ГОРОДСКАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА ИНОЗЕМЦЕВА

# Регионарная цитратная антикоагуляция при проведении ПЗПТ

Захарченко Игорь Анатольевич

Зав. Центра анестезиологии и реанимации ГКБ им Ф. И. Иноземцева,

г. Москва

К.м.н. доцент кафедры сочетанных и комбинированных повреждений
ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России.

# «Начало клинического применения РЦА при ПЗПТ»

- **1990 — Ravindra Mehta и соавт.**
  Одно из первых клинических применений **регионарной цитратной антикоагуляции (РЦА)** при **CAVHD** — непрерывном артериовенозном гемодиализе.
- **2010 — Т. В. Мухоедова и соавт., Новосибирск**
  «Регионарная цитратная антикоагуляция при продолженной гемофильтрации у кардиохирургических больных», журнал *«Анестезиология и реаниматология»*
  **37 кардиохирургических пациентов**; продолжительность ПЗПТ — в среднем около **68 ч**, максимально — **18 суток**.
  Новосибирский НИИ патологии кровообращения им. Е. Н. Мешалкина.
- **2010 — Е. Н. Архипов, Н. В. Утц, Ю. И. Тюрников, Москва**
  «*Цитратная антикоагуляция в комплексном лечении тяжёлобольных с применением экстракорпоральной непрерывной коррекции гомеостаза».*
  **10 пациентов с тяжёлой ожоговой травмой, 18 сеансов CVVH.**
  Ожоговый центр ГКБ № 36, Москва. Материалы III съезда комбустиологов России, 2010.

# Приемущества регионарной цитратной антикоагуляции

Management of regional citrate anticoagulation for continuous renal replacement therapy: guideline recommendations from Chinese emergency medical doctor consensus

Shu-Yuan Liu1†, Sheng-Yong Xu2†, Lu Yin3†, Ting Yang4, Kui Jin5, Qiu-Bin Zhang6, Feng Sun7, Ding-Yu Tan8, Tian-Yu Xin1, Yu-Guo Chen9,10,11*, Xiao-Dong Zhao12*, Xue-Zhong Yu2*, Jun Xu2* and Emergency Medical Doctor Branch of the Chinese Medical Doctor Association

- Меньшая частота геморрагических осложнений
- Меньше частота тромбоза фильтра, соответственно:
- Эффективная доставка терапевтической дозы
- Меньше трансфузий
- Экономическая выгода
- Позволяет избежать связанных с гепарином осложнений, включая гепарин-индуцированную тромбоцитопению.

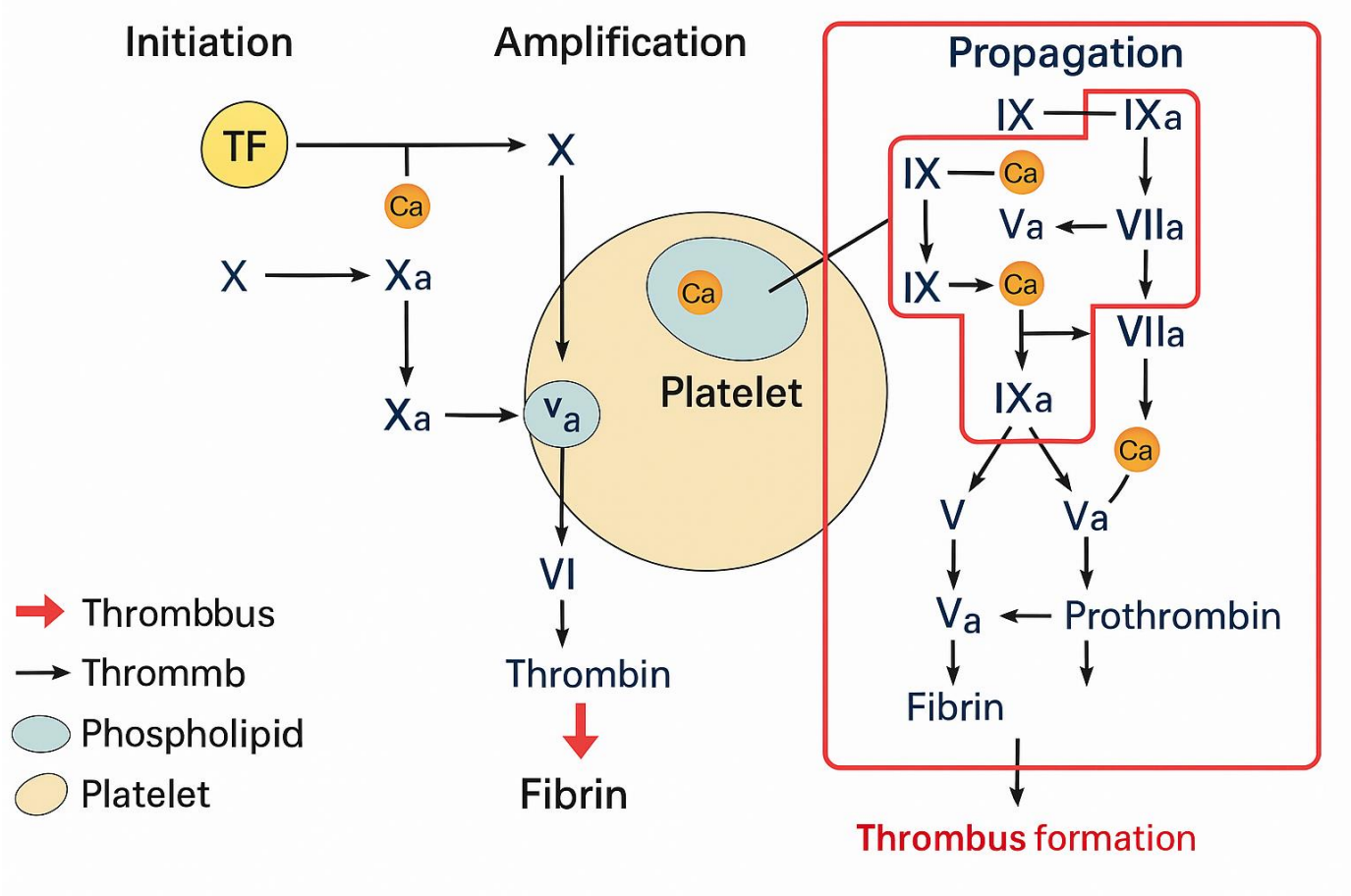
*Однако имеется риск цитрат- ассоциированных осложнений, особенно у пациентов со сниженным метаболизмом цитрата — при дисфункции печени, гипоперфузии тканей вследствие шока или митохондриальных нарушениях.*

***Metabolic complications of citrate anticoagulation in continuous renal replacement therapy (CRRT): a Delphi consensus on indications, monitoring and management.*** Jacobs R, Schneider A, Hoste E, et al. *Critical Care.* 2026.

*(Метаболические осложнения регионарной цитратной антикоагуляции при непрерывной заместительной почечной терапии: Delphi-консенсус по показаниям, мониторингу и тактике ведения).*

- Хотя тяжёлая **дисфункция печени и шок** традиционно рассматривались как противопоказания, **у этих пациентов РЦА может применяться** с осторожностью при усиленном мониторинге и адаптации дозы цитрата.
- Мониторинг кальция. Измерение ионизированного кальция после фильтра необходимо для оценки эффективности РЦА, а отношение общего кальция к ионизированному служит чувствительным ранним маркером накопления цитрата.
- **Метаболический алкалоз**, электролитные нарушения и гипернатриемия являются значимыми**, но управляемыми осложнениями**; параметры ПЗПТ следует индивидуализировать.
- Первой реакцией на подозрение на накопление цитрата должно быть снижение цитратной нагрузки путём изменения параметров ПЗПТ; **при персистирующих нарушениях следует перейти на альтернативную стратегию антикоагуляции.**

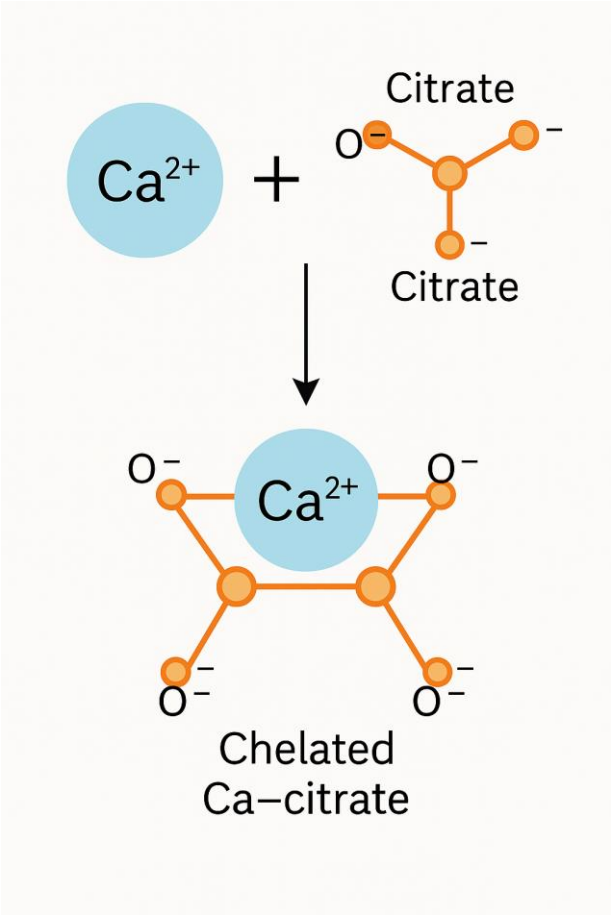
# Механизм цитратной антикоагуляции



# Механизм цитратной антикоагуляции

$$Na_3C_6H_5O_7 \rightarrow 3Na^+ + C_6H_5O_7^{3-}$$

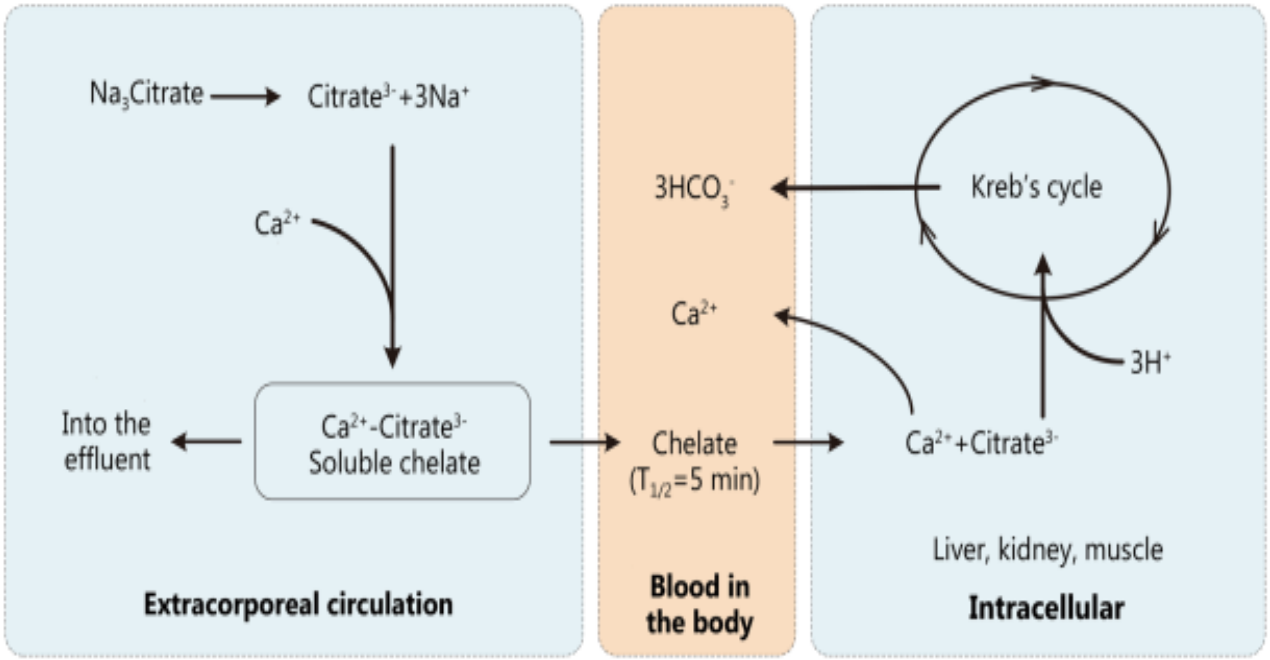
$$Ca^{2+} + C_6H_5O_7^{3-} \longrightarrow [CaC_6H_5O_7\quad]^-$$



# Метаболизм цитрата

Management of regional citrate anticoagulation for continuous renal replacement therapy: guideline recommendations from Chinese emergency medical doctor consensus

Shu-Yuan Liu1†, Sheng-Yong Xu2†, Lu Yin3†, Ting Yang4, Kui Jin5, Qiu-Bin Zhang6, Feng Sun7, Ding-Yu Tan8, Tian-Yu Xin1, Yu-Guo Chen9,10,11*, Xiao-Dong Zhao12*, Xue-Zhong Yu2*, Jun Xu2* and Emergency Medical Doctor Branch of the Chinese Medical Doctor Association

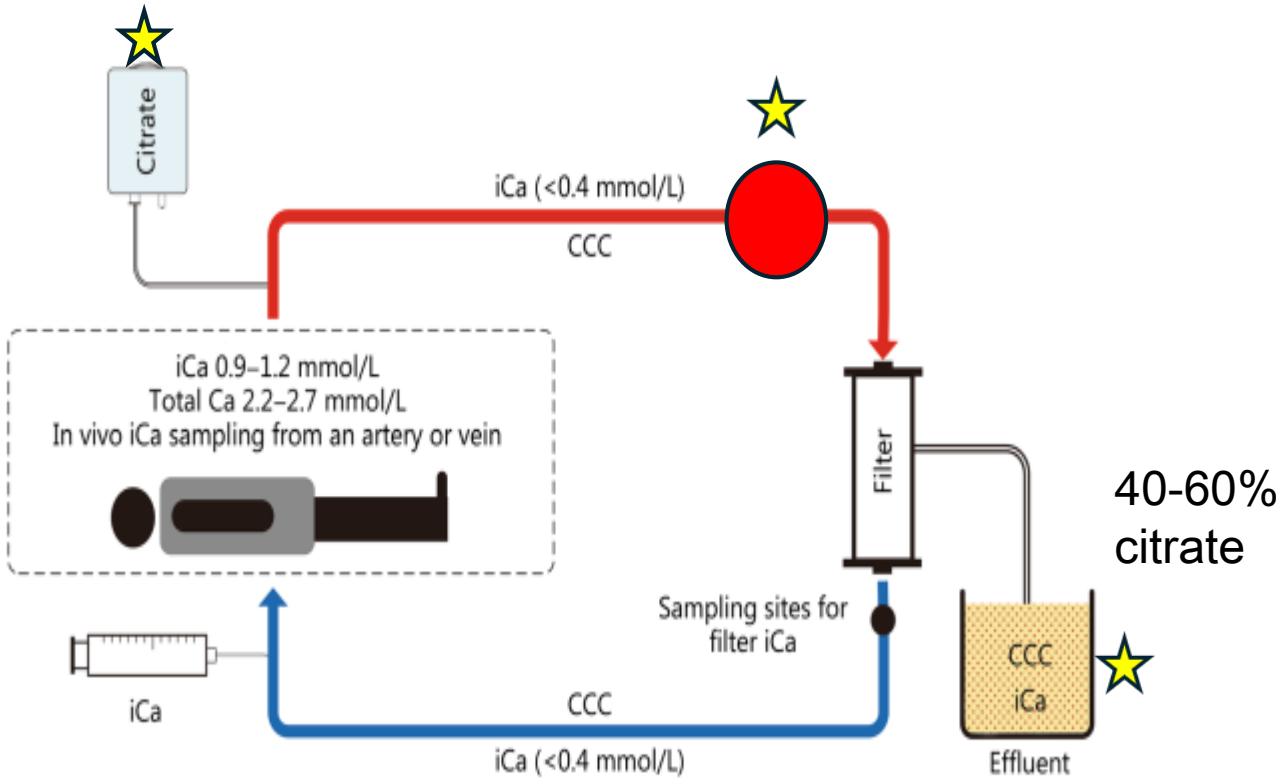



Цитрат метаболизируется через цикл Кребса в печени, скелетных мышцах и почках с образованием бикарбоната натрия.

# Схема цитратной антикоагуляции

Management of regional citrate anticoagulation for continuous renal replacement therapy: guideline recommendations from Chinese emergency medical doctor consensus

Shu-Yuan Liu1†, Sheng-Yong Xu2†, Lu Yin3†, Ting Yang4, Kui Jin5, Qiu-Bin Zhang6, Feng Sun7, Ding-Yu Tan8, Tian-Yu Xin1, Yu-Guo Chen9,10,11*, Xiao-Dong Zhao12*, Xue-Zhong Yu2*, Jun Xu2* and Emergency Medical Doctor Branch of the Chinese Medical Doctor Association



# Осложнения регионарной цитратной антикоагуляции

- Citrate accumulation/накопление цитрата
- Net citrate overload/избыточная нагрузка цитратом
- Гипокальциемия
- Гипомагниемия

# Citrate accumulation/накопление цитрата

Complications of regional citrate anticoagulation: accumulation or overload? Antoine G. Schneider, Didier Journois and Thomas Rimmelé

- Гипокальциемия
- Метаболический ацидоз (лактат\ацидоз $\uparrow A_{tot}$ $\downarrow SID$ )

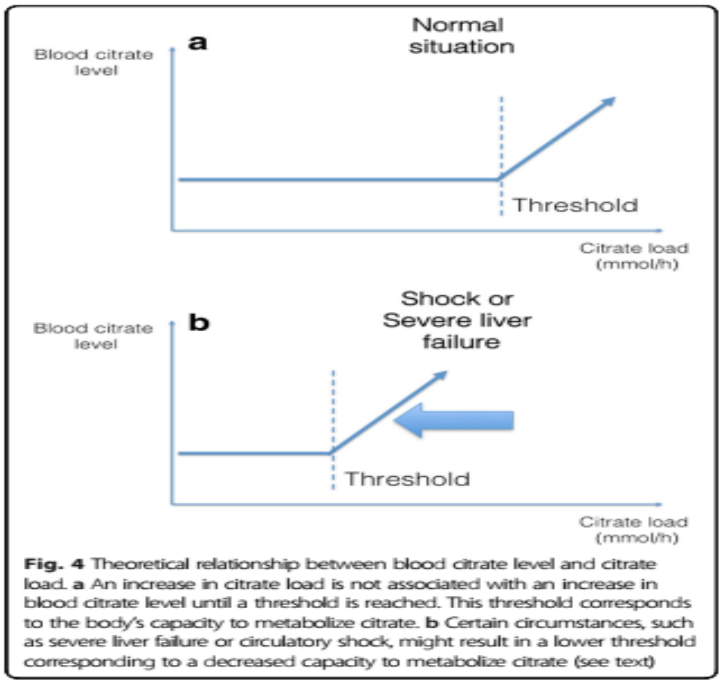



**Fig. 4** Theoretical relationship between blood citrate level and citrate load. **a** An increase in citrate load is not associated with an increase in blood citrate level until a threshold is reached. This threshold corresponds to the body's capacity to metabolize citrate. **b** Certain circumstances, such as severe liver failure or circulatory shock, might result in a lower threshold corresponding to a decreased capacity to metabolize citrate (see text)

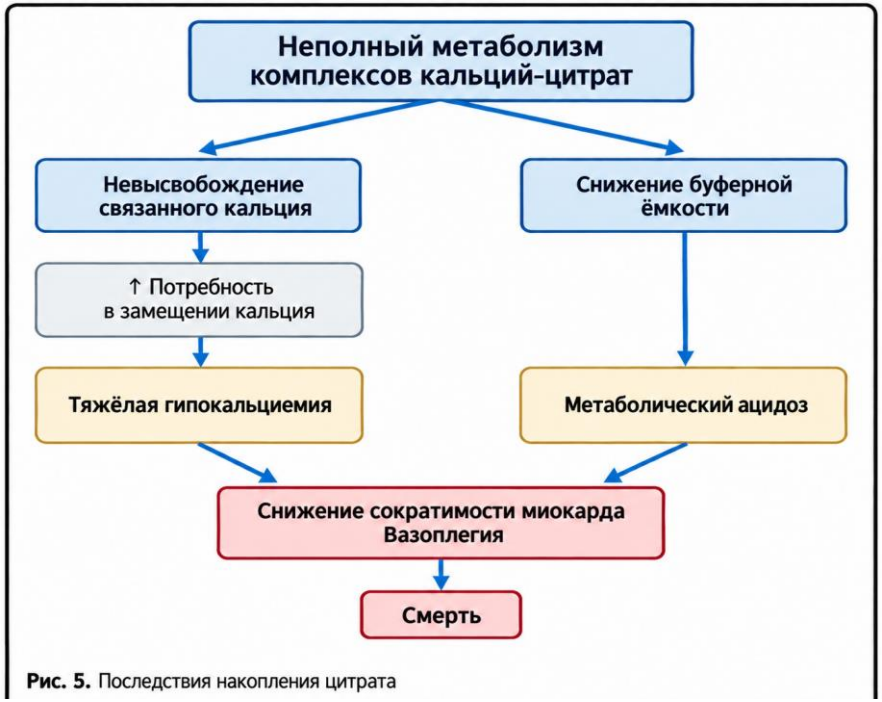



**Рис. 5.** Последствия накопления цитрата

# Citrate accumulation/накопление цитрата

## Причины

- **Гипоперфузия!**

При циркуляторном шоке доставка кислорода к клеткам может снижаться, что уменьшает активность цикла Кребса вследствие нарушения митохондриального окислительного метаболизма

Клиренс лактата за 12 часов <24,3% лучше предсказывал риск накопления, чем исходный уровень лактата

-**Тяжёлая печёночная недостаточность**

повышенный лактат сыворотки (≥3,4 ммоль/л) и сниженное протромбиновой активности (≤26%) обладают хорошей чувствительностью и специфичностью для выявления пациентов с риском накопления цитрата

# Citrate accumulation/накопление цитрата

**Верификация**

- Повышенное соотношение общего кальция к ионизированному кальцию (**Ca total / $iCa^{2+}$**), **> 2,5**
- Увеличение потребности в кальциевой инфузии
- Нарастающий ацидоз (лактат + )

**Устранение**

- Уменьшить дозу цитрата: снизить скорость кровотока(незамедлительно)
- Снизить целевую дозу цитрата (pf-iCa <0,4 ммоль/л)
- Увеличить скорость потока диализата (незамедлительно):
- Обеспечить адекватность перфузии (волемия, катехоламины, ЭКМО)

**Shock protocol:**

***- минимальный кровоток 80-100 мл/мин***

***- снижение целевой дозы цитрата для поддержания pf-iCa <0,4 ммоль/л***

***-увеличения потока эффлюента до 38-42 мл/кг/ч, что позволяет провести экстракцию цитрата > 70-75%***

# Citrate accumulation/накопление цитрата

***Пациентка 25 лет, Дз: Синдром длительного сдавления. Острая печёночная недостаточность (билирубин 100 мкмоль/л, ПТА< 40%, фибриноген 1г\л ),Острая почечная недостаточность.***

- pH =7,3
- pCO2=36
- BE=-7
- Лактат= 0,9
- iCa= 0,56
- Ca*total*=2,09
- Ca*total*/ iCa> 2,5
- *Рост потребности в инфузии Ca*

- pH =7,34
- pCO2=35
- BE=-1,9
- Лактат= 1.0
- iCa= 0,96
- Ca*total*=1,87
- Ca*total*/ iCa< 2,5
- *Снижение потребности в инфузии Ca*

Лечебный манёвр:

- увеличение скорости диализата с 30 мл/кг(2000 мл) до 50 мл/кг (3000 мл)
- Снижение целевой дозы цитрата с 4 ммоль/л до 2 ммоль/л

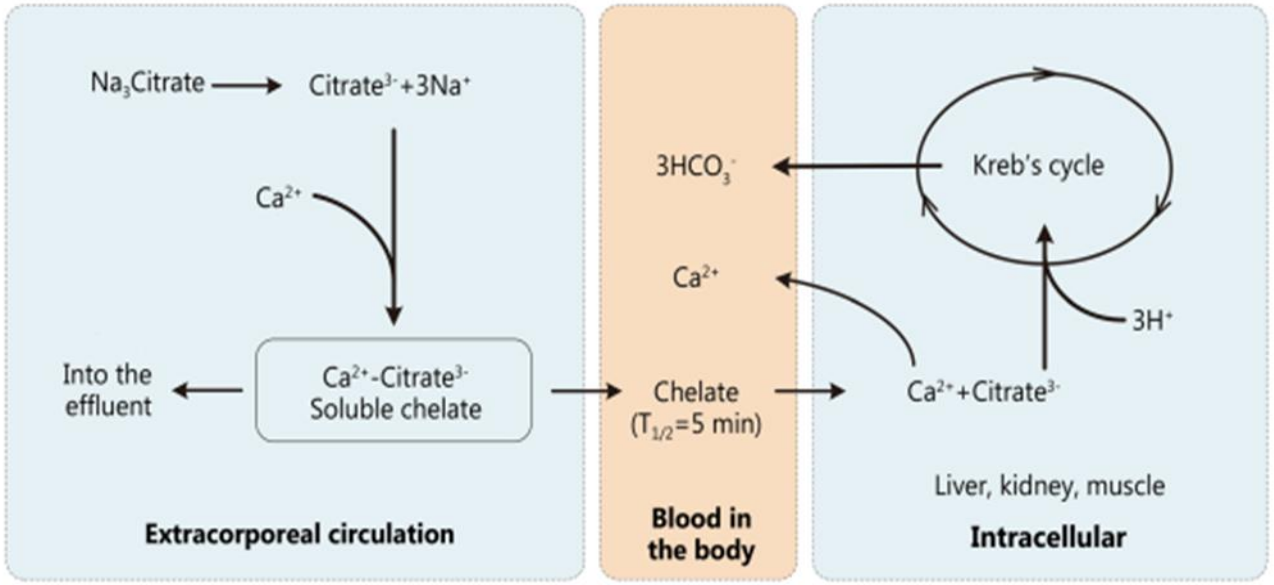
# Net citrate overload/избыточная нагрузка цитратом

**Верификация**

- Метаболический алкалоз (Причина: ↑ [redacted] ↑ $HCO_3^-$ (как следствие)

- Нормальное соотношение общего кальция к ионизированному кальцию

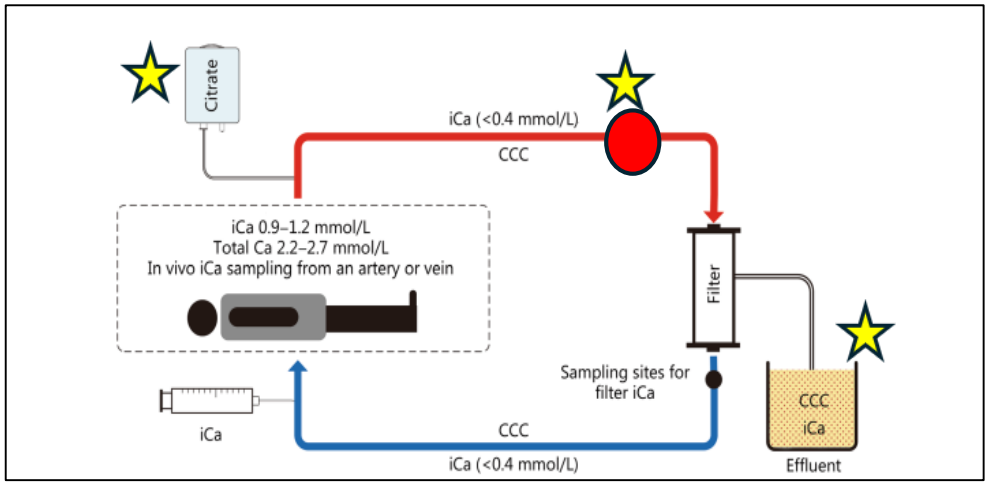
  (**Ca total / $Ca^{2+}$**), **< 2,5**



# Net citrate overload/избыточная нагрузка цитратом

## Устранение

- Уменьшить дозу цитрата: снизить скорость кровотока, снизить целевую дозу цитрата, снизить дозу Ca?




- Увеличить скорость потока диализата (CVVHD).

# Случай №1, мужчина 55 лет. 78 кг. ОПП.

Параметры CVVHD

- поток крови 100 мл/мин
- Диализат 2200 мл/ч
- Цитрат 3.8 ммоль/л
- Кальций 1.8 ммоль/л

| | | | |
|---|---|---|---|
| BE - избыток оснований | 8,2 | мМоль/л | 1.5 - 3 |
| cHCO3 – концентрация бикарбоната – ацидоза/алкалоза | 31,0 | мМоль/л | 20 - 24 |
| pH – кислотно-основное состояние крови | 7,419 | усл.ед. | 7.35 - 7.45 |

| | |
|---|---|
| Ca2+ — концентрация ионов кальция в крови | 1,45 |
| Na+ — концентрация ионов натрия в крови | 153 |
| Cl- — концентрация ионов хлора в крови | 102 |
| K+ — концентрация ионов калия в крови | 4,5 |
| Кальций общий | 2,81 |

КОРРЕКЦИЯ

Параметры ПЗПТ

- Кальций 1 ммоль/л
- Цитрат 3 ммоль/л
- Диализат 3600
- Поток 90 мл/мин

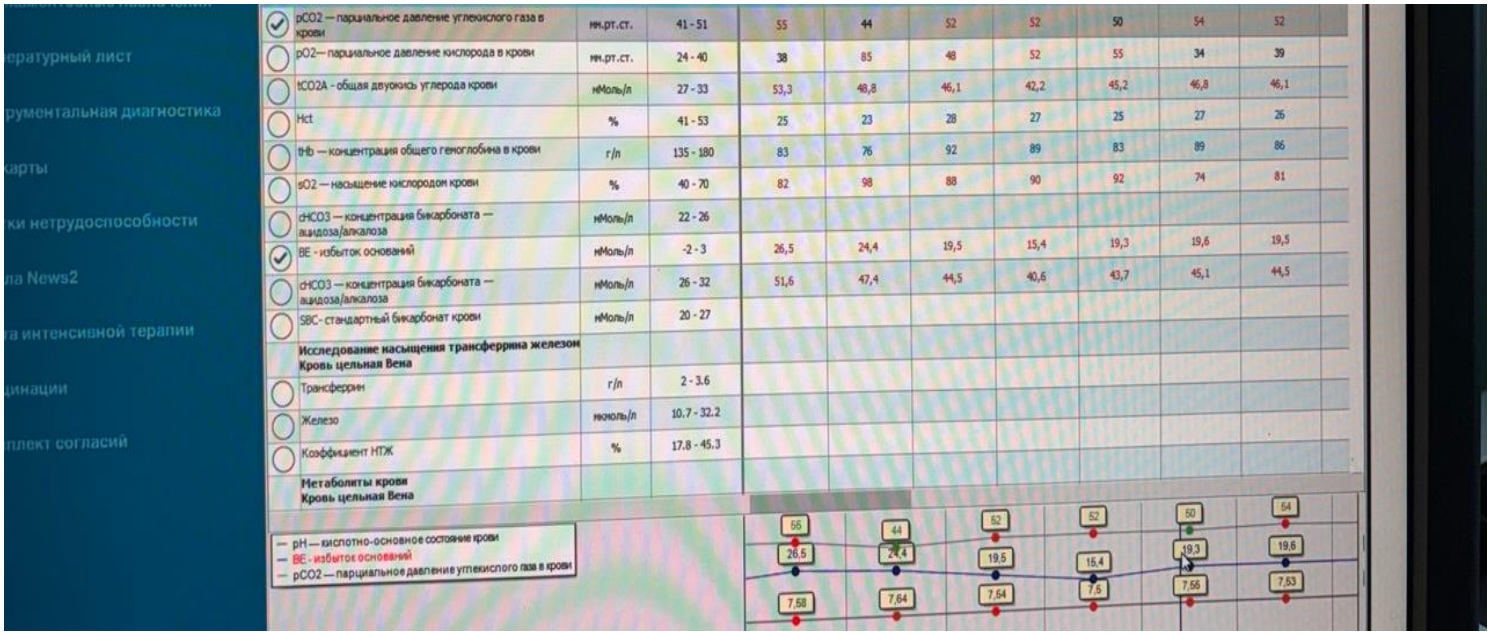
| | | | |
|---|---|---|---|
| BE - избыток оснований | 3,8 | мМоль/л | 1.5 - 3 |
| cHCO3 — концентрация бикарбоната — ацидоза/алкалоза | 27,1 | мМоль/л | 20 - 24 |
| pH — кислотно-основное состояние крови | 7,417 | усл.ед. | 7.35 - 7.45 |

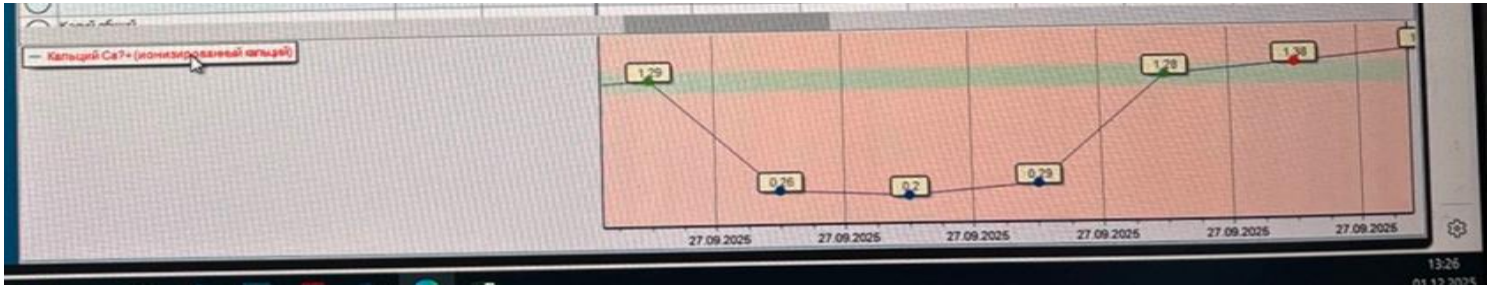
| | |
|---|---|
| Ca2+ — концентрация ионов кальция в крови | 1,01 |
| Na+ — концентрация ионов натрия в крови | 138 |
| Cl- — концентрация ионов хлора в крови | 98 |
| K+ — концентрация ионов калия в крови | 4,8 |

Случай №2, женщина 27 лет, 60 кг. ОПП,

**CVVHDF**, скорость кровотока **150** мл/мин, целевой цитрат **4,2** ммоль/л, Са **2,3** ммоль/л

КЩС: pH = 7,64, BE= 26,5, pCO2= 55, iCa=0,2, iCa=1,75



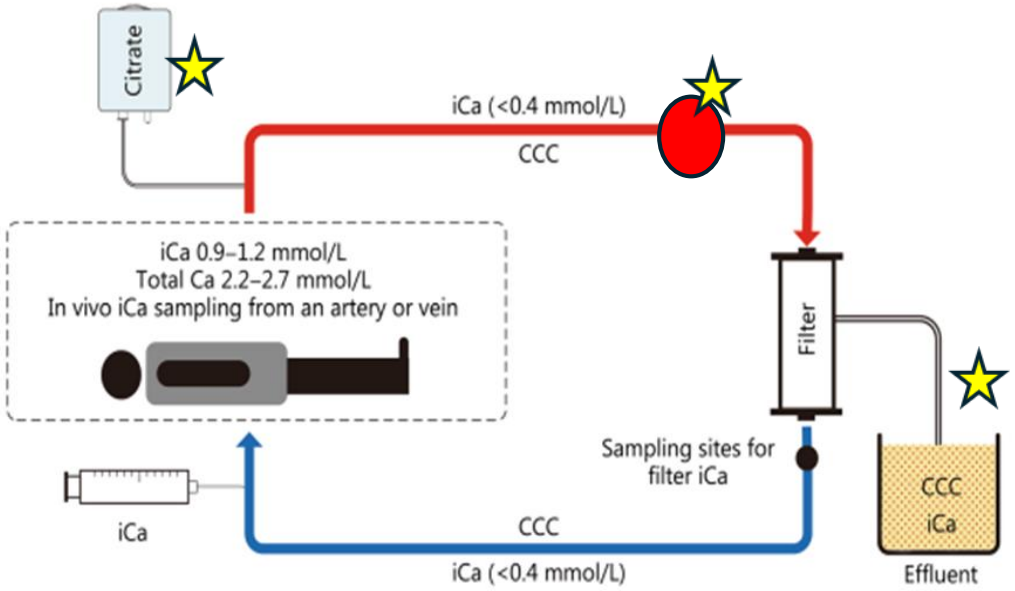



# Случай №2, женщина 27 лет, 60 кг. ОПП.
## Коррекция

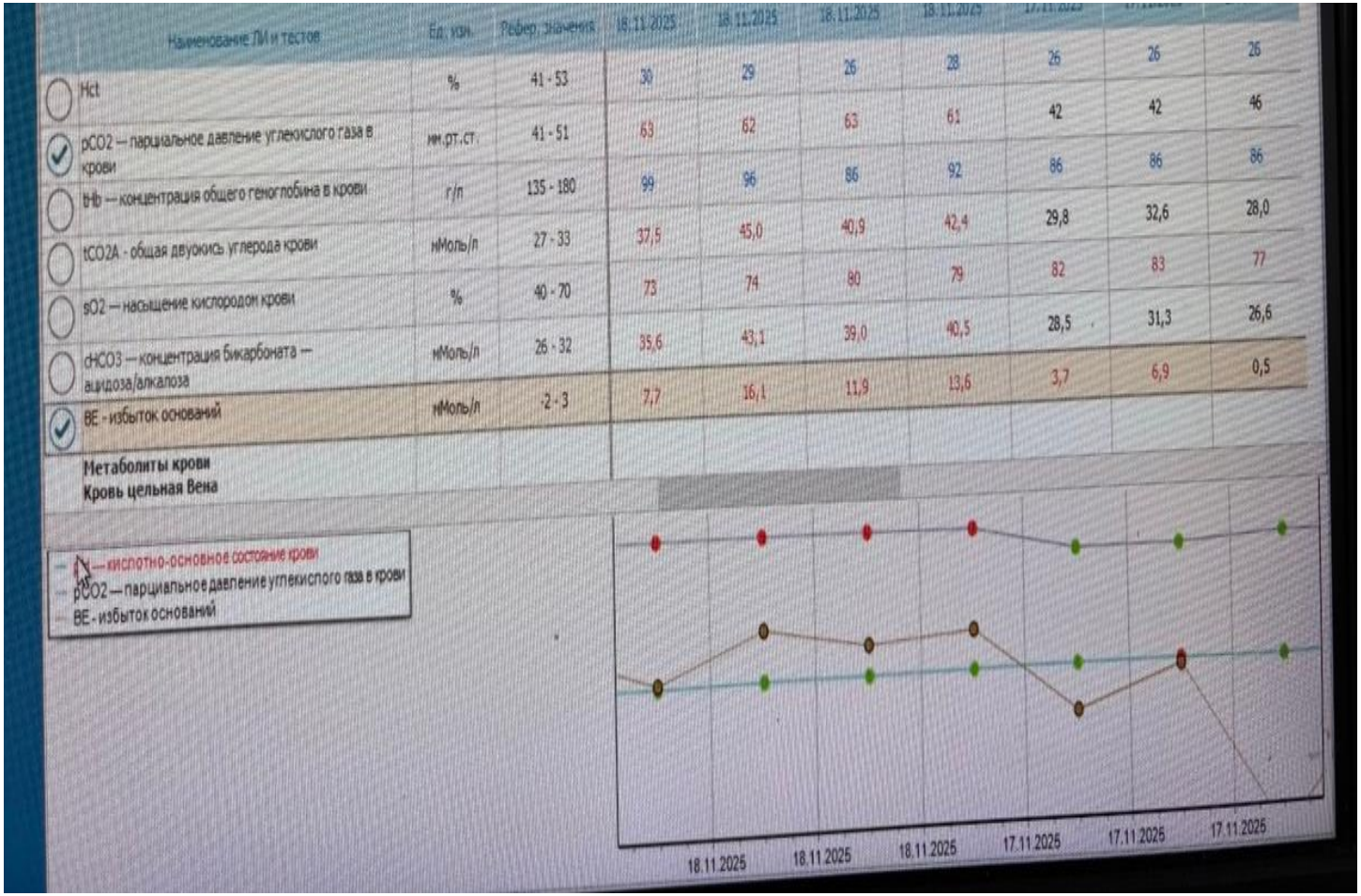
-Уменьшить скорость кровотока ~~150~~ → 100 мл/мин.

-Увеличить скорость диализата

-Уменьшить целевую дозу цитрата после снижения дозы восполнения Ca



Случай №3 женщина 43 лет, 65 кг. ОПП, **CVVHDF**, скорость кровотока **150** мл/мин, целевой цитрат **4,4** ммоль/л, Са **2,1** ммоль/л
КЩС: pH = 7,54, BE= 16,1, pCO2= 62, iCa=0,14, iCa=1,45



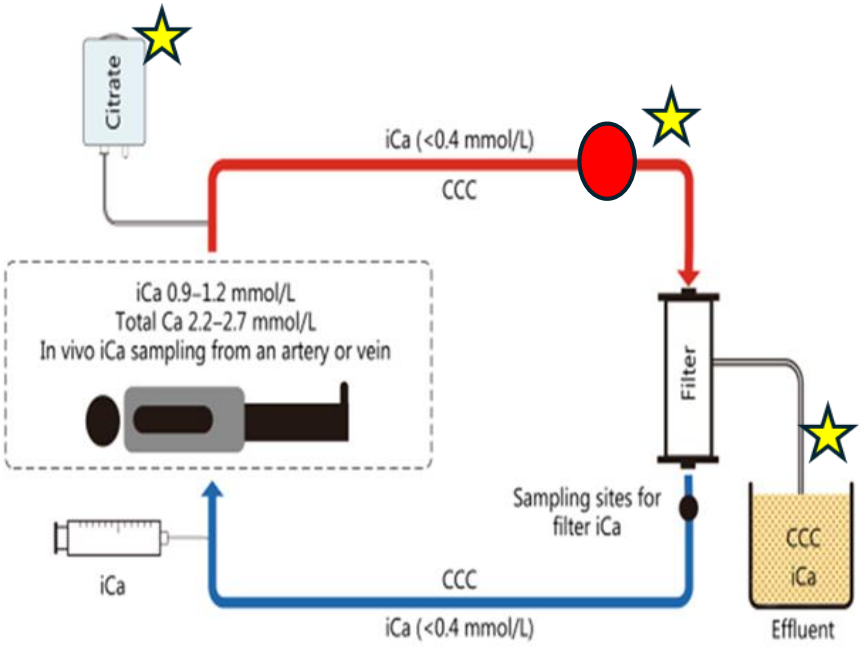
Случай №3, женщина 43 лет, 65 кг, ОПП, CVVHDF, скорость кровотока 150 мл/мин, целевой цитрат 4,4 ммоль/л, Са 2,1 ммоль/л

## Коррекция

Уменьшить скорость кровотока ~~150~~ → 100 мл/мин.

Увеличить скорость диализата

Уменьшить целевую дозу цитрата после снижения дозы восполнения Са



# Гипокальциемия, Гипомагниемия

Причины:

- Накопление цитрата
- Недостаточное восполнение Ca, Mg.

# Ключевые моменты безопасной регионарной цитратной антикоагуляции

- Осторожно у пациентов с  шоком и печёночной недостаточнностью (мониторинг+персонализация)
- Обеспечение адекватной перфузии
- Низкая скорость кровотока (100-120 мл/мин)
- CVVHD
- iCa в контуре 0,25-0,3 ммоль/л (0,4 ммоль/л)
- iCa в организме 0,9-1,1 ммоль/л
- Соотношение общего кальция к ионизированному кальцию (Ca total / $iCa^{2+}$), < 2,5(ежедневно)
- Соблюдение временного интервала контроля КЩС и электролитов (30 мин, 2ч-4, 4ч-4, 6ч-4)
- Растворы, «адаптированные к цитрату»
- Контроль Mg (ежедневно) и его восполнение

*Metabolic complications of citrate anticoagulation in continuous renal replacement therapy (CRRT): a Delphi consensus on indications, monitoring and management.* Jacobs R, Schneider A, Hoste E, et al. *Critical Care.* 2026.

*Multidisciplinary guidelines on renal replacement therapy in intensive care medicine* Melanie Meersch-Dini, Mariam Abu-Tair. 2026.

*KDIGO 2026 CLINICAL PRACTICE GUIDELINE FOR ACUTE KIDNEY INJURY (AKI)AND ACUTE KIDNEY DISEASE (AKD)* 2026 (проект)

## Ключевые положения

**Регионарная цитратная антикоагуляция (РЦА) обладает существенными преимуществами перед системной антикоагуляцией гепарином** — прежде всего за счёт снижения риска кровотечений и увеличения срока службы экстракорпорального контура.

**Шок и печёночная недостаточность не являются противопоказаниями к РЦА**. Её применение возможно при условии тщательного мониторинга

**При проведении ПЗПТ не доказано клинических преимуществ конвективного транспорта перед диффузионным**.

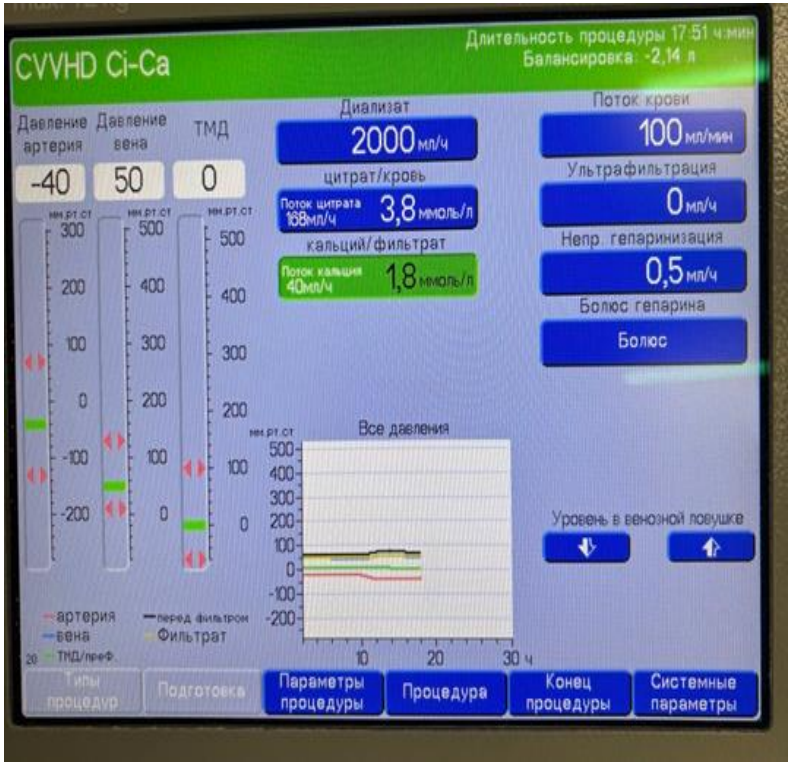
# Статистика ПЗПТ и ЦРА в ГКБ им Ф.И. Иноземцева за 2025 год.

Количество процедур CVVHD:  945, 160 пациентов/ в ср.144 ч.

Количество ЦРА: 945

Количество случаев перехода на  гепарин: 0

# Типичные настройки аппарата



ГОРОДСКАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА ИНОЗЕМЦЕВА

# Спасибо за внимание

Захарченко Игорь Анатольевич. +79059267161

Зав. Центра анестезиологии и реанимации ГКБ им Ф. И. Иноземцева,

г. Москва

К.м.н. доцент кафедры сочетанных и комбинированных повреждений
ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России.