeated every 15-20 minutes. DNCS contains potassium chloride and lidocaine, while BCS has a higher potassium concentration and does not contain calcium. DNCS is effective for procedures with a cross-clamp time of less than 90 minutes, whereas BCS provides longer protection. The advantages of DNCS include time saving, low cost, less blood product use and prolonged protection, while the advantages of CDS include high oxygen carrying capacity and a wide range of applications. On the other hand, the efficacy of DNCS may decrease in prolonged ischaemia, whereas BCS may interrupt the surgical process and increase costs because it requires continuous repetition. In conclusion, although both solutions are effective in myocardial protection, DNCS stands out as a less invasive and cost-effective option. However, it has been reported that in complex procedures requiring prolonged ischaemia, BCS may be more appropriate. The surgeon's preference may vary according to the patient's condition and the characteristics of the surgical procedure.

Keywords: Cardiopulmonary Bypass, Myocardial Protection, Del Nido Cardioplegia, Blood Cardioplegia

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ezhar ERSÖZ, Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahi Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye, ezharkorkmaz@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7531-4958

Atf /Cite: Ersöz E. Kardiyopulmoner Bypass Sırasında Kan Kardiyoplejisi ve Del Nido Kardiyopleji Solüsyonlarının Kullanımı. Mehes Journal. 2024;2(3):48-57.



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

GİRİŞ

Kalp vücuttaki doku başına enerjinin en büyük üreticisi ve tüketicisidir (1). Kalp öncelikle yağ asitlerini ve karbonhidratları oksitleyerek adenozin trifosfat (ATP) ve diğer yüksek enerjili fosfatlar formunda enerji üretir. Kalp, günde kendi ağırlığının 35 katı ATP üretmekte olup 300 mg ATP'ye sahiptir (2). Bu nedenle, kasılma fonksiyonunun sürdürülmesi için kalbe sürekli oksijen sağlanması şarttır. Kalbe giden bölgesel veya genel kan akışının kesintiye uğraması genel olarak iskemi olarak adlandırılır ve hem oksijen hem de substrat tedariğinin kesintiye uğramasından oluşur. İskeminin başlamasıyla birlikte kasılma fonksiyonu önce azalır, sonra hızla bozulur. Bir iskemi atağından sonra koroner akımın yeniden başlamasına reperfüzyon denir (3).

Kardiyopulmoner Bypass (KPB)

KPB, kalp ve büyük damarlarda ameliyatı kolaylaştırmak için dolaşım ve solunum desteğinin yanı sıra sıcaklık yönetimi sağlayan bir ekstrakorporeal dolaşım (EKD) şeklidir. KPB'nin güvenli bir şekilde uygulanması cerrah, perfüzyonist ve anestezi uzmanı arasında bir ekip çalışması gerektirir. KPB kullanılarak yapılan kalp ameliyatı ilk olarak 6 Mayıs 1953'te John Gibbon Jr tarafından atriyal septal defekti (ASD) onarmak için gerçekleştirildi; ancak ilk olarak 1955 ilkbaharında John Kirklin ve CW Lillehei tarafından rutin olarak kullanıldı (4).

İskemi-reperfüzyon hasarı

İskemi-reperfüzyon hasarı, iskemik dokularda nispeten azalmış antioksidatif ajanların varlığında aşırı miktarda reaktif oksijen radikallerinin üretilmesinden kaynaklanan hücre hasarı oluşumu olarak tanımlanmaktadır. İskemi-reperfüzyon hasarı, miyokard enfarktüsü, serebrovasküler hastalık, akut böbrek hasarı, travma, orak hücreli anemi, kalp durması ve uyku apnesi gibi bir dizi patolojik durumla ilişkilidir. Yüksek mortalite ve morbiditeye neden olma potansiyeline sahiptir. İskemi sırasında hücre içi kalsiyum dengesinin bozulması, hücresel enerji depolarının tükenmesi, mitokondriyal geçirgenliğin artması ve hücre iskeletinin kırılabilirliği rol oynar. Süperoksit anyonları, hidroksil radikalleri, hidrojen peroksit ve peroksinitrit gibi reaktif oksijen türevleri iskemi sırasında oksidatif stresi artırır (5, 6).

Miyokardiyal koruma

Miyokardiyal hasarının nedenleri reperfüzyon ve global miyokard iskemisidir. Doku reperfüzyonu, daha fazla iskemiye önlemek için kullanılır; ancak bazı durumlarda iskemi-

reperfüzyon (I/R) hasarı olarak bilinen bir süreçle hasarı kötüleştirebilir, bu birçok organda meydana gelebilir ve ek bozukluklara, sakatlığa ve hatta ölüme neden olabilir (5). Miyokard reperfüzyon hasarı; 3 farklı şekilde sonuçlanabilir: “miyokardiyal stunning”, “mikrovasküler fonksiyon bozukluğu” ve “ölümcül reperfüzyon hasarı”. Günümüzde kapsamlı şekilde uygulanan miyokard koruma çalışmaları; derin hipotermi, topikal miyokardiyal soğutma ve kardiyopleji solüsyonları (reperfüzyon hasarını önlemek) olarak özetlenebilir. Kardiyak arrest sonucu oluşan miyokardiyal hasara karşı koruma sağlamak için amacıyla KPB sırasında kardiyoplejik solüsyonlar kullanılır. Miyokardiyal iskemi/reperfüzyon (IR) kardiyak cerrahi sırasında meydana gelir ve kardiyoplejik solüsyonların etkileri sınırlı olsa da koruyucu bir etkiye sahiptir (6).

Kardiyopleji

Kardiyoplejik solüsyon türleri kan, kristalloid ve mikroplejidir. KPB sırasında kullanılan ilk solüsyon olan kardiyopleji, yüksek potasyum sitrat seviyelerinin geri dönüşümlü kalp durmasına neden olduğunu keşfeden Dr. Melrose tarafından 1955 yılında uygulanmıştır (7). KPB ile yapılan koroner bypass operasyonlarında kalp genellikle kardiyoplejik solüsyonlarla durdurulur. Kros-klemp konulduğu sırada değişen derecelerde miyokardiyal hasar oluşabilir, ancak hasar uygun koruyucu tekniklerle önlenir. Tüm kardiyopleji yöntemleri, kalbi diastolde hızla durdurarak kardiyoprotektif amaçlarla kullanılır. Kardiyopleji solüsyonları hiperkalemiye bağlı membran potansiyelini depolarize ederek etki eder (8). Kalp cerrahisinde diastolik arrest ve KPB sırasında miyokardiyal koruma, uzun yıllardan beri klinik araştırmacıların önemli bir ilgi noktası olmuştur. Ancak, optimal kardiyoprotektif strateji ve ideal kardiyopleji solüsyonu çözümü hala tartışma konusudur. Kristalloid kardiyoplejisi ilk uygulama olmasına rağmen; kanın O₂ transferi, tamponlama, vücut osmolaritesi ve elektrolit gibi özellikleri sayesinde kan kardiyoplejisi uygulanmaya başlanmıştır. Kan kardiyoplejisi, dünya çapında en yaygın kullanılan kardiyopleji uygulamalardan biri olmaya devam etmektedir (7). Kardiyopleji uygulamasının zamanlaması miyokardiyal disfonksiyonun önlenmesinde son derece önemlidir. Kalbi durdurmak için yaklaşık 300 ila 500 mL gerekir; ancak, ciddi koroner arter stenozu veya sol ventrikül hipertrofisi olgularında miyokarda yeterli perfüzyonu sağlamak için büyük başlangıç dozları infüze edilir (9). Geleneksel çok dozlu kardiyopleji her 15-20 dakika'da (dk) bir tekrar tekrar uygulanmalıdır. Zamanın önemli olduğu açık kalp ameliyatında, her kardiyopleji uygulamasından önce cerrahi sürecin kısa süreli bile olsa sık sık kesintiye uğraması zaman kaybına neden olmakta, operasyonun tutarlılığını ve cerrahi konsantrasyonu bozmaktadır. Bu nedenle daha uzun yeniden doz aralıklarına, daha

uzun güvenli iskemik süreye izin veren ve eşdeğer miyokardiyal koruma sağlayan bir solüsyon ideal seçenek olacaktır (10).

Kristalloid kardiyopleji, içerdiği potasyum ve sodyuma bağlı olarak hücre dışı ve hücre içi olmak üzere iki tiptir. Mikropleji düşük kristalloid hacmi ve orta düzeyde uygulama içerir. İskemi reperfüzyon hasarını azaltmak için kros-klemp çıkarılmadan önce hot shot (sıcak kan kardiyoplejisi) uygulanması, ısıya bağımlı enzimatik ve metabolik işlevi hızlandırır ve miyokardın oksijen alımını yükseltir (11).

Kan Kardiyoplejisi Solüsyonu (KKS)

KBP devresinden alınan kanla kristalloid sıvıların belli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulur. Günümüzde KKS sıklıkla, bir ünite kristalloid solüsyonun/ dört ünite kanla karıştırılması ile hazırlanır. Kalbi diyastolde durduracak potasyum konsantrasyonunun indüksiyon dozunun yaklaşık 20 mmol/L olduğu, aralıklı dozlarda ise 10 mmol/L olduğu bilinmektedir. Genellikle ilk doz 10 ml/kg olmak üzere 250-300 ml/dk hızla verilir. Daha sonraki dozlar 20 dk'da bir 3-4 ml/kg olarak ayarlanır. Erişkinlerde birçok miyokardiyal koruma için özellikle St. Thomas kardiyoplejisi solüsyonu (STKS) ve KKS yöntemi kullanılmaktadır (12). KKS; ejeksiyon fraksiyonun (EF) % 40'ın altında olduğu ve kros-klemp süresinin uzun olduğu olgularda daha faydalıdır (13). Arrest esnasında ATP kaybını önlerken aynı anda metabolik faaliyetlerin devam etmesini de sağlar. Diğer kardiyopleji tekniklerine göre yüksek O₂ taşıma kapasitesine sahiptir. Yapısındaki plazma proteinleri sayesinde interstisyel ödemi önler ve daha iyi tamponlama sağlar. Kristalloid kardiyoplejiye kıyaslandığında daha visköz bir yapısı vardır ve kalbin sıcaklığının düzenlenmesinde daha etkilidir (14).

Del-Nido Kardiyoplejisi Solüsyonu (DNKS)

DNKS'nin yapısı daha seyrekliktir. Del-Nido Kardiyopleji Solüsyonu hazırlanırken kan eklenebilir. Del-Nido solüsyonunun en sık kullanılan şekli kanlı veya kansız olabilir. Kan eklenmesi, özellikle yetişkin hastalarda ve uzun süreli operasyonlarda kalbin daha iyi korunmasını sağlamak için tercih edilir. Solüsyonun içeriği 1 ünite kan/4 ünite kristalloid mayi olarak hazırlanır ve açık kalp ameliyatı sırasında kalbin depolarizasyonda durmasına sağlar. DNKS, sadece glikoz bazlı olmaması ve kalsiyum içermemesi nedeniyle diğer kardiyopleji solüsyonlarından farklıdır. Aynı zamanda ucuzdur ve genellikle tek doz olarak uygulanır (15). Bu solüsyon, kalsiyumun hücre içi boşluğa akışını engellemeye yardımcı olarak zararlı kalsiyum iyonlarının hücre içi birikimini azaltır, enerji tüketimi hızını yavaşlatır, serbest

radikalleri temizler, miyokardiyal ödemi azaltır, yüksek enerjili fosfatları korur ve anaerobik glikolizi destekler (16).

DNKS, potasyum bazlı ve modifiye depolarizan bir kardiyoplejik solüsyondur. Ekstraselüler sıvıya benzer elektrolit bileşimine sahip bir Plazma Lyte A baz solüsyonu bulundurur. Temel durdurucu olarak potasyum klorür bulundurmasına rağmen, içerisinde sodyum kanal blokajını artıran membran stabilize edici bir madde olan lidokain bulunur ve magnezyum içeriği ile birlikte kalsiyum antagonisti görevi görür (Tablo 1) (17, 18).

Tablo 1. DNKS'nin kristalloid bileşenleri (18)

Plazma-Lyte	500 mL
Mannitol% 20 (miyokardiyal ödemi azaltır)	16.3 mL
Magnezyum sülfat% 50 (uzun süreli bir arrest süresine katkıda bulunur)	4 mL
Sodyum bikarbonat% 8.4 (yüksek tamponlamayı sağlar)	13 mL
Potasyum klorür (2 mEq / mL)(diastolik arresti sağlar)	13 mL
Lidokain% 1 (uzun süreli bir arrest süresine katkıda bulunur)	13 mL

DNKS'nin ana avantajı, kros-klomp süresi 90 dk'dan kısa olan prosedürlere tabi tutulan kişiler için tek doz uygulanmasıdır. İntraselüler pH seviyelerini koruyarak 90 dk'dan uzun süre güvenli miyokardiyal koruma sağlar (19).

Geçmişte pediatrik kalp cerrahisinde yaygın olarak kullanılan DNKS son zamanlarda erişkin kalp cerrahisinde de daha popüler hale geldi. Bu kardiyopleji yönteminin standart aralıklı KKS kıyasla çeşitli avantajları gösterilmiştir; bunlardan bazıları kısalmış perfüzyon ve operasyon süreleri, kan ürünlerinin kullanımının azaltılması ve benzer düzeyde miyokardiyal korumadır (20).

DNKS, tek doz uygulamasıyla uzun süreli kalp koruması sağlar ve 1990'lı yılların başından beri pediatrik kalp cerrahisinde güvenle kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan pek çok çalışmada, DNKS kullanılarak yapılan erişkin kalp cerrahisi operasyonlarında da oldukça başarılı ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir (21).

TARTIŞMA

EKD uygulamalarında miyokardiyal koruma çok önemlidir. İçeriğindeki çeşitli kimyasal ajanlar sayesinde kalbin diastol fazında durdurulması yöntemi son yıllarda kardiyopleji solüsyonları ile daha yaygın olarak kullanılmaktadır (22). Maalesef kardiyoplejik solüsyonların birbirine üstünlüğü bakımında çalışmalarda fikir birliği yoktur. Tek ortak nokta, ideal bir

kardiyopleji solüsyonunun kalbi hızlı bir şekilde durdurması, son derece etkili ve uygun maliyetli olmasıdır (23).

Yakın zamanda yapılan çok sayıda gözlemsel çalışma, yetişkinlerde izole edilmiş kardiyak prosedürlerde DNKS kullanımını KKS ile karşılaştırmıştır. Aslında bir meta-analiz, yetişkin izole kalp cerrahisinde DNKS veya KKS kullanılarak yapılan miyokardiyal koruma arasında kısa vadeli benzer klinik sonuçlar gösterdiğini bulmuştur. DNKS ilk olarak 2014 yılında Montreal Kalp Enstitüsü'nde minimal invazif cerrahi içeren izole kapak prosedürleriyle başlayıp yavaş yavaş karmaşık prosedürlere (kapak + koroner arter bypass (CABG), çoklu kapaklar ve aort cerrahisi) doğru genişledi (24). Martins ve arkadaşları (25) çalışmalarında KKS'nin iyi bir kardiyoprotektif olduğunu gösterdiler. Son yıllarda cerrahi teknikteki ilerlemeler, ameliyat öncesi iyi hazırlık, yoğun bakım ve kardiyak anestezi hastalarda mortalite ve morbiditeyi azaltmıştır. Açık kalp ameliyatlarında kullanılacak kardiyoplejik solüsyonların türü cerrahin tercihine göre değişmektedir Miyokard koruma yöntemlerindeki bu gelişmelerle açık kalp ameliyatları da başarılı hale gelmiştir. Mishra ve arkadaşları, açık kalp ameliyatı geçiren yetişkin hastalar üzerinde çalışmış ve DNKS solüsyonunun STKS solüsyonundan daha iyi miyokardiyal koruma sağladığını bildirmiştir (12).

DNKS ve KKS'yi karşılaştıran çalışmalar, bunların benzer miyokardiyal koruma sağladıklarını veya DNKS' nin daha fazla miyokardiyal koruma sağladığını bildirmiştir. Kim ve arkadaşları açık kalp ameliyatı geçiren hastalarla yapılan bir araştırmada, DNKS verilen hastaların %94,9'unda, KKS verilen hastaların ise %30,8' inde spontan defibrilasyon meydana geldiğini rapor etmiştir (26).

DNKS kullanımıyla KPB ve miyokardiyal iskemi sürelerinin azalması diğer bazı grupların bulgularıyla tutarlıdır ve muhtemelen cerrahi onarımın daha az ek kardiyopleji idame dozuyla kesintisiz ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesiyle ilgilidir (24).

Ad ve arkadaşları izole CABG'de benzer klinik sonuçlar ve daha düşük miyokardiyal hücresel hasar gösteren DNKS ile KKS'yi karşılaştıran tek randomize kontrollü çalışmayı yayınladılar (27). Ancak daha az sayıda çalışma, daha uzun kros-klemp sürelerine sahip olan daha karmaşık kardiyak prosedürler ortamında DNKS'yi değerlendirmiştir (28). Mick ve arkadaşları tarafından miyokardiyal iskemi süresi arttıkça miyokardiyal hasarın da artması şeklinde doğrudan ilişki olduğu gösterilmiştir (29).

DNKS'nin ek dozlarına ilişkin protokol, DNKS'nin güvenliğini daha uzun prosedürler için genişletmek amacıyla önceki deneyimlere dayanıyordu. Bununla birlikte, Govindapillai ve arkadaşları izole, işlevsel, yaşlı bir sıçan kalp modelinde 60 dk'lık kardiyoplejik arrest sonrasında tek doza kıyasla çoklu doz DNKS sonrasında kardiyak fonksiyonel iyileşmenin azaldığı ve miyokardiyal ödemin arttığını bildirdiler (30).

Kim ve arkadaşları miyokardiyal iskemi süresinin 100 dk'dan az olduğu karmaşık kalp prosedürleri uygulanan yetişkinlerde DNKS ve KKS arasında eşdeğer klinik sonuçlar bildirdiler (31).

Lenior ve arkadaşları, kompleks aort kökü ameliyatı geçiren yetişkinlerde DNKS'nin KKS'ye alternatif olarak kullanılabilirliğini ve karşılaştırılabilir klinik sonuçlar elde ettiğini bulmuşlardır. DNKS kullanımı daha kısa KPB ve kros-klemp süreleriyle ilişkilendirildi; DNKS, ayrıca özellikle uzamış miyokardiyal iskemi süreleri ile artan miyokardiyal hasarla ilişkilendirilmiştir. Ancak bu gözlemler olumsuz klinik olaylara dönüşmemiştir (32). Yammine ve arkadaşları (33), DNKS'nin kalp ameliyatı geçiren yaşlı hastalar için üstün miyokardiyal koruma sağlama potansiyeline sahip olduğunu gösterdiler.

Kevin ve arkadaşları (34) randomize kontrollü çalışmalarında; hastane içi mortalite açısından DNKS ve KKS arasında fark bulamadılar. Govindapillai ve ark. çalışmalarında DNKS'nin tüm kros-klemp süresi boyunca sürekli kardiyak arrest sağladığını, ancak kros-klemp kaldırıldıktan sonra miyokardın geri dönüşünün yavaş olduğunu bildirdiler (35). Schutz ve arkadaşları DNKS ve KKS ile CABG yapılan 863 hasta üzerinde retrospektif bir çalışma yapmışlar; DNKS ve KKS uygulanan hastalarının preoperatif risk değişkenleri ve sonuçları açısından karşılaştırmışlardır. DNKS ve KKS gruplarının ortalama KPB süresinde ve kros-klemp süresi açısından anlamlı bir fark bulamadılar (36).

Uçak ve Uncu (37) çalışmalarında, CABG sırasında DNKS ve sıcak KKS'nin etkinliğini ve klinik sonuçlarını değerlendirdiler, gruplar arasında böbrek yetmezliği gelişiminde fark olmadığını buldular. Başka bir çalışmada Yerebakan ve arkadaşları da, KKS ve DNKS verilen gruplar arasında benzer oranda böbrek yetmezliği buldular (38).

SONUÇ

Klinik sonuçların karşılaştırılabilirliği ve cerrahi iş akışının iyileştirilmesi nedeniyle DNKS, aort kökü cerrahisi geçiren yetişkinlerde KKS'ye alternatif olarak kullanılabilir. DNKS, tek doz uygulamasıyla diğer kardiyopleji türlerine göre uzun süreli kalp koruması sağlar. Fakat DNKS

kullanımında miyokardiyal iskemi süreleri ile birlikte miyokardiyal hasarda artmaktadır. Maalesef kardiyoplejik solüsyonların birbirine üstünlüğü bakımında çalışmalarda fikir birliği yoktur. İçerik yönünden farklılık açısından DNKS direkt kullanılabilceği gibi, 1 ünite kan ile 4 ünite kristaloid sıvının karıştırılmasıyla da hazırlanabilmektedir. KKS ise genellikle 1 ünite kristaloid solüsyonun 4 ünite kanla karıştırılmasıyla oluşturulur. Uygulama şekli açısından DNKS genellikle tek doz olarak uygulanırken, KKS çok dozlu olarak her 15-20 dakikada bir tekrarlanmalıdır. Elektrolit bileşimi açısından DNKS, potasyum klorür ve lidokain içerirken, KKS daha yüksek potasyum konsantrasyonu ile karakterizedir. DNKS ayrıca kalsiyum içermemesi nedeniyle hücre içi kalsiyum birikimini azaltır. Miyokardiyal koruma süresi yönünden DNKS, kros-klemp süresi 90 dakikadan kısa olan prosedürlerde etkili olurken, KKS daha uzun süreli koruma sağlar.

DNKS'nin avantajları arasında; tek doz uygulaması sayesinde zaman tasarrufu sağlaması, düşük maliyetli ve daha az kan ürünü kullanımı gerektirmesi, intraselüler pH seviyelerini koruyarak uzun süreli miyokardiyal koruma sağlaması, miyokardiyal ödemi azaltması ve yüksek enerjili fosfatları koruması gibi özellikler bulunmaktadır. KKS'nin avantajları arasında; yüksek oksijen taşıma kapasitesine sahip olması, daha visköz yapısı sayesinde kalbin sıcaklığını düzenlemede etkili olması ve geniş uygulama yelpazesi ile farklı cerrahi durumlarda kullanılabilir olması gibi özellikler bulunmaktadır.

DNKS'nin dezavantajları arasında; uzun süreli iskemi durumlarında etkinliği azalabilmesi ve bazı çalışmalarda miyokardiyal geri dönüş süresinin yavaş olması gibi durumlar bulunmaktadır. KKS'nin dezavantajları arasında; sürekli tekrar doz gerektirdiği için cerrahi süreci kesintiye uğratabilmesi ve daha fazla kan ürünü kullanımı gerektirdiği için maliyet artışı olabilmesi bulunmaktadır.

Sonuç olarak hem DNKS hem de KKS, açık kalp cerrahisinde etkili kardiyopleji yöntemleri olarak kabul edilmektedir. Ancak her iki yöntemin de kendi avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Cerrahların tercihleri, hastanın durumu ve cerrahi prosedürün özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

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

Ezhar Ersöz: Makale hipotez, Literatür tarama, Yazma.

Mali Destek/Finansman

Yok

KAYNAKLAR

1. Wang Z, Ying Z, Bosy-Westphal A, Zhang J, Schautz B, Later W, et al. Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(6):1369–77.
2. Doenst T, Nguyen TD, Abel ED. Cardiac metabolism in heart failure: implications beyond ATP production. *Circ Res.* 2013;113(6):709–24.
3. Heusch G. Myocardial ischaemia-reperfusion injury and cardioprotection in perspective. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17:773–89.
4. Shumacker HB. The birth of an idea and the development of cardiopulmonary bypass. Gravlee GP, Davis RF, Stammers AH, Ungerleider RM, editors. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice.* 3rd edition. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2008:21-32.
5. Wu MY, Yiang GT, Liao WT, Tsai APY, Cheng YL, Cheng PW, et. al. Current mechanical concepts in ischemia and reperfusion injury. *Cell. Physiology. Biochemistry.* 2018;46(4):1650-67.
6. Chambers DJ, Fallouh HB. Cardioplegia and cardiac surgery: Pharmacological arrest and cardioprotection during global ischemia and reperfusion. *Pharmacol. Ther.* 2010; 127(1) :41–52.
7. Ali JM, Miles LF, Abu-Omar Y, Galhardo C, Falter F. Global Cardioplegia Practices: Results from the Global Cardiopulmonary Bypass Survey. *J. Extra. Corp. Technol.* 2018; 50(2):83–93.
8. Chambers DJ. Mechanisms and alternative methods of achieving cardiac arrest. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(2):661-6.
9. Cauty DJ, Joshi P, Royse CF, McMillan J, Tayeh S, Smith JA. Transesophageal Echocardiography Guidance of Antegrade Cardioplegia for Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015; 29(6):1498-503.
10. Matte GS, del Nido PJ. History and use of del Nido cardioplegia solution at Boston Children's Hospital *J Extra Corpor Technol.* 2012;44(3):98-103.
11. Verma S, Fedak PW, Weisel RD, Butany J, Rao V, Maitland A, et. al. Fundamentals of reperfusion injury for the clinical cardiologist. *Circulation.* 2002;105(20):2332-36.
12. Mishra P, Jadhav RB, Mohapatra CKR, Khandekar J, Raut C, Ammannaya GK, et. al. Comparison of del Nido cardioplegia and St. Thomas Hospital solution – two types of cardioplegia in adult cardiac surgery. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* 2016; 13(4): 295–99.
13. Teoh KH, Christakis GT, Weisel RD, Fremes SE, Mickle DA, Romaschin AD, et. al. Accelerated myocardial metabolic recovery with terminal warm blood cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986;91(6):888-95.
14. Kaymakçı E. İzole CABG Prosedürü Uygulanan Hastalarda Del Nido Kardiyoplejisinin Postoperatif Erken Dönemde Ventrikül Fonksiyonları Üzerine Etkileri. *Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi.* 2018, Bursa.
15. Matte GS, del Nido PJ. History and Use of del Nido Cardioplegia Solution at Boston Children's Hospital. *J Extra Corpor Technol.* 2012; 44(3): 98-103.
16. Jiang X, Gu T, Shi E, Wang C, Xiu Z, Zhang G. Antegrade versus continuous retrograde del Nido cardioplegia in the David I operation. *Heart Lung Circ.* 2018;27(4):497-502.
17. O'Brien JD, Howlett SE, Burton HJ, O'Blenes SB, Litz DS, Friesen CL. Pediatric cardioplegia strategy results in increased calcium metabolism and decreased serum troponin. *T AnnThoracSurg.* 2009;87(5):1517-23.
18. Yıldırım K. Koroner Arter Bypass Cerrahisi Uygulanması Gereken Hastalarda Miyokardiyal Koruma Sırasında Mikropleji Solüsyonu ve Del Nido Kardiyopleji Solüsyonu Kullanılmasının Kısa Dönem Klinik Sonuçlar Üzerinde Karşılaştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,* 2020, Kahramanmaraş.
19. Sanetra K, Pawlak I, Cisowski M. Del Nido cardioplegia–what is the current evidence?. *Kardiochir Torakochirurgia pol.* 2018;15(2):114-8.

20. Marzouk M, Lafreniere-Bessi V, Dionne S, Simard S, Pigeon C, Dagenais F, et. al. Transition to Del Nido cardioplegia for all comers: the next transition gear?. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):215.
21. An KR, Rahman IA, Tam DY, Ad N, Verma S, Fremes SE, et. al. A systematic review and meta-analysis of del Nido versus conventional cardioplegia in adult cardiac surgery. *Innovations (Phila).* 2019;14 (5):385-93.
22. Buckberg GD, Athanasuleas CL. Cardioplegia: solution or strategies? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 50(5):787-91.
23. Ota T, Yerebakan H, Neely RC, Mongero L, et. al. Short-term outcomes in adult cardiac surgery in the use of del Nido cardioplegia solution. *Perfusion* 2016; 31(1):27-33.
24. Hamad R, Nguyen A, Laliberte E, Bouchard D, Lamarche Y, El-Hamamsy I, et. al. Comparison of del Nido cardioplegia with blood cardioplegia in adult combined surgery. *Innov Phila Pa.* 2017;12(5):356-62.
25. Martins AS, Silva MAM, Padavoni CR, Matsubara BB, Braile DM, Cataneo AJM. Myocardial protection by continuous, blood, antegraderetrograde cardioplegia in rabbits. *Acta Cir Bras.* 2007;22(1):43-6.
26. Kim JS, Jeong JH, Moon SJ, Ahn H, Hwang HY. Sufficient myocardial protection of del Nido cardioplegia regardless of ventricular mass and myocardial ischemic time in adult cardiac surgical patients. *J Thorac Dis.* 2016; 8(8): 2004-10.
27. Ad N, Holmes SD, Massimiano PS, Rongione AJ, Fornaresio LM, Fitzgerald D. The use of del Nido cardioplegia in adult cardiac surgery: a prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(3):1011-8.
28. Li Y, Lin H, Zhao Y, Li Z, Liu D, Wu X, et. al. Del Nido cardioplegia for myocardial protection in adult cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *ASAIO J.* 2018;64(3):360-7.
29. Mick SL, Robich MP, Houghtaling PL, Gillinov AM, Soltész EG, Johnston DR, et al. del Nido versus Buckberg cardioplegia in adult isolated valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;149(2):626-34.
30. Govindapillai A, Hancock Friesen C, O'Blenes SB. Protecting the aged heart during cardiac surgery: single-dose del Nido cardioplegia is superior to multidose del Nido cardioplegia in isolated rat hearts. *Perfusion.* 2016;31(2):135-42.
31. Kim WK, Kim HR, Kim JB, Jung S-H, Choo SJ, Chung CH, et al. del Nido cardioplegia in adult cardiac surgery: beyond single-valve surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;27:81-7.
32. Lenoir M, Bouhout I, Jelassi A, Cartier R, Poirier N, El-Hamamsy I, et. al. Del Nido cardioplegia versus blood cardioplegia in adult aortic root surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021.162(2): 514-22.
33. Yammine M, Neely RC, Loberman D, Rajab TK, Grewal A, McGurk S, et al. The use of lidocaine containing cardioplegia in surgery for adult acquired heart disease. *J Card Surg.* 2015;30(9):677-84.
34. Kevin R. An, Ishtiaq A. Rahman, Derrick Y. Tam, Niv Ad, Subodh Verma, Stephen E. Fremes, et. al, A Systematic Review and Meta-Analysis of del Nido Versus Conventional Cardioplegia in Adult Cardiac Surgery. 2019;14(5):385-93.
35. Govindapillai A, Hua R, Rose R, Friesen CH, O'Blenes SB. Protecting the aged heart during cardiac surgery: use of del Nido cardioplegia provides superior functional recovery in isolated hearts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 146(4):940-8.
36. Schutz A, Zhangc Q, Bertapelled K, Beecher N, Long W, Lee V, et. al. Del Nido cardioplegia in coronary surgery: a propensity-matched analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020;30(5):699–705.
37. Uçak HA, Uncu H. Comparison of Del Nido and Intermittent Warm Blood Cardioplegia in Coronary Artery Bypass Grafting Surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 25(1): 39–45.
38. Yerebakan H, Sorabella RA, Najjar M, Castillero E, Mongero L, Beck J, et al. del Nido cardioplegia can be safely administered in high-risk coronary artery bypass grafting surgery after acute myocardial infarction: a propensity matched comparison. *J Cardiothorac Surg* 2014; 30(9):141.