

Atan kalpte bypass deneyimlerimiz

Experiences with bypass in the beating heart

Nuray Altındeğer^{1,*} 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Öz

Amaç: Koroner arter hastalığı, dünyada ölüm nedenleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Günümüzde koroner arter bypass cerrahisi kabul edilebilir morbidite ve mortalite ile yapılmaktadır. Ancak yüksek riskli hastalarda kardiyopulmoner bypassın komplikasyonlarından sakınmak için, atan kalpte bypass işlemleri yaygın olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kliniğimizde atan kalpte bypass cerrahisi uygulanan hastaları sunmayı planladık.

Gereç ve Yöntem: Nisan 2012-Nisan 2023 tarihleri arasında kliniğimizde atan kalpte bypass uygulanan 72 hasta retrospektif olarak incelendi. Olgular yaş, cinsiyet, ek hastalıklar, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, bypass yapılan damar sayısı, postop inotrop ihtiyacı, kanama, yoğun bakımda ve hastanede kalış süreleri, revizyon ihtiyacı ve mortalite açısından değerlendirildi.

Bulgular: Hastaların 26'sı (%36,11) kadın, 46'sı (%63,9) erkekti. Yaş ortalaması 63,36±8,5 yıl idi. 8 hastada kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) (%11,11), 33 hastada hiperlipidemi (HL) (%45,83), 25 hastada diyabetes mellitus (DM) (%34,72), 36 hastada hipertansiyon (HT) (%50) ve 26 hastada sigara kullanımı (%36,11) mevcuttu. 1 hastaya 5 damar bypass, 3 hastaya 4 damar bypass, 6 hastaya 2 damar bypass, 27 hastaya 2 damar bypass ve 35 hastaya tek damar bypass uygulandı. 7 hasta acil olarak operasyona alındı. Bu hastalardan 2'sinde intraaortik balon pompası (İABP) kullanıldı. İABP kullanılan hastalardan biri sternum açık olarak yoğun bakıma alındı, postoperatif 4. gününde stabil seyretmesi üzerine sternum kapatıldı, postoperatif 6. gününde ekstübe edildi. İABP kullanılan diğer hasta postoperatif 1. günde exitus oldu. Sadece bu hastada mortalite görüldü.

Sonuç: Yüksek riskli hasta grubunda atan kalpte koroner arter bypass uygulamaları düşük morbidite ve mortalite ile yapılmaktadır. Ancak uygulanabilirliği için iyi bir cerrahi deneyim ve uygun koroner anatomi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atan kalp, bypass, koroner.

Abstract

Objective: Coronary artery disease ranks as the leading cause of death worldwide. Today, coronary artery bypass surgery is performed with acceptable morbidity and mortality rates. However, in high-risk patients, beating-heart bypass procedures are increasingly performed to avoid complications associated with cardiopulmonary bypass. This study aims to present the patients who underwent beating-heart bypass surgery in our clinic.

Materials and Methods: A retrospective analysis was conducted on 72 patients who underwent beating-heart bypass surgery in our clinic between April 2012 and April 2023. The cases were evaluated in terms of age, gender, comorbidities, left ventricular ejection fraction, the number of bypassed vessels, postoperative inotropic support requirement, bleeding, intensive care unit (ICU) and hospital stay durations, revision needs, and mortality rates.

Results: Among the patients, 26 (36.11%) were female, and 46 (63.9%) were male, with a mean age of 63.36 ± 8.5 years. Comorbidities included chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 8 patients (11.11%), hyperlipidemia (HL) in 33 patients (45.83%), diabetes mellitus (DM) in 25 patients (34.72%), hypertension (HT) in 36 patients (50%), and smoking in 26 patients (36.11%). Bypass procedures included five-vessel bypass in 1 patient, four-vessel bypass in 3 patients, three-vessel bypass in 6 patients, two-vessel bypass in 27 patients, and single-vessel bypass in 35 patients. Seven patients underwent emergency surgery. Among these, intra-aortic balloon pumps (IABP) were used in 2 patients. One patient with an IABP was admitted to the ICU with an open sternum, which was closed on the 4th postoperative day after stabilization. The patient was extubated on the 6th postoperative day. The other patient with an IABP passed away on the first postoperative day, marking the only mortality in this study.

Conclusion: Beating-heart coronary artery bypass surgery can be performed with low morbidity and mortality rates in high-risk patient groups. However, successful outcomes require surgical expertise and suitable coronary anatomy.

Keywords: beating heart, bypass, coronary.

Giriş

Koroner arter bypass greftleme (CABG), koroner arter hastalığının tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CABG ameliyatları genellikle iki şekilde gerçekleştirilir. Birincisi, kardiyopulmoner baypas (CPB) kullanılarak yapılan geleneksel yöntemdir (ONCAB) diğeri ise CPB kullanılmadan yapılan pompasız OPCAB'dir. Her iki yöntemin birlikte kullanıldığı pompa destekli atan kalpte baypas (BH-OnCAB) yöntemi ise nadir de olsa uygun hastalarda kullanılan bir diğer tekniktir (1).

ONCAB'de kardiyopulmoner baypas, aort klemplenmesi ve kalbi durdurmak için kardiyopleji kullanır ki bu durum anastomoz sırasında koroner perfüzyonu tehlikeye atabilir ve miyokard üzerinde iskemik hasara yol açabilir (2). CPB'nin birçok farklı olumsuz etkisi de vardır. Bunlar arasında artmış sistemik inflamatuvar yanıt, artmış total vücut sıvısı, koagülopati, trombosit disfonksiyonu, böbrek yetersizliği, nörokognitif bozukluklar gibi durumlar postoperatif morbidite ve mortaliteyi artırır (3).

OPCAB, hem CPB'nin hem de aort klemplenmesinin olumsuz etkilerini önlemeyi amaçlayan bir tekniktir (3). Ancak OPCAB'nin özel ekipman ve deneyimli cerrahların gerekliliği gibi bazı sınırlamaları vardır. Ayrıca operasyon sırasında kalbin manipüle edilmesi hemodinamiyi bozabilir ve kalp atarken bypass greftlemesi yapılması eksik revaskülarizasyona yol açabilir ve anastomoz kalitesini düşürebilir (2).

Bu retrospektif çalışmada, koroner arter hastalığı tanısıyla kliniğimizde OPCAB tekniği ile opere edilen 72 olgunun sonuçlarını literatür bilgileri eşliğinde sunmayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Nisan 2012-Nisan 2023 tarihleri arasında kliniğimizde atan kalpte bypass uygulanan 72 hasta retrospektif olarak incelendi. Olgular yaş, cinsiyet, ek hastalıklar, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, bypass yapılan damar sayısı, postop inotrop ihtiyacı,

kanama, yoğun bakımda ve hastanede kalış süreleri, revizyon ihtiyacı ve mortalite açısından değerlendirildi.

Cerrahi teknik: Hastalara standart midsternal insizyon ve median sternotomi yapıldı. Sol internal mamaryan arter (LİMA) flebi ve çoklu bypass uygulanacak hastalarda safen ven grefti hazırlandı. LİMA hazırlandıktan sonra 200 IU/kg heparin uygulanarak ACT değerleri 250 sn üzerinde tutuldu. Koroner artere bypass yapılırken Octopus III (Medtronic) ve Starfish ile kalp stabilizasyonu sağlandı ve kan akımını önlemek amacıyla koroner arter proksimali ve distaline küçük metal bulldoglar koyuldu. Distal anastomozlar esnasında koroner arter şantı kullanıldı. Distal anastomozların tamamlanmasından sonra proksimal anastomozlar çıkan aorta parsiyel klemp altında yapıldı. Anastomozların tamamlanması sonrası heparin protamin ile nötralize edildi. Kanama kontrolü sonrası mediasten ve sol toraksa drenaj tüpleri yerleştirilerek operasyona son verildi.

Bulgular

Hastaların 26'sı (%36,11) kadın, 46'sı (%63,9) erkekti. Yaş ortalaması $63,36 \pm 8,5$ yıl idi. 8 hastada kronik obstruktif akciğer hastalığı (KOAH) (%11,11), 33 hastada hiperlipidemi (HL) (%45,83), 25 hastada diabetes mellitus (DM) (%34,72), 36 hastada hipertansiyon (HT) (%50) ve 26 hastada sigara kullanımı (%36,11) mevcuttu (Tablo 1). 1 hastaya 5 damar bypass, 3 hastaya 4 damar bypass, 6 hastaya 3 damar bypass, 27 hastaya 2 damar bypass ve 35 hastaya tek damar bypass uygulandı. 7 hasta acil olarak operasyona alındı. Bu hastalardan 2'sinde düşük debi bulguları nedeniyle intraaortik balon pompası (İABP) kullanıldı. İABP kullanılan hastalardan biri sternum açık olarak yoğun bakıma alındı, postoperatif 4. gününde stabil seyretmesi üzerine sternum kapatıldı, postoperatif 6. gününde ekstübe edildi. İABP kullanılan diğer hasta postoperatif 1. günde exitus oldu. Sadece bu hastada mortalite görüldü. Toplam 8 hastada ise inotropik destek ihtiyacı oldu (Tablo 2).

3 hastada postoperatif ilk 12 saatte kanama nedeniyle revizyon uygulandı. Ortalama postoperatif drenaj $468,1 \pm 236$ olarak tespit edildi.

Exitus olan hasta ve sternum açık olarak yoğun bakıma alınan hasta dışındaki hastalar operasyon gecesi ekstübe edildi. 2 hasta postoperatif 1. günde ekstübe edildi. Sternum açık olarak operasyondan çıkan ve 4. günde sternumu kapatılan hasta ise postoperatif 6. gününde ekstübe edildi. Hastaların

ortalama yoğun bakımda kalış süresi 2,62 gün olarak saptandı. Hastalar ortalama $6,75 \pm 1,4$ günde taburcu edildi.

Hastalarda postoperatif dönemde en sık karşılaşılan komplikasyon atrial fibrilasyon olarak saptandı. Diğer komplikasyonlar Tablo 3'te belirtilmiştir.

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri

Demografik veri			
Yaş (Ortalama $\pm$ SS)		63,36 $\pm$ 8,5	
Ejeksiyon fraksiyonu (Ortalama $\pm$ SS)		51,5 $\pm$ 10,1	
Cinsiyet	Kadın	Sayı 26	Yüzde 36,11
	Erkek	46	63,9
Sigara kullanımı		26	36,11
Hipertansiyon		36	50
Diyabetes Mellitus		25	34,72
Hiperlipidemi		33	45,83
Kronik obstruktif akciğer hastalığı		8	11,11
Tabloda verilen kısaltmalar: SS: Standart sapma			

Tablo 2: Ameliyat ile ilgili değişkenler

Değişken		sayı	%
Bypass yapılan damar sayısı	Tek damar	35	48,61
	İki damar	27	37,5
	Üç damar	6	8,33
	Dört damar	3	4,16
		1	1,38
İnotrop kullanımı		8	11,11
İntraaortik balon pompası kullanımı		2	2,77

Tablo 3. Postoperatif komplikasyonlar

Komplikasyon	Hasta sayısı	%
Atrial fibrilasyon	7	9,72
Düşük kalp debisi sendromu	2	2,77
Kanama	5	6,94
Revizyon	3	4,16
Renal komplikasyon	2	2,77
Akciğer komplikasyonu	3	4,16
İntraaortik balon pompası	2	2,77
Mortalite	1	1,38

Tabloda verilen değerler sayı ve yüzde olarak sunulmuştur.

Tartışma

CABG için kanamasız bir cerrahi alan sağlamak amacıyla kalp genellikle kardiyopleji ile durdurularak CPB uygulanır. Ancak, bu geleneksel ONCAB genellikle sistemik inflamatuvar yanıtların aktivasyonu, aşırı hemodilüsyon, hemodinamik instabilite ve hava embolisi veya aterosklerotik kalıntılar gibi potansiyel olumsuz etkilerle ilişkilidir. Bu olumsuz olaylar çoklu organ disfonksiyonuna yol açabilmektedir. Bu nedenle CPB kullanılmadan yapılan OPCAB ve her iki yöntemin birlikte kullanıldığı BH-OnCAB yöntemleri alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Rastan ve arkadaşları, atan kalpte bypass cerrahisinin düşük hastane mortalitesi ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışma da OPCAB'ın, hemodinamik olarak istikrarsız olan AMI hastaları gibi yüksek riskli hasta grubunda 30 günlük mortalite olasılığını önemli ölçüde azalttığını tespit etmiştir (4). Rastan'ın bir diğer çalışmasında, BH-OnCAB ile OPCAB'ı karşılaştırılmış ve BH-OnCAB'ın anlamlı derecede daha yüksek CK-MB ve troponin I seviyelerine sahip olduğunu bulmuşlardır. CPB'nin miyokardiyum üzerinde olumsuz bir etkisi olabileceği ve OPCAB'ın daha az miyokardiyal yaralanmaya neden olduğu sonucuna varmışlardır (5).

Cheungpasitporn ve arkadaşları tarafından

yapılan meta-analizde, OPCAB'ın ONCAB'dan daha düşük postoperatif akut böbrek hasarı insidansına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, aort kanülasyonu sırasında mikro-emboller meydana gelmiş ve bu durum böbrek iskemisini kolaylaştırmış olabileceğini belirtmişlerdir (6).

2016 yılında yapılan bir meta-analizde, OPCAB grubunda böbrek disfonksiyonu riskinin ONCAB grubuna kıyasla %2,1 azaldığını göstermiştir (7). Başka bir meta-analiz, BH-OnCAB geçiren hastalarda böbrek yetmezliği insidansının OPCAB geçiren hastalardan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu sonucuna varmıştır. Preoperatif böbrek disfonksiyonu olan hastalar OPCAB'den fayda sağlayabileceğini, ancak yüksek kaliteli randomize kontrollü çalışmalardan gelen kanıtlara hala ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (8). Bizim çalışmamızda 2 hastada akut böbrek yetmezliği gelişmiş, hemodiyaliz ihtiyacı olmadan böbrek fonksiyonları normale dönmüştür.

OPCAB ve ONCAB'nin üstünlüğü sürekli tartışılmaktadır. Bu iki stratejiyi karşılaştıran birçok randomize kontrollü çalışma yapılmıştır. CORONARY ve GOPCAB çalışmasında, bu olayların 1 yıl ve 5 yıl boyunca benzer mortalite, inme, miyokard enfarktüsü, yeniden revaskülarizasyon oranları olduğu gösterilmiştir (3,9). ROOBY çalışması ise 10 yıllık takip sonuçlarını yakın zamanda rapor etmiş ve 10 yıllık

ölüm veya revaskülarizasyon sonuçlarında OPCAB avantajı bulunmamıştır (10).

Phothikun ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada üç teknik karşılaştırılmıştır. Kısa vadeli sonuçlar OPCAB'ın miyokardiyum yaralanması üzerinde en az etkiye sahip olduğunu ve diğer tekniklere kıyasla postoperatif hemodinamik fonksiyon açısından önemli bir fark olmadığını göstermiştir. Ayrıca, BH-OnCAB'ın postoperatif dönemde artan böbrek yaralanması riski ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Uzun vadeli sonuçlar, OPCAB'ın uzun vadeli genel sağkalımda en yüksek, diğer tekniklere kıyasla majör kardiyak olayları azaltma açısından en iyi sonuçlara sahip olduğunu ortaya koyduğunu saptamışlar (11).

25,388 hastayı içeren diğer bir retrospektif, çok merkezli uluslararası çalışma, postoperatif inme insidansının OPCAB grubunda anlamlı şekilde daha düşük olduğunu bildirmiştir (%0,4 OPCAB'e karşı %1,2 C-CABG, P=0,02). Bu bulgular, OPCAB'nin postoperatif inme riskini azaltmadaki potansiyel üstünlüğünü ortaya koymuştur (12). Bizim hastalarımızda postoperatif inme rastlanmadı.

OPCAB'nin bazı sınırlamaları vardır, bunlar arasında spesifik ekipman ve deneyimli cerrahlara ihtiyaç duyması yer alır. Ayrıca, operasyon sırasında kalbin manipüle edilmesi hemodinamiği bozabilir ve kalp atarken baypas greftlemesi yapmak, tam revaskülarizasyonun sağlanamamasına yol açabilir (13). Jiang ve arkadaşlarının yaptığı meta-analizde BH-ONCAB ve OPCAB karşılaştırılmıştır. Her iki tekniğinde avantaj ve dezavantajları olduğunu saptamışlardır. BH-ONCAB, eksik revaskülarizasyon oranlarını daha düşük ve daha fazla distal anastomoz sayısını ile ilişkilendirilirken, OPCAB inme, böbrek yetmezliği, aritmi ve drenaj riskini daha düşük göstermektedir (14). Bizim çalışmamızda tüm hastalarda komplet revaskülarizasyon sağlanmıştır.

2022 yılında Hwang ve arkadaşları tarafından yapılan bir meta-analizde akut koroner sendrom hastalarında uygulanan ONCAB, OPCAB ve BH-OnCAB miyokardiyal revaskülarizasyon stratejilerini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, OPCAB

ve BH-OnCAB'ın ONCAB'a kıyasla 30 günlük mortalite açısından daha büyük bir fayda sağlayabileceğini öne sürmekle birlikte, bu faydanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Ancak bu durum yüksek riskli hastaların CPB ve kardiyoplejik arrest ile ilişkili daha fazla miyokardiyal iskemi ve inflamatuvar yaralanmadan kaçınarak en fazla faydayı görebileceğini düşündürmektedir (15).

Zhu ve arkadaşları tarafından yapılan bugüne kadar randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen en büyük popülasyona ait (n=39,385 katılımcı) meta-analizde üç tekniğin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. OPCAB, ONCAB ile karşılaştırıldığında postoperatif tüm nedenlere bağlı mortalite riskinde %12'lik bir artış ve postoperatif inme riskinde %16'lık bir azalma ile ilişkilendirilmiştir. OPCAB, BH-OnCAB ile karşılaştırıldığında postoperatif miyokard enfarktüsü riskinde %49'luk bir azalma ile ilişkilendirilmiştir. OPCAB, ONCAB ile karşılaştırıldığında orta ve uzun vadeli (>30 gün) postoperatif tüm nedenlere bağlı mortalite riskinde %16'lık bir artış ile ilişkilendirilmiştir. Ancak, ROOBY çalışmasının tasarımı, çok düşük riskli hastaların dahil edilmesi ve katılan cerrahların off-pump deneyiminin sınırlı olması nedeniyle şiddetle eleştirilmiştir. Bu nedenle, ROOBY çalışmasının hariç tutulduğu sonuçları da analiz etmişler ve OPCAB ve ONCAB geçiren hastalar arasında benzer mortalite oranları göstermişlerdir. Bu çelişkili sonuç, off-pump prosedüründeki cerrahların deneyiminin önemini vurgulamakta ve bu konu hakkında daha rasyonel, iyi tasarlanmış randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (16).

Sonuç olarak cerrahi stratejinin; lezyonların karmaşıklığı, eşlik eden hastalıklar ve cerrahların deneyimi gibi faktörlere bağlı olarak hastalar için kişiselleştirilmesi gerekmektedir. OPCAB'nin uygun hasta grubunda tatmin edici sonuçlarla uygulanabileceğini düşünmekteyiz.

Çıkar çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemektedir.

Finansman: Herhangi bir kurum ve kuruluşun finansman desteği alınmamıştır.

Yazarların katkıları: Araştırma fikri:; Çalışmanın tasarımı: NA; Verilerin toplanması: NA.; Verilerin analiz edilmesi: NA.; Çalışma için verilerin yorumlanması: NA.; Taslak makalenin yazılması: NA.; Makalenin eleştirel gözle incelenmesi: NA.; Makale son halinin onaylanması: NA.

Kaynakça

1. Thompson PD, Buchner D, Piña IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation* 2003;107: 3109-3116.
2. Gaudino M, Angelini GD, Antoniadis C, Bakaeen F, Benedetto U, Calafiore AM, et al. Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting: 30 Years of Debate. *J Am Heart Assoc*. 2018; 7(16):e009934
3. Diegeler A, Borgermann J, Kappert U, Breuer M, Boning A, Ursulescu A, et al. Off-pump versus on pump coronary-artery bypass grafting in elderly patients. *N Engl J Med*. 2013; 368(13):1189–98.
4. Rastan AJ, Eckenstein JJ, Hentschel B, Funkat AK, Gummert JF, Doll N, et al. Emergency coronary artery bypass graft surgery for acute coronary syndrome: beating heart versus conventional cardioplegic cardiac arrest strategies. *Circulation*. 2006;114(1):I477-I485.
5. Rastan AJ, Bittner HB, Gummert JF, Walther T, Schewick CV, Girdauskas E, et al. On-pump beating heart versus off-pump coronary artery bypass surgery-evidence of pump-induced myocardial injury. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005; 27(6):1057–64
6. Cheungpasitporn W, Thongprayoon C, Kittanamongkolchai W, Srivalli N, O'Corragain OA, Edmonds PJ, et al. Comparison of renal outcomes in off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nephrology (Carlton)*. 2015; 20(10):727–35
7. Deppe A, Arbash W, Kuhn EW, Slottosch I, Scherner M, Liakopoulos OJ, et al. Current evidence of coronary artery bypass grafting off-pump versus on-pump: a systematic review with metaanalysis of over 16,900 patients investigated in randomized controlled trials†. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;49:1031–41
8. Jiang Y, Xu L, Liu Y, Deng B, Dong N, Chen S. Beating-heart on-pump coronary artery bypass grafting versus off-pump coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis* 2021;13:4185–9
9. Lamy A, Devereaux P, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Straka Z et al. Five-year outcomes after offpump or on-pump coronary-artery bypass grafting. *N Eng J Med* 2016;375:2359–68.
10. Quin J, Wagner T, Hattler B, Carr BM, Collins J, Almassi GH, et al. Ten-year outcomes of off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting in the department of veterans affairs: a randomized clinical trial. *JAMA Surg* 2022;157:303–10.
11. Phothikun A, Nawarawong W, Tantraworasin A, Phinyo P, Tepsuwan T. The outcomes of three different techniques of coronary artery bypass grafting: On-pump arrested heart, on-pump beating heart, and off-pump. *PLoS One* 2023 May 31;18(5):e0286510
12. Lorusso R, Moscarelli M, Di Franco A, Grazioli V, Nicolini F, Gherli T, et al. Association between coronary artery bypass surgical techniques and postoperative stroke. *J Am Heart Assoc* 2019;8:e013650
13. Gaudino M, Angelini GD, Antoniadis C, Bakaeen F, Benedetto U, Calafiore AM, et al. Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting: 30 Years of Debate. *J Am Heart Assoc*. 2018; 7(16):e00993

14. Jiang Y, Xu L, Liu Y, Deng B, Dong N, Chen S. BH-ONCAB vs. OPCAB: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis* 2021;13(7):4185-4194
15. Hwang B, Williams ML, Tian DH, Yan TD, Misfeld M. Coronary artery bypass surgery for acute coronary syndrome: A network meta-analysis of on-pump cardioplegic arrest, off-pump, and on-pump beating heart strategies. *J Card Surg.* 2022;37: 5290–5299.
16. Zhu L, Li D, Zhang X, Wan S, Liu Y, Zhang H et al. Comparative efficacy on outcomes of C-CABG, OPCAB, and ONBEAT in coronary heart disease: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Surgery* 2023 Dec; 109(12): 4263–4272.