

Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Wydział Lekarski

Robert Musiał

Innovative methods of treatment the patients at the modern department of
anaesthesiology and intensive care.

Innowacyjne metody leczenia pacjentów w nowoczesnym Oddziale
Anestezjologii i Intensywnej Terapii.

Praca doktorska

Promotor: Prof. dr hab. n med. Rafał Drwiła

Pracę wykonano w:
Oddziale Anestezjologii i Intensywnej Terapii Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im.
Jana Pawła II.

Kierownik jednostki
Prof. dr hab. n med. Rafał Drwiła

Kraków, rok 2017

*Pragnę serdecznie podziękować promotorowi
prof. dr hab. n. med. Rafałowi Drwile za
pomoc otrzymaną przy realizacji
niniejszej pracy doktorskiej.*

Dysertację dedykuję mojej Rodzinie.

I.	Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską.....	4
II.	Wstęp.....	5
III.	Uzasadnienie i cel pracy.....	6
IV.	Publikacje.....	7
	<i>Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience.....</i>	8
	<i>Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery.....</i>	16
	<i>Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments.....</i>	21
V.	Podsumowanie i wnioski.....	28
VI.	Streszczenie	32
VII.	Summary	35
VIII.	Piśmiennictwo	38
IX.	Oświadczenia współautorów.....	39

I. Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską.

[1] **Musiał R**, Moncznik P, Śmiałek P, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience. *Kardiologia Polonica*, 2016; 74: 1476-1484. doi: 10.5603/KP.a2016.0087.

[2] **Musiał R**, Ochońska K, Proc A, et al. Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA ECMO) as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polonica*, 2017; 14 (1): 1-5.

[3] **Musiał R**, Lpińska Strasik M, Piątkiewicz A, et al. Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments. *Anaesthesiology Intensive Therapy* 2017, vol. 49, no 1, 40–46.

II. Wstęp.

Dzień 16.10.1846 roku rozpoczął nową erę rozwoju medycyny. Wykonane w tym dniu przez Wiliama Mortona w Bostonie pierwsze na świecie znieczulenie eterowe otworzyło wrota rozwoju chirurgii na całym świecie. Postęp medycyny dokonuje się nieprzerwanie każdego dnia. Rozwój nowych technologii medycznych i myśli twórczej ma również miejsce w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii. Współczesna medycyna wykazuje trend do zminimalizowania ryzyka związanego z leczeniem pacjenta, zwiększenia jego bezpieczeństwa i poprawy efektywności leczenia, poprzez rozwój małoinwazyjnych technologii. Innowacyjność współczesnej medycyny pozwoliła na minimalizację i poprawę jakości sprzętu i urządzeń pozwalających lekarzom z większą efektywnością prowadzić terapię. Coraz większą liczbę chorych stanowią pacjenci w podeszłym wieku, niejednokrotnie posiadają oni wiele czynników ryzyka zwiększających śmiertelność szpitalną. Często są to pacjenci po licznych zabiegach i z obciążeniami dyskwalifikującymi ich z klasycznej operatywy. To między innymi dla tej grupy chorych, to co dla wielu z nas lekarzy do niedawna było niedoścignionym marzeniem dzisiaj staje się rzeczywistością – zabiegi na Salach Hybrydowych. W niniejszej dysertacji autor pragnie podzielić się swoimi doświadczeniami w prowadzeniu terapii innowacyjnymi metodami, prezentuje swoje badania w zakresie terapii chorych w ciężkim wstrząsie, których życie leży w rękach personelu i jego ocalenie zależy nie tylko od wiedzy, determinacji leczącego personelu, ale także od funkcjonowania w oddziale nowoczesnych metod terapii.

Autor dysertacji dokonał analizy wyników leczenia oraz czynników mających wpływ na przeżycie chorych pozostających w ciężkim wstrząsie kardiogennym[1], u których zastosowano pozaustrojowe metody wspomaganie krążenia. Pozaustrojowe utlenowanie krwi lub ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) jest to zmodyfikowana forma krążenia pozaustrojowego umożliwiająca przedłużone wspomaganie układu oddechowego lub krążenia w oddziale intensywnej terapii lub też całkowite zastąpienie układu oddechowego chorego. Utrzymywanie się niestabilności hemodynamicznej pomimo maksymalnej stymulacji inotropowej zmusza do rozważenia zastosowania bezpośredniego wspomaganie mechanicznego. Warunkiem koniecznym jest w tej sytuacji wykonanie kompletnej procedury chirurgicznej. Systemy wspomagające, takie jak membranowe natlenianie pozaustrojowe ECMO zapewniają utrzymanie przepływów w krążeniu systemowym i/lub płucnym odbarczając serce. Podjęcie decyzji o rezygnacji z dalszego

zwiększania stymulacji farmakologicznej i zastosowaniu urządzeń mechanicznych powinno mieć miejsce zanim hipoperfuzja poszczególnych narządów wywołana długotrwałym zespołem małego rzutu doprowadzi do zmian nieodwracalnych.

Autor przebadął grupę chorych po operacjach serca, u których wystąpił ciężki wstrząs kardiogeny, nie odpowiadający na konwencjonalną terapię. W tej grupie również zastosowano innowacyjną metodę wsparcia układu krążenia membranowym natlenianiem pozaustrojowym[2].

W ostatnich latach w oddziałach kardiochirurgicznych i kardiologicznych wprowadzono nową metodę leczenia ciężkiej stenozы aortalnej – przezcewnikową implantację zastawki aortalnej (ang. Transcatheter aortic valve implantation, TAVI). Metoda ta dynamicznie się rozwija i pozwoliła na minimalizację urazu chirurgicznego, związanego z zatrzymaniem akcji serca, sternotomią, czy zastosowaniem krążenia pozaustrojowego u chorych wysokiego ryzyka [3-6]. Doświadczenia ośrodków przeprowadzających przezcewnikową implantację zastawki aortalnej stale rosną. Wiele z nich rezygnuje z anestezji ogólnej i przezprzełykowej sonografii przeprowadzając zabiegi w znieczuleniu miejscowym lub w sedacji [7-9]. Autor dysertacji przeprowadził analizę i podzielił się pierwszymi doświadczeniami ośrodka, w którym wprowadził wraz ze swoim zespołem remifentanylową analgesodację z miejscowym znieczuleniem do zabiegu przezskórnej implantacji protezy zastawki aortalnej TAVI [10].

III. Uzasadnienie i cel pracy.

Celem niniejszej dysertacji jest analiza czynników mających wpływ na przeżycie pacjentów leczonych innowacyjnymi sposobami na nowoczesnych Oddziałach Anestezjologii i Intensywnej Terapii. Pierwsza część dysertacji dotyczy intensywnej terapii i stosowanego w ramach tego oddziału pozaustrojowego utlenowania krwi - ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) jest to zmodyfikowana forma krążenia pozaustrojowego umożliwiającą przedłużone wspomaganie układu oddechowego lub krążenia w oddziale intensywnej terapii lub też całkowite zastąpienie układu oddechowego chorego. U około 2 - 6% pacjentów poddanych operacji serca dochodzi do rozwoju wstrząsu kardiogenego [11,12]. Utrzymywanie się niestabilności hemodynamicznej pomimo maksymalnej stymulacji inotropowej zmusza do rozważenia zastosowania bezpośredniego wspomaganie mechanicznego. Systemy wspomagające, takie jak membranowe

natlenianie pozaustrojowe ECMO zapewniają utrzymanie przepływów w krążeniu systemowym i/lub płucnym odbarczając serce.

Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna tętniczej jest skuteczną formą terapii leczenia niektórych pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogennym po operacjach kardiochirurgicznych. Jednakże śmiertelność tej grupy pacjentów wciąż pozostaje wysoka pomimo zastosowania tej wyrafinowanej formy terapii. Porównując dwie grupy pacjentów, grupę chorych, którzy przeżyli VA ECMO terapię z grupą pacjentów, którzy umarli pomimo zastosowania tej formy leczenia, autor dokonał oceny czynników predykcyjnych dobrego rokowania pacjentów leczonych VA ECMO.

Innowacyjne metody terapii wprowadzane są w dziedzinie anestezjologii i dotyczą okołoperacyjnego prowadzenia pacjenta. W swoim manuskrypcie autor ocenił bezpieczeństwo oraz skuteczność zabiegu TAVI przeprowadzanego w analgodacji remifentanylowej.

W Polsce pierwszej implantacji TAVI dokonano w naszym ośrodku w 2008 roku. Od tamtego czasu nastąpił znaczny postęp technologiczny implantowanych zastawek a sposób prowadzenia chorego przez okres okołoperacyjny ulega cały czas udoskonaleniu. Celem niniejszego badania było zaprezentowanie wstępnych wyników prowadzenia anestezji pacjentów wysokiego ryzyka, zakwalifikowanych do zabiegu TAVI (transcatheter aortic valve implantation). Autorzy dzieląc się swoimi wstępnymi wynikami pragną zwrócić uwagę na szczególne wyzwania stojące przed anestezjologiem prowadzącym znieczulenie miejscowe do tego typu zabiegów.

IV. Publikacje.

Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience

Robert Musiał¹, Paweł Moncznik¹, Paweł Śmiałek², Jarosław Stoliński³, Jerzy Sadowski³, Rafał Drwiła⁴

¹Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy, John Paul II Specialist Hospital, Krakow, Poland

²Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland

³Department of Cardiovascular Surgery and Transplantology, Jagiellonian University Medical College, John Paul II Specialist Hospital, Krakow, Poland

⁴Department of Anesthesiology and Intensive Care, Jagiellonian University Medical College, John Paul II Specialist Hospital, Krakow, Poland

Abstract

Background: Patients suffering from cardiogenic shock, with no response to conventional therapy, may significantly improve when put on support devices such as extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), which maintains systemic and pulmonary circulation, and decongests the heart. This publication presents authors' own experience in qualifying and treating patients with cardiogenic shock, with the use of veno-arterial (VA) ECMO modality.

Aim: The main goal of the study was to analyse factors influencing outcome of VA ECMO therapy in patients with cardiogenic shock. Survival data were compared for patients surviving treatment (n = 12, 41%), and for patients who died while VA ECMO.

Methods: Retrospective study included all patients treated between February 2009, when ECMO was first used in the clinic, and March 2015. Of those, 29 patients were treated with VA ECMO for respiratory support. Mean patient age was 42 years; 19 (66%) patients were male, and 10 (34%) patients were female.

Results: Total in-hospital mortality rate was 59% (17/29). No difference was observed as to patient age, sex, body height, mode of hospital admission, comorbidities or left ventricular ejection fraction at hospital admission, when comparing survivors and patients who died despite treatment. The following parameters were analysed: number of days on VA ECMO, troponin levels during first days from treatment onset, platelet transfusions, and duration of mechanical ventilation. No significant differences were observed between the groups. Surviving patients were significantly longer hospitalised (p = 0.016), including a longer stay in the intensive care unit (p = 0.03).

Conclusions: VA ECMO is an acceptable therapy for patients in a severe state of cardiogenic shock. In-hospital mortality rate was 59%, and 41% patients (12 subjects) were successfully treated with VA ECMO in course of cardiogenic shock.

Key words: cardiogenic shock, extracorporeal life support, extracorporeal membrane oxygenation

Kardiol Pol 2016; 74, 12: 1–8

INTRODUCTION

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a modality of external life support. The system enables long-lasting circulatory or respiratory support or can totally take over respiratory function in patients hospitalised in intensive care units (ICU). Approximately 2–6% patients develop cardiogenic shock after

cardiosurgical procedures [1]. When haemodynamic instability persists despite maximal doses of inotropic agents, direct mechanical support of circulation needs to be considered. This procedure requires though a completed surgical intervention. Support systems such as ECMO decongest the heart while maintaining blood flow in both systemic and pulmonary

Address for correspondence:

Robert Musiał, MD, Department of Anaesthesiology and Intensive Care, John Paul II Specialist Hospital, ul. Prądnicka 80, 31–202 Kraków, Poland, e-mail: r.musial@aclex.com.pl

Received: 13.11.2015

Accepted: 25.04.2016

Available as AoP: 23.05.2016

Kardiologia Polska Copyright © Polskie Towarzystwo Kardiologiczne 2016

circulation. The decision to stop intensifying pharmacological stimulation, and to apply mechanical support should be made before organ hypoperfusion caused by long-lasting low ejection fraction (EF) syndrome causes development of irreversible injury.

First attempt to use external pump for supporting or replacing heart and lungs took place in 1953 when Gibbon constructed a "lung-heart machine". For the first time, he successfully applied extracorporeal circulation, creating a cardiopulmonary bypass during the procedure of closing interatrial defect in a 18-year-old woman [2]. When application of extracorporeal circulation became feasible in the operating room, attempts were initiated to facilitate the use of similar methods in ICU. Long-term application became reality after Hill et al. [3] successfully used extracorporeal circulation for 72 h in adults, and described these procedures in 1972. Since then, an enormous technological progress occurred, and more advanced ECMO devices were constructed. The attempts to develop ECMO therapy intensified in 2009, during the AH1N1 epidemics, when veno-venous circuit (VV ECMO) was used to prevent critical organ hypoxia, and thus facilitated pharmacological treatment of the most severe infections. Since 1989, Extracorporeal Life Support Organisation (ELSO) has recorded ECMO treatment procedures in more than 33,000 neonates, 15,000 children and 13,000 adults [4]. Thanks to the presence of oxygenator and centrifugal pump, ECMO device may provide extracorporeal circulatory support both in pulmonary and in systemic circuit. The most important indication for ECMO therapy in adults with cardiac insufficiency is cardiogenic shock [4]. Other possible applications include low EF syndrome with hypotension, organ hypoperfusion demonstrating with oliguria and acidosis despite adequate fluid therapy and vascular bed filling. The device should be implanted in case of cardiogenic shock persisting despite adequate administration of inotropic and vasoactive drugs. Septic shock is an indication for ECMO therapy in veno-atrial (VA) configuration in many institutions [4]. Successful application of extracorporeal warming for VA ECMO in cases of accidental hypothermia was described in some centres [5–8]. Recently, there is a tendency to use VA ECMO as a treatment of choice for hypothermic patients [9–13]. Extracorporeal life support may be an effective treatment in patients developing cardiogenic shock due to drug poisoning, not responding to conventional therapy [14].

Not all patients requiring vital function support are eligible for ECMO therapy, which is contraindicated in cases of irreversible organ damage causing circulatory or respiratory insufficiency, massive haemorrhage, and in patients with contraindications to chronic heparinisation. In some centres, absolute contraindications to ECMO treatment include severe neurological damage, uncontrolled (disseminated) malignancy, patient age of over 80 years or comorbidity impeding recovery [15].

METHODS

Study group

The study was performed in accordance with regulations of Declaration of Helsinki. As it was a register study, where patient-identifying data was not collected and therapeutic process was not to be affected, application for approval from the local bioethical committee was not required. Permission for manuscript preparation was granted from the hospital's head manager. Study group included all consecutive patients treated at the Department of Anaesthesiology and Intensive Care, belonging to the Department of Cardiovascular Surgery and Transplantology, Jagiellonian University Medical College in Krakow. The included patients were treated with VA ECMO for cardiogenic shock. Excluded were 9 patients treated with VA ECMO due to accidental hypothermia. Study group comprised 29 patients, and the observation period was from January 2009 when ECMO was introduced in the department, to March 2015. Retrospective analysis included demographical data, mode of hospital admission, primary cause of initiating ECMO treatment, comorbidities, left ventricular EF (LVEF) at hospital admission, troponin profile under first 3 days of hospitalisation, duration of in-hospital stay, duration of stay in the ICU, duration of mechanical ventilation, deaths as well as complications of ECMO therapy.

In-hospital death was defined as decease of any cause occurring within 30 days from onset of ECMO therapy or after this period but during the same hospitalisation [16]. Renal insufficiency was diagnosed in patients having creatinine over 177 $\mu\text{mol/L}$ [17].

Therapy

Femoral vessel access was most often performed in right or left groin, with venous inflow to pump by a 22–24 F cannula and return via a 19–21 F cannula (currently used are cannulas from Bioline Coating Maquet, Germany). Life supporting device included a Rotaflow Console REF 706037 (Maquet, Germany), Heater Unit HU 35 (Maquet, Germany) and an oxygenator (Permanent Life Support Set "Bioline-Coating", Maquet, Germany) with a set of cannulas. Femoral artery was accessed directly. Initial flow rate was set at 65 mL/kg/min, and then adjusted so as to obtain oxygenation of mixed venous blood SvO_2 of 60–70%. FiO_2 was set at 40–60% in order to obtain arterial blood saturation (paO_2) between 150 mm Hg and 200 mm Hg and carbon dioxide partial pressure (paCO_2) of 35–45 mm Hg. Activated coagulation time was kept at 160–200 s, controlled by continuous heparin infusion. Mean arterial pressure was maintained at 60 mm Hg.

Many patients required vasopressor therapy directly after operation (epinephrine, norepinephrine, dobutamine). Echocardiography was performed in all patients for assessment of LVEF. Haemoglobin concentration was maintained at 8 mg/dL, with help of blood product infusions. Default platelet concentration was > 80,000/mL. Continuous infusion of

Table 1. Demographical data and patient characteristics in subgroups with respective comorbidities

	Deceased	Survived	P
Sex (male/female)	12/5	7/5	0.4941
Age	42.0 ± 15.51	41.2 ± 13.78	0.7040
Body weight	76.6 ± 17.77	73.0 ± 9.64	0.0451
Body height	1.7 ± 0.08	1.7 ± 0.08	1.0000
BMI	27.9 ± 5.90	25.95 ± 5.05	0.6081
AH (yes/no)	7/10	2/10	0.1597
DM type 2 (yes/no)	3/14	1/11	0.4438
MI (yes/no)	7/10	2/10	0.1597
PCI (yes/no)	3/14	1/11	0.4438
Emergency admission to hospital (yes/no)	8/9	10/2	0.0641
EF at admission to hospital (median)	35.59 ± 20.53 (40)	27.08 ± 26.58 (10)	0.2449

AH — arterial hypertension; BMI — body mass index; DM — diabetes mellitus; EF — ejection fraction; MI — myocardial infarction; PCI — percutaneous coronary interventions

fentanyl and midazolam was performed for analgo-sedation during salvage controlled mechanical ventilation (respiratory volume 6 mL/kg ideal body mass, respiration frequency 10/min, PEEP 4 cm H₂O). Antibiotics were administered after consultations with the team responsible for managing in-hospital infections.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed using STATISTICA 10 PL software. Descriptive analyses were performed for selected variables, and presented on histograms. For quantitative variables, number and percentage were calculated for each subgroup, and presented on column graphs.

Logistic regression model was used for analysis of correlations between qualitative and continuous variables with patient deaths. Odds ratio (OR) with 95% confidence interval (CI) was calculated for each significant correlation. If logistic regression could not be applied, χ^2 test was used.

Level of statistical significance was adopted for p value lower than 0.05. Student's t test was used for comparison of two groups, and non-parametric Mann-Whitney test for comparison of variables of non-normal distribution [18].

RESULTS

Study group included 29 patients treated with VA ECMO, including 19 (66%) males. Mean patient age was 42 years. Overall in-hospital mortality rate was 59% (17/29).

Factors influencing survival of patients treated with VA ECMO were then analysed. For this purpose, outcomes were compared between survivors (n = 12; 41%) and patients who died despite adequate extracorporeal membrane oxygenation therapy in VA configuration. Table 1 contains demographical data and general characteristics of subgroups, including comorbidities.

In 18 (62%) patients, ECMO therapy was administered due to inability to stop extracorporeal circulation or after cardiosurgical procedures. The remainder 11 (38%) patients required therapy due to a severe cardiogenic shock resulting from cardiac decompensation in course of cardiomyopathy or myocarditis.

Causes of ECMO therapy initiation after respective cardiosurgical procedures are presented in Figure 1.

No differences were observed between survivors and deceased patients as to age, sex, body height, hospital admission mode, comorbidities or left LVEF at hospital admission. Logistic regression analysis did not identify any correlations neither between qualitative and continuous variables nor between deaths and demographical data (Table 2) or cause for ECMO therapy initiation (Table 3). No significant correlation was observed between deaths and comorbidities (Table 4).

Analysis of surviving patients as compared to deceased ones involved Student's t-test or non-parametric Mann-Whitney test, for variables of non-normal distribution (Table 5). The investigated variables included number of days on VA ECMO therapy, troponin levels during first days of therapy, transfusions of platelet concentrates, and duration of mechanical ventilation. No significant differences were observed between the groups. The surviving group had significantly longer hospitalisations in ICU (p = 0.03; Fig. 2) and duration of in-hospital stay (p = 0.016; Fig. 3).

Both groups of patients treated with VA ECMO experienced complications. Those included thrombotic perturbations with necessity of transfusing blood products (n = 21, 72%), liver failure (n = 19, 66%), acute kidney injury necessitating continuous kidney replacement therapy (n = 10, 35%), and lower limb ischaemia (n = 10, 35%). Seven (27%) patients developed cardiac tamponade and underwent re-thoracotomy. Four (14%) patients required pleural

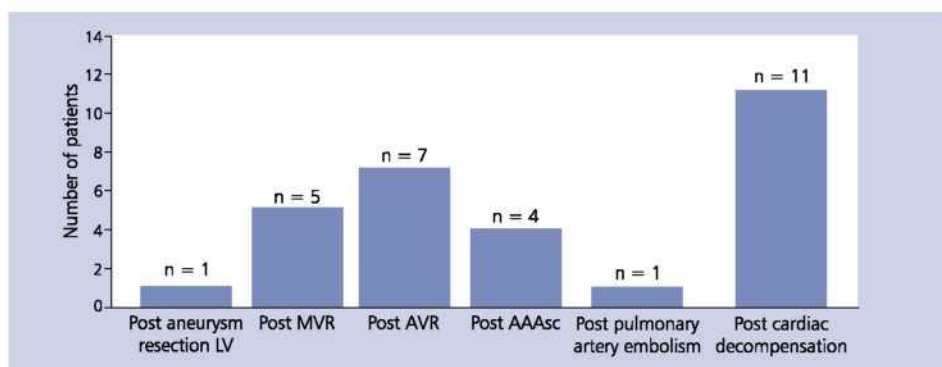


Figure 1. Causes of ECMO therapy following respective cardio-surgical interventions; AAAsc — aneurysm of ascending aorta; AVR — aortic valve replacement; LV — left ventricle; MVR — mitral valve replacement

Table 2. Logistic regression analysis of demographical characteristics influencing risk of patient death during VA ECMO therapy

	OR	CI	P
Sex	0.6	0.1–4.6	0.592
Age	1.0	0.1–1.1	0.877
Body weight	1.0	1.0–1.1	0.510
BMI	1.0	0.9–1.2	0.350

BMI — body mass index; CI — confidence interval; OR — odds ratio

Table 3. Logistic regression analysis of risk factors for death during VA ECMO therapy (including indications for therapy)

	OR	CI	P
Post cardiac surgery	4.6	0.9–24.4	0.064
Ischaemic cardiomyopathy	0.8	0.2–4.4	0.822
Myocarditis	0.6	0.1–4.3	0.631
MVR	1.1	0.1–8.4	0.945
AVR	6.0	0.6–65.0	0.123
AAAsc	2.4	0.2–29.0	0.483
Pulmonary artery embolus	0.2	0.0–5.9	0.414
Circulatory decompensation	0.4	0.1–2.1	0.265

AAAsc — aneurysm of ascending aorta; AVR — aortic valve replacement; MVR — mitral valve replacement; CI — confidence interval; OR — odds ratio

Table 4. Logistic regression analysis of risk factors for death during VA ECMO therapy (comorbidities)

	OR	CI	P
Arterial hypertension	3.5	0.5–23	0.172
DM type 2	2.4	0.2–28	0.483
Previous MI	3.5	0.5–23	0.172
Status post PCI	2.4	0.2–29	0.483
Elective hospitalisation	0.2	0.03–1.2	0.058
Dyslipidaemia	2.7	0.4–18	0.279
IABP on admission	0.6	0.1–3.4	0.562

CI — confidence interval; DM — diabetes mellitus; IABP — intraaortic balloon pump; MI — myocardial infarction; OR — odds ratio

cavity drainage, and in 3 (10%) intracavitary electrodes were placed. There were no significant correlations between these complications and patient deaths (Table 6).

Positive blood cultures were obtained in 8 (28%) patients. Surviving patients were significantly longer hospitalised, and had longer periods in ICU, which increases markedly risk of infection.

Therapy using VA ECMO was effective in 12 (41%) of 29 patients in severe cardiogenic shock. Decision to start ECMO treatment was in each case related to lack of clinical improvement and inefficacy of adequate standard therapeutic measures. Three (10%) patients after successful ECMO therapy were discharged home, 7 (24%) were transferred to cardiology departments for further therapy, and 2 (7%) were discharged to sanatoria for rehabilitation.

DISCUSSION

Veno-arterial ECMO is an accepted therapeutic modality for patients in severe cardiogenic shock. In-hospital mortality rate was 59% in VA ECMO-treated patients in the presented study. Thus, 41% patients receiving this therapy successfully recovered from a severe cardiogenic shock. Those were, among others, patients after cardio-surgical interventions or patients who could not be put on extracorporeal circulation. Decision to initiate ECMO treatment following cardiac surgery was in most cases related to inability to stop extracorporeal circulation after the procedure, and inotrope medication was ineffective. Among these patients, 18 (62%) had ECMO implanted directly after surgical procedure, before transfer to ICU. Patients who developed cardiogenic shock not related to cardiac surgery were put on ECMO when vasopressor doses were as follows: epinephrine 8–10 $\mu\text{g}/\text{min}$, norepinephrine 6–14 $\mu\text{g}/\text{min}$, dobutamine 5–10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. In 9 (31%) patients ECMO was implanted less than 24 h from admission to ICU. In 2 subjects, therapy was initiated on respectively day 3 and day 7 from ICU admission, following unsuccessful attempts at haemodynamic stabilisation and application of intraaortic balloon pump. Both patients experienced a rapid

Table 5. Variables affecting survival of VA ECMO-treated patients during hospitalisation in ICU

	Deceased	Survived	P
Number of days on ECMO	8.18 ± 7.75 (5)	11.83 ± 7.16 (11)	0.1171
IABP on admission	0.24 ± 0.44 (0)	0.33 ± 0.49 (0)	0.6788
Troponin level, day 1	14.00 ± 29.09 (1.69)	2.57 ± 3.23 (0.74)	0.3238
Troponin level, day 2	20.78 ± 33.71 (2.66)	2.80 ± 3.40 (1.59)	0.2803
Troponin level, day 3	12.70 ± 18.79 (2.425)	2.07 ± 2.35 (1.33)	0.1890
Transfusion of platelet concentrates	9.12 ± 11.17 (4)	7.67 ± 6.98 (4)	0.7770
Number of days on mechanical ventilation	10.94 ± 11.04 (5)	13.58 ± 12.70 (10)	0.498540
Number of days in ICU	14.24 ± 15.41 (5)	24.75 ± 12.49 (27.5)	0.0301
Number of days in hospital	20.59 ± 27.94 (9)	35.42 ± 16.53 (32)	0.0161

Values are expressed as mean ± standard deviation as well as median (in parentheses); ICU — intensive care unit; IABP — intraaortic balloon pump

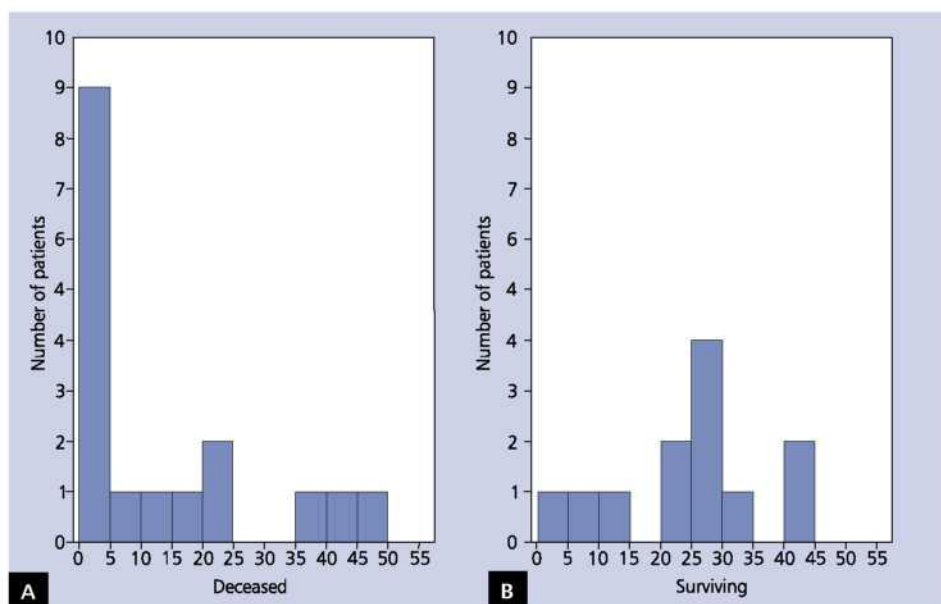


Figure 2. Duration of stay in intensive care unit (ICU) for patients deceased (A) and patients surviving (B) during ECMO therapy

decrease in EF by 5–10% and required increased doses of vasopressors, which triggered the decision to start extracorporeal support.

In the presented study, authors describe own experience in VA ECMO therapy of patients in a severe state of cardiogenic shock. The system can be applied using a central access but also by peripheral vascular access. In authors' institution, peripheral access is preferred given the necessity of anticoagulation treatment due to haemostatic disorders and because of infection risk. The study showed that surviving patients were much longer hospitalised, and treated in ICU, which explains high costs of therapy in this group. Technical characteristics and clinical profile of ECMO circulatory and respiratory support contribute to multitude of treatment indications. In the presented study, a modern mobile system was applied,

enabling relocation of device together with the patient and continuation of treatment for a longer period. The device demonstrates a good steerability and flexible respiratory and circulatory support. Therapy with ECMO was successfully applied for recovery, before heart transplantation or by default in patient in accidental hypothermia [19]. Promising results were also described in ECMO treated patients with cardiac failure after medicinal poisoning [14]. Aubron et al. [20] point out that bleeding and coagulopathy are the most common complications in ECMO-treated patients, apart from neurological, vascular and infectious complications. These are also major risks of death in this patient population. Second most common group of complications includes haematogenic infections [20]. In the presented study, 72% patients experienced bleeding and coagulopathy, being the two most common

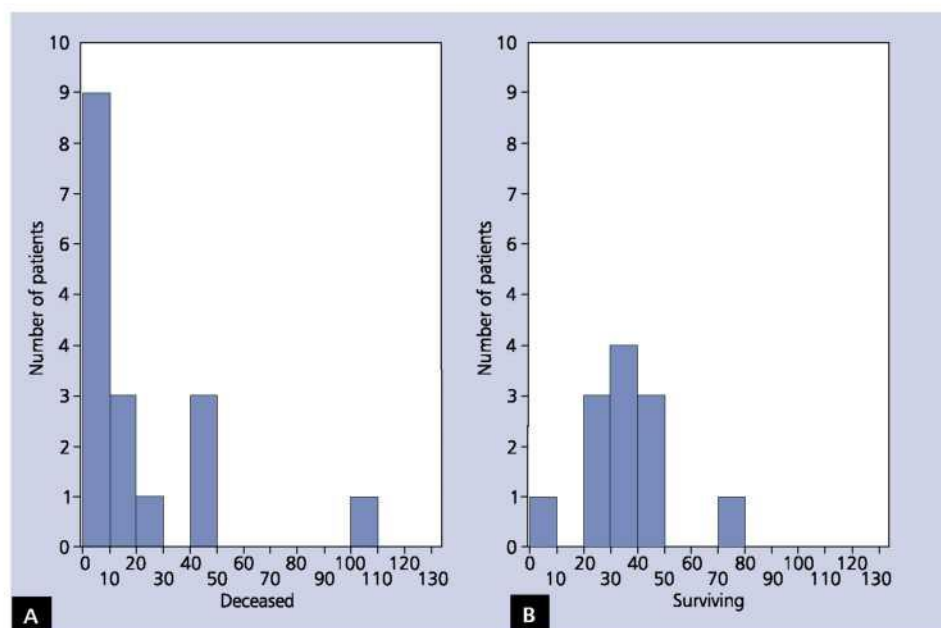


Figure 3. Duration of stay in hospital for patients deceased (A) and patients surviving (B) during ECMO therapy

Table 6. Logistic regression analysis of risk factors for death during VA ECMO therapy (in intensive care unit)

	OR	CI	P
Troponin level, day 1	1.1	8.9–1.3	4.046
Troponin level, day 2	1.1	9.4–1.3	2.189
Troponin level, day 3	1.1	0.9–1.4	0.219
Days on mechanical ventilation	1.0	0.9–1.0	0.542
Renal replacement therapy	1.4	0.3–7.0	0.668
Lower limb ischaemia	2.7	0.4–18	0.278
Positive blood culture	0.04	0.003–0.5	0.008
Pleural cavity drainage	0.2	0.02–2.3	0.172

CI — confidence interval; OR — odds ratio

complications. No significant correlation was however observed between these complications and mortality.

Survival data presented herein is consistent with reports from literature. Data from the ELSO registry showed survival rate of 39% in patients having cardiogenic shock [4]. Similar results were reported by Aissaoui et al. [21], Sakamoto et al. [22], and authors of many other case series or smaller studies. In the presented study, 28% patients had positive blood cultures. Impact of infection on results of ECMO therapy is controversial. Some authors suggest that sepsis or nosocomial infection correlate with risk of patient death [23, 24] whereas other reported no such link [25, 26]. Patients surviving ECMO therapy are significantly longer hospitalised and spend more time in ICU. Duration of the latter in-hospital stay poses a particular infection risk.

Limitations of the study

Several limitations of the study need to be pointed out. The study had retrospective character, and was based on data retrieved from medical journals. Besides, patient group was small, therefore conclusions on statistically significant correlations should be treated with caution.

CONCLUSIONS

Successful ECMO therapy is based on close cooperation between anaesthesiologists, intensive care specialists, cardiac surgeons, perfusionists, pharmacologists and an experienced nursing staff. Therapy with VA ECMO may be successfully applied in severe cardiogenic shock, when conventional treatment is ineffective.

Conflict of interest: none declared

References

1. Pae WE Jr, Miller CA, Matthews Y et al. Ventricular assist devices for postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1992; 104: 541.
2. Gibbon JH. Artificial maintenance of life during experimental occlusion of the pulmonary artery followed by survival. *Surgery, Gynecol Obstetrics*, 1939; 69: 602–614.
3. Hill DJ, O'Brien TG, Murray JJ. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute posttraumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of Bramson membrane lung. *N Engl J Med*, 1972; 286: 629–634.
4. Extracorporeal Life Support Organization: <http://www.elsonet.org>.
5. Brown DJ, Brugger H, Boyd J et al. Accidental hypothermia. *N Engl J Med*, 2012; 367: 1930–1938.
6. Durrer B, Brugger H, Syme D. The medical on-site treatment of hypothermia ICAR-MEDCOM recommendation. *High Alt Med Biol*, 2003; 4: 99–100.
7. Soar J, Perkins GD, Abbas G et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning,

- drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation*, 2010; 81: 1400–1433.
8. Wanscher M, Agersnap L, Ravn J et al. Outcome of accidental hypothermia with or without circulatory arrest: experience from the Danish Praesto Fjord boating accident. *Resuscitation*, 2012; 83: 1078–1084.
 9. Ruttman E, Weissenbacher A, Ulmer H et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007; 134: 594–600.
 10. Scaife ER, Connors RC, Morris SE et al. An established extracorporeal membrane oxygenation protocol promotes survival in extreme hypothermia. *J Pediatr Surg*, 2007; 42: 2012–2016.
 11. Hagiwara S, Yamada T, Furukawa K et al. Survival after 385 min of cardiopulmonary resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation and rewarming with haemodialysis for hypothermic cardiac arrest. *Resuscitation*, 2011; 82: 790–791.
 12. Boue Y, Lavolaine J, Bouzat P et al. Neurologic recovery from profound accidental hypothermia after 5 hours of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*, 2014; 42: 167–170.
 13. Morley D., Yamane K, O'Malley R et al. Rewarming for accidental hypothermia in an urban medical center using extracorporeal membrane oxygenation. *Am J Case Rep*, 2013; 14: 6–9.
 14. Daubin C, Lehoux P, Ivascau C et al. Extracorporeal life support in severe drug intoxication: a retrospective cohort study of seventeen cases. *Crit Care*, 2009; 13: R138. doi: [10.1186/cc8017](https://doi.org/10.1186/cc8017).
 15. Wheeler TM, Baker JN, Chad DA et al. Case Records of the Massachusetts General Hospital. Case 30-2015: a 50-year-old man with cardiogenic shock. *N Engl J Med*, 2015; 373: 1251–1261. doi: [10.1056/NEJMcpc1415169](https://doi.org/10.1056/NEJMcpc1415169).
 16. Byrne J, Leacche M, Unie D et al. Staged initial percutaneous coronary intervention followed by valve surgery (“hybrid approach”) for patients with complex coronary and valve disease. *J Am Coll Cardiol*, 2005; 45: 14–18.
 17. Goolsby MJ. National Kidney Foundation Guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *J Am Acad Nurse Pract*, 2002; 14: 238–242.
 18. Stanisław A. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Wydawca: StatSoft Polska, Kraków, 2007.
 19. Musiał R, Darocha T, Kosiński S et al. Application of V-A ECMO therapies for short-term mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock. *Anaesthesiol Intens Therap*, 2015; 47: 324–327. doi: [10.5603/AIT.2015.0046](https://doi.org/10.5603/AIT.2015.0046).
 20. Aubron C, Cheng AC, Pilcher D et al. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study. *Crit Care*, 2013; 17: R73.
 21. Aissaoui N, Luyt Ch-E, Leprince P et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive Care Med*, 2011; 37: 1738–1745. doi: [10.1007/s00134-011-2358-2](https://doi.org/10.1007/s00134-011-2358-2).
 22. Sakamoto S, Taniguchi N, Nakajima S, Takahashi A. Extracorporeal life support for cardiogenic shock or cardiac arrest due to acute coronary syndrome. *Ann Thorac Surg*, 2012; 94: 1–7.
 23. Kumar TK, Zurakowski D, Dalton H et al. Extracorporeal membrane oxygenation in postcardiotomy patients: factors influencing outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010; 140: 330–336.
 24. Steiner CK, Stewart DL, Bond SJ et al. Predictors of acquiring a nosocomial bloodstream infection on extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr Surg*, 2001; 36: 487–492.
 25. Hsu MS, Chiu KM, Huang YT et al. Risk factors for nosocomial infection during extracorporeal membrane oxygenation. *J Hosp Infect*, 2009; 73: 210–216.
 26. Sun HY, Ko WJ, Tsai PR et al. Infections occurring during extracorporeal membrane oxygenation use in adult patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010; 140: 1125–1132.

Cite this article as: Musiał R, Moncznik P, Śmialek P et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience. *Kardiologia Polska*, 2016; 74: xx–xx. doi: [10.5603/KPa2016.0087](https://doi.org/10.5603/KPa2016.0087).

Doświadczenia własne w stosowaniu terapii za pomocą VA ECMO jako krótkoterminowego mechanicznego wspomaganie krążenia u dorosłych pacjentów we wstrząsie kardiogenym

Robert Musiał¹, Paweł Moncznik¹, Paweł Śmiałek², Jarosław Stoliński³, Jerzy Sadowski³, Rafał Drwiła⁴

¹Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Medycznej, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II, Kraków

²Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa

³Klinika Chirurgii Serca, Naczyń i Transplantologii, Uniwersytet Jagielloński, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II, Kraków

⁴Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Medycznej, Uniwersytet Jagielloński, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II, Kraków

Streszczenie

Wstęp: Pacjenci we wstrząsie kardiogenym, nieodpowiadający na konwencjonalną terapię, mogą uzyskać wiele korzyści z leczenia za pomocą systemów wspomagających, takich jak membranowe natlenianie pozaustrojowe ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*), które zapewniają utrzymanie przepływów w krążeniu systemowym i/lub płucnym, odbarczając serce. Autorzy przedstawili doświadczenia własne w kwalifikowaniu i prowadzeniu terapii chorych we wstrząsie kardiogenym, u których zastosowano ECMO w konfiguracji żylna-tętniczej (VA ECMO).

Cel: Głównym celem badania było przeprowadzenie analizy czynników wpływających na przeżycie osób leczonych VA ECMO. Porównano grupę pacjentów, którzy przeżyli terapię (n = 12; 41%), z grupą chorych, którzy zmarli mimo zastosowania VA ECMO.

Metody: Analiza retrospektywna dotyczyła pacjentów leczonych w okresie od lutego 2009 r., kiedy pierwszy raz zastosowano terapię ECMO w klinice autorów, do marca 2015 r. Badana populacja objęła 29 chorych leczonych za pomocą VA ECMO. Średni wiek pacjentów wynosił 42 lata; 19 osób stanowili mężczyźni (66%). Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych, leczonych w ośrodku autorów, znajdujących się we wstrząsie kardiogenym, u których zastosowano VA ECMO jako układ wspomagający pracę płuc.

Wyniki: Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 59% (17/29). Nie wykazano różnic między grupą zmarłych a grupą osób, które przeżyły, w odniesieniu do wieku, płci, wzrostu, trybu przyjęcia, chorób towarzyszących czy wartości frakcji wyrzutowej lewej komory ocenianej przy przyjęciu do szpitala. Analizie poddano liczbę dni leczenia za pomocą VA ECMO, stężenie troponin w pierwszych dobach wdrożenia terapii, przetoczenia koncentratu krwinek płytkowych, czas wentylacji mechanicznej. Nie wykazano istotnych różnic w obu grupach. Znamienne dłuższy okazał się zarówno czas pobytu chorych na oddziale intensywnej terapii (p = 0,03), jak i czas pobytu w szpitalu (p = 0,016) w grupie pacjentów, którzy przeżyli.

Wnioski: Terapia za pomocą VA ECMO jest akceptowalną formą leczenia pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogenym. Szpitalna śmiertelność osób poddanych VA ECMO w niniejszym badaniu wynosiła 59%. Oznacza to, że u 12 (41%) chorych, u których wystąpił ciężki wstrząs kardiogeny, z powodzeniem zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe.

Słowa kluczowe: wstrząs kardiogeny, membranowe natlenianie pozaustrojowe, pozaustrojowe wspomaganie funkcji życiowych

Kardiol Pol 2016; 74, 12: 1–8

Adres do korespondencji:

lek. Robert Musiał, Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Medycznej, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II, ul. Prądnicka 80, 31–202 Kraków, e-mail: r.musial@aclex.com.pl

Praca wpłynęła: 13.11.2015 r.

Zaakceptowany do druku: 25.04.2016 r.

Data publikacji AoP: 23.05.2016 r.

Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery



Robert Musiał¹, Krystyna Ochońska¹, Andrzej Proc¹, Jarosław Stoliński², Dariusz Plicner², Bogusław Kapelak², Rafał Drwiła¹

¹Department of Anesthesiology and Intensive Therapy, Jagiellonian University Medical College, John Paul II Hospital, Krakow, Poland

²Department of Cardiovascular Surgery and Transplantology, Jagiellonian University Medical College, John Paul II Hospital, Krakow, Poland

Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska 2017; 14 (1): 1-5

Abstract

Introduction: The authors present their personal experience in qualifying and treating adult patients using veno-arterial (VA) extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in postcardiotomy cardiogenic shock.

Aim: The aim of this study was to analyze the results of VA ECMO in patients with postcardiotomy cardiogenic shock. An analysis of the risk factors of postoperative mortality was also performed.

Material and methods: We analyzed the perioperative results of survivors and non-survivors of treatment using VA ECMO. We compared the number of days on VA ECMO therapy, types of cardiac surgical procedures, and the frequency of VA ECMO complications such as coagulation disorders, lower limb ischemia, cardiac tamponade, and renal replacement therapy.

Results: There were 27 patients treated with VA ECMO during the study period. The mean patient age was 45 ± 16 years. The hospital mortality rate of patients treated with VA ECMO therapy was 70% (19/27). There were no significant differences between the groups of survivors and non-survivors regarding age, gender, admission type and coexisting diseases. Type of cardiac surgical procedure had no influence on mortality or complications of therapy using VA ECMO.

Conclusions: The VA ECMO can be an effective form of therapy in some patients in postcardiotomy cardiogenic shock.

Key words: postcardiotomy cardiogenic shock, extracorporeal membrane oxygenation.

Streszczenie

Wstęp: Autorzy przedstawiają doświadczenia własne w kwalifikowaniu i prowadzeniu terapii dorosłych pacjentów we wstrząsie kardiogenym po operacjach serca, u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe (ECMO) w konfiguracji żylna-tętniczej.

Cel: Głównym celem badania było przeprowadzenie analizy wyników leczenia pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogenym po operacjach kardiologicznych leczonych z użyciem VA ECMO. Autorzy dokonali analizy czynników mających wpływ na przeżycie pacjentów leczonych VA ECMO.

Materiał i metody: Przeanalizowano przebieg leczenia z użyciem VA ECMO u pacjentów w pokardiotomijnym wstrząsie kardiogenym poprzez porównanie grupy pacjentów, u których leczenie zakończyło się pomyślnie, z grupą osób, które zmarły pomimo zastosowania VA ECMO. Analizie poddano liczbę dni terapii z użyciem VA ECMO, rodzaj operacji kardiologicznej, a także częstość wystąpienia powikłań VA ECMO, takich jak zaburzenia krzepnięcia, niedokrwienie kończyn dolnych, tamponada serca i terapia nerkozastępcza. Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych leczonych w naszym ośrodku, znajdujących się w pokardiotomijnym wstrząsie kardiogenym, u których zastosowano VA ECMO.

Wyniki: W badaniu wzięto udział 27 pacjentów poddanych terapii VA ECMO. Średni wiek chorych wynosił 45 ± 16 lat, a śmiertelność szpitalna – 70% (19/27). W badaniu nie stwierdzono znaczących różnic pomiędzy grupą zmarłych pacjentów a grupą osób, u których leczenie zakończyło się pomyślnie, w zakresie wieku, płci, trybu przyjęcia oraz chorób towarzyszących. Rodzaj procedury chirurgicznej nie miał istotnego wpływu na śmiertelność i powikłania terapii z użyciem VA ECMO.

Wnioski: Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna-tętniczej jest skuteczną formą leczenia niektórych pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogenym po operacjach kardiologicznych.

Słowa kluczowe: pokardiotomijny wstrząs kardiogeny, membranowe natlenianie pozaustrojowe.

Address for correspondence: Robert Musiał MD, Department of Anesthesiology and Intensive Therapy, Jagiellonian University Medical College, John Paul II Hospital, 80 Pradnicka St, 31-202 Krakow, Poland, phone: +48 608 690 695, e-mail: r.musial@aclex.com.pl

Received: ???, accepted: ???

Introduction

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), is a modified form of extracorporeal circulation used during heart surgery. Depending on the configuration (veno-venous or veno-arterial), ECMO enables prolonged support for a patient's respiratory or cardiovascular system while in an intensive care unit, or provides complete replacement of the respiratory system. It is reported that 0.2–6.0% of adult patients subjected to cardiac surgery procedures suffer from postcardiotomy cardiogenic shock (PCCS) [1, 2]. This occurs in patients with either low or acceptable ejection fraction from the left ventricle and who are qualified for heart surgery operations. The PCCS occurs not only in patients who cannot be weaned from cardiopulmonary bypass while in the operating room but also in those who show "low cardiac output syndrome" (LCOS) in the early postoperative period. Despite maximum inotropic stimulation, persistent hemodynamic instability necessitates consideration of the use of direct mechanical support.

Conducting a complete surgical procedure is a prerequisite in this situation. Support systems, such as ECMO, ensure maintenance of flow in the systemic and/or pulmonary circulation systems while unburdening the heart. The decision to cease further increase of pharmacological stimulation and use mechanical devices should be taken prior to hypoperfusion of individual organs caused by prolonged low cardiac output, which leads to irreversible changes [3]. Extracorporeal life support (ECLS) such as ECMO may constitute an efficient method of therapy for patients with severe cardiogenic shock, and can be used as a bridge for treatment, transplantation, or long-term cardiac support therapies [4].

Not every patient can be subjected to ECMO treatment. The exclusion group includes those who have experienced irreversible changes causing cardiovascular or cardiopulmonary failure, have an active hemorrhage or have contraindications for chronic heparinization. In some centers exclusion criteria include terminal treatment, uncontrolled malignant tumor growth, severe neurological damage, age above 80, and any other severe medical problem preventing the patient's recovery and constituting absolute contraindications for the use of ECMO [5]. Technical contraindications include aortic dissection and severe aortic regurgitation [6].

Aim

The objective of this study was to analyze the results of VA ECMO therapy in patients with postcardiotomy cardiogenic shock. An analysis of postoperative mortality risk factors was also performed.

Material and methods

Study group

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. A registered study without collection of personal data of patients and without an influence on the therapeutic process does not require an application and

acceptance of the local Ethics Committees. Permission for preparation of the present manuscript was obtained from the management of the local hospital. This retrospective observational study included consecutive patients with PCCS treated at the Unit of Anesthesiology and Intensive Care of the Department of Cardiovascular Surgery and Transplantology of the Jagiellonian University in Krakow, for whom VA ECMO was used as a support system for the lungs and heart. A group of 25 patients treated with VA ECMO for accidental hypothermia and 16 patients treated with VA ECMO for cardiogenic shock where the etiology of the cardiogenic shock was different than acute heart failure after cardiac surgery were excluded from our study.

The final analysis involved a group of 27 patients treated from February 2009, when ECMO therapy was first used at our clinic, to June 2016. The analysis covered demographic data, type of hospital admission, primary reason for inception of the ECMO therapy, coexisting diseases, left ventricle ejection fraction at admission, hospital stay, intensive care stay time, ECMO therapy stay, mortality, and complications during ECMO therapy.

Hospital mortality was defined as death that occurred due to any cause within 30 days after the introduction of ECMO therapy or that occurred in a period longer than 30 days, but during the same hospitalization period [7]. Renal insufficiency was diagnosed if the creatinine level exceeded 177 $\mu\text{mol/l}$ [8].

Therapy rules

The femoral vessels (vein and artery) were cannulated with 22–24 F outflow cannulae and 19–21 F inflow cannulae (Bioline Coating Maquet, Germany). The vital function support system included Rotaflow Control Console REF 706037 (Maquet, Germany), Heater Unit HU 35 (Maquet, Germany), and a set of cannulae with the oxygenator Permanent Life Support Set "Bioline Coating" (Maquet, Germany). The support was initiated with a flow rate of 65 ml/kg/min. The flow was then regulated to obtain oxygenation of the mixed venous blood with mixed venous saturation (SvO_2) at a level of 60–70%. Fraction of inspired oxygen (FiO_2) was carried out at a level of 40–60 ml to obtain oxygen pressure in arterial blood (pO_2) within a range of 150–200 mm Hg, and carbon dioxide pressure (pCO_2) of 35–45 mm Hg. Activated coagulation time (ACT) was maintained for 160–200 s with continuous heparin infusion. Average blood pressure was maintained at 60 mm Hg.

Control echocardiographic examinations were performed during the immediate postoperative period to evaluate the left ventricle ejection fraction (LVEF). Hemoglobin level was maintained at 8 mg/dl. To achieve this, transfusion of blood products was carried out. Platelet count was maintained $> 80,000$. A constant infusion of fentanyl with midazolam was used for analgesedation with concomitant use of controlled lung protective ventilation (tidal volume 6 ml/kg of standard weight, ventilation rate 10/min, positive end-expiratory pressure (PEEP) 4 cm H_2O). Antibiotic treatment was carried out in cooperation with the hospital infection team.

Statistical analysis

Categorical variables were expressed as counts and percentages. A logistic regression model was used for the analysis of the relationship between qualitative and continuous variables with mortality. We constructed an analysis of the variance model. The groups studied were too small to perform multivariable analysis of variances. For each significant factor, the individual odds ratio was calculated with its 95% confidence interval. Wherever it was impossible to use the logistic regression model, the χ^2 statistic was calculated. A *p*-value less than 0.05 was considered an indication of a statistically significant result. Student's *t*-test was used for the comparison of two samples and the non-parametric Mann-Whitney *U* test in the case of lack of normality. All statistical analyses were performed using Statistica 10 PL software.

Results

The population studied included 27 PCCS patients treated with VA ECMO therapy. The average patient age was 45 ±16 years; 19 (70%) patients were male and 8 (30%), were female. The hospital mortality rate was 70% (19 patients).

An analysis of the factors influencing the survival of patients treated with VA ECMO was conducted. The survival rate was 30% (8 patients) from the group of patients treated with VA ECMO therapy. Patients' demographic data and preoperative characteristics are presented in Table I.

The reason for the introduction of ECMO therapy in VA configuration was severe PCCS and lack of possibility to stop extracorporeal circulation after heart surgery. The types of cardiac surgery resulting in PCCS are presented in Table II.

There was no differences between the group of deceased and the group of survivors with reference to age, sex, height, admission type, coexisting diseases, or left ventricle ejection fraction level evaluated during hospital admission. Using the logistic regression model to determine the relationship between qualitative and continuous variables, no significant relationship with reference to sex, age (Tab. III) or type of cardiac surgery procedure (Tab. IV) was observed. The hospital and Intensive Care Unit length of stay and VA ECMO therapy were all considerably longer in the group of survivors.

Using Student's *t*-test and the nonparametric Mann-Whitney *U* test in the case of lack of normality, the group of surviving patients was compared with the group of deceased patients (Tab. V). The number of days of VA ECMO therapy, hospitalization time, and intensive care unit length of stay were also analyzed. Also here, the group of surviving patients was characterized by a considerably longer intensive care unit stay (*p* = 0.002), hospital stay (*p* = 0.001), and number of days of ECMO therapy (*p* = 0.035).

In both groups, the introduction of the VA ECMO system was not without complications (Tab. VI). In the groups tested the following conditions were observed: coagulation disorders and the need for blood product transfusion in 59% (16 patients), acute renal failure and the need to use continuous renal replacement therapies in 44% (12 patients), and

Tab. I. Patients' demographics and preoperative characteristics

Parameter	Patients who died	Patients who survived	<i>P</i> -value
Sex (M/F)	14/5	5/3	0.658
Age [years]	45.3 ±15.7	43.9 ±16.8	0.825
H _A (1/0)	12/7	5/3	0.651
DM t2 (1/0)	4/15	2/6	0.594
I _M (1/0)	4/15	1/7	0.528
PCI (1/0)	3/16	1/8	0.532
Urgent admission (1/0)	9/10	3/5	0.696
LVEF at admission (median)	35.6 ±20.5 (50)	27.1 ±26.6 (45)	0.245

AH – arterial hypertension, DM t2 – diabetes mellitus type 2, MI – myocardial infarction, PCI – percutaneous coronary interventions, LVEF – left ventricular ejection fraction.

Tab. II. Type of cardiac surgery procedures

Procedure	Number of cases	Frequency (%)
Aortic valve replacement	7	26
Ascending aortic aneurysm operation	7	26
Mitral valve replacement	6	22
Heart transplantation	2	7
Pulmonary valve replacement	2	7
Left ventricular aneurysm operation	1	4
Aortic and mitral valve replacement	1	4
Pulmonary embolism	1	4

Tab. III. Logistic regression analysis of demographic variables influencing death of patient subjected to VA ECMO therapy

Parameter	OR	95% CI	<i>P</i> -value
Sex	1.68	0.3–10.7	0.563
Age	1.01	0.1–1.1	0.825
Number of days on ECMO therapy	0.9	0.9–0.8	0.065

OR – odds ratio, 95% CI – 95% confidence interval, BMI – body mass index.

Tab. IV. Logistic regression analysis of risk factors influencing death of patient subjected to VA ECMO therapy (independent variables in the model were types of surgical procedures)

Variable	OR	95% CI	<i>P</i> -value
MvR	0.3	0.1–2.3	0.228
AvR	0.4	0.1–3.0	0.379
AAAsc	3.2	0.3–36.5	0.319
Pulmonary valve repl.	0.0	0.2–1.1	0.998

MvR – mitral valve replacement, AvR – aortic valve replacement, AAAsc – aneurysm ascending aorta, OR – odds ratio, 95% CI – 95% confidence interval.

lower limb ischemia in 26% (7 patients). In 12 (44%) patients heart tamponade occurred. Surgical revision (rethoracotomy) due to tamponade or bleeding was performed in 56% (15 patients). Endocavitary electrode was needed in 37% (10 patients). There was no significant relationship between death and the complications presented above (Tab. VII).

Tab. V. Length of ECMO therapy, intensive care unit and length of hospital stay for surviving and deceased groups

Parameter	Patients who died	Patients who survived	P-value
Length of ECMO therapy [days] (median)	7.16 ±6.04 (6)	13.00 ±7.37 (12.5)	0.035
Intensive care length of stay [days] (median)	11.58 ±13.64 (6)	35.13 ±15.91 (30)	0.002
Hospital length of stay [days] (median)	14.42 ±14.59 (9)	48.25 ±19.02 (48.5)	0.001

Tab. VI. Perioperative complications

Complication	Number of cases	Frequency (%)
Coagulation disorders	16	59
Lower limb ischemia	7	26
Rethoracotomy	15	56
Heart tamponade	12	44
Epicardial electrode	10	37
CVVHD	12	44

CVVHD – continuous veno-venous hemodialysis.

Tab. VII. Logistic regression analysis of mortality risk factors. Complications of the ECMO therapy are independent variables in the model

Variable	OR	95% CI	P-value
Coagulation disorders	1.7	0.3–9.9	0.527
Lower limb ischemia	1.1	0.1–7.9	0.943
Rethoracotomy	0.7	0.1–3.9	0.638
Heart tamponade	0.7	0.1–4.2	0.707
Epicardial electrode	1.0	0.2–5.9	0.974
CVVHD	0.7	0.1–4.2	0.707

CVVHD – continuous veno-venous hemodialysis, OR – odds ratio, 95% CI – 95% confidence interval.

Discussion

The primary message of our study is that VA ECMO was an effective therapy for 30% of our patients with severe PCCS. The hospital mortality rate of patients treated with VA ECMO therapy in our study was 70%. In all patients, the reason for the decision to introduce VA ECMO therapy was the lack of possibility to stop extracorporeal circulation after completion of the cardiosurgical procedure, despite optimum inotropic support.

For our patients, the VA ECMO therapy was implanted in the immediate postoperative period, prior to the transfer of patients to the intensive care unit. The decision to introduce ECMO therapy was taken when the doses of pressor drugs approached the following levels: epinephrine: 0.3–0.5 µg/kg/min, norepinephrine: 0.3–0.4 µg/kg/min, dobutamine: 5–10 µg/kg/min. In 2 patients, the therapy was introduced on days 1 and 2 following intensive care unit admission, after ineffective attempts of hemodynamic stabilization with ino-

tropic support and after the application of an intra-aortic balloon pump. In both cases, the decision to start ECMO therapy was triggered by a dynamic drop of heart ejection fraction to a value of 5–10% and elevated pressor amines demand.

Mechanical cardiac supports (MCS) is intended to bridge the patient to recover, or if not possible, as a bridge to transplantation or evaluation of alternative strategies. Different types of MCS systems are currently available to treat PCCS [9–13]. They include centrifugal pumps implanted as left ventricular assist systems [14, 15] and complex and expensive ventricular assist devices (VAD) [5]. The results of experiences with these different devices are not comparable as the data are usually limited, monocentric, and retrospectively collected [15].

Our survival results were consistent with the results of published literature. Collective data from the ELSO register demonstrate that survival of adult patients with cardiogenic shock is 39% [16]. Similar results were reported by Ko *et al.* [17] and Aissaoui *et al.* [18]. Hsu *et al.* and Rastan *et al.* reported that the successful weaning rate of ECMO for PCCS ranges from 31% to 60%, but the in-hospital mortality rate was 59–84% [2, 19].

The ECMO is also associated with various important morbidities. Severe hemorrhage is a frequent and challenging complication leading to the need for reoperation and necessity of massive transfusion of blood products. In our study, massive bleeding and the need for blood product transfusions occurred in 59% of the patients. Lower limb ischemia on the side of the cannulated femoral artery is described as a complication and was found in 20% of the patients [21]. However, due to the concerns of infection and hemorrhage complications of the mediastinum, peripheral VA ECMO is preferred at our center. According to our observations, lower limb ischemia occurred in a slightly higher percentage of patients (26%).

There are several extracorporeal circulation support systems for patients with PCCS; however, ECMO can function based on access to peripheral vessels and relatively liberal requirements for anticoagulation. The system is mobile and can be used for a longer period of time and can even be moved with the patient. It ensures good control and fluency of supporting respiratory and circulatory parameters [4]. The VA ECMO can successfully be used for PCCS treatment when conventional therapy proves ineffective.

Limitations of the study

Firstly, it was a retrospective study. The data were obtained from medical documentation. Secondly, the small size of the study group constitutes a significant limitation, and thus conclusions of statistical significance should be drawn with care. However, in spite of the small group of patients examined, certain useful, clinical trends can be observed from the study.

Conclusions

The VA ECMO can be an effective form of therapy for some patients in postcardiotomy cardiogenic shock. How-

ever, mortality in this group of patients still remains high even with this sophisticated form of therapy.

Disclosure

Authors report no conflict of interest.

References

1. Smedira NG, Moazami N, Golding CM, McCarthy PM, Apperson-Hansen C, Blackstone EH, Cosgrove DM 3rd. Clinical experience with 202 adults receiving extracorporeal membrane oxygenation for cardiac failure: survival at five years. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 122: 99-102.
2. Rastan AJ, Dege A, Mohr M, Doll N, Falk V, Walther T, Mohr FW. Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139: 302-311.
3. Musiał R, Moncznik P, Śmiątek P, Stoliński J, Sadowski J, Drwita R. Experience in application of therapies VA ECMO as short-term mechanical support of circulatory system of adult patients in cardiogenic shock. *Kardiologia i Pol* 2016; 74: 1477-1484.
4. Musiał R, Darocha T, Kosiński S, Stoliński J, Sadowski J, Drwita R. Application of V-A ECMO therapies for short-term mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2015; 47: 324-327.
5. Wheeler TM, Baker JN, Chad DA, Zilinski JL, Verzosa S, Mordes DA. Case Records of the Massachusetts General Hospital. Case 30-2015: a 50-year-old man with cardiogenic shock. *N Engl J Med* 2015; 373: 1251-1261.
6. Subramaniam K, Boisen M, Shah PR, Ramesh V, Pete A. Mechanical circulatory support for cardiogenic shock. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2012; 26: 131-146.
7. Stoliński J, Plicner D, Gawęda B, Musiał R, Fijorek K, Wąsowicz M, Andres J, Kapelak B. Function of the respiratory system in elderly patients after aortic valve replacement. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2016; 30: 1244-1253.
8. Goolsby MJ. National Kidney Foundation Guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *J Am Acad Nurse Pract* 2002; 14: 238-242.
9. Pae WE Jr, Miller CA, Matthews Y, Pierce WS. Ventricular assist devices for postcardiotomy cardiogenic shock. A combined registry experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 104: 541-552.
10. Guyton RA, Schonberger JP, Everts PA, Jett GK, Gray LA Jr, Gielchinsky I, Ramesh DH, Vlahakes GJ, Woolley SR, Gangahar DM, et al. Postcardiotomy shock: clinical evaluation of the BVS 5000 biventricular support system. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 346-356.
11. Jurmann MJ, Siniawski H, Erb M, Drews T, Hetzer R. Initial experience with miniature axial flow ventricular assist devices for postcardiotomy heart failure. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1642-1647.
12. Hernandez AF, Grab JD, Gammie JS, O'Brien SM, Hammill BG, Rogers JG, Camacho MT, Dullum MK, Ferguson TB, Peterson ED. A decade of short-term outcomes in post cardiac surgery ventricular assist device implantation: data from the Society of Thoracic Surgeons' National Cardiac Database. *Circulation* 2007; 116: 606-612.
13. Griffith BP, Anderson MB, Samuels LE, Pae WE Jr, Naka Y, Frazier OH. The RECOVERI: a multicenter prospective study of Impella 5.0/LD for postcardiotomy circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 145: 548-554.
14. Curtis JJ, McKenney-Knox CA, Wagner-Mann CC. Postcardiotomy centrifugal assist: a single surgeon's experience. *Artif Organs* 2002; 26: 944-947.
15. Akay MH, Gregoric ID, Radovancevic R, Cohn WE, Frazier OH. Timely use of a CentriMag heart assist device improves survival in postcardiotomy cardiogenic shock. *J Card Surg* 2011; 26: 548-552.
16. Extracorporeal Life Support Organization <http://www.elsonet.org>.
17. Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, Wang SS, Lin FY, Chen YS. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 538-545.
18. Aissaoui N, Luyt CE, Leprince P, Trouillet JL, Léger P, Pavie A, Diebold B, Chastre J, Combes A. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1738-1745.
19. Hsu PS, Chen JL, Hong GJ, Tsai YT, Lin CY, Lee CY, Chen YG, Tsai CS. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after cardiac surgery: predictors of early mortality and outcome from 51 adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; 37: 328-333.
20. Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, Wang SS, Lin FY, Chen YS. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 538-545.

Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments

Robert Musiał¹, Magdalena Lipińska-Strasik¹, Agnieszka Piątkiewicz¹, Jarosław Stoliński², Rafał Drwiła³

¹Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy, John Paul II Hospital, Cracow, Poland

²Department of Cardiovascular Surgery and Transplantology, Jagiellonian University of Cracow, John Paul II Hospital, Cracow, Poland

³Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy, Jagiellonian University of Cracow, John Paul II Hospital, Cracow, Poland

Abstract

Background: The authors present their own experience of the treatment of patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) carried out in a modern hybrid operating room. The objective of the present study was to demonstrate the initial results of conducting anaesthesia in high-risk patients qualified for the TAVI procedure (transcatheter aortic valve implantation). In addition, the authors' aim was also to point out to the special challenges of an anaesthesiologist conducting local anaesthesia in such a type of procedures and to evaluate the safety and efficacy of the TAVI procedure conducted under remifentanyl analgosedation.

Methods: A retrospective analysis included patients treated during the period from September 2015, when local anaesthesia for the transcatheter aortic valve implantation was used for the first time at our centre, up to February 2016. The studied population consisted of 11 patients treated for severe aortic valve stenosis. The mean age of patients was 80 ± 7 years. Three patients were men (27%) and eight were women (73%). The study included all subsequent patients ($n = 11$), treated in our centre, for whom it was decided to perform TAVI under local anaesthesia.

Results: The total hospital mortality rate was 0%. All procedures were performed in a hybrid operating room. Despite the complications observed in the described group, the hospital mortality rate during TAVI was 0%. All patients, after 12 ± 5 days of treatment, left the hospital in a good neurological condition, which was assessed based on the CPC-1 (Cerebra Performance Categories Scale) and GCS-15 (Glasgow Coma Scale) scales. With an ejection fraction of the left ventricle of $53 \pm 11\%$, the transcatheter aortic valve was successfully implanted.

Conclusions: Percutaneous aortic valve implantation can be successfully conducted under remifentanyl analgosedation. TAVI procedures should be performed in the conditions of a modern, well-equipped hybrid room. The aim of the anaesthesiologist should consist of conducting the least invasive anaesthesia/analgesia, bearing in mind the safety and comfort of the patient.

Anaesthesiology Intensive Therapy 2017, vol. 49, no 1, 40–46

Key words: percutaneous cardiac surgery, aortic stenosis, aortic valve replacement, local anaesthesia

Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) has provided a therapeutic alternative for symptomatic patients with severe aortic stenosis [1]. Severe aortic valve stenosis is defined in an integrated manner

taking into consideration the aortic valve exit surface area ($< 1.0 \text{ cm}^2$ or $< 0,6 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ BSA except for obese patients) and flow-dependent indices (maximum flow velocity of 4 m s^{-1} through the valve and

mean aortic gradient ≥ 40 mm Hg). Severe aortic valve stenosis is a well-known mortality risk factor [2]. Currently, surgical aortic valve replacement (AVR) is the treatment of choice for a large majority of patients with severe aortic valve stenosis [3]. However, nearly 30% of older patients with numerous coexisting diseases are considered not to be eligible for surgical treatment due to perioperative mortality [4]. Transcatheter aortic valve implantation (TAVI), a new method of severe aortic valve stenosis which has been introduced recently, has dynamically developed and minimised surgical trauma related to cardiac arrest, sternotomy, or the use of extracorporeal circulation in high-risk patients [5–8]. The experience of centres that have conducted transcatheter aortic valve implantation is still growing. Many of these centres have abandoned general anaesthesia and transesophageal sonography and are performing procedures with local anaesthetization or sedation [9–11]. The first TAVI in Poland was conducted at our centre in 2008. Since then, a considerable technological advancement has taken place in terms of implanted valves, while the way of treating patients during periprocedural period is being continuously improved.

The objective of this study was to evaluate the safety and efficacy of the TAVI procedure conducted with remifentanil analgosedation.

METHODS

PATIENTS

The study was conducted following the Declaration of Helsinki. The preparation of this manuscript was approved by the management of the local hospital. The study included all subsequent patients treated at the Anaesthetics and Intensive Care Unit of the Clinical Department of Cardiovascular Surgery and Transplantation of the Jagiellonian University in Krakow, who were qualified for the TAVI procedure under local anaesthesia. The analysis included a group of 11 patients treated during the period from September 2015, when the first TAVI in local anaesthesia was conducted in our clinic, up to February 2016. The retrospective analysis included demographical data, coexisting disease, valve sonogram prior and after TAVI, procedure time, fluoroscopy, valve type, ejection fraction of the left ventricle after acceptance to the hospital, troponin profile, time of hospital stay, intensive care time, as well as complications occurring during treatment.

METHODS

Transcatheter aortic valve implantation procedures were carried out in a hybrid operating room

which is an operating theatre with an integrated angiogram, where endovascular or intracardiac procedures are carried out. Our centre has the Artiz Zeego (Siemens, Germany) angiogram at its disposal. The hybrid operating room constitutes a combination of a conventional operating theatre and a room for percutaneous procedures and haemodynamic study. The room is fitted with high-end technology equipment. The X-ray machine, installed on a c-arm, pivots 360 degrees, enabling precise imaging, and thus allowing angiographic, subtractional and tomographic examinations. The hybrid room is equipped with an anaesthetization station that fully monitors vital functions, enabling the safe performance of analgesia, analgosedation, as well as general anaesthetization. The procedures were carried out by interventional cardiologist, with the active participation of a cardiac surgeon, radiology technician and perfusionist. The course of analgosedation was supervised by an anaesthesiologist, along with an anaesthesiological nurse. The retrospective analysis included patients treated during the period from September 2015, when local anaesthesia for transcatheter aortic valve implantation was used for the first time at our centre, up to February 2016. The studied population consisted of 11 patients treated for severe aortic valve stenosis. The study included all subsequent patients ($n = 11$), treated at our centre, for whom it was decided to perform TAVI under local anaesthesia. The routine monitoring included a five-point electrocardiogram with an automatic analysis of the ST segment, pulse oxymetry, direct blood pressure measurement via a cannula inserted in the radial artery (usually right), transthoracic echocardiography and hourly diuresis via a Foley catheter inserted in the urinary bladder. Prior to the procedure, patients were inserted with two peripheral cannulas. One of these was intended for propofol (Fresenius Kabi, Deutschland) and remifentanil (Ultiva, Glaxo, Anglia) infusion, whereas the other one was for liquid infusion. In ten patients, an endocardial lead was inserted into the right ventricle, while in two patients, it was decided to insert the central injection for the measurement of the central venous pressure (CVP). All patients were supplied with passive oxygen therapy via face mask with an oxygen flow of 4–5 L min⁻¹. Analgesia was conducted by continuous infusion of an ultra-short-acting remifentanil opioid in doses 0.05–0.08 mg kg⁻¹ min⁻¹; a few patients were continuously infused with propofol (Fresenius Kabi, Germany) in doses 4–12 mg kg⁻¹ h⁻¹. During the procedure, a standard liquid infusion was used (12–15 mL kg⁻¹ h⁻¹) in order to maintain haemodynamic stability.

Table 1. General characteristics of patients

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Median	Interquartile range
Age (years)	80	87	77	79	82	87	82	85	80	63	75	80	8
Sex	F	F	F	F	F	F	F	F	M	M	M	3 (M)	–
IM	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	9	–
PCI	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	8	–
CABG	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	No	2	–
Stroke	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	1	–
Diabetes	No	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No	No	4	–
Weight (kg)	73	62	78	66	73	68	63	75	76	74	106	73	10
Height	158	168	161	157	153	152	149	163	167	169	160	160	14
BMI (kg cm ⁻²)	29.2	22.0	30.1	26.8	31.2	29.4	28.4	28.2	27.3	25.9	41.4	28.4	3.30
Other	Foramen ovale	St. after thyroid removal, asthma, HA, FA, colon diverticula	MIC, HA, FA, COPD, St. after hysterectomy, umbilical hernia	HA, FA	St. after haemorrhage from UGIT, HA, ulcer disease, CRI st III, anaemia	St. after haemorrhage from UGIT, HA, ulcer disease, FA, colon diverticula	Hyperthyroidism, St. after meningioma radiotherapy, COPD	CRI, paroxysmal FA,	CRI, paroxysmal FA, CRI st III, HA, ulcer disease, St. after impl. DDD	St. p. TAVI Medtronic Corevalve Valve in valve	St. after thoracotomy, orcelain aorta, COPD		

IM — myocardial infarction; PCI — percutaneous coronary intervention; CABG — coronary artery bypass graft; MIC — morbus ishemicus cordis; HA — hypertonia arterialis; FA — flagelatio atriorum; COPD — chronic obstructive pulmonary disease; UGIT — upper gastrointestinal tract; CRI — chronic renal insufficiency; DDD — atrioventricular stimulation inhibited by the appropriate rhythm of the atria and/or ventricles

Two external defibrillator electrodes were installed on the chest of each patients. Moreover, each patient had two units of packed red blood cells crossed and reserved for the periprocedural period.

Heparin was administered during the procedure in order to obtain an activated coagulation time (ACT) of 250 seconds. In our study, prostheses of the following valves were implanted: Lotus Valve System (Boston Scientific), Sapien 3 (Edwards) and Core Valve Evolut R (Medtronic).

Prior to uncovering the artery, local anaesthesia with 1% lidocaine – was infused in the area of the right and left groins. The femoral artery was surgically uncovered and then injected under a visual supervision. The injection site was secured by a purse-string closure. After the procedure, all patients were transferred to the intensive care unit for further monitoring.

STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analysis was conducted using STATISTICA 10 PL software. The median and interquartile

ranges were calculated for quantitative variables. Relative values were provided for the analysis of qualitative variables.

RESULTS

The authors report their first experiences in conducting transcatheter aortic valve implantation under analgo-sedation at their centre. Table 1 presents demographic data and general characteristics of the studied groups with coexisting diseases. The studied population consisted of 11 patients treated for severe aortic valve stenosis. The mean patient age was 80. Three patients were men and eight were women. The study included all subsequent patients (n = 11), treated at our centre, for whom it was decided to perform TAVI under local anaesthesia. The total hospital mortality rate was 0%.

Patient characteristics in the immediate preoperative period are shown in Table 2. The majority of patients (n = 9) were classified under class NYHA III (New York Heart Association). One patient was in class

Table 2. Patient characteristics in the immediate preoperative period

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Median	Interquartile range
Angina class — 1 CCS										X		1	–
Angina class — 2 CCS			X	X	X	X	X	X			X	7	–
Angina class — 3 CCS	X	X							X			3	–
NYHA class II					X							1	–
NYHA class III	X	X	X	X		X	X		X	X	X	9	–
NYHA class IV								X				1	–
LVEF (%)	35	50	60	65	60	40	60	68	30	35	35	50.000	25.000
Peak gradient	79	100	75	80	107	70	80	85	72	24	63	79.000	15.000
Average gradient	48	60	50	50	71	43	47	48	42	14	37	48.000	8.000
Surface area (cm ²)	0.7	0.7	0.6	0.9	0.5	0.6	0.9	0.7	0.9	1.3	0.8	0.700	0.300
Logistic EuroScore	42%	27%	45%	12%	15%	27%	15%	15%	15%	14%	16%	–	–

CCS — Canadian Cardiovascular Society; NYHA — New York Heart Association; LVEF — left ventricular ejection fraction

NYHA II and one in NYHA IV. The mean left ventricle ejection fraction was 50. Except for one patient, all patients exhibited severe aortic valve stenosis with an exit surface area of below 1 cm². In a patient with a valve surface area of 1.8 cm², a transfemoral aortic valve implantation with Medtronic Corevalve 31 mm had been performed three years earlier. Due to severe aortic regurgitation, the cardiology team decided to implant a new type of valve, namely “valve-in-valve”.

On the day before the procedure, the consulting anaesthesiologist classified all patients under group IV based on the ASA scale (American Society of Anesthesiologists), which means that these patients suffered from severe systemic diseases that were life-threatening. The precise time of each procedure and intraoperative variables are presented in Table 3. Three patients in the direct postoperative period were administered with catecholamines. In only one patient were vasodilators used. The mean time of intensive care was 24 hours. However, at this point it should be emphasised that nine patients were admitted to the intensive care unit due to the necessity of monitoring the basic vital functions and prophylactic action against possible TAVI complications. Although the state of the patients while admitted to the intensive care unit was stable, one patient (a woman) was admitted in shock, and in whom symptoms of atrioventricular block were observed during the procedure. Despite the insertion of a prophylactic endocavitary probe, cardiac arrest may occur. In such cases, an indirect heart massage and conversion from analgosedation to general anaes-

thetia should be performed immediately. In our study, one patient required a 48-hour stay at the intensive care unit, in whom conversion from analgosedation to general anaesthesia was performed due to a lack of coprocedure. The postoperative characteristics of the reported group are presented in Table 4.

Despite the complications that occurred in the described group, the hospital mortality rate of TAVI was 0%. As shown in Table 5, all patients after 9 days of treatment left the hospital in a good neurological condition, which was assessed based on the CPC-1 (Cerebral Performance Categories Scale) and GCS-15 (Glasgow Coma Scale) scales. With an ejection fraction of the left ventricle of (mean) 60%, a transcatheter aortic valve was successfully implanted.

In our study, a pacemaker was implanted in two patients due to third-degree atrioventricular block. In one patient, it was necessary to open the thorax medially and perform a heart tamponade decompression. No complications described in the literature occurred, such as stroke, aortic dissection, aortic perforation, myocardial infarction, coronary vessel damage, haemodynamic instability requiring the introduction of extracorporeal circulation or complications related to the peripheral vessels [12–14]. In two cases, it was necessary to convert local anaesthesia to general anaesthesia.

DISCUSSION

The transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is an innovative and rapidly developing technique

Table 3. Intraoperative variables for each patient

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Median	Interquartile range
ASA	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	11	–
GFR	63	57	84	62	28	61	66	33	44	60	79	61.000	22.000
Duration of the surgery	90	250	90	160	75	80	100	80	110	70	80	90.000	30.000
Ultiva	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	11	–
Propofol	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	10	–
CVC	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	2	–
Endoscopic electrode sheath	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	10	–
Size of the prosthesis	23	25	23	23	23	27	23	23	27	29	31	–	–
Duration of fluoroscopy	16	22	19	34	13	13	15	17	20	11	17	17.000	7.000
Absorbed dose (mGy)	232	162	826	1842	486	1197	439	1232	957	499	1831	826.000	793.000

ASA — American Society of Anaesthesiology; GFR — glomerular filtration rate; CVC — central venous catheter

Table 4. Postoperative characteristics of the reported group

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Median	Interquartile range
Presion drugs	No	Adr, DB, Lev	No	DB	No	No	No	No	No	No	DB	3	–
Vasodilators	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	1	–
Max lactate concentration	0.6	5.5	0.9	1.0	0.7	1.3	1.3	0.8	0.9	0.8	2.6	0.900	0.500
Max. hsTnT	0.08	0.38	0.54	0.39	0.07	0.26	0.12	0.20	0.20	0.03	0.21	0.200	0.300
Max. CK-MB	13	32	55	25	22	37	21	13	18	29	23	23.000	14.000
GFR after the surgery	56	45	84	86	43	74	61	38	65	70	85	65.000	39.000
Stay in the ICU (h)	20	6 days	20	48	24	24	20	24	20	16	24	24.000	4.000
Hospital stay (days)	9	13	9	24	18	9	10	9	8	9	14	9.000	5.000

hs TnT — high-sensitive troponin T; CK-MB — creatine kinase–myocardial band

which has been available at our centre since 2008. It is considered as an alternative to conventional open heart surgery. Patients qualified for the procedure of aortic valve replacement but with high risk of hospital mortality (EuroScore) [15, 16] may be qualified for this minimally invasive procedure. Until 2015, the procedures at our centre were conducted using general anaesthesia and very often on elderly patients with numerous burdens (most commonly ASA IV); such patients constitute a real challenge for the anaesthesiologist. The majority of patients after the

transcatheter aortic valve implantation demonstrate a considerable increase in their quality of life [17]. The authors report their first experiences of the treatment of patients qualified for the TAVI procedure under local anaesthesia along with analgosedation. The anaesthetists used analgosedation and successfully led all patients through the perioperative period. It should be emphasised that besides the perfect coprocedure of cardiovascular teams, the success of the treatment significantly depends upon a modern and extensively equipped hybrid procedures room, functioning within

Table 5. Patient characteristics at hospital discharge

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Median	Interquartile range
LVEF (%)	50	70	60	60	60	50	60	60	35	35	45	60.000	15.000
Peak gradient	26	12	24	22	20	23	24	16	22	11	16	22.000	8.000
Average gradient	14	7	15	12	12	11	12	10	15	8	10	12.000	4.000
IA	No	No	Slight	No	No	Slight	Slight	Slight	No	No	Slight	-	-
CPC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	-
GCS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	11	-
Complications	No	SCA I effective resuscitation during implantation Conversion to general anaesthesia Tamponade, median thoracotomy, implantation ICD	No	Conversion to general anaesthesia due to lack of patient's cooperation	No	No	No	No	No	No	Block A-V, Implantation DDD	-	-

LVEF — left ventricular ejection fraction; IA — aortic insufficiency; CPC — Cerebra Performance Categories Scale; GCS — Glasgow Coma Scale; SCA — sudden cardiac arrest; ICD — implantable cardioverter-defibrillator; A-V — atrio-ventricularis

the operating theatre. The anaesthesiologist has to have an anesthetization station at his disposal while the perfusionist must be able to allow the connexion of the artificial heart-lung apparatus.

It should be emphasised that the study possesses several significant limitations. First, this is a non-randomised study while the data were obtained from medical documentation. Second, a significant limitation is that only a small number of patients participated in this study, and hence, it appears to be legitimate to continue this study and observe the treatment results for a larger number of patients. Bearing in mind the number of examined patients, certain useful, clinical trends were observed in this study. The authors have demonstrated that patients can be safely led through the TAVI procedure under remifentanyl analgosedation. Not all patients qualified for the TAVI procedure have to be subjected to general anaesthesia. This applies only to patients implanted with Core Valve Evolut R (Medtronic), Sapien 3 (Edwards) as well as Lotus Valve System (Boston Scientific) valves. TAVI procedure analgosedation constitutes a great challenge for the anaesthetist, who, in coprocedure with cardiac surgeon, should bear in mind the possible life-threatening complications.

The literature reports available regarding the use of local anaesthesia along with analgosedation in patients qualified for TAVI are non-randomised in nature.

The majority of them are observational studies and case series. Opinions of the researchers differ based on the type of anaesthesia used. A literature review demonstrates certain regularity. The centres, where TAVI procedures were performed for the first time, usually conducted them under general anaesthesia. Moreover, local anesthetization has begun to prevail over general in centres that have years of experience with TAVI procedures. Supporters of general anaesthesia mention as a benefit, for example, the possibility of conducting transesophageal ultrasonography and the comfort of the operator which stems from the fact of working with an anesthetised and paralysed patient, and which allows for the precise placement of the valvular prosthesis [18].

Behan *et al.* [19] emphasised that in the majority of cases, TAVI may be conducted under analgosedation. They point to the fact that the use of local anaesthesia needs only a shorter hospital stay and that patients tolerate analgosedation better than general anaesthesia. Mayr *et al.* [20] stated that both local anesthetization and general anaesthesia can be successfully used for TAVI. The type of anesthetization to be used should be decided by the 'Heart Team', and sedation should be conducted by an experienced anaesthetist.

Maas *et al.* [21] carried out a meta-analysis of data from 5,919 patients. They demonstrated that neither mortality nor the incidence of major adverse cardiac

and cerebrovascular events after TAVI is affected by the choice of either local anaesthesia or general anaesthesia. The lack of relationship between mortality and the type of anaesthesia selected was also demonstrated by Dall'Ara *et al.* [22].

CONCLUSIONS

According to the authors, percutaneous aortic valve implantation may be successfully conducted under remifentanyl analgesedation. TAVI procedures should be performed in a modern, well-equipped hybrid operating room. The aim of the anaesthesiologist should consist of conducting the least invasive anaesthesia/analgesia, bearing in mind the safety and comfort of the patient. Conversion to general anaesthesia may be necessary in case of intraoperative complications.

ACKNOWLEDGEMENTS

1. Source of funding — none.
2. Conflict of interest — none.

References:

1. Tobis JM, Abudayyeh I. New devices and technology in interventional cardiology. *J Cardiol.* 2015; 65(1): 5–16, doi: [10.1016/j.jicc.2014.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jicc.2014.08.001), indexed in Pubmed: [25241014](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25241014/).
2. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, et al. Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC), European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J.* 2012; 33(19): 2451–2496, doi: [10.1093/eurheartj/ehs109](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs109), indexed in Pubmed: [22922415](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22922415/).
3. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, et al. ACC/AHA 2006 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 1998 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease): Developed in Collaboration With the Society of Cardiovascular Anesthesiologists: Endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation.* 2006; 114(5): e84–e231, doi: [10.1161/circulationaha.106.176857](https://doi.org/10.1161/circulationaha.106.176857).
4. Iung B. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J.* 2003; 24(13): 1231–1243, doi: [10.1016/s0195-668x\(03\)00201-x](https://doi.org/10.1016/s0195-668x(03)00201-x).
5. Bleiziffer S, Ruge H, Mazzitelli D, et al. Valve implantation on the beating heart: catheter-assisted surgery for aortic stenosis. *Dtsch Arztebl Int.* 2009; 106(14): 235–241, doi: [10.3238/arztebl.2009.0235](https://doi.org/10.3238/arztebl.2009.0235), indexed in Pubmed: [19547639](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19547639/).
6. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation.* 2002; 106(24): 3006–3008, indexed in Pubmed: [12473543](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12473543/).
7. Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation.* 2007; 116(7): 755–763, doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.107.698258](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.698258), indexed in Pubmed: [17646579](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17646579/).
8. Grube E, Schuler G, Buellesfeld L, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients using the second- and current third-generation self-expanding CoreValve prosthesis: device success and 30-day clinical outcome. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 50(1): 69–76, doi: [10.1016/j.jacc.2007.04.047](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.04.047), indexed in Pubmed: [17601548](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17601548/).
9. Pendyala LK, Minha S, Barbash IM, et al. Commercial versus PARTNER study experience with the transfemoral Edwards SAPIEN valve for

inoperable patients with severe aortic stenosis. *Am J Cardiol.* 2014; 113(2): 342–347, doi: [10.1016/j.amjcard.2013.09.031](https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.09.031), indexed in Pubmed: [24220281](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24220281/).

10. Motloch LJ, Rottlaender D, Reda S, et al. Local versus general anesthesia for transfemoral aortic valve implantation. *Clin Res Cardiol.* 2012; 101(1): 45–53, doi: [10.1007/s00392-011-0362-8](https://doi.org/10.1007/s00392-011-0362-8), indexed in Pubmed: [21931964](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21931964/).
11. Ruggeri L, Gerli C, Franco A, et al. Anesthetic management for percutaneous aortic valve implantation: an overview of worldwide experiences. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth.* 2012; 4(1): 40–46, indexed in Pubmed: [23440259](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23440259/).
12. Webb JG, Chandavimol M, Thompson CR, et al. Percutaneous aortic valve implantation retrograde from the femoral artery. *Circulation.* 2006; 113(6): 842–850, doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.105.582882](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.582882), indexed in Pubmed: [16461813](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16461813/).
13. Buellesfeld L, Gerckens U, Grube E. Percutaneous implantation of the first repositionable aortic valve prosthesis in a patient with severe aortic stenosis. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008; 71(5): 579–584, doi: [10.1002/ccd.21470](https://doi.org/10.1002/ccd.21470), indexed in Pubmed: [18360844](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18360844/).
14. Shook DC, Gross W. Offsite anesthesiology in the cardiac catheterization lab. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2007; 20(4): 352–358, doi: [10.1097/ACO.0b013e32827ab47b](https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e32827ab47b), indexed in Pubmed: [17620845](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17620845/).
15. Grube E, Buellesfeld L, Mueller R, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients using the second- and current third-generation self-expanding CoreValve prosthesis: device success and 30-day clinical outcome. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 50(1): 69–76, doi: [10.1016/j.jacc.2007.04.047](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.04.047), indexed in Pubmed: [17601548](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17601548/).
16. Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation.* 2007; 116(7): 755–763, doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.107.698258](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.698258), indexed in Pubmed: [17646579](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17646579/).
17. Gurvitch R, Wood DA, Tay EL, et al. Transcatheter aortic valve implantation: durability of clinical and hemodynamic outcomes beyond 3 years in a large patient cohort. *Circulation.* 2010; 122(13): 1319–1327, doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.110.948877](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.948877), indexed in Pubmed: [20837893](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20837893/).
18. Ruggeri L, Gerli C, Franco A, et al. Anaesthetic management for percutaneous aortic valve implantation: an overview of worldwide experiences. *HSR Proceedings in Intensive Care and Cardiovascular Anaesthesia.* 2012; 4(1): 40–46.
19. Behan M, Haworth P, Hutchinson N, et al. Percutaneous aortic valve implants under sedation: our initial experience. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008; 72(7): 1012–1015, doi: [10.1002/ccd.21777](https://doi.org/10.1002/ccd.21777), indexed in Pubmed: [19021273](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19021273/).
20. Mayr NP, Michel J, Bleiziffer S, et al. Sedation or general anesthesia for transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *J Thorac Dis.* 2015; 7(9): 1518–1526, doi: [10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.21](https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.21), indexed in Pubmed: [26543597](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26543597/).
21. Maas EHA, Pieters BMA, Van de Velde M, et al. General or Local Anesthesia for TAVI? A Systematic Review of the Literature and Meta-Analysis. *Curr Pharm Des.* 2016; 22(13): 1868–1878, indexed in Pubmed: [26642777](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26642777/).
22. Dall'Ara G, Eltchaninoff H, Moat N, et al. Transcatheter Valve Treatment Sentinel Registry (TCVT) Investigators of the Eurobservational Research Programme (EORP) of the European Society of Cardiology. Local and general anaesthesia do not influence outcome of transfemoral aortic valve implantation. *Int J Cardiol.* 2014; 177(2): 448–454, doi: [10.1016/j.ijcard.2014.09.025](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.09.025), indexed in Pubmed: [25443245](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25443245/).

Corresponding author:

Robert Musiał
 Department of Anaesthesiology
 and Intensive Therapy
 John Paul II Hospital
 ul. Prądnicka 80, 31–202 Kraków, Poland
 e-mail: r.musial@aclex.com.pl

Received: 12.07.2016

Accepted: 4.01.2017

V. Podsumowanie i wnioski.

Manuskrypt 1.

Doświadczenia własne w stosowaniu terapii VA ECMO jako krótkoterminowego mechanicznego wspomaganie krążenia u dorosłych pacjentów we wstrząsie kardiogennym.

Badana populacja objęła $n = 29$ pacjentów leczonych przy pomocy terapii VA ECMO. Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 59% (17/29). Badanie nie wykazało różnic pomiędzy grupą zmarłych a grupą ocalałych w odniesieniu do wieku, płci, wzrostu, trybu przyjęcia, chorób towarzyszących czy wielkości frakcji wyrzutowej lewej komory serca ocenianej przy przyjęciu do szpitala. Analizie poddano ilość dni terapii VA ECMO, poziom Troponin w pierwszych dobach wdrożenia terapii, przetoczenia koncentratu krwinek płytkowych, czas wentylacji mechanicznej. Nie wykazano istotnych różnic w obu grupach. Znamienne dłuższy okazał się zarówno czas pobytu chorych w Oddziale Intensywnej Terapii ($P = 0,030$) jak i czas pobytu w szpitalu ($P = 0,016$) w grupie pacjentów ocalałych.

Omówienie

Szpitalna śmiertelność pacjentów leczonych przy pomocy VA ECMO w naszym badaniu wynosiła 59%. Oznacza to, że 41% chorych u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe, zostało skutecznie wyleczonych z ciężkiego wstrząsu kardiogenego. Dotyczy to pacjentów, u których wstrząs wystąpił po operacji kardiochirurgicznej, jak i tych, u których nie wykonywano operacji w krążeniu pozaustrojowym. Decyzja o rozpoczęciu terapii ECMO u pacjentów po operacjach kardiochirurgicznych, najczęściej była wynikiem braku możliwości wyłączenia krążenia pozaustrojowego u chorych, u których została wykonana kompletna procedura kardiochirurgiczna a wspomaganie inotropowe było nieskuteczne. W tej grupie pacjentów $n = 18$ (62%) ECMO implantowano w bezpośrednim okresie pooperacyjnym, przed przekazaniem chorych na Oddział Intensywnej Terapii. W przypadku leczenia chorych pozostających we wstrząsie kardiogennym, którzy nie byli poddawani operacjom kardiochirurgicznym, decyzja o rozpoczęciu

terapii zapadała, kiedy dawki leków presyjnych zbliżały się do poziomu: Epinefryna: 8 - 10ug/min, Norepinefryna: 6 – 14ug/min, Dobutamina: 5 – 10 ug/kg/min. W 9 przypadkach (31%) czas jaki upłynął od przyjęcia chorego do OIT do implantacji ECMO nie przekraczał 24 godzin. U dwóch pacjentów terapię wdrożono odpowiednio w 3 i 7 dobie od przyjęcia do Oddziału Intensywnej Terapii, po nieskutecznych próbach stabilizacji hemodynamicznej i po zastosowaniu IABP. Impulsem do podjęcia decyzji o wspomaganiu pozaustrojowym, w oby przypadkach, był dynamiczny spadek frakcji wyrzutowej serca do wartości 5 – 10 % i zwiększone zapotrzebowanie na aminy presyjne.

Wnioski

Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna tętniczej jest akceptowalną formą terapii leczenia pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogenym. Szpitalna śmiertelność pacjentów leczonych przy pomocy VA ECMO w naszym badaniu wynosiła 59%. Oznacza to, że u 12 chorych (41%), u których wystąpił ciężki wstrząs kardiogeny z powodzeniem zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe.

Manuskrypt 2.

Żylna Tętnicza Pozaustrojowe Natlenianie Membranowe (VA ECMO), jako wsparcie leczenia wstrząsu kardiogenego u dorosłych pacjentów po operacjach serca.

Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych, leczonych w Oddziale Anestezjologii i Intensywnej Terapii Oddziału Klinicznego Chirurgii Serca, Naczyń i Transplantologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, znajdujących się w PCCS, u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe, jako układ wspomagający pracę płuc i serca z podłączeniem żylna – tętniczym (VA ECMO). Z badania wyłączona została grupa 25 chorych leczonych z powodu przypadkowej hipotermii przy pomocy VA ECMO oraz 16 chorych leczonych VA ECMO z powodu wstrząsu kardiogenego o innym niż postcardiotomijnym (kardiochirurgicznym) podłożu. Analiza obejmuje grupę 27 pacjentów leczonych w okresie od lutego 2009 roku, kiedy pierwszy raz zastosowano terapię ECMO w naszej klinice, do czerwca 2016 roku. Analizie

retrospektywnej poddano: dane demograficzne, tryb przyjęcia do szpitala, pierwotną przyczynę rozpoczęcia terapii ECMO, choroby współistniejące, frakcję wyrzutową lewej komory serca przy przyjęciu do szpitala, czas pobytu w szpitalu, czas pobytu na intensywnej terapii, czas terapii ECMO, śmiertelność, powikłania występujące w trakcie terapii ECMO.

Omówienie

Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna tętniczej jest akceptowalną formą terapii leczenia pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogennym. Szpitalna śmiertelność pacjentów leczonych przy pomocy VA ECMO w naszym badaniu wynosiła 70%. Oznacza to, że 30% chorych, u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe, zostało skutecznie wyleczonych z PCCS. Decyzja o rozpoczęciu terapii ECMO u pacjentów po operacjach kardiochirurgicznych, była wynikiem braku możliwości wyłączenia krążenia pozaustrojowego u chorych, u których została wykonana kompletna procedura kardiochirurgiczna a wspomaganie inotropowe było nieskuteczne. W badanych grupach pacjentów, ECMO implantowano w bezpośrednim okresie pooperacyjnym, przed przekazaniem chorych na Oddział Intensywnej Terapii. Decyzja o rozpoczęciu terapii zapadała wówczas, kiedy dawki leków presyjnych zbliżały się do poziomu: Epinefryna: 8 - 10ug/min, Norepinefryna: 6 – 14ug/min, Dobutamina: 5 – 10 ug/kg/min. U dwóch pacjentów terapię wdrożono odpowiednio w 1 i 2 dobie od przyjęcia do Oddziału Intensywnej Terapii, po nieskutecznych próbach stabilizacji hemodynamicznej i po zastosowaniu IABP. Impulsem do podjęcia decyzji o wspomaganiu pozaustrojowym, w oby przypadkach, był dynamiczny spadek frakcji wyrzutowej serca do wartości 5 – 10 % i zwiększone zapotrzebowanie na aminy presyjne.

Wnioski

Istnieje kilka systemów pozaustrojowego wspomagania krążenia u pacjentów z PCCS, jednak ECMO w swojej prostocie użytkowania może funkcjonować w oparciu o dostęp do naczyń obwodowych i stosunkowo liberalne wymagania odnośnie antykoagulacji. System jest mobilny i może być stosowany przez dłuższy czas, a nawet przemieszczany razem z pacjentem. Zapewnia dobrą sterowność i płynność wspomagania w zakresie parametrów oddechowych i krążeniowych. Pozwala uzyskać czas na powrót do zdrowia, czas na wykonanie przeszczepu lub wdrożenie długoterminowych terapii wspomagających pracę serca, czy wreszcie czas na

podjęcie decyzji. VA ECMO może być z powodzeniem wykorzystane do leczenia PCCS, kiedy konwencjonalna terapia nie przynosi spodziewanego efektu.

Manuskrypt 3.

Znieczulenie miejscowe z analgozsedacją pacjentów kwalifikowanych do przezskórnej implantacji zastawki aortalnej (TAVI). Pierwsze wyniki i doświadczenia Instytutu.

Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych (n = 11), leczonych w naszym ośrodku, u których podjęto decyzję o transfemoralnej implantacji zastawki TAVI w znieczuleniu miejscowym. Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 0%. Wszystkie zabiegi wykonane były na Sali Operacji Hybrydowych.

Pomimo powikłań, jakie miały miejsce w opisywanej grupie, w trakcie zabiegu TAVI, śmiertelność szpitalna wynosiła 0%. Wszyscy pacjenci, po 12+/- 5 dobach leczenia, opuścili szpital w dobrej kondycji neurologicznej Skala CPC – 1(ang. Cerebra Performance Categories Scale), skala GCS – 15 (ang. Glasgow Coma Scale). Z frakcją wyrzutową lewej komory na poziomie 53+/- 11%, z sukcesem implantowaną przezcewnikowo zastawką aortalną.

Omówienie

Pomimo powikłań, jakie miały miejsce w opisywanej grupie, w trakcie zabiegu TAVI, śmiertelność szpitalna wynosiła 0%. Wszyscy pacjenci, po 12+/- 5 dobach leczenia, opuścili szpital w dobrej kondycji neurologicznej Skala CPC – 1(ang. Cerebra Performance Categories Scale), skala GCS – 15 (ang. Glasgow Coma Scale). Z frakcją wyrzutową lewej komory na poziomie 53+/- 11%, z sukcesem implantowaną przezcewnikowo zastawką aortalną.

Przezskórna implantacja zastawki aortalnej TAVI (transcatheter aortic valve implantation), to innowacyjna i szybko rozwijająca się technika dostępna w naszym ośrodku od 2008 roku. Stanowi alternatywę dla klasycznej operacji przeprowadzanej na otwartym sercu. Pacjenci kwalifikowani do operacji kardiochirurgicznej wymiany zastawki aortalnej, a posiadający wysokie ryzyko śmiertelności szpitalnej

(EuroSCORE), mogą zostać zakwalifikowani do małoinwazyjnej procedury przezskórnej implantacji zastawki aortalnej (TAVI). Zabiegi w naszym ośrodku do 2015 roku wykonywane były w znieczuleniu ogólnym, najczęściej dotyczy pacjentów w podeszłym wieku z licznymi obciążeniami (najczęściej ASA IV), stanowią prawdziwe wyzwanie dla znieczulającego anestezjologa. Większość pacjentów po przezskórnej implantacji zastawki aortalnej wykazuje znaczący wzrost jakości ich życia [13]. Autorzy raportują swoje pierwsze doświadczenia w leczeniu chorych przy zastosowaniu znieczulenia miejscowego z analgosedacją do zabiegu TAVI. Anestezjolodzy zastosowali analgosedację z sukcesem przeprowadzając wszystkich pacjentów przez okres okołoperacyjny. Należy podkreślić, że oprócz doskonałej współpracy zespołów sercowo naczyniowych bardzo istotne znaczenie dla sukcesu terapii ma funkcjonowanie w ramach bloku operacyjnego nowoczesnie i kompleksowo wyposażonej Sali Operacji Hybrydowych. Anestezjolog musi dysponować stanowiskiem do znieczulenia a perfuzjonista w razie konieczności udostępnić podłączenie sztucznego płuco serca.

Wnioski

Przezskórna implantacja zastawki aortalnej z powodzeniem może być przeprowadzona w analgosedacji remifentanylowej. Zabiegi TAVI winny być przeprowadzane w warunkach nowoczesnej, dobrze wyposażonej Sali Hybrydowej a anestezjolog powinien mieć świadomość komplikacji mogących wystąpić w trakcie znieczulenia i adekwatnie do sytuacji reagować.

VI. Streszczenie.

Cel pracy:

- 1). Celem głównym badania była analiza czynników mających wpływ na przeżycie pacjentów, w ciężkim wstrząsie kardiogenym, leczonych przy pomocy VA ECMO. Autorzy porównali grupę pacjentów, którzy przeżyli leczenie (n = 12) 41%, z grupą chorych, którzy zmarli pomimo zastosowania VA ECMO.
- 2). Przeprowadzenie analizy czynników mających wpływ na przeżycie pacjentów po operacjach kardiologicznych, leczonych VA ECMO. Autorzy porównali grupę pacjentów, którzy przeżyli leczenie (n = 8) 30%, z grupą chorych, którzy zmarli pomimo zastosowania membranowego natleniania

pozaustrojowego w konfiguracji żylna tętniczej. Autorzy przedstawiają doświadczenia własne w kwalifikowaniu i prowadzeniu terapii dorosłych pacjentów we wstrząsie kardiogennym po operacjach serca, u których zastosowano ECMO w konfiguracji żylna tętniczej.

3). Prezentacja wstępnych wyników prowadzenia anestezji pacjentów wysokiego ryzyka, zakwalifikowanych do zabiegu TAVI (transcatheter aortic valve implantation). Autorzy dzieląc się swoimi wstępnymi wynikami pragną zwrócić uwagę na szczególne wyzwania stojące przed anestezjologiem prowadzącym znieczulenie miejscowe do tego typu zabiegów.

Material i metody:

Ad.1). Badanie retrospektywne, obejmuje pacjentów leczonych w okresie od lutego 2009 roku, kiedy pierwszy raz zastosowano terapię ECMO w naszej klinice, do marca 2015 roku. Badana populacja objęła $n = 29$ pacjentów leczonych przy pomocy terapii VA ECMO. Średni wiek pacjentów wynosił 42 lata; 19 pacjentów stanowili mężczyźni (66%) a 10 to kobiety (34%). Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 59% (17/29). Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych ($n = 29$), leczonych w naszym ośrodku, znajdujących się we wstrząsie kardiogennym, u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe jako układ wspomagający pracę płuc i serca z podłączeniem żylna – tętniczym (VA ECMO).

Ad.2). Analiza retrospektywna, obejmuje pacjentów leczonych w okresie od lutego 2009 roku, kiedy pierwszy raz zastosowano terapię ECMO w naszej klinice, do czerwca 2016 roku. Badana populacja objęła $n = 27$ pacjentów po operacjach kardiochirurgicznych, leczonych przy pomocy terapii VA ECMO. Średni wiek pacjentów wynosił 45 lat; 19 pacjentów stanowili mężczyźni (70%) a 8 to kobiety (30%). Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 70% (19/27). Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych ($n = 27$), leczonych w naszym ośrodku, znajdujących się w postcardiotomijnym wstrząsie kardiogennym, u których zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe, jako układ wspomagający pracę płuc i serca z podłączeniem żylna tętniczym (VA ECMO).

Ad.3). Badanie obejmuje pacjentów leczonych w okresie od września 2015 roku, kiedy pierwszy raz w naszym ośrodku zastosowano znieczulenie miejscowe do zabiegu przezskórnej implantacji zastawki aortalnej, do lutego 2016 roku. Badana populacja objęła 11 pacjentów leczonych z powodu ciężkiej stenozы aortalnej. Średni wiek pacjentów wynosił 80 ± 7 lat. 3 pacjentów stanowili mężczyźni (27%) a 8 to kobiety (73%).

Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych (n = 11), leczonych w naszym ośrodku, u których podjęto decyzję o transfemoralnej implantacji zastawki TAVI w znieczuleniu miejscowym.

Wyniki:

Ad.1). Badana populacja objęła n = 29 pacjentów leczonych przy pomocy terapii VA ECMO. Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 59% (17/29). Badanie nie wykazało różnic pomiędzy grupą zmarłych a grupą ocalałych w odniesieniu do wieku, płci, wzrostu, trybu przyjęcia, chorób towarzyszących czy wielkości frakcji wyrzutowej lewej komory serca ocenianej przy przyjęciu do szpitala. Analizie poddano ilość dni terapii VA ECMO, poziom Troponin w pierwszych dobach wdrożenia terapii, przetoczenia koncentratu krwinek płytkowych, czas wentylacji mechanicznej. Nie wykazano istotnych różnic w obu grupach. Znamienne dłuższy okazał się zarówno czas pobytu chorych w Oddziale Intensywnej Terapii (P = 0,030) jak i czas pobytu w szpitalu (P = 0,016) w grupie pacjentów ocalałych.

Ad.2). Analiza objęła n = 27 pacjentów leczonych przy pomocy terapii VA ECMO. Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 70% (19/27). Badanie nie wykazało różnic pomiędzy grupą zmarłych a grupą ocalałych w odniesieniu do wieku, płci, wzrostu, trybu przyjęcia, chorób towarzyszących czy wielkości frakcji wyrzutowej lewej komory serca, ocenianej przy przyjęciu do szpitala. Analizie poddano ilość dni terapii VA ECMO, rodzaj operacji kardiochirurgicznej, powikłania VA ECMO takie jak: zaburzenia krzepnięcia, niedokrwienie kończyn dolnych, tamponada serca, terapia nerkozastępcza. Nie wykazano istotnych różnic w obu grupach. Znamienne dłuższy okazał się zarówno czas pobytu chorych w Oddziale Intensywnej Terapii (P = 0,002) jak i czas pobytu w szpitalu (P = 0,001) w grupie pacjentów ocalałych.

Ad.3). Do badania włączono wszystkich kolejnych chorych (n = 11), leczonych w naszym ośrodku, u których podjęto decyzję o transfemoralnej implantacji zastawki TAVI w znieczuleniu miejscowym. Całkowita szpitalna śmiertelność wynosiła 0%. Wszystkie zabiegi wykonane były na SOH. Pomimo powikłań, jakie miały miejsce w opisywanej grupie, w trakcie zabiegu TAVI, śmiertelność szpitalna wynosiła 0%. Wszyscy pacjenci, po 12+/- 5 dobach leczenia, opuścili szpital w dobrej kondycji neurologicznej Skala CPC – 1(ang. Cerebra Performance Categories Scale), skala GCS – 15 (ang. Glasgow Coma Scale). Z frakcją wyrzutową lewej komory na poziomie 53+/- 11%, z sukcesem implantowaną przezcewnikowo zastawką aortalną.

Wnioski:

Ad.1). Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna tętniczej jest akceptowalną formą terapii leczenia pacjentów w ciężkim wstrząsie kardiogenym. Szpitalna śmiertelność pacjentów leczonych przy pomocy VA ECMO w naszym badaniu wynosiła 59%. Oznacza to, że u 12 chorych (41%), u których wystąpił ciężki wstrząs kardiogeny z powodzeniem zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe.

Ad.2). Membranowe natlenianie pozaustrojowe w konfiguracji żylna tętniczej jest akceptowalną formą terapii leczenia pacjentów w ciężkim pokardiotomijnym wstrząsie kardiogenym. Szpitalna śmiertelność pacjentów leczonych przy pomocy VA ECMO w naszym badaniu wynosiła 70%. Oznacza to, że u 8 chorych (30%), u których wystąpił ciężki wstrząs kardiogeny po operacji serca, z powodzeniem zastosowano membranowe natlenianie pozaustrojowe.

Ad.3). Przeszkórna implantacja zastawki aortalnej z powodzeniem może być przeprowadzona w analgo sedacji remifentanylowej. Zabiegi TAVI winny być przeprowadzane w warunkach nowoczesnej, dobrze wyposażonej Sali Operacji Hybrydowych, a anestezyjolog powinien mieć świadomość komplikacji mogących wystąpić w trakcie znieczulenia i adekwatnie do sytuacji reagować.

VII. Summary.

Aim:

1). The main objective of the study was to analyse the factors influencing the outcomes of the VA ECMO therapy in patients affected by cardiogenic shock. Primarily, the survival rate for the group of patients supported with VA ECMO was to be determined.

2). The main objective of the study was to analyse the factors influencing the outcomes of the VA ECMO therapy in patients affected by postcardiotomy cardiogenic shock. Primarily, the survival rate for the group of patients supported with VA ECMO was to be determined.

3). The authors present their own experience of the treatment of patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) carried out in a modern Hybrid Operating Room. The objective of the present study was

to demonstrate the initial results of conducting anaesthesia in high-risk patients qualified for the TAVI procedure (transcatheter aortic valve implantation). In addition, the authors' aim was also to point out to the special challenges of an anaesthesiologist conducting local anaesthesia in such a type of procedures and to evaluate the safety and efficacy of the TAVI procedure conducted under remifentanyl analgo-sedation.

Methods:

Ad 1). The retrospective study ranges from February 2009, when the ECMO therapy was first introduced in our clinic, up until March 2015. It involved 29 (n) patients treated with VA ECMO. The average age of the patient was 42 years; 19 (66%) of the patients were male, and 10 (34%) of them female.

Ad 2). The retrospective study ranges from February 2009, when the ECMO therapy was first introduced in our clinic, up until July 2016. It involved 27 (n) patients treated with VA ECMO. The average age of the patient was 45 years; 19 (70%) of the patients were male, and 8 (30%) of them female.

Ad 3). retrospective analysis included patients treated during the period from September 2015, when local anaesthesia for the transcatheter aortic valve implantation was used for the first time at our centre, up to February 2016. The studied population consisted of 11 patients treated for severe aortic valve stenosis. The mean age of patients was 80 ± 7 years. Three patients were men (27%) and eight were women (73%). The study included all subsequent patients (n = 11), treated in our centre, for whom it was decided to perform TAVI under local anaesthesia.

Results:

Ad 1). The hospital mortality rate reached 59% (17/29). Such factors as: age, sex, height, type of hospital admission, accompanying diseases or the size of the ejection fraction of the left ventricle at the admission to the hospital, haven't shown any specific influence on the mortality. The analysis took into account the number of days of the VA ECMO therapy, troponin levels during the first days of the therapy, the amount of the applied thrombocyte concentrates and any accessory mechanical ventilation. Those interventions also haven't influenced the outcomes. The group of patients who recovered after the therapy, spent significantly more time in the Intensive Care Unit (P=0,03) as well as in the hospital (P=0,02).

Ad 2). There were 27 patients treated with VA ECMO during the study period. The mean patient age was 45 ± 16 years. The hospital mortality of patients treated with VA ECMO therapy reached 70% (19/27). There

were no significant differences between the groups of survivors and non-survivors regarding age, gender, admission type and coexisting diseases. Type of cardiac surgical procedure had no influence on mortality and complications of therapy with the use of VA ECMO.

Ad 3). The total hospital mortality rate was 0%. All procedures were performed in a hybrid operating room. Despite the complications observed in the described group, the hospital mortality rate during TAVI was 0%. All patients, after 12 ± 5 days of treatment, left the hospital in a good neurological condition, which was assessed based on the CPC-1 (Cerebra Performance Categories Scale) and GCS-15 (Glasgow Coma Scale) scales. With an ejection fraction of the left ventricle of $53 \pm 11\%$, the transcatheter aortic valve was successfully implanted.

Conclusions:

Ad 1). VA ECMO is an acceptable form of therapy for the treatment of patients in severe cardiogenic shock. Hospital mortality of patients treated with the help of VA ECMO therapy in our study reached 59%. The 41% of the patients recovered from cardiogenic shock due to the VA ECMO's application.

Ad 2). VA ECMO is an acceptable form of therapy for the treatment of patients in postcardiotomy cardiogenic shock. Hospital mortality of patients treated with the help of VA ECMO therapy in our study reached 70%. The 30% of the patients recovered from postcardiotomy cardiogenic shock due to the VA ECMO's application. VA ECMO can be an effective form of therapy in some patients in postcardiotomy cardiogenic shock.

Ad 3). Percutaneous aortic valve implantation can be successfully conducted under remifentanyl analgesedation. TAVI procedures should be performed in the conditions of a modern, well-equipped hybrid room. The aim of the anaesthesiologist should consist of conducting the least invasive anaesthesia/analgesia, bearing in mind the safety and comfort of the patient.

VIII. Piśmiennictwo.

- [1] Musiał R, Moncznik P, Śmiałek P, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience. *Kardiologia Polska*, 2016; 74: 1476-1484. doi: 10.5603/KP.a2016.0087.
- [2] Musiał R, Ochońska K, Proc A, et al. Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA ECMO) as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska*, 2017; 14 (1): 1-5.
- [3] Bleiziffer S, Ruge H, Mazzitelli D, et al. Valve implantation on the beating heart: catheter-assisted surgery for aortic stenosis. *Deutsches Arzteblatt International* 2009; 106: 235–41.
- [4] Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002; 106: 3006–8.
- [5] Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation* 2007; 116: 755–63.
- [6] Grube E, Schuler G, Buellesfeld L, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients using the second- and current third-generation self-expanding CoreValve prosthesis: device success and 30-day clinical outcome. *Journal of the American College of Cardiology* 2007; 50: 69–76.
- [7] Pendyala LK, Minha S, Barbash IM, et al. Commercial versus PARTNER study experience with the transfemoral Edwards SAPIEN valve for inoperable patients with severe aortic stenosis. *Am J Cardiol* 2014;113:342–7.
- [8] Motloch LJ, Rottlaender D, Reda S, et al. Local versus general anesthesia for transfemoral aortic valve implantation. *Clin Res Cardiol* 2012; 101:45–53.
- [9] Ruggeri L, Gerli C, Franco A, et al. Anesthetic management for percutaneous aortic valve implantation: an overview of worldwide experiences. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth* 2012;4:40–6.
- [10] Musiał R, Lpińska Strasik M, Piątkiewicz A, et al. Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments. *Anaesthesiology Intensive Therapy* 2017, vol. 49, no 1, 40–46.

- [11] Pae WE Jr, Miller CA, Matthews Y, et al. Ventricular assist devices for postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 104:541, 1992.
- [12] D.C. Shook, W. Gross. Offsite anesthesiology in the cardiac catheterization lab. *Curr Opin Anaesthesiol*, 20 (2007), pp. 352–358.
- [13] Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation*. 2007; 116(7): 755–763, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.698258, indexed in Pubmed: 17646579.

IX. Oświadczenia współautorów.

Kraków, dnia 25.01.2017

Prof. dr hab. med. Rafał Drwiła
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.

„ Venno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Nadzór nad prawidłowym przebiegiem badania.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.



(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Prof. dr hab. med. Rafał Drwiła
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.


„Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA ECMO) as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery.”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Nadzór nad prawidłowym przebiegiem badania.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.



(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Prof. dr hab. med. Rafał Drwiła
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.

„Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Recenzja dyskusji.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.



(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Dr n. med. Jarosław Stoliński
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.

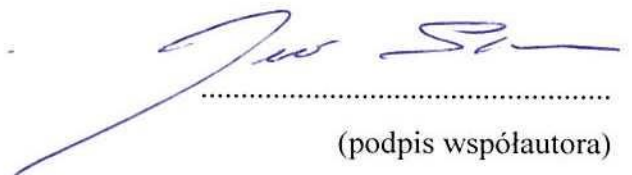
„Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Recenzja dyskusji.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.



.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Lek. med. Paweł Moncznik
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.

“Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for short-term mechanical circulation support in adults with cardiogenic shock: a single centre experience”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Pomoc w opracowaniu bazy danych.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.

.....

(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Mgr Krystyna Ochońska
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.


“Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA ECMO) as cardiogenic shock therapy support in adult patients after heart surgery”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Pomoc w opracowaniu bazy danych.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.

.....


(podpis współautora)

Kraków, dnia 25.01.2017

Lek. Agnieszka Piątkiewicz
(tytuł zawodowy, imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt.

„Local anaesthesia with analgosedation in patients qualified for transcatheter aortic valve implantation (TAVI): first institute's results and experiments”,

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji to:

Pomoc w opracowaniu bazy danych.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez lek. Roberta Musiała jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład lek. Roberta Musiała przy opracowywaniu koncepcji, wykonywaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników tej pracy.


.....

(podpis współautora)