

2) a subgroup of "Ideal Hypertension" (n=125), which included people with hypertension according to both ESC/ESH (2018) and ACC/AHA (2017) criteria;

3) a subgroup of "Intermediate BP" (n=254), which included people with hypertension according to ACC/AHA criteria (2017) and "high norm" according to ESC/ESH criteria (2018).

To determine the CVR, the following methods were used: PROCAM risk score; Framingham risk score based on lipid profile; Framingham risk score based on body mass index; QRISK 2 risk score; Pooled Cohort Equations risk score; ASCVD risk score.

Results. The average values of the CVR level in the "Ideal Normotension" subgroup of the DM2 group were 8.5% (95% CI. 7.80; 9.28). In the "Intermediate BP" subgroup, this indicator corresponded to 12.9% (95% CI.12.32; 13.51), and in the subgroup of "Ideal hypertension" the value of cardiovascular risk was 18.0% (95% CI 17.43; 18.55). The differences between all subgroups were statistically highly significant: $p < 0.001$.

Conclusions. The use of CVR calculators both individually and in combination in patients in the DM2 group indicate that an increase in SBP to 130-139 mmHg and/or DBP to 80-89 mmHg contributed to an increase in cardiovascular risk. It can be assumed that a further increase in blood pressure further increases this risk.

Key words: Arterial hypertension, type 2 diabetes mellitus, ESC/ESH criteria (2018), ACC/AHA criteria (2017).

ORCID and contributionship:

Isgandar M. A.: —^{ABDF}

Corresponding author

Isgandar Mehriban Aghakishi
Azerbaijan Medical University
Azerbaijan, AZ1022, Baku, 14 Anvar Gasimzade str.
Tel.: +994557621780
E-mail: Statya2021@mail.ru

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article.

Received 30.05.2023

Accepted 08.11.2023

DOI 10.29254/2077-4214-2023-4-171-199-209

UDC 616.124-007.2-053.1-089:616-089.5

¹Kalyta V. I., ²Dziuryi I. V., ¹Boyko S. M., ¹Truba Ia. P., ²Plyska O. I., ¹Lazoryshynets V. V.

EXPERIENCE OF ANAESTHETIC MANAGEMENT AND INTENSIVE CARE IN PATIENTS WITH SINGLE VENTRICLE PHYSIOLOGY

¹Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery (Kyiv, Ukraine)

²National Pedagogical Dragomanov University (Kyiv, Ukraine)

vitaliikalyta1993@gmail.com

Single ventricle physiology is a term used to describe a group of complex congenital heart defects with a single functioning ventricle. The survival of such patients depends on mixing systemic deoxygenated blood with oxygenated pulmonary venous blood and on an open channel for redirecting the mixed blood to the small and systemic circulation. Palliative treatment of patients with single ventricle physiology aims to transfer the single ventricle circulation from parallel to sequential and includes three stages, culminating in total Fontan cavopulmonary anastomosis. Bidirectional cavopulmonary anastomosis is the second stage of haemodynamic correction in patients with single ventricle physiology. It eliminates parallel circulation and ventricular volume overload but not cyanosis. The study aims to describe the experience of anaesthetic management and intensive care in patients with single ventricle physiology at the stage of haemodynamic correction. From 1996 to 2022, 104 patients with a single ventricle underwent bidirectional cavopulmonary anastomosis at the Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. The main methods used to determine the defect and assess postoperative outcomes were cardiac cavity sounding and echocardiography. All patients were divided into two age groups. Group A included 57 patients (55%) aged 3 to 36 months, and Group B consisted of 47 patients (45%) over 36 months. There is a lower need for prolonged intensive care, a lower number and less severe severity of postoperative complications, a longer overall ICU stay, and a higher average systemic saturation in patients who were operated on between the ages of 3 and 36 months due to the peculiarities of haemodynamic and adaptive processes. The choice of age and tactics for hemodynamic correction in patients with single ventricle physiology directly affects the perioperative period and the results of palliative treatment.

Key words: congenital heart disease, single ventricle, haemodynamic correction, blood circulation, anastomosis.

Connection of the publication with planned research works.

This work is a fragment of the research work "Hemodynamic correction in the surgery of congenital heart disease". State registration number: 0121U110645.

Introduction.

Congenital heart disease is one of the most common congenital malformations. The incidence of congenital heart disease, according to various sources, ranges from 7 to 9 per 1000 live births. Pathologies with a single ven-

tricle physiology account for about 1/5 of these cases [1]. In 1628, William Harvey's work "Anatomical Study of the Motion of the Heart and Blood in Animals" described the small and large circles of blood circulation, the function of the heart's ventricles and the suction capacity of the thorax (lungs). Chemineau first described the fetal heart with two atria and one ventricle in 1699 [2]. Magendie believed that the stretching of the lungs during inspiration leads to the simultaneous flow of both air and blood into the lungs. In 1842, he developed the dual principle of pulmonary circulation [3]. In 1984, Anderson and colleagues combined various anatomical defects in which one of the heart's two ventricles cannot support systemic or pulmonary circulation under the term "functionally single ventricle heart" [4].

In patients with single ventricle physiology, surgical correction methods include biventricular or biven-tricular (radical) correction and staged (palliative) single ventricular haemodynamic correction using the Fontan method. Bidirectional cavopulmonary anastomosis (Glenn) is the second stage of hemodynamic correction of complex congenital heart disease with a single ventricle. When it is formed, blood is diverted from the superior vena cava basin to the pulmonary artery [5, 6]. Rhodbard successfully bypassed the right ventricle by anastomosing the right atrial auricle with the pulmonary artery for the first time in 1948 (experiment on the dog heart). In 1951, Carlon, Mondini, and de Marchi developed and implemented the concept of cavopulmonary conduit [7]. In 1958, Glenn was the first in North America to perform a unidirectional cavopulmonary anastomosis successfully. For a long time, patients with a functionally single ventricle heart were treated with only systemic pulmonary anastomoses, pulmonary artery narrowing, and procedures with partial right heart bypass (BCPA and its variants). In 1968, Fontan and Baudet performed the first operation with a complete bypass of the right

Table 1 – Anthropometric data of patients (n=104)

Indicator	Group A (n=57)	Group B (n=47)	P
Age (months)	17 [3; 36]	84 [38; 420]	<0,05
Height (cm)	80 [56; 114]	121 [90; 182]	<0,05
Weight (kg)	10,5 [6; 19]	20 [11,8; 63]	<0,05
Body surface area (m ²)	0,5 [0,29; 0,8]	0,84 [0,57; 1,8]	<0,05

Notes: the difference is statistically significant at the level of $p < 0.05$ (Student's t-test).

heart, which opened up new opportunities in the field of cardiac surgery [8, 9].

The proportional distribution of cardiac output to the brain is highest in young children. In neonates, blood flow through the SVC accounts for 50% of venous return to the heart, increasing to a maximum of 55% at 36 months of age and gradually decreasing to adult values of 35% by six years of age [10]. According to these considerations, the patients in this study were allocated.

The aim of the study.

To describe the experience of anaesthetic management and intensive care in patients with single ventricle physiology at the stage of haemodynamic correction.

Object and research methods.

From 1996 to 2022, 104 patients with a single ventricle of the heart underwent a bidirectional cavopulmonary anastomosis (Glenn) at the Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. The number of male patients was 62 (60%), and the number of female patients was 42 (40%). The median age was $M=36$ months. [3; 420]. Patients were divided into two groups, depending on age. Group A included patients aged 3 to 36 months and consisted of 57 patients (55%). Group B included patients over 36 months of age, comprising 47 patients (45%). The anthropometric parameters of the patients are shown in **table 1**.

The main diagnostic methods used to establish the diagnosis and evaluate the treatment results were echocardiographic examination and cardiac cavity probing. At the pre-hospital stage, patients received care to correct disorders caused by reduced perfusion and hypoxia. In the preoperative, intraoperatively and postoperative periods, general clinical, biochemical and bacteriological tests were performed. Chest X-ray and electrocardiography were performed. The distribution of patients according to the diagnosis is shown in **table 2**.

Given the presence of complex variants of congenital heart disease, patients underwent clinical examinations, echo-CG and cardiac cavity probing at the preoperative stage to assess morphology and haemodynamics and determine treatment

Table 2 – Distribution of patients according to diagnosis

Diagnosis		Number of patients
Single ventricle of the heart by mixed type (Mixed type)	SV. TGV. ASD. PA stenosis.	25
	SV. CSGV from RV type TGV. ASD. PA stenosis.	5
	Dextrocardia. SV. TGV. AVSD. PA stenosis.	3
	SV. CTGV. CSGV from LV. PA stenosis.	2
	Dextrocardia SV. TGV. PA type II atresia	2
	Dextrocardia SV. L- TGV. AVSD. PA stenosis. ASD.	2
	Heterotaxia. AVSD. CSGV from RV type TGV. PA stenosis.	2
	SV. AVSD. TGV. PA stenosis. Cris-cross Cor.	1
Single ventricle of the heart by the left type (Left type)	SV. RHD. Tricuspid atresia. PA stenosis. AVD. ASD.	25
	SV. RHD. Tricuspid atresia. PA stenosis. ASD.	10
	SV. RHD. Tricuspid atresia. ASD	8
	SV. RHD. Tricuspid atresia. PA stenosis. TGV. ASD.	5
	SV. RHD. Tricuspid atresia. PA atresia. AVD. PDA.	2
	SV. TGV. AVSD. PA stenosis. ASD-I.	1
	SV. RHD (TV, RV, PA). D-TGV. PA stenosis.	1
	Situs inversus. Levocardia. SV. RHD. CTGV. PA stenosis. ASD.	1
Single ventricle of the heart by the right type (Right type)	SV. TGV. Mitral atresia. ASD. PA stenosis.	4
	SV. TGV. AVSD. Hypoplasia of LV. ASD. PA stenosis.	2
	Dextrocardia SV. TGV. Mitral atresia PA stenosis. ASD	2
	SV. TGV. CSGV from RV. Hypoplasia of MV. PA atresia -I type.	1

Notes: CTGV – corrected transposition of the great vessels; CSGV – complete separation of the great vessels; PA – pulmonary artery; AVSD – atrioventricular septal defect; RHD – right heart hypoplasia; ASD – atrial septal defect; VSD – ventricular septal defect.

tactics. We measured the size, stroke volume and end-diastolic volume (SV, EDV), end-diastolic index (EDI), ejection fraction (EF), and minute circulation volume (MCV). The size and structure of the heart valves, pulmonary artery and its branches were assessed. The level of blood oxygenation and pressure in the superior vena cava, pulmonary artery and pulmonary veins, right and left atria and aorta were determined. The results of the preoperative examinations of patients are presented in **table 3**.

To preserve the vital function of the patent ductus arteriosus, patients were infused with prostaglandin-E1 at a dosage of 0.01 to 0.1 µg/kg/min. Patients also received therapy aimed at correcting abnormalities caused by low perfusion and hypoxaemia.

In the preoperative period, 11 newborns (10%) with atresia of one of the atrioventricular valves and restrictive interatrial connection underwent balloon atrioseptostomy to improve blood mixing at the atrial level. This procedure helped to bring the patients out of critical condition.

All 104 patients underwent a bidirectional cavopulmonary anastomosis (Glenn) as an intermediate stage of partial haemodynamic correction before a total cavopulmonary anastomosis (Fontaine procedure). The first stage of surgical treatment differed in patients of the study groups depending on the characteristics of pulmonary circulation.

Statistical data were processed using Microsoft Excel 2016, GMDH Shell DS, and IBM SPSS Statistics 21.0. The mean, median and standard deviation were calculated based on the results obtained. Quantitative data were evaluated by determining the frequency of signs and the percentage of the total number of observations. The difference and reliability of statistical indicators were determined using the Student's t-test. To confirm or reject the null hypothesis, a value of $p < 0.05$ was taken.

The study was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration of Human Rights, the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine, and the provisions of Ukraine's relevant laws. The Local Ethics Committee approved the study protocol for all participants. The informed consent of the children's parents was obtained for the study, as well as the collection and processing of patient data.

Research results and their discussion.

Preoxygenation during the induction phase was performed with 40-55% oxygen. It ensures adequate apnoea time for tracheal intubation and prevents excess pulmonary blood flow. Inhalation induction was performed mainly with sevoflurane. At a low MAC, it has a less pronounced effect on cardiac output, SVR and PVR compared with isoflurane, but at higher MAC, cardiac function depression occurs. For intravenous induction, propofol was used at a dose of 2-4 mg/kg with maintenance infusion at a dose of 4-8 mg/kg/h, but a more pronounced effect on myocardial contractility, a

Table 3 – Preoperative examination results of patients in the comparison groups

Type of investigation	Indicators	Group A	Group B	P
Complete blood count	Erythrocytes $\times 10^{12}/l$	5,4 [3,7; 9,9]	5,9 [4,2; 9,7]	0,09
	Haemoglobin g/l	161 [95; 230]	186 [122; 253]	<0,05
Echocardiographic examination	SV (ml)	26 [9; 46]	53 [22; 121]	<0,05
	EDV (ml)	48 [6; 107]	92 [40; 253]	<0,05
	EDI (ml /m ²)	98 [11; 210]	115 [46; 164]	<0,05
	EF (%)	60 [30; 86]	55 [48; 72]	<0,05
	MCV (l/min)	3,43 [1,08; 6,3]	5,03 [2,37; 9,68]	<0,05
Probing of the heart cavities	Heart rate (bpm)	122 [80; 150]	95 [40; 130]	<0,05
	Systemic SatO ₂ (%)	75 [60; 90]	79 [62; 95]	0,07
	SatO ₂ in RA (%)	68 [45; 88]	73 [60; 86]	0,13
	SatO ₂ in PA (%)	75 [60; 93]	78 [65; 90]	<0,05
	SatO ₂ in LA (%)	92 [72; 99]	95 [74; 100]	0,15
	Pressure in RA (mmHg)	6 [1; 15]	6 [1; 16]	0,06
	Pressure in PA (mmHg)	9 [3; 22]	12 [3; 24]	<0,05
	Pressure in LA (mmHg)	3 [1; 9]	6 [1; 13]	0,11
	Systemic pressure (mmHg)	90/50 [65/30; 115;80]	100/60 [70/30; 140/100]	<0,05

Notes: the difference is statistically significant at the level of $p < 0.05$ (Student's t-test); SatO₂ – oxygen saturation; LA – left atrium; RA – right atrium.

decrease in cardiac output and a decrease in SVR was noted compared with sevoflurane. Recently, especially in children under 1 year of age, dexmedetomidine has been used to maintain anaesthesia at a dosage of 0.2 to 1.0 mcg/kg/h. It does not affect myocardial contractility but can slow the heart rate. The impact on PVR and SVR depends on the dosage. Fentanyl, even in high doses, has a minimal effect on myocardial contractility and SVR and slightly reduces PVR. As a premedication in the preoperative room, patients under one year of age were administered ketamine intramuscularly at a dose of 5-10 mg/kg. It helps to prevent haemodynamic disorders that can be caused by stress during peripheral venous access but should be used with caution because of its ability to increase SVR, which is dangerous for patients with cardiac weakness. For intravenous induction and maintenance of anaesthesia, ketamine was administered at a dose of 1-2 mg/kg. The pharmacological effects of some agents on cardiovascular function are shown in **table 4**.

Patients were provided with two central venous accesses to monitor the CVP in the superior and inferior vena cava systems. An arterial line to monitor the dynamics of invasive blood pressure was inserted into the radial, ulnar, or femoral artery. Intraoperatively, the goal was to maintain SatO₂ at 75-85%. In order to reduce pulmonary blood flow, minimal hypercapnia (PaCO₂ 45-55 mmHg) was maintained by hypoventilation. Inspiratory pressure was adjusted to maintain the respiratory volume within 8-10 ml/kg, and the PEEP was set at 4 to 6 mmHg to prevent the formation of pulmonary atelectasis.

The mean arterial pressure was maintained from 45 to 70 mmHg to ensure adequate perfusion, depending on the patient's age. Measures were taken to maintain adequate diastolic pressure and coronary perfusion. The

Table 4 – Effect of some pharmacological agents on myocardial contractility and vascular resistance

Pharmacological agent	Myocardial contractile function	SVR	PVR
Sevoflurane	↓	↓	↓
Isoflurane	↓	↓↓	↓
Propofol	↓	↓	↔
Dexmedetomidine	↔	↓ or ↑(*)	↓ or ↑(*)
Ketamine	↓	↑↑	↔
Fentanyl	↔	↔	↓
Epinephrine	↑↑↑	↑	↑
Norepinephrine	↑	↑↑↑	↑
Milrinone	↑↑↑	↓↓	↓↓
Ca	↑↑↑	↔	↔
O ₂	↔	↔	↓↓↓
CO ₂	↓	↓	↑↑

Notes: Ca – calcium; O₂ – oxygen; CO₂ – carbon dioxide; SVR – systemic vascular resistance; PVR – pulmonary vascular resistance; * – dose-dependent effect.

body temperature, except for the stage of cardiopulmonary bypass, was maintained within 36.4–36.7°C, which is important for the normal maintenance of biochemical processes. Pharmacocold cardioplegia was performed in 44 patients (42%). The intraoperative parameters of patients are summarised in **table 5**.

Table 5 – Intraoperative indicators of the comparison groups

Indicators	Group A	Group B	P
Systemic SatO ₂ (%)	87 [70; 99]	86 [60; 97]	0,2
PaCO ₂ (mmHg)	47 [45; 51]	48 [45; 53]	0,13
ABP (mmHg)	51 [45; 62]	59 [52; 70]	0,18
CVP SVC (mmHg)	12 [6; 19]	12 [7; 16]	0,17
CVP IVC (mmHg)	7 [3; 15]	7 [4; 18]	0,26
Perfusion (min)	73 [28; 169]	78 [31; 300]	<0,05
Aortic ligation (min)	6 [2; 45]	10 [5; 109]	<0,05
Duration of the operation (min)	240 [150; 450]	255 [120; 720]	<0,05

Notes: the difference is statistically significant at the level of $p < 0.05$ (Student's t-test); ABP – average blood pressure; CVP – central venous pressure; PaCO₂ – partial pressure of carbon dioxide in the blood.

In the postoperative period, for the prevention of anastomotic thrombosis, patients received anticoagulant therapy with an intravenous infusion of heparin at a dose of 5–25 units/kg/h under the control of APTT within 60–80 seconds with a subsequent switch to oral anticoagulants. Intravenous nutritional support was provided, and electrolyte and metabolic

Table 6 – Postoperative indicators of the comparison groups

Indicators	Group A	Group B	P
Stay on a MV (hours)	3 [1; 118]	5 [1; 45]	<0,05
Duration of inotropic support (hours)	48 [5; 168]	52 [11; 121]	<0,05
VIS	3 [1; 13]	5 [2; 15]	<0,05
Systemic SatO ₂ (%)	86 [75; 97]	83 [70; 92]	0,39
CVP SVC (mmHg)	11 [5; 19]	11 [7; 17]	0,15
CVP IVC (mmHg)	8 [3; 12]	7 [4; 15]	0,12
Stay in the ICU (hours)	84 [6; 288]	96 [48; 240]	<0,05
Mortality rate (%)	1,7%	2,1%	–

Notes: the difference is statistically significant at the level of $p < 0.05$ (Student's t-test); MV – mechanical ventilation; VIS – vasoactive inotropic score; ICU – intensive care unit.

disorders were corrected. For inotropic support in the postoperative period, patients received a combination of epinephrine (0.02–0.5 µg/kg/min) and milrinone (0.5–0.75 µg/kg/min) or dopamine (1–10 µg/kg/min) and milrinone (0.5–0.75 µg/kg/min). In particularly severe cases, when it was not possible to maintain adequate perfusion pressure, norepinephrine infusion at a dose of 0.02–0.5 µg/kg/min was used to increase systemic blood pressure. Mechanical ventilation was also used to aid in regulating blood flow. In patients with excessive pulmonary blood flow, moderate hypoventilation increases pulmonary vascular resistance and redirects blood flow towards the systemic circulation. Infusion of furosemide at a dose of 0.1–1 mg/kg/h was performed to prevent significant fluctuations in plasma volume in the vascular bed, reduce preload on a single ventricle and ensure controlled diuresis. The target haematocrit level was maintained within 40–45%, which ensures the necessary oxygen delivery to the tissues. Postoperative parameters of the comparison groups are shown in **table 6**.

Among patients of group A, compared with patients of group B, a shorter total duration of surgery $M=240$ min [150; 450], perfusion time $M=73$ min [28; 169] and aortic ligation $M=6$ min [2; 45] were recorded, which is statistically significant. There is a shorter, statistically significant total duration $M=48$ h [5; 168] and VIS aggressiveness $M=3$ [1; 13] of inotropic support in patients of the younger age group. Particular attention is drawn to the shorter time patients spend in group A on mechanical ventilation, the median of which is $M=3$ hours [1; 118], which is also statistically significant and plays an important role in preventing ventilator-associated pneumonia. Given the above study results, it is absolutely logical and statistically substantial that the length of stay in the ICU for patients of the first age group with a median $M=84$ is shorter [6; 288]. Also noteworthy is the lower rate of systemic saturation in patients of the older age group ($M=83\%$) [70; 92], which demonstrates a decrease in the contribution of SVC to systemic blood flow depending on age.

The postoperative period was accompanied by complications in 28 (27%) of 104 patients. In group A, 12 patients (6.8%) had 15 complications, and group B had 17 complications among 16 patients (7.5%). The primary complications of the early postoperative period were acute cardiac and respiratory failure associated with prolonged perfusion during surgery and severe haemodynamic disorders. Four cases of respiratory tract infection were attributed to prolonged mechanical ventilation. Two patients died due to acute HF and sepsis caused by an antibiotic-resistant pathogen. The main postoperative complications are shown in **table 7**.

A single ventricle is a complex CHD associated with significant morbidity and mortality. The diversity of clinical manifestations makes it difficult to choose the right treatment tactics at all stages. Physicians at all levels should know the investigations that need to be performed on these patients and the numerous stages associated with surgical palliative care [11].

Patients with single ventricle physiology present unique, complex and interesting challenges for physicians in the perioperative

period. In addition to the variety of variations in the anatomical subtypes associated with single ventricle defects, the staged pathway of palliative care complicates the management of these patients [12].

To date, there is unanimity in the world regarding staging single ventricle correction. Patients under six months of age require systemic and pulmonary blood flow regulation to ensure adequate development. In patients aged six months to 3 years, a bidirectional cavopulmonary anastomosis is performed as an intermediate stage before performing a total cavopulmonary anastomosis (final stage) [13, 14]. The principles that guide decision-making during surgical palliative care are to ensure anatomical stability of pulmonary and systemic blood flow, maintain optimal myocardial function, and provide adequate systemic oxygen delivery [15].

The single ventricle functions as an aspiration and expiration pump, avoiding the passage of venous blood from the upper half of the body through the right heart. In the aspiration phase, it passively performs pulmonary circulation; in the expulsion phase, it is exclusively intended for large circulation. Low pulmonary resistance and end-diastolic pressure in a single ventricle are necessary for the adequate functioning of such a haemodynamic system. Conditions that cause an increase in these parameters lead to the development of systemic dysfunction [16, 17].

Patients with a single functional ventricle do not tolerate changes in preload, afterload, myocardial depression, or changes in pulmonary and systemic vascular resistance. They may have an imbalanced circulation due to various factors, such as lower respiratory volume, atelectasis, fluid in the lung interstitium, and hypoxic pulmonary vasoconstriction, which vary to different degrees during induction and intubation. The increased intrathoracic pressure caused by positive pressure ventilation can have significant haemodynamic consequences for patients with single ventricle physiology. Therefore, the risks and benefits of early extubation should be carefully weighed after each procedure. The haemodynamic consequences of stress due to inadequate analgesia, hypoventilation, and hypercapnia due to residual

Table 7 – Main postoperative complications

Complication	Group A (n=15)	Group B (n=17)
Acute HF	6 ^(a)	6
Acute RF	3	5
Infectious complications of the respiratory tract	1	2
Paresis of the diaphragm dome	2	0
Infection of the surgical wound	1	1
Sepsis	0	1 ^(b)
Exudative pleuritis	1	0
Bleeding	0	1
Thrombosis of the SVC	1	0
Lymphorrhea	0	1

Notes: a – cause of death in 1 patient of group A; b – cause of death in 1 patient of group B; HF – heart failure; RF – respiratory failure.

anaesthesia should be weighed against the benefits of extubation and spontaneous ventilation [18].

Despite improvements in cardiac surgical techniques and increased experience in palliative care for patients with single ventricle physiology, only 60-80% of patients survive to achieve final Fontan circulation. Anatomical criteria, patient-specific risk factors, and institutional experience cannot definitively explain the variability in these outcomes [19].

Conclusions.

1. Patients with single ventricle physiology are not an easy task for cardiac surgeons. High-quality diagnostics, qualified anaesthetic support, and precise and professional work of surgeons and intensive care physicians are essential components of successful treatment.

2. Among patients in the younger age group, there was a better clinical effect of BCPA, a more favourable course of the intraoperative and early postoperative period, a shorter overall ICU stay and fewer postoperative complications. These results indicate that haemodynamic correction is preferable in patients aged 3 to 36 months compared to older patients.

Prospects for further research.

Based on the analysis, to develop and implement clinical protocols for the management of patients with a single ventricle in the perioperative period and during intensive care.

DOI 10.29254/2077-4214-2023-4-171-199-209

УДК 616.124-007.2-053.1-089:616-089.5

¹Калита В. І., ²Дзюрий І. В., ¹Бойко С. М., ¹Труба Я. П., ²Плиська О. І., ¹Лазоришинець В. В.

ДОСВІД АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ВЕДЕННЯ ТА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ФІЗІОЛОГІЄЮ ЄДИНОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ

¹ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М. М. Амосова НАМН України» (м. Київ, Україна)

²Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова (м. Київ, Україна)

vitaliikalyta1993@gmail.com

Фізіологія єдиного шлуночка серця – це термін, який використовують для опису групи складних вроджених вад серця з одним функціонуючим шлуночком. Виживання таких пацієнтів залежить від змішування системної дезоксигенованої крові з оксигенованою легеневою венозною кров'ю та від наявності відкритого каналу для перенаправлення змішаної крові до малого та системного кіл кровообігу. Паліативне лікування пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка направлено на переведення одношлуночкового кровообігу з паралельного в послідовний, та включає три етапи, що завершуються тотальним кавопульмональним анастомозом Фонтана. Двонаправлений кавопульмональний анастомоз є другим етапом гемодинамічної корекції у пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка. Він дозволяє усунути паралельний кровообіг та об'ємне переважання шлуночка, але не ціаноз. Мета дослідження – описати досвід анестезіологічного ведення

та інтенсивної терапії у пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка на етапі гемодинамічної корекції. В ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України» з 1996 р. по 2022 р. 104-м пацієнтам з єдиним шлуночком серця було виконано двонаправлений кавопульмональний анастомоз. Основними методами для визначення вади та оцінки післяопераційних результатів були зондування порожнини серця та ехокардіографія. Усіх пацієнтів розділили на дві вікові групи. До групи А увійшли 57 осіб (55%) – пацієнти віком від 3 до 36 місяців, групу В склали 47 пацієнтів (45%) старше 36 місяців. Прослідковується менша необхідність в тривалій інтенсивній терапії, нижча кількість та менш виражена тяжкість післяопераційних ускладнень, загальна тривалість перебування у ВПІТ та вищий середній показник системної сатурації у пацієнтів, які були прооперовані у віці від 3 до 36 місяців, що обумовлено особливостями гемодинамічних та адаптивних процесів. Вибір віку та тактики для проведення гемодинамічної корекції у пацієнтів з одношлуночковою фізіологією напряму впливає на перебіг періопераційного періоду та на результати паліативного лікування.

Ключові слова: вроджені вади серця, єдиний шлуночок, гемодинамічна корекція, кровообіг, анастомоз.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дана робота є фрагментом НДР «Гемодинамічна корекція в хірургії вроджених вад серця». Державний реєстраційний номер: 0121U110645.

Вступ.

Вроджені вади серця є одними з найбільш розповсюджених вроджених вад, які зустрічаються. Часто-та вроджених вад серця, за даними різних джерел, становить від 7 до 9 на 1000 живонароджених дітей. Патології з фізіологією єдиного шлуночка серця складають біля 1/5 цих випадків [1]. У 1628 році William Harvey в своїй роботі «Анатомічне дослідження руху серця і крові у тварин» описав мале та велике кола кровообігу, функцію шлуночків серця та присмоктувальну здатність грудної клітини (легень). Вперше серце плода з двома передсердями і одним шлуночком описав Chemineau у 1699 році [2]. Magendie вважав, що розтягнення легень під час вдиху призводить до одночасного надходження як повітря так і крові до легень, і в 1842 році розробив двоїстий принцип легеневого кровообігу [3]. У 1984 році Anderson і співавтори об'єднали різні анатомічні вади, при яких один із двох шлуночків серця не може підтримувати системний чи легеневий кровообіг під терміном «функціонально одношлуночкове серце» [4].

У пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка до методів хірургічної корекції відносять двошлуночкову або бівентрикулярну (радикальну) корекцію та поетапну (паліативну) одношлуночкову гемодинамічну корекцію за методом Фонтана (Fontan). Двонаправлений кавопульмональний анастомоз (Glenn) є другим етапом гемодинамічної корекції складних вроджених вад серця з єдиним шлуночком. При його формуванні здійснюється відведення крові з басейну верхньої порожнистої вени до легеневої артерії [5, 6]. Вперше успішно обійшов правий шлуночок шляхом анастомозу вуха правого передсердя з легеневою артерією в 1948 році Rhodbard (експеримент на собачому серці). У 1951 році Carlon, Mondini та de Marchi розробили та впровадили концепцію кавопульмонального сполучення [7]. У 1958 році Glenn першим в Північній Америці успішно виконав однонаправлений кавопульмональний анастомоз. Впродовж тривалого часу пацієнтам з функціонально одношлуночковим серцем виконували тільки системно-легеневі анастомози, звуження легеневої артерії та процедури з частковим обходом правих відділів серця (ДКПА і його варіанти). У 1968 році Fontan та Baudet вперше виконали операцію з повним обходом правих

відділів серця, що відкрило нові можливості у сфері кардіохірургії [8, 9].

Пропорційний розподіл серцевого викиду до мозку найвищий у дітей раннього віку. У новонароджених кровотік через ВПВ становить 50% венозного повернення до серця, збільшуючись до максимальних 55% у віці 36 місяців, та поступово знижується до дорослих значень в 35% до 6 років [10]. Згідно цих міркувань було проведено розподіл пацієнтів у даному дослідженні.

Мета дослідження.

Описати досвід анестезіологічного ведення та інтенсивної терапії у пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка на етапі гемодинамічної корекції.

Об'єкт і методи дослідження.

В ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України» з 1996 р. по 2022 р. 104-м пацієнтам з єдиним шлуночком серця було виконано двонаправлений кавопульмональний анастомоз (Глена). Кількість пацієнтів чоловічої статі становить 62 особи (60%), жіночої – 42 особи (40%). Медіана віку складає $M=36$ міс. [3; 420]. Пацієнтів було розподілено на 2 групи, в залежності від віку. Група А включає пацієнтів від 3 до 36 місяців і налічує 57 осіб (55%). До групи В увійшли пацієнти старше 36 місяців, що нараховує 47 осіб (45%). Антропометричні показники пацієнтів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Антропометричні дані пацієнтів (n=104)

Показник	Група А (n=57)	Група В (n=47)	p
Вік (міс)	17 [3; 36]	84 [38; 420]	<0,05
Зріст (см)	80 [56; 114]	121 [90; 182]	<0,05
Вага (кг)	10,5 [6; 19]	20 [11,8; 63]	<0,05
Площа поверхні тіла (м ²)	0,5 [0,29; 0,8]	0,84 [0,57; 1,8]	<0,05

Примітки: різниця статистично значуща на рівні $p<0,05$ (t-критерій Ст'юдента).

Основними методами діагностики для встановлення діагнозу та оцінки результатів лікування були ехокардіографічне обстеження та зондування порожнини серця. На догоспітальному етапі пацієнти отримували допомогу, направлену на корекцію порушень, викликаних зниженою перфузією та гіпоксією. В передопераційному періоді, інтраопераційно та в післяопераційному періоді виконували загальноклінічні, біохімічні та бактеріологічні дослідження. Проводили рентгенологічне обстеження органів грудної клітини та електрокардіографію. Розподіл пацієнтів відповідно до встановленого діагнозу проведено в таблиці 2.

Враховуючи наявність у пацієнтів складних варіантів вроджених вад серця на передопераційному етапі їм проводили клінічні обстеження, Ехо-КГ та зондування порожнини серця для оцінки морфології, гемодинаміки та визначення тактики лікування. Вимірювали розміри, показники ударного об'єму та кінцево-діастолічного об'єму (УО, КДО), кінцево-діастолічного індексу (КДІ), фракції викиду (ФВ), хвилинного об'єму кровообігу (ХОК). Оцінювали розміри та структуру клапанів серця, легеневої артерії та її гілок. Визначали рівень оксигенації крові та тиск у верхній порожнистій вені, легеневій артерії та легеневих венах, правому та лівому передсерддях і аорті. Отримані результати обстежень пацієнтів на доопераційному етапі зібрано у таблиці 3.

Для збереження життєво важливої функції відкритої артеріальної протоки пацієнтам проводилась інфузія простагландину-Е1 у дозуванні від 0,01 до 0,1 мкг/кг/хв. Також пацієнти отримували терапію, направлену на корекцію відхилень, викликаних низькою перфузією та гіпоксемією.

В передопераційному періоді в 11 новонароджених (10%) з атрезією одного з атріовентрикулярних клапанів та рестриктивним міжпередсердним сполученням для покращення змішування крові на рівні передсердь виконали балонну атріосептостомію. Ця процедура дозволила вивести пацієнтів з критичного стану.

Усім 104-м пацієнтам було виконано двонаправлений кавопульмональний анастомоз (Глена), як проміжний етап часткової гемодинамічної корекції перед тотальним кавопульмональним анастомозом (процедура Фонтена). Перший етап хірургічного лікування відрізнявся у пацієнтів досліджуваних груп в залежності від особливостей легеневого кровообігу.

Обробку статистичних даних було виконано з використанням програм Microsoft Excel 2016, GMDH Shell DS, IBM SPSS Statistics 21.0. Виходячи з отриманих результатів виконано розрахунок середнього значення, медіани та стандартного відхилення. Кількісні дані оцінили методом визначення частоти ознак і відсотка від загальної кількості спостережень. Ви-

Таблиця 2 – Розподіл пацієнтів відповідно до встановленого діагнозу

Діагноз		Кількість пацієнтів
Єдиний шлуночок серця за змішаним типом (Mixed type)	ЄШС. ТМС. ДМПП. Стеноз ЛА.	25
	ЄШС. ПВМС від ПШ тип ТМС. ДМПП. Стеноз ЛА.	5
	Декстракардія. ЄШС. ТМС. АВСД. Стеноз ЛА.	3
	ЄШС. КТМС. ПВМС від ЛШ. Стеноз ЛА.	2
	Декстракардія. ЄШС. ТМС. Атрезія ЛА-II тип.	2
	Декстракардія. ЄШС. L-ТМС. АВСД. Стеноз ЛА. ДМПП.	2
	Гетеротаксія. АВСД. ПВМС від ПШ тип ТМС. Стеноз ЛА.	2
	ЄШС. АВСД. ТМС. Стеноз ЛА. Cris-cross Cor.	1
Єдиний шлуночок серця за лівим типом (Left type)	ЄШС. ГПВС. Атрезія ТК. Стеноз ЛА. ДМШП. ДМПП.	25
	ЄШС. ГПВС. Атрезія ТК. Стеноз ЛА. ДМПП.	10
	ЄШС. ГПВС. Атрезія ТК. ДМПП	8
	ЄШС. ГПВС. Атрезія ТК. Стеноз ЛА. ТМС. ДМПП.	5
	ЄШС. ГПВС. Атрезія ТК. Атрезія ЛА. ДМШП. ВАП	2
	ЄШС. ТМС. АВСД. Стеноз ЛА. ДМПП-I.	1
	ЄШС. ГПВС (ТК, ПШ, ЛА). Д-ТМС. Стеноз ЛА.	1
	Situs inversus. Лівокардія. ЄШС. ГПВС. КТМС. Стеноз ЛА. ДМПП.	1
Єдиний шлуночок серця за правим типом (Right type)	ЄШС. ТМС. Атрезія МК. ДМПП. Стеноз ЛА.	4
	ЄШС. ТМС. АВСД. Гіпоплазія ЛШ. ДМПП. Стеноз ЛА.	2
	Декстракардія. ЄШС. ТМС. Атрезія МК. Стеноз ЛА. ДМПП	2
	ЄШС. ТМС. ПВМС від ПШ. Гіпоплазія МК. Атрезія ЛА-I тип.	1

Примітки: КТМС – коригована транспозиція магістральних судин; ПВМС – повне відходження магістральних судин; ЛА- легенева артерія; АВСД – атріовентрикулярний септальний дефект; ГПВС – гіпоплазія правих відділів серця; ДМПП – дефект міжпередсердної перегородки; ДМШП – дефект міжшлуночкової перегородки.

значення відмінності та достовірності статистичних показників було проведено за допомогою t-критерію Ст'юдента. Для підтвердження чи спростування нульової гіпотези було взято значення $p < 0,05$.

Дослідження проводилося згідно з принципами Гельсінської декларації охорони прав людини, конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину та положенням відповідних законів України. Протокол дослідження погоджено Локальним етичним комітетом для всіх, хто брав участь. На проведення дослідження, а також збір та обробку даних про пацієнтів було отримано інформовану згоду батьків дітей.

Таблиця 3 – Доопераційні результати обстежень пацієнтів груп порівняння

Вид дослідження	Показники	Група А	Група В	Р
Загальний аналіз крові	Еритроцити $\times 10^{12}/л$	5,4 [3,7; 9,9]	5,9 [4,2; 9,7]	0,09
	Гемоглобін г/л	161 [95; 230]	186 [122; 253]	<0,05
Ехокардіографічне обстеження	УО (мл)	26 [9; 46]	53 [22; 121]	<0,05
	КДО (мл)	48 [6; 107]	92 [40; 253]	<0,05
	КДІ (мл/м ²)	98 [11; 210]	115 [46; 164]	<0,05
	ФВ (%)	60 [30; 86]	55 [48; 72]	<0,05
	ХОК (л/хв)	3,43 [1,08; 6,3]	5,03 [2,37; 9,68]	<0,05
	ЧСС (уд/хв)	122 [80; 150]	95 [40; 130]	<0,05
Зондування порожнини серця	Системна SatO ₂ (%)	75 [60; 90]	79 [62; 95]	0,07
	SatO ₂ в ПП (%)	68 [45; 88]	73 [60; 86]	0,13
	SatO ₂ в ЛА (%)	75 [60; 93]	78 [65; 90]	<0,05
	SatO ₂ в ЛП (%)	92 [72; 99]	95 [74; 100]	0,15
	Тиск в ПП (мм.рт.ст)	6 [1; 15]	6 [1; 16]	0,06
	Тиск в ЛА (мм.рт.ст)	9 [3; 22]	12 [3; 24]	<0,05
	Тиск в ЛП (мм.рт.ст)	3 [1; 9]	6 [1; 13]	0,11
	Системний тиск (мм.рт.ст)	90/50 [65/30; 115/80]	100/60 [70/30; 140/100]	<0,05
	Системний тиск (мм.рт.ст)	90/50 [65/30; 115/80]	100/60 [70/30; 140/100]	<0,05

Примітки: різниця статистично значуща на рівні $p < 0,05$ (t-критерій Ст'юдента); SatO₂ – сатурація кисню; ЛП – ліве передсердя; ПП – праве передсердя.

Таблиця 4 – Вплив деяких фармакологічних агентів на скоротливу функцію міокарду та судинний опір

Фармакологічний агент	Скоротлива функція міокарду	ССО	СЛО
Севофлуран	↓	↓	↓
Ізофлуран	↓	↓↓	↓
Пропофол	↓	↓	↔
Дексмететомідин	↔	↓ або ↑(*)	↓ або ↑(*)
Кетамін	↓	↑↑	↔
Фентаніл	↔	↔	↓
Епінефрин	↑↑↑	↑	↑
Норепінефрин	↑	↑↑↑	↑
Мілринон	↑↑↑	↓↓	↓↓
Са	↑↑↑	↔	↔
O ₂	↔	↔	↓↓↓
CO ₂	↓	↓	↑↑

Примітки: Са – кальцій; O₂ – кисень; CO₂ – вуглекислий газ; ССО – судинний системний опір; СЛО – судинний легеневий опір; * – ефект залежить від дози.

Результати дослідження та їх обговорення.

Преоксигенація на етапі індукції проводилась 40-55% кисню. Це дозволяє забезпечити адекватний час апное для інтубації трахеї та запобігти надлишку легеневого кровотоку. Інгаляційна індукція проводилась переважно севофлураном. При невеликій МАК він має менш виражений вплив на серцевий викид, ССО та СЛО порівняно з ізофлураном, проте при збільшенні МАК пригнічення серцевої функції має місце. Для внутрішньовенної індукції використовували пропофол в дозуванні 2-4 мг/кг з підтримкою на інфузії в дозі 4-8 мг/кг/год, проте відмічався більш виражений вплив на скоротливу функцію міокарду, зменшення серцевого викиду та зниження ССО порівняно з севофлураном. Останнім часом, особливо у дітей до 1 року, для підтримання анестезії почали застосовувати дексмететомідин в дозуванні від 0,2 до 1,0 мкг/кг/год. Він не чинить впливу на скоротливу функцію міокарду, але має властивість до сповільнення частоти серцевих скорочень. Вплив на СЛО та ССО залежить від дозування. Фентаніл, навіть у великих дозах, має мінімальний вплив на скоротливу функцію міокарду та ССО і дещо знижує СЛО. В якості премедикації в передопераційній пацієнтам до року внутрішньом'язево вводили кетамін у дозі 5-10 мг/кг. Це дозволяє попередити розлади гемодинаміки, які можуть бути викликані впливом стресу при забезпеченні периферичного венозного доступу, проте має застосовуватись з обережністю через властивість до збільшення ССО, що небезпечно для пацієнтів із серцевою слабкістю. Для внутрішньовенної індукції та підтримання анестезії кетамін вводили у дозі 1-2 мг/кг. Фармакологічний вплив деяких агентів на серцево-судинну функцію наведено у **таблиці 4**.

Пацієнтам забезпечували два центральні венозні доступи для моніторингу ЦВТ в системі верхньої та нижньої порожнистих вен. Артеріальна лінія для контролю динаміки інвазивного артеріального тиску встановлювалась в променеву, ліктьову або стегнову артерію. Інтраопераційно метою було підтримання SatO₂ на рівні 75-85%. З ціллю зменшення легеневого кровотоку у пацієнтів підтримувалась мінімальна гіперкапнія (PaCO₂ 45-55 мм.рт.ст.) за допомогою гіповентиляції. Інспіраторний тиск підбирався для

підтримання дихального об'єму в межах 8-10 мл/кг, ПТКВ встановлювався від 4 до 6 мм.рт.ст. з метою попередження утворення ателектазів у легенях.

Для забезпечення адекватної перфузії середній артеріальний тиск підтримувався від 45 до 70 мм.рт.ст. в залежності від віку пацієнта. Проводились заходи для підтримки адекватного діастолічного тиску і збереження коронарної перфузії. Температура тіла, окрім етапу штучного кровообігу, підтримувалась в межах 36,4–36,7°C, що є важливим для нормальної підтримки біохімічних процесів. Фармакохолодова кардіоплегія проводилась у 44 пацієнтів (42%). Інтраопераційні показники пацієнтів зібрано в **таблиці 5**.

Таблиця 5 – Інтраопераційні показники груп порівняння

Показники	Група А	Група В	Р
Системна SatO ₂ (%)	87 [70; 99]	86 [60; 97]	0,2
PaCO ₂ (мм.рт.ст.)	47 [45; 51]	48 [45; 53]	0,13
CAT (мм.рт.ст.)	51 [45; 62]	59 [52; 70]	0,18
ЦВТ ВПВ (мм.рт.ст.)	12 [6; 19]	12 [7; 16]	0,17
ЦВТ НПВ (мм.рт.ст.)	7 [3; 15]	7 [4; 18]	0,26
Перфузія (хв)	73 [28; 169]	78 [31; 300]	<0,05
Перетискання аорти (хв)	6 [2; 45]	10 [5; 109]	<0,05
Тривалість операції (хв)	240 [150; 450]	255 [120; 720]	<0,05

Примітки: різниця статистично значуща на рівні p<0,05 (t-критерій Ст'юдента); CAT – середній артеріальний тиск; ЦВТ – центральний венозний тиск; PaCO₂ – парціальний тиск вуглекислого газу в крові.

В післяопераційному періоді, для профілактики тромбозів анастомозу, пацієнтам проводилась антикоагулянтна терапія в/в інфузією гепарину в дозі 5-25 одиниць/кг/год під контролем АЧТЧ в межах 60-80 сек з послідовним переходом на пероральні антикоагулянти. Забезпечувалась внутрішньовенна нутритивна підтримка, проводилась корекція електrolітичних та метаболічних порушень. З метою іотропної підтримки в післяопераційному періоді пацієнти отримували варіанти комбінації з адреналіну (0,02-0,5 мкг/кг/хв) та мілринону (0,5-0,75 мкг/кг/хв) або допаміну (1-10 мкг/кг/хв) та мілринону (0,5-0,75 мкг/кг/хв). В особливо важких випадках, коли не вдавалось втримати адекватний перфузійний тиск, застосовували інфузію норадреналіну в дозі 0,02-0,5 мкг/кг/хв для підвищення системного артеріального тиску. ШВЛ виступала також як допоміжний засіб у регуляції кровотоку. У пацієнтів з надмірним легене-вим кровоотоком помірна гіповентиляція дозволяла збільшити легене-вий судинний опір та перенаправити кровообіг в сторону системного. Інфузія фуросеміду в дозі 0,1-1 мг/кг/год проводилась для попередження значних коливань об'єму плазми в судинному руслі, зменшення переднавантаження на єдиний шлуночок і забезпечення контрольованого діурезу. Цільовий рівень гематокриту підтримувався в межах 40-45%, що забезпечує необхідну доставку кисню до тканин. Післяопераційні показники груп порівняння наведено в **таблиці 6**.

Серед пацієнтів групи А, у порівнянні з пацієнтами групи В, зафіксовано меншу загальну тривалість операції M=240 хв [150; 450], час перфузії M=73 хв [28; 169] та перетискання аорти M=6 хв [2; 45], що є статистично значущим. Простежується менша, статистично достовірна, загальна тривалість M=48 год [5; 168] та агресивність VIS M=3 [1; 13] іотропної

підтримки у пацієнтів молодшої вікової групи. Особливу увагу привертає менший час перебування пацієнтів групи А на штучній вентиляції легень, медіана якого складає $M=3$ год [1; 118], що також є статистично значущим, і відіграє важливу роль у попередженні вентилятор-асоційованої пневмонії. Враховуючи вищевказані результати дослідження, абсолютно логічною та статистично достовірною є менша тривалість перебування в палаті інтенсивної терапії пацієнтів першої вікової групи з медіаною $M=84$ [6; 288]. Також звертає на себе увагу нижчий показник системної сатурації у пацієнтів старшої вікової групи $M=83\%$ [70; 92], що демонструє зменшення внеску ВПВ до системного кровотоку в залежності від віку.

Післяопераційний період супроводжувався ускладненнями у 28 (27%) прооперованих із 104. В групі А 12 пацієнтів (6,8%) мали 15 ускладнень, група В налічує 17 ускладнень серед 16 пацієнтів (7,5%). Основними ускладненнями раннього післяопераційного періоду стали гостра серцева та дихальна недостатність, пов'язані з тривалою перфузією під час операції та важкими розладами гемодинаміки. Чотири випадки інфекції дихальних шляхів пояснюються тривалим перебуванням пацієнтів на ШВЛ. Причиною летального наслідку у двох пацієнтів були гостра СН та сепсис, викликаний стійким до антибактеріальної терапії збудником. Основні післяопераційні ускладнення наведено у **таблиці 7**.

Єдиний шлуночок – комплексна ВВС, яка пов'язана зі значною захворюваністю та смертністю. Різноманітність клінічних проявів перешкоджає правильному вибору тактики лікування на усіх його етапах. Лікарі на всіх рівнях повинні знати дослідження, які необхідно проводити цим пацієнтам, та про численні етапи, пов'язані з хірургічним паліативним лікуванням [11].

Пацієнти з фізіологією єдиного шлуночка представляють собою унікальні, складні і цікаві проблеми для лікарів у періопераційному періоді. Окрім різноманітності варіацій анатомічних підтипів, пов'язаних з одношлуночковими вадами, поетапний шлях паліативного лікування ускладнює ведення таких пацієнтів [12].

На сьогоднішній день у світі існує однотайність щодо етапності одношлуночкової корекції. Пацієнти віком до 6 місяців потребують регуляції системного та легеневого кровотоку для забезпечення адекватного розвитку. У пацієнтів віком від 6 місяців до 3 років виконують двонаправлений кавопульмональний анастомоз, як проміжний етап перед виконанням тотального кавопульмонального анастомозу (заключний етап) [13, 14]. Принципи, якими керуються для прийняття рішень під час хірургічного паліативного лікування, полягають у забезпеченні анатомічної стабільності легеневого та системного кровотоку, підтримці оптимальної функції міокарду та забезпеченні адекватної системної доставки кисню [15].

Єдиний шлуночок функціонує як аспіраційна та експлуатуюча помпа, уникаючи проходження венозної крові із верхньої половини тіла через праві відділи серця. У фазі аспірації

Таблиця 6 – Післяопераційні показники груп порівняння

Показники	Група А	Група В	Р
Перебування на ШВЛ (год)	3 [1; 118]	5 [1; 45]	<0,05
Тривалість інотропної підтримки (год)	48 [5; 168]	52 [11; 121]	<0,05
VIS	3 [1; 13]	5 [2; 15]	<0,05
Системна SatO ₂ (%)	86 [75; 97]	83 [70; 92]	0,39
ЦВТ ВПВ (мм.рт.ст)	11 [5; 19]	11 [7; 17]	0,15
ЦВТ НПВ (мм.рт.ст)	8 [3; 12]	7 [4; 15]	0,12
Перебування у ВРІТ (год)	84 [6; 288]	96 [48; 240]	<0,05
Летальність (%)	1,7%	2,1%	–

Примітки: різниця статистично значуща на рівні $p<0,05$ (t-критерій Ст'юдента); ШВЛ – штучна вентиляція легень; VIS – vasoactive inotropic score; ВРІТ – відділення реанімації та інтенсивної терапії.

він пасивно виконує легеневу циркуляцію, а у фазі вигнання він призначений виключно для великого кола кровообігу. Для адекватного функціонування такої гемодинамічної системи необхідні низький легеневий опір та кінцево-діастолічний тиск у єдиному шлуночку. Стани, які викликають підвищення цих показників призводять до розвитку системної дисфункції [16, 17].

Пацієнти з єдиним функціональним шлуночком погано переносять зміни переднавантаження, постантавання, депресію міокарда, зміни легеневого і системного судинного опору. У них може бути збалансований кровообіг через різні чинники, такі як менший дихальний об'єм, ателектази, рідина в інтерстиції легень, гіпоксична легенева вазоконстрикція, які різною мірою змінюються під час індукції та інтубації. Підвищений внутрішньогрудний тиск, спричинений вентиляцією з позитивним тиском, може мати значні гемодинамічні наслідки для пацієнтів із фізіологією одного шлуночка. Тому ризики та переваги ранньої екстубації слід ретельно зважувати після кожної процедури. Гемодинамічні наслідки стресу через неадекватну анальгезію, гіповентиляцію та гіперкапнію через залишкову дію наркозу слід порівнювати з користю від екстубації та спонтанної вентиляції [18].

Не дивлячись на вдосконалення кардіохірургічних технік та збільшення досвіду паліативної допомоги пацієнтам з фізіологією єдиного шлуночка, лише 60-80% пацієнтів виживають до досягнення заключного кровообігу Фонтена. Анатомічні критерії, специфічні для пацієнтів фактори ризику та досвід

Таблиця 7 – Основні післяопераційні ускладнення

Ускладнення	Група А (n=15)	Група В (n=17)
Гостра СН	6 ^(a)	6
Гостра ДН	3	5
Інфекційні ускладнення дихальних шляхів	1	2
Парез купола діафрагми	2	0
Інфікування п/о рани	1	1
Сепсис	0	1 ^(b)
Ексудативний плеврит	1	0
Кровотеча	0	1
Тромбоз ВПВ	1	0
Лімфорей	0	1

Примітки: а – причина летального наслідку у 1 пацієнта групи А; b – причина летального наслідку у 1 пацієнта групи В; СН – серцева недостатність; ДН – дихальна недостатність.

установи не можуть остаточно пояснити варіабельність цих результатів [19].

Висновки.

Пацієнти з фізіологією єдиного шлуночка серця – не просте завдання для лікарів кардіохірургічного профілю. Якісна діагностика, кваліфікований анестезіологічний супровід, чітка та професійна робота хірургів і лікарів інтенсивної терапії є важливою складовою успішного лікування.

Серед пацієнтів молодшої вікової групи відмічався кращий клінічний ефект від виконання ДКПА, більш благоприємний хід інтраопераційного та

раннього післяопераційного періоду, коротший загальний час перебування у ВРІТ та менша кількість післяопераційних ускладнень. Отримані результати вказують на перевагу проведення гемодинамічної корекції пацієнтам у віці від 3 до 36 місяців, порівняно із пацієнтами старшого віку.

Перспективи подальших досліджень.

На основі проведеного аналізу розробити та впровадити клінічні протоколи ведення пацієнтів з єдиним шлуночком серця в периопераційному періоді та на етапі інтенсивної терапії.

References / Література

- Hoffman JL, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. J Am Coll Cardiol. 2002 Jun 19;39(12):1890-900. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(02\)01886-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(02)01886-7).
- Harvey W. Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Thomas; 1970. 126 p.
- Florencia-Heredia M. Ventrículo único. Cirugía de Glenn y Fontan. Rev Latinoam Tecnol Extracorp. 2007;14:7-25.
- Jacobs ML, Anderson RH. Nomenclature of the functionally univentricular heart. Cardiol Young. 2006;16(1):3-8. DOI: <https://doi.org/10.1017/S104795110500226X>.
- Edelson JB, Ravishankar C, Griffis H, Zhang X, Faerber J, Gardner MM, et al. A Comparison of Bidirectional Glenn vs. Hemi-Fontan Procedure: An Analysis of the Single Ventricle Reconstruction Trial Public Use Dataset. Pediatr Cardiol. 2020;41(6):1166-72. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00246-020-02371-6>.
- Sharma R. The bidirectional Glenn shunt for univentricular hearts. Indian J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;34(4):453-456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12055-018-0653-z>.
- Carlson C, Mondini P, de Marchi R. Surgical treatment of some cardiovascular diseases. J Int Coll Surg. 1951;16(1):1-11.
- Haller J, Adkins J, Worthington M, Rauenhorst J. Experimental studies on permanent bypass of the right heart. Surgery. 1966;59(6):1128-1132.
- Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. Thorax. 1971;26:240-8., 99.
- Salim MA, DiSessa TG, Arheart KL, Alpert BS. Contribution of superior vena caval flow to total cardiac output in children. A Doppler echocardiographic study. Circulation. 1995;92(7):1860-1865. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.92.7.1860>.
- Liu Y, Chen S, Zühlke L, Black GC, Choy MK, Li N, et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970–2017: updated systematic review and meta-analysis of 260 studies. Int J Epidemiol. 2019;48(2):455-463.
- Walker SG, Stuth EA. Single-ventricle physiology: perioperative implications. Seminars in Pediatric Surgery. 2004 Aug;13(3):188-202. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2004.04.005>.
- Spector LG, Menk JS, Knight JH, McCracken C, Thomas AS, Vinocur JM, et al. Trends in long-term mortality after congenital heart surgery. J Am Coll Cardiol. 2018;71:2434-2446.
- Minocha P, Phoon C. Tricuspid atresia [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2019.01.008>.
- Greaney D, Honjo O, O'Leary JD. The single ventricle pathway in paediatrics for anaesthetists. BJA Educ. 2019 May;19(5):144-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2019.01.008>.
- Holst KA, Dearani JA, Said S, Pike RB, Connolly HM, Cannon BC, et al. Improving Results of Surgery for Ebstein Anomaly: Where Are We After 235 Cone Repairs? Ann Thorac Surg. 2018 Jan;105(1):160-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2017.09.058>.
- King G, Ayer J, Celermajer D, Zentner D, Justo R, Disney P, et al. Atrioventricular valve failure in Fontan palliation. J Am Coll Cardiol. 2019;73:810-822.
- Joshi H, Germeroth DR. Single Ventricle And Anesthesia Management. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Martin BJ, De Villiers Jonker I, Joffe AR, Bond GY, Acton BV, Ross DB, et al. Hypoplastic left heart syndrome is not associated with worse clinical or neurodevelopmental outcomes than other cardiac pathologies after the Norwood-Sano operation. Pediatr Cardiol. 2017;38:922-931.

ДОСВІД АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ВЕДЕННЯ ТА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ФІЗІОЛОГІЄЮ ЄДИНОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ

Калита В. І., Дзюрий І. В., Бойко С. М., Труба Я. П., Плиск О. І., Лазоришинець В. В.

Резюме. Вроджені вади серця є одними з найбільш розповсюджених вроджених вад, які зустрічаються. Частота вроджених вад серця, за даними різних джерел, становить від 7 до 9 на 1000 живонароджених дітей. Патології з фізіологією єдиного шлуночка серця складають біля 1/5 цих випадків. Вперше серце плода з двома передсерддями і одним шлуночком описав Chemineau у 1699 році.

Метою роботи було описати досвід анестезіологічного ведення та інтенсивної терапії у пацієнтів з фізіологією єдиного шлуночка на етапі гемодинамічної корекції.

Об'єкт і методи дослідження. В ДУ «НІСХ ім. М.М. Амосова НАМН України» з 1996 р. по 2022 р. 104-м пацієнтам з єдиним шлуночком серця було виконано двонаправлений кавопульмональний анастомоз. Кількість пацієнтів чоловічої статі становить 62 особи (60%), жіночої – 42 особи (40%). Медіана віку складає М=36 міс [3; 420]. Пацієнтів було розподілено на 2 групи, в залежності від віку. Група А включає пацієнтів від 3 до 36 місяців і налічує 57 осіб (55%). До групи В увійшли пацієнти старше 36 місяців, що нараховує 47 осіб (45%).

Результати дослідження. Серед пацієнтів групи А, у порівнянні з пацієнтами групи В, зафіксовано меншу загальну тривалість операції М=240 хв [150; 450], час перфузії М=73 хв [28; 169] та перетискання аорти М=6 хв [2; 45], простежується менша загальна тривалість М=48 год [5; 168] та агресивність VIS М=3 [1; 13] інотропної підтримки, що є статистично значущим. Особливу увагу привертає достовірний менший час перебування пацієнтів групи А на штучній вентиляції легень, медіана якого складає М=3 год [1; 118], а також загальна тривалість перебування в палаті інтенсивної терапії з медіаною М=84 [6; 288]. Післяопераційний період супроводжувався ускладненнями у 28 (27%) прооперованих із 104. В групі А 12 пацієнтів (6,8%) мали 15 ускладнень, група В налічує 17 ускладнень серед 16 пацієнтів (7,5%). Основними ускладненнями раннього післяопераційного періоду стали гостра серцева та дихальна недостатність, пов'язані з тривалою перфузією під час операції

та важкими розладами гемодинаміки. Чотири випадки інфекції дихальних шляхів пояснюються тривалим перебуванням пацієнтів на ШВЛ. Причиною летального наслідку у двох пацієнтів були гостра СН та сепсис.

Висновки. Серед пацієнтів молодшої вікової групи відмічався кращий клінічний ефект від виконання ДКПА, більш благоприємний хід інтраопераційного та раннього післяопераційного періоду, коротший загальний час перебування у ВРІТ та менша кількість післяопераційних ускладнень. Отримані результати вказують на перевагу проведення гемодинамічної корекції пацієнтам у віці від 3 до 36 місяців, порівняно із пацієнтами старшого віку.

Ключові слова: вроджені вади серця, єдиний шлуночок, гемодинамічна корекція, кровообіг, анастомоз.

EXPERIENCE OF ANAESTHETIC MANAGEMENT AND INTENSIVE CARE IN PATIENTS WITH SINGLE VENTRICLE PHYSIOLOGY

Kalyta V. I., Dziuryi I. V., Boyko S. M., Truba Ia. P., Plyska O. I., Lazoryshynets V. V.

Abstract. Congenital heart disease is one of the most common birth defects that occur. The incidence of congenital heart disease, according to various sources, ranges from 7 to 9 per 1000 live births. Pathologies with a single ventricle physiology account for about 1/5 of these cases. The fetal heart with two atria and one ventricle was first described by Chemineau in 1699.

The aim of the study was to describe the experience of anaesthetic management and intensive care in patients with single ventricle physiology at the stage of haemodynamic correction.

Object and methods of the study. From 1996 to 2022, 104 patients with a single ventricle of the heart underwent a bidirectional cavopulmonary anastomosis at the SI «M. M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery, NAMS of Ukraine». The number of male patients was 62 (60%), female patients – 42 (40%). The median age was M=36 months [3; 420]. Patients were divided into 2 groups, depending on age. Group A included patients aged 3 to 36 months and consisted of 57 patients (55%). Group B included patients over 36 months of age, comprising 47 people (45%).

Results of the study. Among patients of group A, compared with patients of group B, a shorter total duration of surgery M=240 min [150; 450], perfusion time M=73 min [28; 169] and aortic clamping M=6 min [2; 45] were recorded, a shorter total duration M=48 h [5; 168] and VIS aggressiveness M=3 [1; 13] of inotropic support were observed, which is statistically significant. Particular attention is drawn to the significantly shorter time spent by patients in group A on mechanical ventilation, with a median of M=3 hours [1; 118], as well as the total length of stay in the intensive care unit with a median of M=84 [6; 288]. The postoperative period was accompanied by complications in 28 (27%) of 104 patients. In group A, 12 patients (6.8%) had 15 complications, and group B had 17 complications among 16 patients (7.5%). The main complications of the early postoperative period were acute cardiac and respiratory failure associated with prolonged perfusion during surgery and severe haemodynamic disorders. Four cases of respiratory tract infection were attributed to prolonged mechanical ventilation. Two patients died due to acute HF and sepsis.

Conclusions. Among patients in the younger age group, there was a better clinical effect of BCPA, a more favourable course of the intraoperative and early postoperative period, a shorter overall ICU stay, and fewer postoperative complications. The results obtained indicate the advantage of haemodynamic correction in patients aged 3 to 36 months compared to older patients.

Key words: congenital heart disease, single ventricle, haemodynamic correction, blood circulation, anastomosis.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Kalyta V. I.: <https://orcid.org/0009-0001-0608-1871> ^{ABCDE}

Dziuryi I. V.: <https://orcid.org/0000-0002-1073-7060> ^{BCDE}

Boyko S. M.: <https://orcid.org/0000-0002-6223-1918> ^{DEF}

Truba Ia. P.: <https://orcid.org/0000-0001-5214-408X> ^{CEF}

Plyska O. I.: <https://orcid.org/0000-0001-7002-7637> ^{DE}

Lazoryshynets V. V.: <https://orcid.org/0000-0002-1748-561X> ^{CEF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The Authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Kalyta Vitalii Ivanovich / Калита Віталій Іванович

SI «M. M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery, NAMS of Ukraine» / ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України»

Ukraine, 02000, Kyiv, 6 Mykola Amosov str. / Адреса: Україна, 02000, м. Київ, вул. Миколи Амосова, 6

Tel.: +380989501611 / Тел.: +380989501611

E-mail: vitaliikalyta1993@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article. / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статистичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 24.05.2023 / Стаття надійшла 24.05.2023 року

Accepted 08.11.2023 / Стаття прийнята до друку 08.11.2023 року