



# Оксид азота в неотложной кардиологии

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России

## Оксид азота – эталон вазодилатора малого круга

- Выраженная вазодилатация малого круга кровообращения.
- Абсолютно селективный по отношению к малому кругу вазодилатирующий эффект.
- Быстрое начало действия.
- Быстрое прекращение действия.
- Незначительный риск развития побочных эффектов и осложнений при использовании терапевтических доз.

# Острая правожелудочковая недостаточность, вызванная перегрузкой правого желудочка высокой постнагрузкой

Кардиогенный шок при тромбоэмболии легочной артерии  
высокого риска

Кардиогенный шок при декомпенсации прекапиллярной  
легочной гипертензии

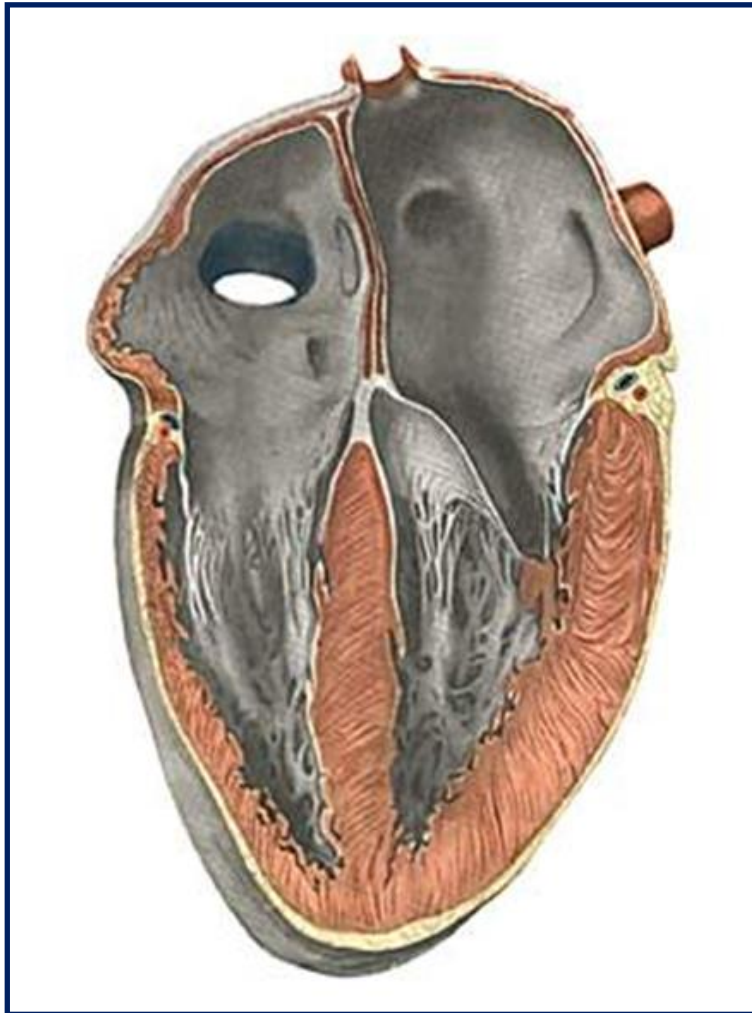
Кардиогенный шок в раннем послеоперационном периоде  
трансплантации сердца

Дисфункция правого желудочка при тяжелой пневмонии  
SARS-CoV-2.



## Анатомия правого желудочка

**Тонкостенная конусовидная камера с  
полулунным поперечным сечением**



# Функция правого желудочка

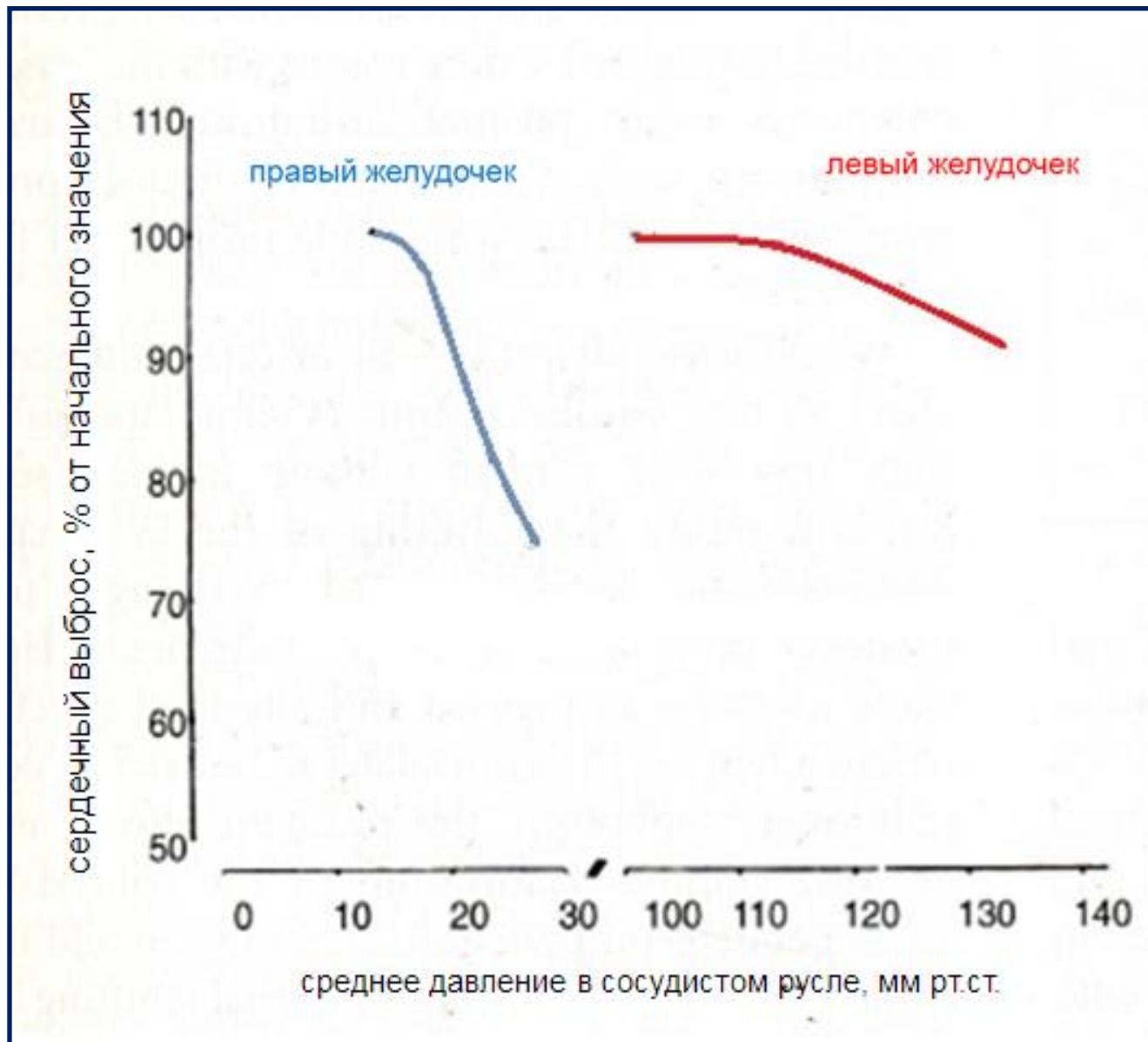
## Обеспечение кровотока в системе с низким сопротивлением и низким давлением

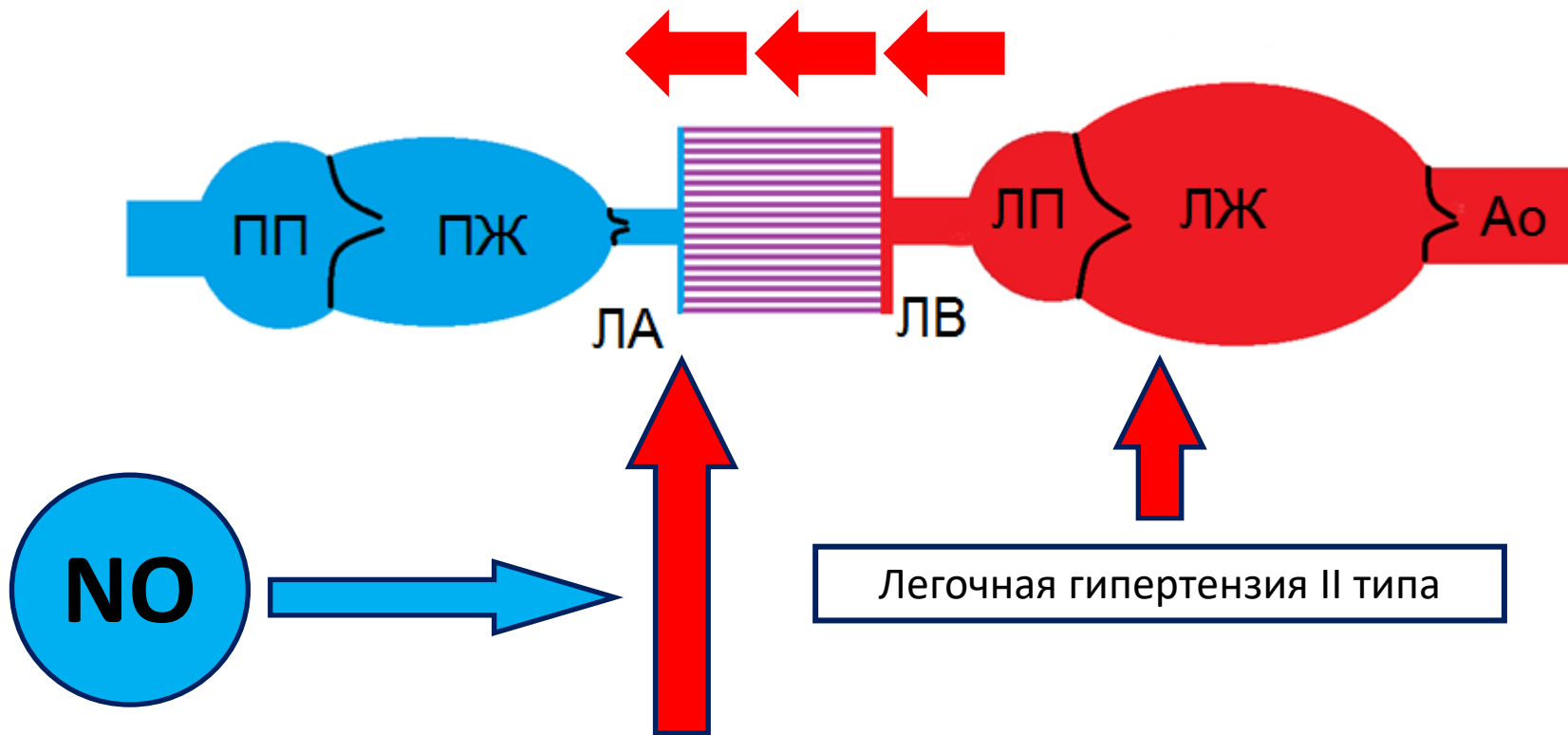
$$\frac{\text{легочное сосудистое сопротивление}}{\text{общее периферическое сопротивление}} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{\text{ДЛА ср.}}{\text{АД ср.}} = \frac{1}{7}$$

$$\frac{\text{легочный кровоток}}{\text{системный кровоток}} = \frac{1}{1}$$

# Постнагрузка правого желудочка





Легочная артериальная гипертензия

Легочная гипертензия при заболеваниях легких

Тромбоэмболическая легочная гипертензия

Прекапиллярная легочная гипертензия



МИНИСТЕРСТВО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

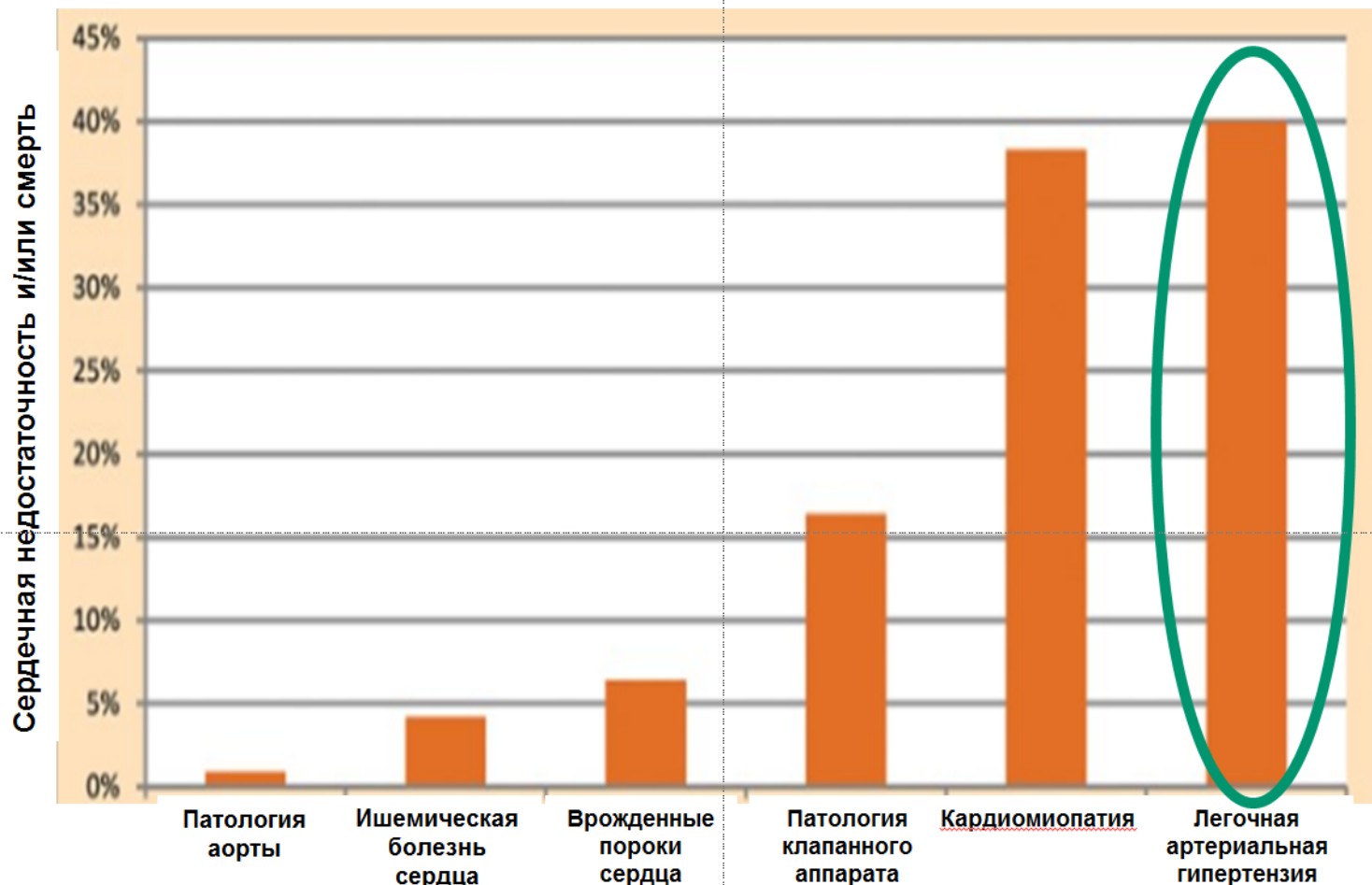
Легочная гипертензия, в том числе  
хроническая тромбоэмболическая легочная  
гипертензия

Ингаляция оксида азота рекомендуется пациентам с  
декомпенсацией легочной артериальной гипертензии  
(УДД 5; У УР С)

Авдеев С. Н., Барбараш О. Л., Баутин А. Е. и соавт., Легочная гипертензия, в том числе хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020// Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 26. № 12. С. 198-267.



# Международный реестр сердечно-сосудистых заболеваний у беременных ROPAC, 2019



Roos-Hesselink J, et al Pregnancy outcomes in women with cardiovascular disease: evolving trends over 10 years in the ESC Registry Of Pregnancy And Cardiac disease (ROPAC). Eur Heart J. 2019; 40(47):3848-3855.

# Опыт специализированного перинатального центра ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» (10.2010 – 11.2023)

**Тяжелая легочная артериальная гипертензия,  
ассоциированная с врожденными пороками сердца**

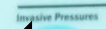
<b>Врожденный порок сердца</b>	<b>Число пациентов</b>
ДМЖП	21
Полный AV канал	7
Открытый артериальный проток	7
ДМПП	4
Аорто-легочное соустье	2
<b>Всего</b>	<b>41</b>
<b>Из них с формированием сброса справа налево (синдром Эйзенменгера)</b>	<b>26</b>

# Беременность 29 недель у пациентки с легочной артериальной гипертензией, ассоциированной с ВПС

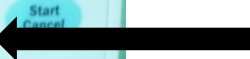
GE Datex-Ohmeda



Центральное  
венозное  
давление



Давление  
в легочной  
артерии



Артериальное  
давление

Control panel with buttons: Silence Alarms, Freeze, Take Snapshot, Alarms Setup, Record/Print, ECG, NIBP, Invasive Pressures, Normal Screen, Help, Reset Case, Trends, Monitor Setup, Patient Data, Pulse Oximetry, Airway Gas, Others, Recorder (Record Wave, Stop), and a large green knob.



МИНИСТЕРСТВО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Легочная гипертензия, в том числе  
хроническая тромбоэмболическая легочная  
гипертензия

В послеродовом периоде пациенткам с легочной артериальной гипертензией рекомендуется ингаляция оксида азота (УДД 4; У УР С)

Авдеев С. Н., Барбараш О. Л., Баутин А. Е. и соавт., Легочная гипертензия, в том числе хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020// Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 26. № 12. С. 198-267.

# Ингаляция оксида азота в перипартальном периоде

- На всех этапах перипартального периода
- Дозировка: 20 - 60 ppm.
- Использовали как при ИВЛ, так и при самостоятельном дыхании.







Case Report

Volume 13 Issue 1 - October 2023  
DOI: 10.19080/JAICM.2023.13.55851

J Anest & Inten Care Med

Copyright © All rights are reserved by Baubin AE

## A Case of Successful Cardiopulmonary Resuscitation in a Pregnant Woman with Eisenmenger's Syndrome



**Bautin AE\***, Zhuravleva MS, Marichev AO, Yakubov AV, Pishchugin AS, Pozhidayeva AM, Badalyan NV, Kovalev AY, Radovskiy AM, Karellina EV, Irtyuga OB, Baldanova OE, Li OA, Komlichenko EV, Zazerskaya IE, Pervunina TM

*Bautin AE, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia*

Submission: July 21, 2023; Published: October 09, 2023

**\*Corresponding author:** Bautin AE, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

Bautin A.E., Zhuravleva M.S., Marichev A.O., Yakubov A.V., Pishchugin A.S., Pozhidayeva A.M., Badalyan N.V., Kovalev A.Y., Radovskiy A.M., Karellina E.V., Irtyuga O.B., Baldanova O.E., Li O.A., Komlichenko E.V., Zazerskaya I.E., Pervunina T.M. A Case of Successful Cardiopulmonary Resuscitation in a Pregnant Woman with Eisenmenger's Syndrome. J Anest & Inten care med. 2023; 13(1): 55851. DOI: 10.19080/JAICM.2023.13.55851.



# Результаты

- Умерли четыре пациентки (**9,8%**) на 0, 9, 14 и 15 сутки. Причины смерти – критическая гипоксемия (2), фатальная недостаточность правого желудочка (1), ТЭЛА (1).
- Летальность в подгруппе с-ма Эйзенменгера – **4/26 (15,4%)**.

- Выписаны из стационара в удовлетворительном состоянии 38 детей (92,7%).
- Прерывание беременности на сроке 18 недель путем операции малого кесарева сечения: 1.
- Антенатальная гибель плода с последующим родоразрешением путем операции кесарева сечения: 1.
- Смерть ребенка в возрасте 7 дней: 1.

# Оксид азота в послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств

Легочная гипертензия – фактор риска неблагоприятного течения послеоперационного периода вмешательств на клапанах сердца

1. Mubeen M. et al. Mitral valve replacement in severe pulmonary arterial hypertension. Asian Cardiovasc Thorac Ann. 2008;16:37–42.
2. Enter D.H. et al. A contemporary analysis of pulmonary hypertension in patients undergoing mitral valve surgery: Is this a risk factor? J Thorac Cardiovasc Surg. 2016;151:1288–99.
3. Borde D.P. et al. Impact of preoperative pulmonary arterial hypertension on early and late outcomes in patients undergoing valve surgery for rheumatic heart disease. Indian J Anaesth. 2018; - 62: 963–971.

# Оксид азота в послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств

- Fattouch K. Inhaled prostacyclin, nitric oxide, and nitroprusside in pulmonary hypertension after mitral valve replacement. *J Card Surg.* 2005; 20(2):171-6.
- Fernandes J.L. Comparison of inhaled nitric oxide versus oxygen on hemodynamics in patients with mitral stenosis and severe pulmonary hypertension after mitral valve surgery. *Am J Cardiol.* 2011;107(7):1040-5.
- Santini F. Hemodynamic effects of inhaled nitric oxide and phosphodiesterase inhibitor (dipyridamole) on secondary pulmonary hypertension following heart valve surgery in adults. *Int J Cardiol.* 2005 Aug 18;103(2):156-63
- Sardo S. Nitric Oxide in Cardiac Surgery: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018 Dec;32(6):2512-2519.
- Solina AA comparison of inhaled nitric oxide and milrinone for the treatment of pulmonary hypertension in adult cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2000 Feb;14(1):12-7.

# Оксид азота в периоперационном периоде кардиохирургических вмешательств



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia

journal homepage: [www.jcvaonline.com](http://www.jcvaonline.com)




Original Article

## Nitric Oxide in Cardiac Surgery: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials

- 18 контролируемых рандомизированных исследований
- 958 пациентов
- снижение продолжительности респираторной поддержки
- снижение срока пребывания в ОРИТ
- влияние на летальность не обнаружено

Sardo S., Osawa E.A., Finco G. et al. Nitric Oxide in Cardiac Surgery: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2018;32:2512-2519. PubMed PMID: 29703580.

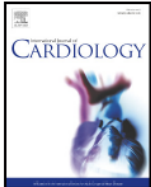
# Оксид азота – обязательный компонент терапии в раннем послеоперационном периоде трансплантации сердца




Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Cardiology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ijcard](http://www.elsevier.com/locate/ijcard)



Impact of pre-transplant pulmonary hypertension on survival after heart transplantation: A UNOS registry analysis

 CrossMark

База регистра United Network for Organ Sharing,  
26,649 трансплантаций сердца

Легочная гипертензия у реципиентов является значимым предиктором послеоперационной летальности

- Послеоперационная дисфункция правого желудочка: 25% - 40%.
- Послеоперационная острая правожелудочковая недостаточность: 5% - 8%

БАЛЛОН



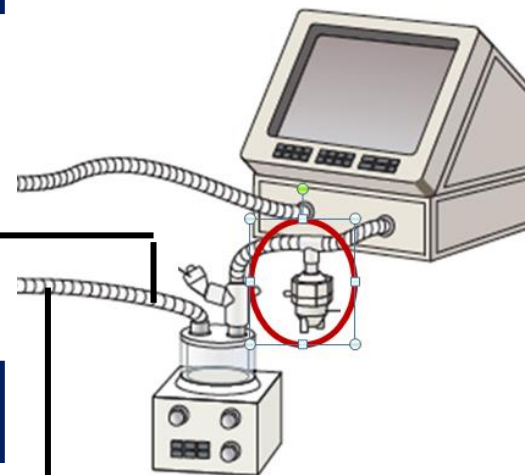
99,9% N<sub>2</sub>; 0,1% NO  
1000 ppm  
150 атм

Дозирующий  
аппарат



0 – 900 мл/мин

КОНТУР



NO  
NO<sub>2</sub>

газоанализатор

Самый дорогой вазодилататор малого круга.  
Сутки ингаляционной терапии – 2 000 долларов



Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной физики

**Синтез оксида азота из атмосферного воздуха при  
помощи импульсно-периодического диффузного  
электродного разряда**

Аппарат для ингаляционной NO-терапии / С.Н. Буранов, В.И. Карелин, В.Д. Селемир, А.С. Ширшин // Приборы и техника эксперимента. — 2019. — № 5. — С. 158–159.

# Клинические испытания аппарата «Тианокс»



Клинические испытания проведены в группе из 200 пациентов с прекапиллярной легочной гипертензией, перенесших кардиохирургические вмешательства

**ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
ТЕРАПИИ ОКСИДОМ АЗОТА, СИНТЕЗИРОВАННЫМ  
ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, В ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ  
ПЕРИОДЕ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ**

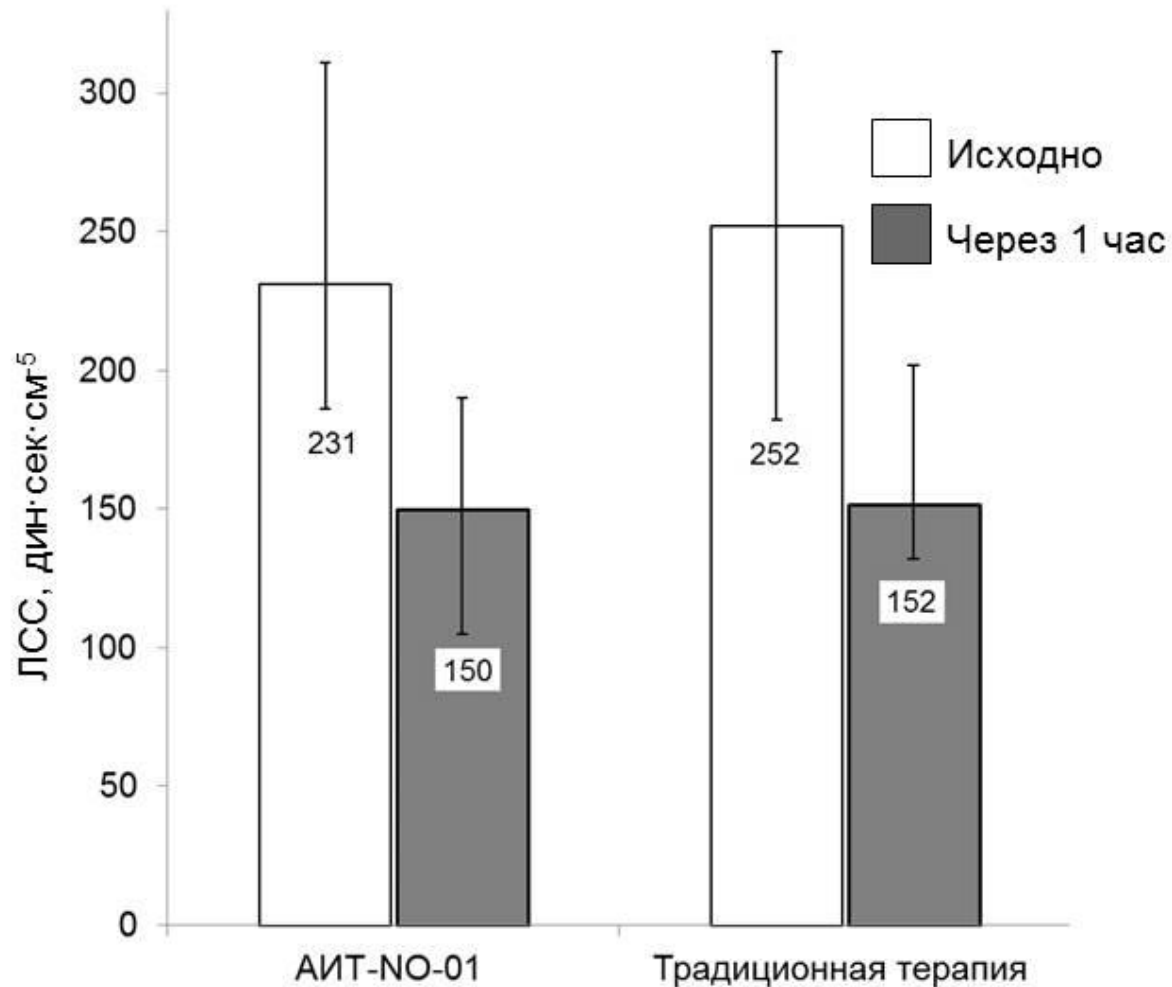
**Баутин А. Е.<sup>1</sup>, Селемир В. Д.<sup>2,3</sup>, Шафикова А. И.<sup>1</sup>,  
Афанасьева К. Ю.<sup>1</sup>, Курсова Е. С.<sup>1</sup>, Этин В. Л.<sup>1</sup>,  
Маричев А. О.<sup>1</sup>, Ташханов Д. М.<sup>1</sup>, Рубинчик В. Е.<sup>1</sup>,  
Кашерниннов И. Ю.<sup>1</sup>, Морозов К. А.<sup>1</sup>, Никифоров В. Г.<sup>1</sup>,  
Бикташева Л. З.<sup>1</sup>, Ахимов П. С.<sup>1</sup>, Буранов С. Н.<sup>2</sup>, Карелин В. И.<sup>2</sup>,  
Ширшин А. С.<sup>2</sup>, Валугева Ю. В.<sup>2</sup>, Пичутин В. В.<sup>4</sup>**

**Контактная информация:**  
Баутин Андрей Евгеньевич,  
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»  
Минздрава России,  
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,  
Россия, 197341.  
E-mail: abautin@mail.ru



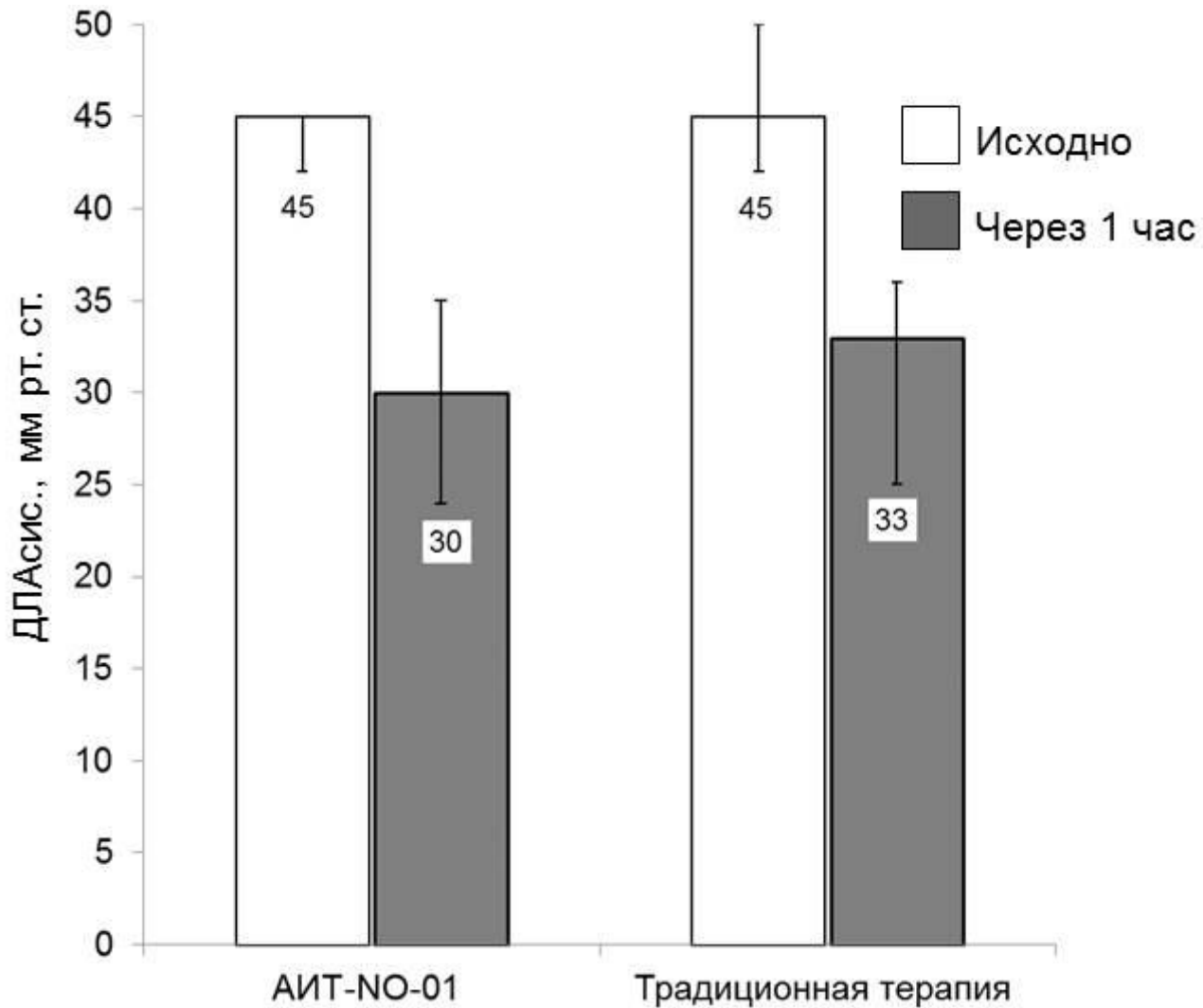
**Баутин А.Е., Селемир В.Д., Шафикова А.И. и соавт. Оценка  
клинической эффективности и безопасности терапии  
оксидом азота, синтезированным из атмосферного воздуха,  
в послеоперационном периоде кардиохирургических  
вмешательств. Трансляционная медицина. 2021;8(1):38-50.**

# Клинические испытания аппарата АИТ-НО-01



При использовании аппарата АИТ-НО-01 и при традиционной терапии ингаляция оксида азота значительно снижала легочное сосудистое сопротивление

# Клинические испытания аппарата АИТ-НО-01



Ингаляция оксида азота значительно снижала систолическое давление в легочной артерии

# Подача оксида азота в контуры искусственного и вспомогательного кровообращения

- Элиминация свободного гемоглобина (Hbf)
- Антиагрегантный эффект
- Противовоспалительный эффект. Снижение адгезии лейкоцитов.
- Органопротективное воздействие. Закрывание неспецифической митохондриальной поры в фазу реперфузии.
- Антиапоптотический эффект.
- Повышение содержания эндогенного оксида азота.
- Образование динитрозильных комплексов железа.



# НМИЦ им.В.А. Алмазова

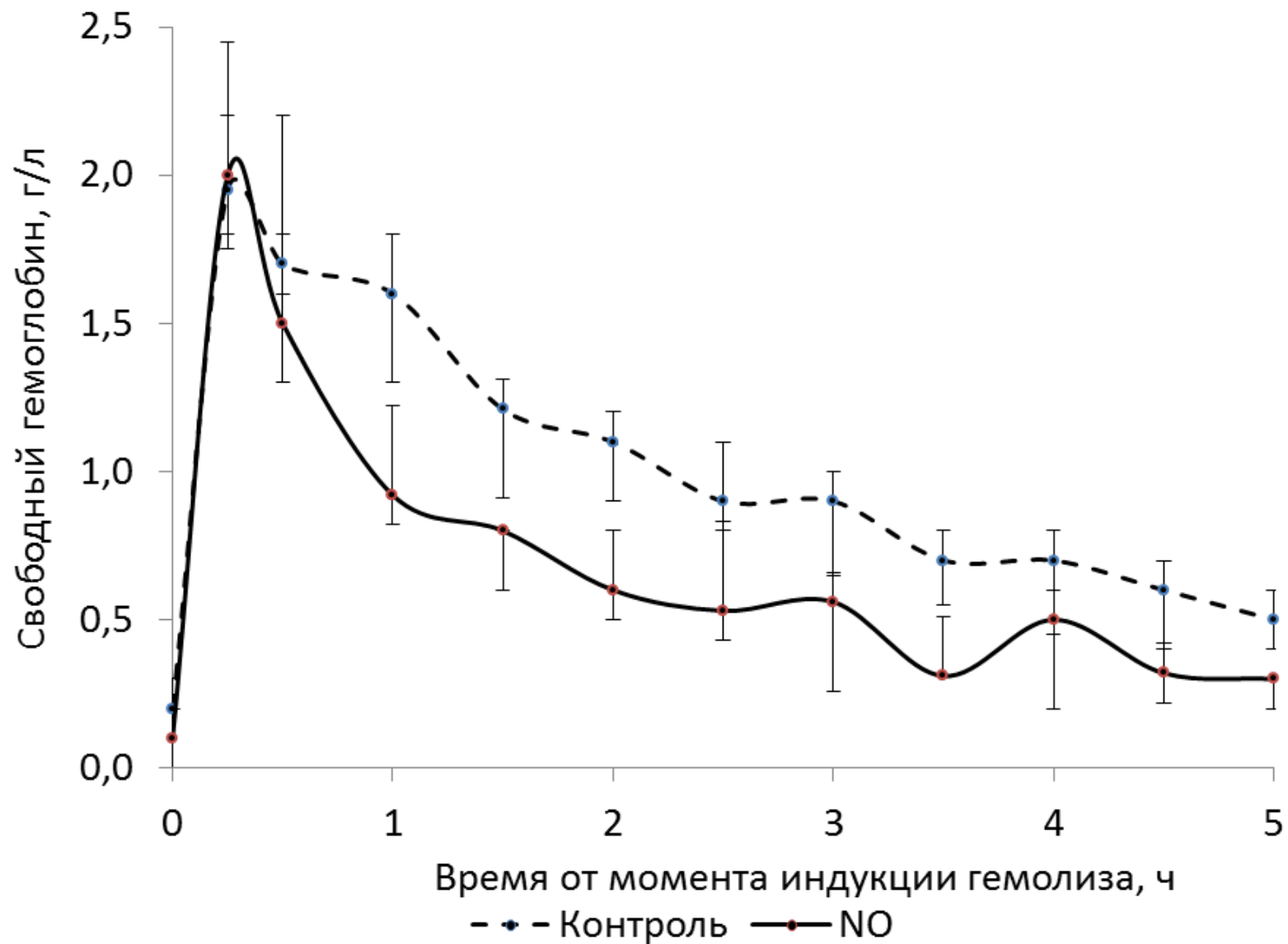
## экспериментальное исследование эффектов подачи оксида азота в контур искусственного кровообращения



30 экспериментов на животных. Подача оксида азота 100 ppm в оксигенаторы АИК и ЭКМО





- Контрольная группа – 15 животных
- Группа подачи оксида азота – 15 животных.

# Оксид азота 100 ppm в оксигенатор ЭКМО



*Article*

## **NO Addition during Gas Oxygenation Reduces Liver and Kidney Injury during Prolonged Cardiopulmonary Bypass**

Aleksey Maksimovich Radovskiy, Andrey Evgenevich Bautin, Alexander Olegovich Marichev ,  
Victor Vasilyevich Osovskikh, Natalia Yuryevna Semenova , Zoya Evgenyevna Artyukhina,  
Lada Aleksandrovna Murashova  and Vsevolod Alexandrovich Zinserling \* 

Radovskiy, A.M.; Bautin, A.E.; Marichev, A.O.; Osovskikh, V.V.; Semenova, N.Y.; Artyukhina, Z.E.; Murashova, L.A.; Zinserling, V.A. NO Addition during Gas Oxygenation Reduces Liver and Kidney Injury during Prolonged Cardiopulmonary Bypass. *Pathophysiology* 2023, 30, 484–504. <https://doi.org/10.3390/pathophysiology30040037>.