

Açık Kalp Cerrahisinde Diyabetik Hastalarda Preoperatif Albümin Değerinin Renal Fonksiyon Üzerine Etkisi

Nurşen Tanrıkulu ©
Babürhan Özbek ©

The Effect of Preoperative Albumin Level on Renal Function in Diabetic Patients in Cardiac Surgery

Etik Kurul Onayı: Şişli Kolan Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (15.1.2019).
Çıkar çatışması: Yazarların çıkar çatışması yoktur.
Finansal destek: Yoktur.
Hasta onamı: Çalışma retrospektiftir.

Ethics Committee Approval: Approval was obtained from the Şişli Kolan Hospital Clinical Research Ethics Committee (15.1.2019).
Conflict of interest: The authors have no conflict of interest.
Funding: None.
Informed consent: The study is retrospective.

Cite as: Tanrıkulu N, Özbek B. Açık kalp cerrahisinde diyabetik hastalarda preoperatif albümin değerinin renal fonksiyon üzerine etkisi. GKDA Derg. 2020;26(1):26-31.

Öz

Amaç: Açık kalp cerrahisinde albümin düşüklüğü postoperatif dönemde mortalite ve morbiditeyi arttıran önemli bir risk faktörüdür. Diyabet proetinüri ile albümin kaybına neden olarak bu klinik durumu etkileyebilir. Bu çalışmada preoperatif albümin değerlerinin ve diabetes mellitus (DM) varlığının postoperatif renal yetmezlik üzerine etkileri araştırıldı.

Yöntem: Hastanemiz başhekimliğinden yazılı izin alındıktan sonra hasta dosyaları retrospektif olarak taranarak yoğun bakım ünitemizde yatan septik şok ilişkili akut böbrek hasarı nedeni sürekli renal replasman tedavisi gören ve 18 yaş üstü 53 adet hasta çalışmaya dahil edildi. Hastanemiz biokimya laboratuvarındaki serum fosfat düzeyi referans aralığı 2,5-4,5 mg/dL olduğundan hastaların ortalama serum fosfat düzeylerinin alt sınır referans aralığı olan 2,5 mg/dL ve üst sınır referans aralığı olan 4,5 mg/dL'ye göre istatistiksel değişimleri hesaplandı.

Bulgular: Çalışma periyodunda koroner arter baypas cerrahisi uygulanan 308 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların demografik özellikleri, peroperatif verileri ve operatif verileri benzerdi. Postoperatif dönemde renal replasman tedavisi gereksinimi ise Grup 2 ve Grup 3'de Grup 1'e oranla daha yüksekti.

Sonuç: Preoperatif serum albümin düşüklüğü postoperatif dönemde akut böbrek yetmezliği gelişimi için bir risk faktörü olup, DM varlığı bu durumu olumsuz etkiler. Postoperatif dönemde bu hastaların yakın takibi mortalite ve morbiditeyi azaltmaya olumlu katkı sağlar.

Anahtar kelimeler: albümin, diyabet, koroner arter baypas

ABSTRACT

Objective: In cardiac surgery, low serum albumin level is an important risk factor that increases mortality and morbidity in the postoperative period. Diabetes mellitus may affect this clinical condition by causing albumin loss with proteinuria. In this study, the effects of preoperative albumin values and the presence of diabetes mellitus (DM) on postoperative renal failure were investigated.

Method: Patients who underwent coronary artery bypass grafting between 01.01.2015-31.12.2019 in our clinic were retrospectively analyzed. Patients who received dialysis treatment in the preoperative period, whose ejection fraction was below 50%, and who underwent emergency surgery were excluded from the study. The patients were divided into 3 groups according to the serum albumin levels before surgery. Patients with serum albumin level ≥ 3.5 mg/dL Group 1; those between 2.5-3.5 mg/dL Group 2; patients with ≤ 2.5 were named as Group 3. Later, these 3 groups were divided into 2 subgroups according to the presence of DM.

Results: 308 patients who underwent coronary artery bypass surgery were included in the study. The demographic characteristics, preoperative data and operative data of the patients were similar. The need for renal replacement therapy was higher in Group 2 and Group 3 than in Group 1 in the postoperative period.

Conclusion: Preoperative low serum albumin is a risk factor for the development of acute renal failure in the postoperative period, and the presence of DM adversely affects this condition. Close follow-up of these patients positively contributes to reducing mortality and morbidity.

Keywords: albumin, diabetes mellitus, coronary artery bypass grafting

Received: 03 February 2020
Accepted: 19 March 2020
Publication date: 31 March 2020

Nurşen Tanrıkulu

Kolan International Hospital
Anestezi Servisi
Şişli 34767
İstanbul - Türkiye

✉ nursentanrikulu1@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3601-1468

B. Özbek 0000-0002-3671-2128
Van Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Kalp Damar Cerrahisi Servisi
Van - Türkiye

GİRİŞ

Akut böbrek hasarı (ABH); Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) sınıflamasına göre artan serum kreatinin düzeyi (48 saatte ≥ 0.3 mg / dL ve / veya 7 gün içinde 1.5 kat) ve azalmış idrar çıkışı ile karakterizedir (Tablo 1) ^[1]. ABH; kısa süreli etkileri (sıvı ve elektrolit anormallikleri, asit-baz anormallikleri, sitokin birikimi, üremik toksin birikimi, sistemik inflamasyon) ve uzun dönem etkileri (akut myokard infarktüsü, kronik böbrek hastalığı, mortalite) ile istenmeyen sonuçlara neden olabilir ^[2,3]. ABH'nın gelişiminde hem değiştirilebilen (dehidratasyon, intravasküler volüm azalması, hipotansiyon, anemi, hipoksi, vücut/kitle indeksi), hem de değiştirilemeyen (yaş, cinsiyet, önceki majör invazif girişimler, yüksek riskli cerrahi prosedürler) faktörler rol oynar ^[4,5]. Açık kalp cerrahisi sonrası akut böbrek hasarı ameliyattan saatler veya günler sonra böbrek fonksiyonlarının bozulması ile karakterizedir. Bu tablo oligüri ile beraber serum kan üre azotu (BUN), kreatinin artışı, ciddi asit-baz ve elektrolit dengesizlikleri gelişimi ile kliniğe yansımaktadır ^[6,7].

Açık kalp cerrahisi planlanan bazı hastalarda preoperatif dönemde veya postoperatif dönemde kardiyopulmoner baypasa bağlı olarak albümin düşüklüğü görülebilir. Hipoalbüminemi akut böbrek hasarı için bir ön belirteç olarak kabul edilmektedir ^[8,9]. Postoperatif dönemde hipoalbüminemi ile ABH birlikteliği artmış morbidite ve mortalite ile ilişkilidir ^[10]. Bu çalışmada kalp cerrahisinde preoperatif albümin değerlerine göre gruplanan hastalarda diyabet mellitus (DM) varlığının postoperatif renal yetmezlik gelişimi üzerine etkileri araştırıldı.

GEREÇ ve YÖNTEM

Kliniğimizde 01.01.2015-31.12.2019 tarihleri arasında açık kalp cerrahisi uygulanan hastalar retrospektif olarak incelendi. Kardiyopulmoner baypas (KPB) eşliğinde koroner arter baypas cerrahisi yapılan hastalar çalışma kapsamına alındı. Preoperatif dönemde diyaliz tedavisi alan, ejeksiyon fraksiyonu %50'nin altında olan ve pulmoner arter ortalama basıncı 25 mmHg üzerinde olan hastalar ile daha önce başka bir sağlık kurumunda yatış hikayesi olan ve acil cerrahi yapılan hastalar çalışma dışında bırakıldı. Hastalar ameliyat öncesi serum albümin düzeylerine göre 3 gruba ayrıldı. Serum albümin düzeyi $\geq 3,5$ mgr/dL olan hastalar Grup 1; 2,5-3,5 mgr/dL arasında olanlar Grup 2; $\leq 2,5$ olan hastalar Grup 3 olarak adlandırıldı. Daha sonra bu 3 grupta DM bulunmasına göre alt gruplar oluşturuldu. Gruplar ayrıca kan ve kan ürünü kullanımı ile postoperatif plevral efüzyon gelişimi açısından karşılaştırıldı.

Tanımlayıcı istatistik olarak kategorik değişkenlerde frekans ve yüzde, sürekli değişkenlerde ise ortalama ve standart sapma kullanıldı. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında Ki-kare testi, devamlı değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis kullanılmıştır. Tüm istatistiksel testler, alfa düzeyi istatistiksel anlamlılık için 0,05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışma periyodunda kliniğimizde KPB eşliğinde koroner arter baspas ameliyatı uygulanan 308 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların demografik özellikleri, peroperatif verileri, postoperatif dönemde renal replasman tedavi (RRT) ihtiyacı ve mortalite oranları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) kılavuzuna göre renal hasar sınıflandırması (2012 KDIGO).

Evre	Bulgu
1	Bazal değer 1,5-1,9 katı serum kreatinin değeri ya da $\geq 0,3$ mgr/dl artış
2	Bazal değer 2-2,9 katı serum kreatinin değeri
3	Bazal değer 3 katı serum kreatinin değeri ya da $\geq 4,0$ mgr/dl artış ya da renal replasman tedavisinin başlanması

Tablo 2. Gruplara göre preoperatif demografik özellikler ve operatif veriler.

Veriler	Grup 1 (Albumin \geq 3,5 mg/dL)		Grup 2 (Albumin 2,5-3,5 mg/dL)		Grup 3 (Albumin < 2,5 mg/dL)		P
	DM (+)	DM (-)	DM (+)	DM (-)	DM (+)	DM (-)	
Hasta sayısı (n)	114	141	15	15	15	8	0,13
Kadın / Erkek	31/83	38/103	5/10	7/8	9/7	1/7	0,36
Hipertansiyon (n)	70 (%61,4)	71 (%50,3)	13 (%86,7)	10 (%66,7)	11 (%73,3)	4 (%50)	0,13
Sigara (n)	22 (%19,3)	31 (%22)	2 (%13,3)	6 (%40)	3 (%20)	2 (%25)	0,11
KOAH	18 (%15,8)	15 (%10,6)	3 (%20)	4 (%26,7)	5 (%33,3)	1 (%12,5)	0,19
PAH	0	0	0	0	8 (%53,3)	7 (46,7)	
KBY	3 (%2,6)	4 (%2,8)	4 (%26,7)	1 (%6,7)	3 (%20)	1 (%12,5)	0,06
KK süresi (dakika)	63,5	68,7	63,1	61,1	91,5	83,6	0,21
KPB süresi (dakika)	103,2	110,1	108,3	102,7	139,4	140,6	

KBY: Kronik böbrek yetmezliği, KK: Kros klemp, KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, KPB: Kardiyopulmoner baypas, PAH: Periferik arter hastalığı

Tablo 3. KDIGO değerleri ve postoperatif verilerin karşılaştırılması.

Veriler	Grup 1 (Albumin \geq 3,5 mg/dL)		Grup 2 (Albumin 2,5-3,5 mg/dL)		Grup 3 (Albumin < 2,5 mg/dL)		P
	DM (+)	DM (-)	DM (+)	DM (-)	DM (+)	DM (-)	
KDIGO-I	28 (%24,6)	36 (%25,5)	5 (%33,3)	5 (%33,3)	6 (%40)	3 (%37,5)	0,01
KDIGO-II	6 (%5,3)	4 (%2,8)	2 (%13,3)	1 (%6,7)	2 (%13,3)	1 (%12,5)	
KDIGO-III	7 (%6,1)	5 (%3,5)	2 (%13,3)	1 (%6,7)	3 (%20)	1 (%12,5)	
RRT	5 (%4,4)	3 (% 2,1)	1 (%6,7)	1 (%6,7)	2 (%13,3)	1 (%12,5)	0,07
Plevral efüzyon (n)	6 (%5,3)	7 (%5)	3 (%20)	4 (%26,7)	4 (%26,7)	3 (%37,5)	0,13
Kan kullanımı (ünite/kişi)	2,78	2,6	3,2	2,7	6,4	9,4	0,001
TDP kullanımı (ünite/kişi)	1,14	1,4	0,9	1,5	2,1	2,6	0,004
YBKS (gün)	2,4	2,3	3,1	2,6	3,8	8,6	0,26
HKS (gün)	8,1	8,3	10,1	9,3	10,9	17	0,16
Mortalite	3 (%2,6)	3 (%2,1)	1 (%6,7)	1 (%6,7)	2 (%13,3)	1 (%12,5)	0,17

HKS: Hastane kalış süresi, KDIGO: Kidney Disease Improving Global Outcomes, RRT: Renal replasman tedavisi, TDP: Taze donmuş plazma, YBKS: Yoğun bakım kalış süresi

Grup 1'de 114 hastada diyabetes mellitus (DM) mevcuttu. Bu hastaların 3 (%2,63)'ü daha öncesinde böbrek yetmezliği tanısı almış olup, RRT ihtiyacı olmadan hayatını idame ettiriyordu. Bu grupta açık kalp cerrahisi sonrası 28 hasta (%24,56) KDIGO-I, 6 hasta (%5,26) KDIGO-II ve 7 hasta (%6,14) KDIGO-III olarak değerlendirildi. Beş hastaya (%4,38) postoperatif dönemde RRT uygulandı. Bu hasta grubunda daha önce KBY olarak takip edilen 3 hastadan sadece 1 tanesinde RRT ihtiyacı gelişti. Hastalardan biri postoperatif 1. gün aritmi ve kalp yetmezliği nedeniyle biri postoperatif 25. gün mediastinit ve sepsis nedeniyle, postoperatif dönemde diyaliz hastası olarak taburcu edilen bir

hasta ise taburcu sonrası postoperatif 30. günde kaybedildi. Bu 3 hastadan 2 tanesi postoperatif dönemde KDIGO-III, biri KDIGO-I olarak değerlendirilmişti.

Grup 1'de postoperatif dönemde 36 (%25,5) hasta KDIGO-I olarak, 4 hasta (%2,83) KDIGO-II olarak ve 5 hasta (%3,54) KDIGO-III olarak değerlendirildi. Üç (%2,12) hastada postoperatif dönemde RRT ihtiyacı oldu. Mortalite oranı %2,12 idi. Bu hastalardan ikisi KDIGO-III grubunda olup postoperatif RRT ihtiyacı gerekmişti. DM bulunmayan 141 hastadan 4 (%2,83)'ü ameliyat öncesi KBY tanısı almış ancak diyaliz ihtiyacı olmadan yaşamına devam ediyordu.

Grup 2'de 15 hastada DM mevcuttu. Preoperatif diyaliz ihtiyacı olmayan KBY 4 (%26,66) hastada bulunuyordu ve postoperatif RRT 1 (%6,66) hastada gerekti. RRT'ne ihtiyaç duyulan hasta preoperatif dönemde KBY tanısı olmayan hasta idi. Postoperatif mortalite 1 hasta ile %6,66 olarak tespit edildi. Grup 2'de DM mevcut olan hastalardan birinde (%6,66) diyaliz bağımlı olmayan KBY hikayesi vardı ve bu hastada postoperatif dönemde diyaliz ihtiyacı oldu. Mortalite ise bir hastada bulundu.

Grup 3'de 16 hastada DM mevcuttu ve bu hastaların %18,75'inde diyaliz gereksinimi olmayan KBY bulunuyordu. Postoperatif dönemde 2 (%13,33) hastada RRT ihtiyacı gelişti. Bu 2 hastadan biri preoperatif KBY tanısı olan, diğeri KBY tanısı olmayan hasta idi. Mortalite oranı ise %13,33 olarak bulundu. Grup 3'de 8 hastada DM yoktu. Hastaların birinde diyaliz ihtiyacı olmayan KBY öyküsü vardı ve bu hastaya postoperatif dönemde RRT gereksinimi oldu. Postoperatif dönemde bir hasta sepsis nedeniyle kaybedildi.

Üç grubun KDIGO değerlerinin diyabet bulunan hastalarda karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,47$). Benzer şekilde diyabet bulunan hastalarda KDIGO değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,127$). Fakat gruplar bütün hastalar açısından karşılaştırıldığında KDIGO değerleri anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p=0,001$). Bu durumda serum albümin değerlerinin diyabetten bağımsız olarak renal fonksiyon üzerine etkisi olduğu söylenebilir.

TARTIŞMA

Koroner arter baypas cerrahisi sonrası akut böbrek yetmezliği (ABY) insidansı %12-48,5 ve bu hastalarda mortalite oranı %40-80 aralığında bildirilmiştir ^[11,12]. Bizim çalışmamızda ise gruplara göre farklılık göstermekle birlikte ABY %2,83-37,5 ve mortalite %2,63-12,5 oranında gerçekleşmiştir. Çalışmaya dahil ettiğimiz aldığımız hasta popülasyonunda KDIGO-II olarak sınıflandırılan hasta oranları Grup 1'de (%5,26 vs. %2,83) ve Grup 2'de (%13,33 vs. %6,66) DM bulunan

hastalarda DM bulunmayan hastaların iki katına yakındır. Bu iki grupta DM varlığının postoperatif dönemde ABY gelişimine olumsuz etki yaptığını söyleyebiliriz. Benzer şekilde postoperatif dönemde KDIGO-III olarak sınıflandırılan hastalarda Grup 1'de (%6,14 vs. %3,54), Grup 2'de (%13,33 vs. %6,66) ve Grup 3'de (%20 vs. %12,5) DM varlığı ABY gelişimini olumsuz etkilemiştir. Serum albümin düzeyi düştükçe ileri dönem ABY riskinin arttığı ve albümin düşüklüğüne DM varlığı eşlik ettiğinde durumun daha da kötüye gittiği tespit edilmiştir.

Kardiyak cerrahi sonrası ABY gelişimi için bilinen risk faktörleri ileri yaş, vücut/kitle indeksi, KPB süresi, hipertansiyon, düşük ejeksiyon fraksiyonu, preoperatif azalmış böbrek fonksiyonlarıdır ^[13]. Hipoalbüminemi ABY gelişimi için önemli bir risk faktörüdür. Düşük serum albümin seviyeleri plazmada ozmotik basıncını düşürerek prerenal akut böbrek yetmezliği ile sonuçlanan daha düşük vasküler arteriyel basınçlara sebep olabilir ^[14]. Açık kalp cerrahisi sonrası gelişen ABY gelişimini iki sebebe dayandırmak mümkündür. Bunlardan ilki vazopressörler ve kalp yetmezliğine sekonder gelişen böbrek iskemisi; diğeri KPB'ya bağlı gelişen kompleman aktivasyonunun neden olduğu glomerüler filtrasyonun azalmasıdır ^[15]. Özellikle kontrolsüz DM hastalarında vasküler endotel hasarı daha da artarak ABY gelişimini hızlandırabilir. Biz çalışmamızda gruplardaki homojenliği etkilememek amacıyla düşük EF'li hastaları çalışma dışı bıraktık. Bizim çalışmamızda tüm hastalarda postoperatif birinci günden itibaren plazma albümin düzeyleri preoperatif düzeylerin altına düşmekle birlikte bu durum postoperatif hemodilüsyon ile açıklanabilir.

Düşük serum albümin düzeyi postoperatif dönemde ABY, enfeksiyon ve mortalite ile ilişkilidir ^[9,10]. Transkateter Aortik Replasmanı yapılan hastaların incelendiği bir çalışmada kan kullanım ihtiyacı, postoperatif akut böbrek hasarı oluşma oranı, enfeksiyon gelişme oranı ve 30 günlük mortalite preoperatif albümin düzeyi düşük olan hastalarda anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ^[16]. Bizim çalışmamızda da

serum albümin düzeyi düştükçe ABY riski artmış ve DM varlığı da bu oranı daha da arttırmıştır. Yine bizim hasta grubumuzda serum albümin düzeyi düşüklüğü derinleştikçe mortalite oranımızda artış görülmüş, fakat DM varlığının mortalite üzerine ek bir etkisi tespit edilmemiştir. Kliniğimizde postoperatif 1. günden itibaren hastaların sıvı yükü, hemodinamisi ve idrar çıkışını değerlendirilerek albümin replasmanı yapmaya özen gösteriyoruz. Mortalitenin diyabetik olan ve olmayan grupta farklı olmasını kan şekere takibinin saatlik yapılmasına; kan albümin düzeyi düşük, sıvı yükü olan ve idrar çıkışı azalan hastalarda albümin replasmanı yapılmasına bağlamaktayız.

Çelik ve ark.^[17] yaptıkları çalışmada ABY gelişen hastalarda kan transfüzyonu sayısını anlamlı olarak daha yüksek bulmuşlardır. Miyokard reperfüzyonu sonrası düşük hematokrit değerleri bazı çalışmalarda böbrek hasarı açısından risk faktörü olarak düşünülmesi de^[18], biz kliniğimizde postoperatif dönemde hematokrit değerlerini %28-30 civarında tutmaya çalıştık. Hasta grubumuzda hem kan hem de TDP kullanımı Grup 3'de anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Kan albümin düzeyi düştükçe kanın kolloid basıncındaki azalmanın buna etkisinin olabileceğini düşünüyoruz.

Uzamiş KPB süresi, sepsis ve diyabet de ABY gelişimi açısından diğer risk faktörleridir^[11]. Bizim hasta grubumuzda KPB ve kros klemp süreleri gruplar arasında benzer olup, çalışmamızdaki grupların homojenliği açısından önemlidir.

Diyabetik hastalarda proteinüri zamanla kliniğine eşlik etmekte ve bu durum serum albümin düşüklüğüne neden olmaktadır. Çalışmamızda proteinüri varlığı ve hastaların kaç yıldan beri diyabetik olduklarına ait verilere ulaşılabilsen ABY gelişiminin sebeplerini daha detaylı analiz edebilirdik. Çalışmamız retrospektif bir çalışma olduğu için bu verilere ulaşamamıştır.

Açık kalp cerrahisi sonrası ABY gelişimi mortalite ve morbiditeyi arttıran önemli bir klinik durumdur.

Hastada DM bulunması postoperatif dönemde ABY gelişim riskini artırabilir. Preoperatif dönemde DM varlığı ve kan albümin düzey düşüklüğü postoperatif ABY gelişimi riski açısından bir ön belirteç olup, bu hastaların postoperatif dönemde yakın takibi hastaların klinik seyrine önemli katkı sağlar.

KAYNAKLAR

1. Khwaja A. KDIGO Clinical Practice Guidelines for Acute Kidney Injury. *Nephron Clin Pract.* 2012;120:179-84. <https://doi.org/10.1159/000339789>
2. Coca SG, Yusuf B, Shlipak MG, Garg AX, Parikh CR. Long-term risk of mortality and other adverse outcomes after acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis.* 2009;53:961-73. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2008.11.034>
3. Singbartl K, Joannidis M. Short-term Effects of Acute Kidney Injury. *Crit Care Clin.* 2015;31:751-62. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.06.010>
4. Mehta RL, Cerdá J, Burdmann EA, Tonelli M, García-García G, Jha V et al. International Society of Nephrology's Oby25 initiative for acute kidney injury (zero preventable deaths by 2025): a human rights case for nephrology. *Lancet* 2015;385:2616-643. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60126-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60126-X)
5. Wiedermann CJ, Wiedermann W, Joannidis M. Hypoalbuminemia and acute kidney injury: a meta-analysis of observational clinical studies. *Intensive Care Med.* 2010;36:1657-65. <https://doi.org/10.1007/s00134-010-1928-z>
6. Bennett M, Dent CL, Ma Q, Dastrala S, Grenier F, Workman R, et al. Urine NGAL predicts severity of acute kidney injury after cardiac surgery: A prospective study. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2008;3:665-73. <https://doi.org/10.2215/CJN.04010907>
7. Lassnigg A, Schmidlin D, Mouhieddine M, Bachmann LM, Druml W, Bauer P, et al. Minimal changes of serum creatinine predict prognosis in patients after cardiotoracic surgery: a prospective cohort study. *J Am Soc Nephrol.* 2004;15:1597-605. <https://doi.org/10.1097/01.ASN.0000130340.93930.DD>
8. Wiedermann CJ, Wiedermann W, Joannidis M. Causal relationship between hypoalbuminemia and acute kidney injury. *World J Nephrol* 2017;6:176-87. <https://doi.org/10.5527/wjn.v6.i4.176>
9. Karas PL, Goh SL, Dhital K. Is low serum albumin associated with postoperative complications in patients undergoing cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015;21:777-86. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivv247>

10. Vincent JL, Dubois MJ, Navickis RJ, Wilkes MM. Hypoalbuminemia in acute illness: is there a rationale for intervention? A meta-analysis of cohort studies and controlled trials. *Ann Surg.* 2003;237:319-34. <https://doi.org/10.1097/01.SLA.0000055547.93484.87>
11. Manjula Sarkar and Vishal Prabhu. Basics of cardiopulmonary bypass. *Indian J Anaesth.* 2017;61(9):760-7672. https://doi.org/10.4103/ija.IJA_379_17
12. Felicio ML, Andrade RR, Castiglia YM, Silva MA, Vianna PT, Martins AS. Cystatin C and glomerular filtration rate in the cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24:305-11. <https://doi.org/10.1590/S0102-76382009000400008>
13. Chen SW, Chang CH, Fan PC, Chen YC, Chu PH, Chen TH, et al. Comparison of contemporary preoperative risk models at predicting acute kidney injury after isolated coronary artery bypass grafting: A retrospective cohort study. *BMJ Open.* 2016;6:e010176. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010176>
14. Lee EH, Baek SH, Chin JH, et al. Preoperative hypoalbuminemia is a major risk factor for acute kidney injury following off-pump coronary artery bypass surgery. *Intensive Care Med.* 2012;38:1478-86. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2599-8>
15. Olivero JJ, Olivero JJ, Nguyen PT, Kagan A. Acute Kidney Injury after Cardiovascular Surgery: An Overview. *Methodist Debaque Cardiovasc J.* 2012;8:31-6. <https://doi.org/10.14797/mdcj-8-3-31>
16. Gassa A, Borghardt JH, Maier J, Kuhr K, Michel M, Ney S, Eghbalzadeh K, et al. Effect of preoperative low serum albumin on postoperative complications and early mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *J Thorac Dis.* 2018;10:6763-70. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.11.30>
17. Çelik E, Yürekli İ, Yetkin U, Çakır H, Dönmez K, Gümüş R, Durusoy R, Gürbüz A. comparison of risk factors in surgically treated patients with coronary artery disease and obstructive peripheral arterial disease. *Düzce Medical Journal.* 2015;17:94-8.
18. Taniguchi FP, Martins AS. Effect of haematocrit on pump and kidney dysfunction after myocardial revascularization. *Acta Cardiol.* 2009;64:41-5. <https://doi.org/10.2143/AC.64.1.2034360>