

# Zminimalizowane krążenie pozaustrojowe (MiECC) w kardiologii – wskazania do zastosowania i technika operacyjna

## Minimized extracorporeal circulation (MiECC) in cardiac surgery – indications and surgery technique

Jakub Staromłyński,  
Radosław Smoczyński,  
Mariusz Kowalewski,  
Maciej Bartczak, Piotr Suwalski  
Klinika Kardiologii,  
Centralny Szpital Kliniczny MSWiA w Warszawie

### STRESZCZENIE

Krążenie pozaustrojowe pozostaje „złotym standardem” wykonywania operacji w większości procedur kardiologicznych. Zminimalizowane systemy do krążenia pozaustrojowego (MiECC) stają się bardzo ważnym narzędziem w kardiologii. Rozwijająca się technologia poprawia biokompatybilność komponentów systemów krążeniowo-sercowych, minimalizując niekorzystne skutki konwencjonalnego krążenia pozaustrojowego. Najczęstszym wskazaniem do zastosowania technologii MiECC jest pomostowanie naczyń wieńcowych u pacjentów z przeciwwskazaniami do użycia standardowego krążenia pozaustrojowego oraz przeciwwskazaniami do wykonywania tej operacji bez użycia krążenia.

**Słowa kluczowe:** krążenie pozaustrojowe, pompa centrifugalna, MiECC, pomostowanie naczyń wieńcowych  
Kardiol. Inwazyjna 2018; 13 (3): 35–39

### ABSTRACT

The extracorporeal circulation remains the “gold standard” of performing operations in most cardiac surgery procedures. Minimized systems for extracorporeal circulation (MiECC) become a very important tool in cardiac surgery. The developing technology improves the biocompatibility of cardiovascular systems components, minimizing the adverse effects of conventional extracorporeal circulation. The most common indication for the use of MiECC technology is coronary bypass grafting in patients with contraindications for the use of standard extracorporeal circulation and contraindications for perform this surgery without use of extracorporeal circulation.

**Key words:** extracorporeal circulation, centrifugal pump, MiECC, coronary artery bypass grafting  
Kardiol. Inwazyjna 2018; 13 (3): 35–39

### Wstęp

Krążenie pozaustrojowe pozostaje „złotym standardem” operacyjnego leczenia chorób serca. Klasyczne krążenie zewnątrzustrojowe pomimo poprawy technologicznej materiałów wykorzystanych w jego użyciu wiąże się ze wzrostem hemodylucji, ryzyka odpowiedzi immunologicznej, mikrozatorowości mózgowej czy ostrego uszkodzenia nerek [1, 2] (ryc. 1). Najczęściej opisywanym niekorzystnym czynnikiem krążenia pozaustrojowego (ECC, *extracorporeal circulation*) jest *uogólniony zespół odpowiedzi zapalnej spowodowany przez kontakt krwi z powietrzem i obcym materiałem* [3, 4]. Mimo to w badaniach wykazano, że ECC nie jest główną przyczyną powikłań pooperacyjnych [4]. Z tego względu postęp technologiczny bioinżynierii skupił się na umieszczeniu w jednym systemie najlepszych zalet krążenia pozaustrojowego (nieruchome i bezkrwawe pole operacyjne) ze zredukowaniem skutków ubocznych konwencjonalnego ECC. W ten sposób stworzono zminimalizowane systemy do krążenia pozaustrojowego (MiECC, *minimized systems for*



Rycina 1. Niekorzystne aspekty standardowego krążenia pozaustrojowego (ECC, extracorporeal circulation)

*extracorporeal circulation*). Korzystne efekty tych systemów wiążą się z używaniem wyłącznie systemów powlekanych, układów zamkniętych, zmniejszeniem hemodylucji oraz wprowadzeniem odpowiednich strategii antykoagulacji. W celu zwiększenia implementacji MiECC w działaniach klinicznych powołano międzynarodowe stowarzyszenie zajmujące się propagowaniem oraz definiowaniem technik zminimalizowanego krążenia pozaustrojowego [4].

## Zalety MiECC

Historia MiECC rozpoczęła się w roku 1998. Wówczas w Klinice Kardiochirurgii Szpitala Uniwersyteckiego w Regensburgu wykonano po raz pierwszy pomostowanie naczyń wieńcowych na sercu bijącym. Od tego czasu technika ta rozwijała się w krajach europejskich i stała się konkurencyjna wobec standardowego krążenia pozaustrojowego szczególnie w chirurgicznym leczeniu choroby wieńcowej [8].

Wśród osób kwalifikowanych do zabiegów kardiologicznych coraz częściej znajdują się pacjenci w podeszłym wieku, chorzy obciążeni obturacyjnymi chorobami płuc, niewydolnością nerek, pacjenci z obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory, pacjenci



Rycina 2. Schemat podstawowy zminimalizowanego systemu do krążenia pozaustrojowego (MiECC, minimized systems for extracorporeal circulation)

z miażdżycą naczyń obwodowych oraz szyjnych, a także zwapnieniem ściany tętnicy głównej określaną jako „porcelanowa aorta”. Między innymi panel takich chorych wywarł niemały wpływ na rozwój technologii w kierunku zminimalizowania negatywnych skutków używania pomp rolkowych.

Do najważniejszych zalet MiECC należą:

- brak żylnego rezerwuaru krwi,
- system krążenia zamkniętego,
- pompa centryfugalna,
- mała objętość kardioplegii, normotermia kardioplegii (tzw. ciepła i krwista),
- minimalny priming (nawet > 400 ml),
- redukcja kontaktu z powierzchnią obcą,
- systemy kaniul i drenów powlekanych [5, 6].

Wśród klinicznych pozytywnych aspektów MiECC należy wymienić:

- zmniejszenie hemodylucji,
- zmniejszenie ilości przetaczanych preparatów krwi i preparatów krwiopochodnych,
- zmniejszenie ryzyka odpowiedzi zapalnej,
- redukcję dawki heparyny,
- zmniejszenie ryzyka uszkodzenia narządów,
- zmniejszenie kosztów hospitalizacji [5, 6].

Główną cechą techniki zminimalizowanego krążenia pozaustrojowego jest brak możliwości magazynowania krwi poza organizmem pacjenta, czyli brak sztucznego rezerwuaru. Omawianym rezerwuarem pozostaje prawy przedsionek oraz naczynia żyłne chorego.

## Wskazania do MiECC

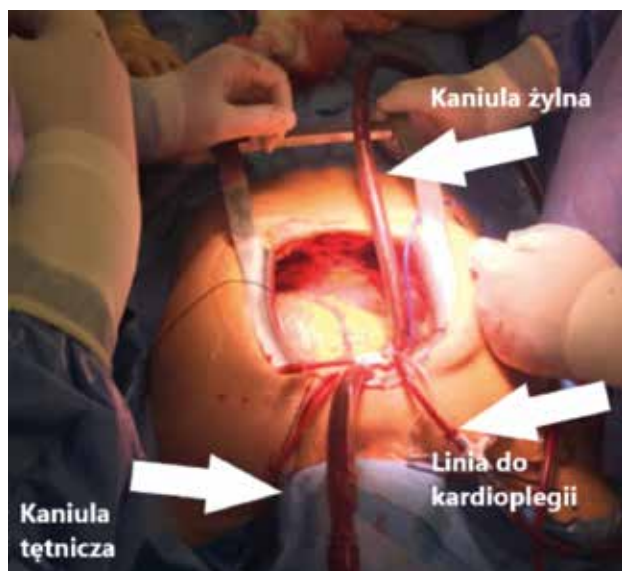
Głównymi wskazaniami do MiECC są:

- pomostowanie naczyń wieńcowych na sercu zatrzymanym,
- pomostowanie naczyń wieńcowych na sercu bijącym,
- wymiana zastawki aortalnej,
- chirurgia zastawki mitralnej,
- zabezpieczenie operacji wieńcowych na sercu bijącym bez użycia krążenia pozaustrojowego,
- operacje serca u świadków Jehowy [7].

## Technika operacyjna

System MiECC składa się z 3 kluczowych elementów: pompy centryfugalnej (ryc. 2), oksygenatora (ryc. 3) i pułapki powietrznej na linii żylniej (ryc. 3).

Najczęstszym wskazaniem do operacji z użyciem systemu MiECC jest pomostowanie naczyń wieńcowych. Do tego rodzaju zabiegu kwalifikowani są chorzy z przeciwwskazaniami do wykonywania operacji w trybie *off-pump* oraz pacjenci, u których



Rycina 3. Kaniulacja serca w układzie MiECC

nie można zastosować klasycznego krążenia pozaustrojowego.

Technika operacyjna nie różni się od tej wykonywanej z użyciem klasycznego krążenia. Pierwszy etap stanowi otwarcie klatki piersiowej. Przed przystąpieniem do kaniulacji podawana jest heparyna w dawce od 0,5 do 1,0 mg/kg masy ciała pacjenta. Istotnym elementem tego etapu operacji jest wykonanie przed kaniulacją echokardiografii epikardialnej/epiaortalnej, której celem jest wykluczenie istnienia miażdżycy śródściennej aorty. Badanie to wykonane śródoperacyjnie zmniejsza ryzyko udaru mózgu [9]. Po odsłonięciu aorty wstępującej zakładana jest kaniula aortalna. Zostaje ona zabezpieczona szwem kapciuchowym. W następnym kroku jest bezpowietrznie łączona z linią tętniczą układu MiECC. W kolejnym etapie kaniulowany jest prawy przedsionek. Kaniula żylna implantowana jest poprzez uszko prawego przedsionka i zabezpieczona przed przypadkowym zapowietrzeniem układu podwójnym szwem „kapciuchowym”. Następnie kaniula żylna łączona jest z linią żylną układu. Tak skaniulowane serce jest gotowe do rozpoczęcia krążenia pozaustrojowego (ryc. 3).

Należy pamiętać, że w układzie podstawowym MiECC brak jest rezerwuaru krwi — pozostają nim duże naczynia żyłne chorego. Dlatego też niesłychanie ważna jest współpraca kardiochirurga, anestezjologa oraz perfuzjonisty w zapewnieniu optymalnego spływu żylnego poprzez prawidłowe wypełnienie chorego. Bardzo użyteczna pozostaje tak zwana pozycja Trendelenburga, która pozwala na szybkie przemieszczenie się krwi z układu żylnego poniżej przepony do prawego przedsionka.

Ponieważ układ krążenia MiECC jest układem zamkniętym, brak jest możliwości używania aktywnego autologicznego ssania z pola operacyjnego. W sytuacji wyłączenia krzepliwości krwi w trakcie

zabiegu operacyjnego odzyskiwanie krwi utraconej z pola operacyjnego jest możliwe za pomocą aparatu *cell saver*. Urządzenie to magazynuje wynaczynioną krew z pola operacyjnego, a następnie — po płukaniu i odwirowaniu — przetacza ją drogą autotransfuzji z powrotem do chorego. Ogranicza to również ilość transfuzji preparatów krwio pochodnych i tym samym zmniejsza ryzyko infekcji w okresie okołoperacyjnym [10].

Po rozpoczęciu krążenia zakładany jest vent do lewej komory, standardowo poprzez prawą górną żyłę płucną. Zapewnia on odbarczenie „lewego” serca w trakcie operacji.

Do protekcji mięśnia sercowego używana jest kardioplegia ciepła, krwista, przygotowana sposobem Calafiorego. Cechuje ją mała objętość podania (15–25 ml) oraz duże stężenie jonów potasu (1,67 mmol/l) i siarczanu magnezu (2 mmol/l) [11]. Kardioplegia ta podawana jest bezpośrednio do opuszki aorty i ujęć wieńcowych w cyklach co 15 minut. Zabieg operacyjny wykonywany jest w normotermii. Po poprzecznym zapięciu klemu aortalnego przeprowadza się zasadniczą część operacji. Po wykonaniu zespołów wieńcowych zdejmowany jest klem aortalny. Po okresie reperfuzji następuje zakończenie krążenia pozaustrojowego i dekanulacja naczyń. Podany zostaje siarczan protaminy i wykonana staranna hemostaza. Klatka piersiowa zamykana jest warstwowo z pozostawieniem drenów i elektrod nasierdziowych.



Rycina 4. Pompa centryfugalna typu CardioHelp (Maquet Getinge Group, Rastatt, Niemcy)

## Dyskusja

Krążenie pozaustrojowe pozostaje „złotym standardem” operacji kardiologicznych. Rozwój nowych technologii, w szczególności materiałów biokompatybilnych oraz drenów powlekanych heparyną, zmniejsza ryzyko niekorzystnych skutków krążenia pozaustrojowego [4]. Przykładem takiej technologii staje się zminimalizowane krążenie pozaustrojowe.

Wyniki dotychczasowych badań potwierdzają, że wykonywanie zabiegów pomostowania aortalno-wieńcowego z użyciem MiECC nie jest gorsze od operacji w trybie *off-pump* [12, 13]. Szczególnego znaczenia nabiera to w sytuacji chorych obciążonych z przeciwwskazaniami do klasycznego krążenia i operacji bez użycia pompy. Specjalnie powołana organizacja *Minimal Invasive Extra-Corporeal Technologies International Society* (MiECTiS) ogłosiła w 2016 roku *consensus* dotyczący wykorzystywania i wdrażania MiECC w kardiologii [14]. Podkreślono korzyści stosowania zminimalizowanych, zamkniętych układów w stosunku do klasycznego krążenia oraz zalecono implementację tego rodzaju układów w chirurgii choroby wieńcowej oraz wad zastawkowych. Przedstawiono także dowody z przeprowadzonych badań co do korzyści i obaw z implementowania techniki MiECC.

W dalszym ciągu problematyczna pozostaje kwestia właściwego natlenienia i dowozu tlenu do tkanek w trakcie MiECC oraz tego, jak je monitorować u chorego operowanego z użyciem tego systemu. Coraz powszechniej podczas zabiegów MiECC do określenia oksymetrii mózgowej używa się metod spektroskopowych [14]. Ma to służyć zapewnieniu należytej perfuzji narządowej w trakcie krążenia i zabezpieczyć chorego przed ryzykiem uszkodzenia narządów odległych [14]. Stosowanie mniejszych dawek heparyny oraz redukcja hemodylucji mają sprzyjać zmniejszeniu ryzyka krwawienia pooperacyjnego i obniżyć wskaźnik infekcji w okresie okołozabiegowym, co wiąże się ze zmniejszeniem śmiertelności [10]. Toczące się badania mają przynieść odpowiedź na powyższe pytania.

Korzyści ze stosowania MiECC są odnotowywane już nie tylko w pojedynczych doniesieniach. Stały się one elementem zaleceń Europejskiego Towarzystwa Kardio-Torakochirurgów oraz Europejskiego Towarzystwa Anestezjologicznego dotyczących gospodarki krwią oraz preparatami krwiopochodnymi w kardiologii dorosłych [15]. W dokumencie tym podkreśla się rolę minimalizowania hemodylucji, wykonywania operacji w normotermii z zachowaniem prawidłowego przedziału pH 7,35–7,45. Zalecane jest również rutynowe stosowanie aparatów do odzyskiwania krwi z pola operacyjnego (*cell saver*) [15].

Kluczowym elementem bezpiecznego przeprowadzenia MiECC pozostaje ścisła współpraca pomiędzy

kardiologami, anestezjologami oraz perfuzjonistami. W Klinice Kardiologii Szpitala MSWiA rozpoczęto program operacji z użyciem pompy centryfugalnej (ryc. 4). Dotychczas wykonano 5 zabiegów z użyciem systemu MiECC. We wszystkich przypadkach były to operacje pomostowania aortalno-wieńcowego z wszczepieniem od 2 do 4 pomostów. Zabiegi przebiegły pomyślnie. Pacjenci nie wymagali transfuzji krwi i preparatów krwiopochodnych. Chorzy nadal pozostają pod stałą obserwacją Kliniki. Planowane są kolejne zabiegi z użyciem systemów MiECC, w tym do operacji zastawkowych i zabiegów małoinwazyjnych.

## Piśmiennictwo

1. Biancari F, Rimpilainen R. Meta-analysis of randomised trials comparing the effectiveness of miniaturised versus conventional cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Heart*. 2009; 95(12): 964–969, doi: [10.1136/hrt.2008.158709](https://doi.org/10.1136/hrt.2008.158709).
2. Kowalewski M, Pawliszak W, Kołodziejczak M, et al. 30-day mortality reduction with miniaturized extracorporeal circulation as compared to conventional cardiopulmonary bypass for coronary revascularization. Meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Cardiol*. 2015; 198: 63–65, doi: [10.1016/j.ijcard.2015.06.153](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.06.153), indexed in Pubmed: [26151717](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26151717/).
3. Schönberger JP, Everts PA, Hoffmann JJ. Systemic blood activation with open and closed venous reservoirs. *Ann Thorac Surg*. 1995; 59(6): 1549–1555, indexed in Pubmed: [7771838](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7771838/).
4. Butler J, Rocker G, Westaby S. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1993; 55(2): 552–559, doi: [10.1016/0003-4975\(93\)91048-r](https://doi.org/10.1016/0003-4975(93)91048-r).
5. Ariyaratnam P, Bennett RT, McLean LA, et al. Antegrade rapid prime displacement in elective coronary artery surgery is associated with lower perioperative blood transfusions and a shorter hospital stay. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013; 17(3): 485–491, doi: [10.1093/icvts/ivt223](https://doi.org/10.1093/icvts/ivt223), indexed in Pubmed: [23690433](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23690433/).
6. Morisaki A, Nakahira A, Sasaki Y, et al. Is elimination of cardiomy suction preferable in aortic valve replacement? Assessment of perioperative coagulation, fibrinolysis and inflammation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013; 17(3): 507–514, doi: [10.1093/icvts/ivt241](https://doi.org/10.1093/icvts/ivt241), indexed in Pubmed: [23728087](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23728087/).
7. Anastasiadis K, Bauer A, Antonitsis P, et al. Minimal Invasive Extra-Corporeal Circulation (MiECC): a revolutionary evolution in perfusion. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014; 19(4): 541–542, doi: [10.1093/icvts/ivu304](https://doi.org/10.1093/icvts/ivu304), indexed in Pubmed: [25536672](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25536672/).
8. Anastasiadis K, Antonitsis P, Haidich AB, et al. Use of minimal extracorporeal circulation improves outcome after heart surgery; a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Cardiol*. 2013; 164(2): 158–169, doi: [10.1016/j.ijcard.2012.01.020](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.01.020), indexed in Pubmed: [22325958](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22325958/).
9. Royse AG, Royse CF. Epiaortic ultrasound assessment of the aorta in cardiac surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2009; 23(3): 335–341, indexed in Pubmed: [19862892](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19862892/).
10. Reyes Garcia A, Vega González G, Andino Ruiz R. Short-term outcome of cardiac surgery under cardiopulmonary

- bypass in patients who refuse transfusion: a controlled study. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2018 [Epub ahead of print], doi: [10.23736/S0021-9509.18.10335-1](https://doi.org/10.23736/S0021-9509.18.10335-1), indexed in Pubmed: 29616523.
11. Kirov H, Schwarzer M, Neugebauer S, et al. Metabolomic profiling in patients undergoing Off-Pump or On-Pump coronary artery bypass surgery. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017; 17(1): 93, doi: [10.1186/s12872-017-0518-1](https://doi.org/10.1186/s12872-017-0518-1), indexed in Pubmed: 28381258.
  12. Winkler B, Heinisch PP, Zuk G, et al. Minimally invasive extracorporeal circulation: excellent outcome and life expectancy after coronary artery bypass grafting surgery. *Swiss Med Wkly*. 2017; 147: w14474, doi: [10.4414/smw.2017.14474](https://doi.org/10.4414/smw.2017.14474), indexed in Pubmed: 28695560.
  13. Winkler B, Heinisch PP, Gahl B, et al. Minimally Invasive Extracorporeal Circulation Circuit Is Not Inferior to Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting: Meta-Analysis Using the Bayesian Method. *Ann Thorac Surg*. 2017; 103(1): 342–350, doi: [10.1016/j.athoracsur.2016.08.067](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.08.067), indexed in Pubmed: 27780561.
  14. Anastasiadis K, Murkin J, Antonitsis P, et al. Use of minimal invasive extracorporeal circulation in cardiac surgery: principles, definitions and potential benefits. A position paper from the Minimal invasive Extra-Corporeal Technologies international Society (MiECTiS). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016; 22(5): 647–662, doi: [10.1093/icvts/ivv380](https://doi.org/10.1093/icvts/ivv380), indexed in Pubmed: 26819269.
  15. Boer C, Meesters MI, Milojevic M, et al. Task Force on Patient Blood Management for Adult Cardiac Surgery of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology (EACTA). 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2018; 53(1): 79–111, doi: [10.1093/ejcts/ezx325](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx325), indexed in Pubmed: 29029100.

---

**Adres do korespondencji:**

Dr n. med. Jakub Staromłyński  
Klinika Kardiologii, CSK MSWiA w Warszawie  
ul. Wołoska 137, 02–507 Warszawa  
tel.: (22) 508–12–69  
e-mail: [jakubstaromlynski@gmail.com](mailto:jakubstaromlynski@gmail.com)