

# **Черепно-мозговая травма у детей**

---

**По данным руководства международной ассоциации травматического повреждения мозга.**

# Основные особенности нервной системы у детей.

---

- Миелинизация периферических нервов - это медленный процесс и оканчивается только 10 годам жизни.
  - Гематоэнцефалический барьер младенца сформирован неполностью.
  - Рефлексы с барорецепторов ограничены
  - Незрелое авторегулирование церебральной перфузии.
-

# Патофизиология ЧМТ

---

- Первичное повреждение мозга;
  - Вторичное повреждение мозга.
-

# Первичное повреждение мозга

---

- Линейная сила – очаговые повреждения (внутричерепные гемorragии и контузии);
  - Ротационная сила – диффузное распространенное повреждение аксонов белого вещества (дети с тяжелой неврологической симптоматикой без какой-либо серьезной картиной на компьютерной томографии).
-

# Вторичное повреждение мозга

---

Может происходить в сроки от момента повреждения до нескольких недель

Формы:

- В результате физиологических и метаболических расстройств;
  - В результате каскада клеточных событий.
-

# Физиологические и метаболические расстройства

---

- Гипоксемия;
  - Гипотензия;
  - Внутричерепная гипертензия;
  - Гипер- и гипокарбия;
  - Гипер- и гипогликемия;
  - Электролитные расстройства;
  - Судороги;
  - Коагулопатия, нарастающая гематома;
  - Гипертермия...
-

# Каскад клеточных событий

---

- Церебро-васкулярная дисрегуляция;
- Церебральный отек;
- Травматическое аксональное повреждение;
- Некроз и апоптоз нейронов;
- Воспаление.

# Цереброваскулярная дисрегуляция (причины)

---

- Прямое повреждение стенки сосудов;
- Снижение уровня вазодилататоров (NO, цГМФ, цАМФ);
- Повышенный уровень вазоконстрикторов (эндотелин 1).

# Цереброваскулярная дисрегуляция

---

- Приводит к обеднению кровотока;
- Кровоток менее 20 мл/100г/мин.- плохой исход;
- Мозговая гиперемия менее значима у детей с ЧМТ (противоречивые исследования).

# Церебральный отек (причины)

---

- Повреждение гемато-энцефалического барьера (вазогенный отек);
- Изменения осмолярности;
- Цитотоксический отек;
- Гипоксия;
- Гипоперфузия.

# Изменение осмолярности

---

- Возникновение гиперосмолярности в очаге ушиба с началом дегенерации нейронов;
- Диффузия воды в зону после начала реперфузии с отеком нейронов;
- Запуск процесса возбуждающей токсичности.

# Возбуждающая токсичность

---

- Высвобождение большого количества возбуждающих аминокислот (глутамат) – возбуждение глутаматных рецепторов – активация протеаз и липаз клеток – гибель клетки;
- Натрий-зависимый и кальций-зависимый нейрональный отек;
- Незрелый нейрон более восприимчив к возбуждающей токсичности (в связи с более высоким высвобождением кальция).

# Диффузное аксональное повреждение (причины)

---

- Первичное повреждение с продолженной дегенерацией нейронов;
- Вторичное повреждение (вследствие нарушений обмена кальция, гипоксически-ишемического повреждения и митохондриальной дисфункции).

# АПОПТОЗ

---

- Внутренние механизмы запуска: митохондриальные механизмы;
- Внешний механизм запуска (фактор некроза опухоли запускает каспазы, приводящие к апоптозу)

Pohl D, Bittigau P, Ishimaru MJ, et al. N-Methyl-D-aspartate antagonists and apoptotic cell death triggered by head trauma in developing rat brain. Proc Natl Acad Sci U S A. Mar 2 1999;96(5):2508-13.

# Воспаление

---

- Значительно более высокое содержание ИЛ-6 и ИЛ-10 в СМЖ у детей младшего возраста при ЧМТ по сравнению со взрослыми;
- Более высокая продукция ИЛ-10 у детей до 4 лет

# Степени клинической уверенности

---

- **Стандарты:** принятые принципы ведения пациентов, отражающие высокую степень клинической уверенности;
  - **Руководства:** особые стратегии ведения, отражающие среднюю степень клинической уверенности;
  - **Опции:** стратегии ведения пациента, для которых остается неясной степень клинической уверенности.
-

# Классификация очевидности

---

- **Класс I:** рандомизированные клинические исследования
  - **Класс II:** проспективные и ретроспективные исследования с высокой степенью надежности собранных данных;
  - **Класс III:** исследования с ретроспективными данными, собранными на основании клинических серий, баз данных и регистров, докладах о клинических случаях и мнениях экспертов.
-

# Связь между очевидностью и рекомендациями

---

- Стандарт – класс I;
  - Руководства – класс II;
  - Опции – класс III.
-

# Система по оказанию помощи детям с тяжелой ЧМТ

---

- Стандарт: недостаточно данных;
  - Руководство: в больших регионах дети с тяжелой ЧМТ должны, по возможности, транспортироваться в педиатрический травматологический центр.
  - Опции: Дети с тяжелой ЧМТ должны лечиться в педиатрических травматологических центрах или во взрослых травматологических центрах с персоналом, подготовленным к оказанию помощи детям.
-

# Система по оказанию помощи детям с тяжелой ЧМТ

---

- Дети с тяжелой ЧМТ показывают лучшую выживаемость в случае лечения их в педиатрических травматологических центрах или во взрослых травматологических центрах с подготовленным персоналом в плане детства;
- Дети с тяжелой ЧМТ, требовавшие проведения нейрохирургических вмешательств, показали самую низкую выживаемость во взрослых травматологических центрах второго уровня

КЛАСС III\*

# Догоспитальный этап (дыхательные пути)

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
- **Руководство:** необходимо избегать гипоксии, немедленно попытаться корригировать гипоксию. Нет очевидного преимущества между эндотрахеальной интубацией и масочной вентиляцией с мешком и клапаном.
- **Опции:** в случае обязательного проведения эндотрахеальной интубации на догоспитальном этапе, необходимо производить регулярный тренинг для персонала и использовать капнометрию при вентиляции.

Класс II (Nakayama, 1990; Gausche, 2000; Murray, 2000; Cooper, 2001)

---

# Догоспитальный этап (дыхательные пути)

---

- **Из руководств по взрослым:** «гипоксемию необходимо избегать и немедленно корригировать... Гипоксемия должна быть корригирована подачей кислорода»
  - **Из опций по взрослым:** « дыхательные пути должны быть защищены у пациентов с тяжелой ЧМТ (менее 9 баллов по ШКГ), при невозможности адекватного поддержания проходимости дыхательных путей и при невозможности коррекции гипоксемии путем подачи кислорода. Эндотрахеальная интубация наиболее эффективная процедура для этого».
-

# Догоспитальный этап (артериальное давление и оксигенация)

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** Артериальная гипотензия должна быть выявлена и скорректирована как можно быстрее. Гипотензия определяется как снижение систолического АД ниже (70 мм.рт.ст. + (2 x возраст в годах)).
-

# Догоспитальный этап (артериальное давление и оксигенация)

---

## □ Опции:

1. Контроль за проходимость дыхательных путей у всех детей с оценкой по ШКГ 8 и менее для избегания гипоксии, гиперкарбии и аспирации;
  2. Гипоксия ( $P_{aO_2}$  менее 60-65 мм.рт.ст. или  $tcSatO_2$  менее 90%) и гиповентиляция (поверхностное или нерегулярное дыхание, продолжительное апноэ, гиперкарбия) должны быть выявлены и скорректированы немедленно путем установления контроля за проходимость дыхательных путей и вспомогательной вентиляцией 100% кислородом в течение всего догоспитального периода.
-

# Догоспитальный этап (артериальное давление и оксигенация)

---

## □ Опции:

3. Артериальное давление должно поддерживаться на нормальном уровне, то есть  $90 \text{ мм.рт.ст.} + (2 \times \text{возраст в годах})$
  4. Седация, анальгезия и миорелаксация могут быть полезными во время транспортировки;
  5. Профилактическое назначение маннитола не рекомендуется;
  6. Профилактическое проведение гипервентиляции не рекомендуется
-

# Показания для мониторинга ВЧД у детей

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** Использование мониторинга ВЧД является значимым элементом в лечении детей с тяжелой ЧМТ.
-

# Показания для мониторинга ВЧД (руководство по взрослым)

---

- Тяжелая ЧМТ (ШКГ 3-8) и изменения на КТ при поступлении (гематома, ушиб мозга, отек мозга, сдавление базальных цистерн) – II уровень;
  - Тяжелая ЧМТ (ШКГ 3-8), нормальная КТ картина, но присутствие двух и более из следующих признаков: одностороннее или двустороннее двигательное постурирование, системная гипотензия менее 90 мм.рт.ст., возраст более 40 лет – III уровень.
-

# Показания для мониторинга ВЧД у детей

---

- Сильная связь между внутричерепной гипертензией и плохим неврологическим исходом ЧМТ;
- Мониторинг ВЧД и агрессивное лечение внутричерепной гипертензии связаны с наиболее благоприятными клиническими исходами.

Taylor, 2000 – класс II; Choe, 1995 – класс III; Peterson 2000 – класс III.

---

# Порог необходимости лечения ВЧГ у детей

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
- **Руководство:** недостаточно данных;
- **Опции:** Лечение ВЧГ, определяемой как патологическое повышение ВЧД, должно начинаться с 20 мм.рт.ст. и выше.

Shapiro, 1982- класс III; Sharples, 1995 - класс III, Adelson, 2005 – класс III; Grinkeviciute, 2008 – класс III.

---

# Порог необходимости лечения ВЧГ (взрослое руководство)

---

- Лечение ВЧГ должно начинаться при повышении ВЧД 20-25 мм.рт.ст. Интерпретация и лечение ВЧГ основывается на пороге повышения ВЧД, который подтверждается клиническими исследованиями и мониторингом физиологических переменных величин (ЦПД) – **II уровень.**
-

# Пороговые значения ЦПД и ВЧД\*

Возраст (г)	ЦПД (мм.рт.ст.)	ВЧД (мм.рт.ст.)
2-6	38-53	14,7
7-10	43-59	15,0
11-15	46-64	15,6

\*Chambers, J Neurol Neurosug Psychiatry 2006

# Задачи для будущих исследований

---

- Являются ли пороговые значения ВЧД зависимыми от возраста;
  - Определить необходимы ли другие методы (микродиализ, определение напряжения кислорода в тканях мозга) дополняющими или вытесняющими прямое измерение ВЧД у детей;
  - Определить имеет ли значение временной промежуток после получения травмы и продолжительность ВЧГ для определения пороговых значений ВЧД у детей;
  - Определить какая тактика является лучшей при лечении тяжелой ЧМТ у детей: прямое измерение ВЧД или прямое измерение ЦПД).
-

# Пороговые значения церебрального перфузионного давления

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** необходимо поддерживать ЦПД на уровне не ниже 40 мм.рт.ст, пороговое значение составляет 40-50 мм.рт.ст.(для детей младшего возраста нижнее значение, для подростков – верхнее).
-

# Церебральное перфузионное давление (ЦПД) – руководство по взрослым

---

- Необходимо поддерживать ЦПД на цифрах не менее 60 мм.рт.ст.- **II уровень.**
-

# Задачи для будущих исследований

---

- Анализ тактик лечения, основанных на поддержании ВЧД и ЦПД в различных возрастных группах;
  - Определение оптимального уровня ЦПД, основанного на мониторинге ишемии мозга, для различных возрастных групп
  - Необходимо ли поддерживать ЦПД на 10 мм.рт.ст. выше порогового для избежания критического понижения данного показателя.
-

# Технология измерения ВЧД

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опция:** у детей вентрикулярный катетер, наружный трансдюсер измерения напряжения или катетер с датчиком давления на конце являются надежными и точными методами измерения ВЧД.
-

# Датчики измерения ВЧД

---

- Интравентрикулярный: самый дешевый и достаточно точный метод;
  - Паренхимальный: имеет потенциальный дрейф измерения;
  - Субарахноидальный, субдуральный, эпидуральный: менее точные.
-

# Церебральное перфузионное давление (ЦПД)

---

ЦПД менее 40 мм.рт.ст. коррелирует с увеличенной летальностью вне зависимости от возраста ребенка.

Downard, 2000 - класс III; Sharples, 1995 - класс III,  
Карара, 2010 - класс III; Chalwat, 2009 - класс III

---

# Использование монитора для определения оксигенации мозга

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** необходимо поддерживать PbtO<sub>2</sub> на уровне 10 мм.рт.ст и более
-

# Использование монитора для определения оксигенации мозга

---

- PbtO<sub>2</sub> менее 5 мм.рт.ст. в течение 1 часа и менее 10 мм.рт.ст. в течение 2 часов независимо связаны с неблагоприятным исходом тЧМТ у детей

Figaji, 2009 – класс III

---

# Нейровизуализация

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** при отсутствии неврологического ухудшения и повышения ВЧД повторение КТ в сроки свыше 24 часа после поступления не является рутинной рекомендацией.
-

# Нейровизуализация

---

- Серия КТ сканов не показала изменений в период более 24 часов после поступления у 53% пациентов, показало улучшение у 34 % пациентов, ухудшение – у 13%. Все дети, подвергшиеся по результатам КТ хирургическому лечению, имели ухудшение в неврологическом статусе и повышение ВЧД.

Figg, 2006 - классIII

---

# Седативная терапия и миорелаксанты

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** выбор и доза седативных, анальгетических препаратов и миорелаксантов для детей с ЧМТ остается прерогативой врача; но эффект воздействия на ВЧД является индивидуальным и непредсказуемым.
-

# Седативная терапия и миорелаксанты

---

- Нет ни одного исследования класса III по выбору и дозировке седативных и анальгетических препаратов у детей с тяжелой ЧМТ.
  - Vernon & Witte, 2000 – исследование класса III по использованию мышечных релаксантов, **векуроний и панкуроний**, (касается только снижения в потреблении кислорода, но не в плане исхода травмы)
-

# Спинальная жидкость

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опция:** дренирование СМЖ является значимым аспектом лечения ВЧГ у детей с тяжелой ЧМТ.
-

# Варианты дренажа

---

- Вентрикулостомия;
  - Комбинация вентрикулостомии и люмбальной пункции;
  - Комбинирование с люмбальной пункцией проводится лишь в случае рефрактерной ВЧГ при функционирующей вентрикулостомии, с открытыми базальными цистернами и очевидным отсутствием большого объема повреждения мозга и смещения срединных структур.
  - Три исследования: **Shapiro, 1982; Baldwin, 1991; Levy, 1995** (все класса III)
-

# Использование гиперосмолярной терапии

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** гипертонический раствор NaCl – эффективное средство для лечения тяжелой ЧМТ у детей с ВЧГ; эффективная доза 6,5 – 10 мл/кг.
  - **Опция:** Гипертонический NaCl 3% раствор в дозе 0,1-1,0 мл/кг/час методом титрования является эффективным средством лечения ВЧГ;
-

# Использование гиперосмолярной терапии

---

- Гипертонический NaCl: 3% раствор в дозе 0,1-1,0 мл/кг/час методом титрования;
  - Необходимо поддержание эуволемии
  - При использовании гипертонического раствора NaCl толерантным уровнем осмолярности плазмы является 360 ммоль/л.
  - Несмотря на продолжающееся использование маннитола при ВЧГ у детей, доказательные данные в исследованиях по данному препарату отсутствуют.
-

# Маннитол

---

- Снижение вязкости крови (быстрый)
  - Осмолярный эффект (более замедленный)
  - Осложнения: острый тубулярный некроз; синдром рикошета.
-

# Гипертонический NaCl

---

- Реологический эффект
  - Осмолярный эффект
  - Стимуляция секреции натрий-уретического пептида
  - Увеличение сердечного выброса
  - Стабилизация потенциала клеточной стенки в состоянии покоя.
  - Осложнения: синдром рикошета, миелинолизис в области моста мозга, субарахноидальные кровоизлияния.
-

# Рекомендации по догоспитальному этапу (взрослые)

- Пациенты с тяжелой ЧМТ или сочетанной травмой без ЧМТ в состоянии шока: гиперосмолярный раствор 250 мл в течение 5-10 минут.
- Для других типов травмы при времени доезда более 30 минут и АД менее 90 мм.рт.ст.: 250 мл гиперосмолярного раствора в течение 5-10 минут, но не ранее, чем через 15 минут после травмы.
- Для других типов травмы при времени доезда менее 30 минут инфузия не проводится.
- В Западной Европе (Австрия, Германия, Швеция, Франция) стандарт – 250 мл 7,2-7,5% гипертонического раствора NaCl с 6% гидроксипроксиэтилкрахмалом (200/0.5).
- Данные по использованию препарата у педиатрических пациентов в данный момент отсутствуют.

# Температурный режим

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** Необходимо избегать ранней умеренной гипертермии (32-33 С) применяемой лишь на 24 часа после поступления. Умеренная гипотермия, начатая в течение 8 часов после тяжелой ЧМТ и поддерживаемая в течение 48 часов эффективна для предупреждения ВЧГ. Необходимо избегать скорости согревания больше, чем 0,5С/час.
  - **Опции:** Умеренная ранняя гипотермия (32-33 С) с поддержанием в 48 часов может быть использована.
-

# Гипервентиляция

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:**
    1. Легкой или профилактической гипервентиляции ( $P_aCO_2$  менее 35 мм.рт.ст.) стоит избегать у детей;
    2. Легкая гипервентиляция необходима при ВЧГ рефрактерной к седации, аналгезии, НМБ, дренированию СМЖ и гиперосмолярной терапии
    3. Агрессивная гипервентиляция ( $P_aCO_2$  менее 30 мм.рт.ст.) должна использоваться как терапия второго ряда при рефрактерной ВЧГ. Агрессивная гипервентиляция используется как короткая терапия при мозговой грыже.
-

# Гипервентиляция

---

- Гиперемия мозга не является обязательным симптомом тяжелой ЧМТ у детей;
  - Гипервентиляция может спровоцировать ишемию мозга;
  - При проведении гипервентиляции необходимо контролировать мозговой кровоток, сатурацию крови в яремной вене или насыщение мозговой ткани кислородом.
-

# Использование барбитуратов при тяжелой ЧМТ у детей

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** высокие дозы барбитуратов применяются у гемодинамически стабильных и рефрактерной ВЧГ.
-

# Использование барбитуратов (тиопентал) при тяжелой ЧМТ у детей\*

---

- Нагрузочная доза: 10-20 мг/кг
- Поддерживающая доза: 3-5 мг/кг/час
- Снижать дозу тиопентала при снижении артериального давления и при ВЧД менее 25 мм.рт.ст.

# Использование барбитуратов (тиопентал) при тяжелой ЧМТ у детей\*

---

- Нагрузочная доза: 10 мг/кг в течение 30 минут
- Затем 5 мг/кг трехкратно каждый час
- Поддерживающая 1 мг/кг/час.

# **Использование барбитуратов (тиопентал) при тяжелой ЧМТ у детей**

---

Отсутствуют очевидные доказательства о возможности проведения профилактической терапии барбитуратами для нейропротекции или для предупреждения развития ВЧГ.

---

# Хирургическое лечение

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** декомпрессионная трепанация имеет большое значение у детей с тяжелой ЧМТ, диффузном отеке мозга и рефрактерной ВЧГ.
-

# Декомпрессионная трепанация

---

- Тяжелая ЧМТ и рефрактерная ВЧГ\*;
- Менее эффективна у детей со вторичным инсультом\*;
- Дети со вторичным ухудшением по ШКГ и развернутой клиники мозговой грыжи являются благоприятной группой в течение первых 48 часов\*;
- Дети с оценкой ШКГ менее 3 баллов - неблагоприятная группа\*.

# Критерии для выполнения декомпрессионной трепанации черепа у детей с тяжелой ЧМТ\*

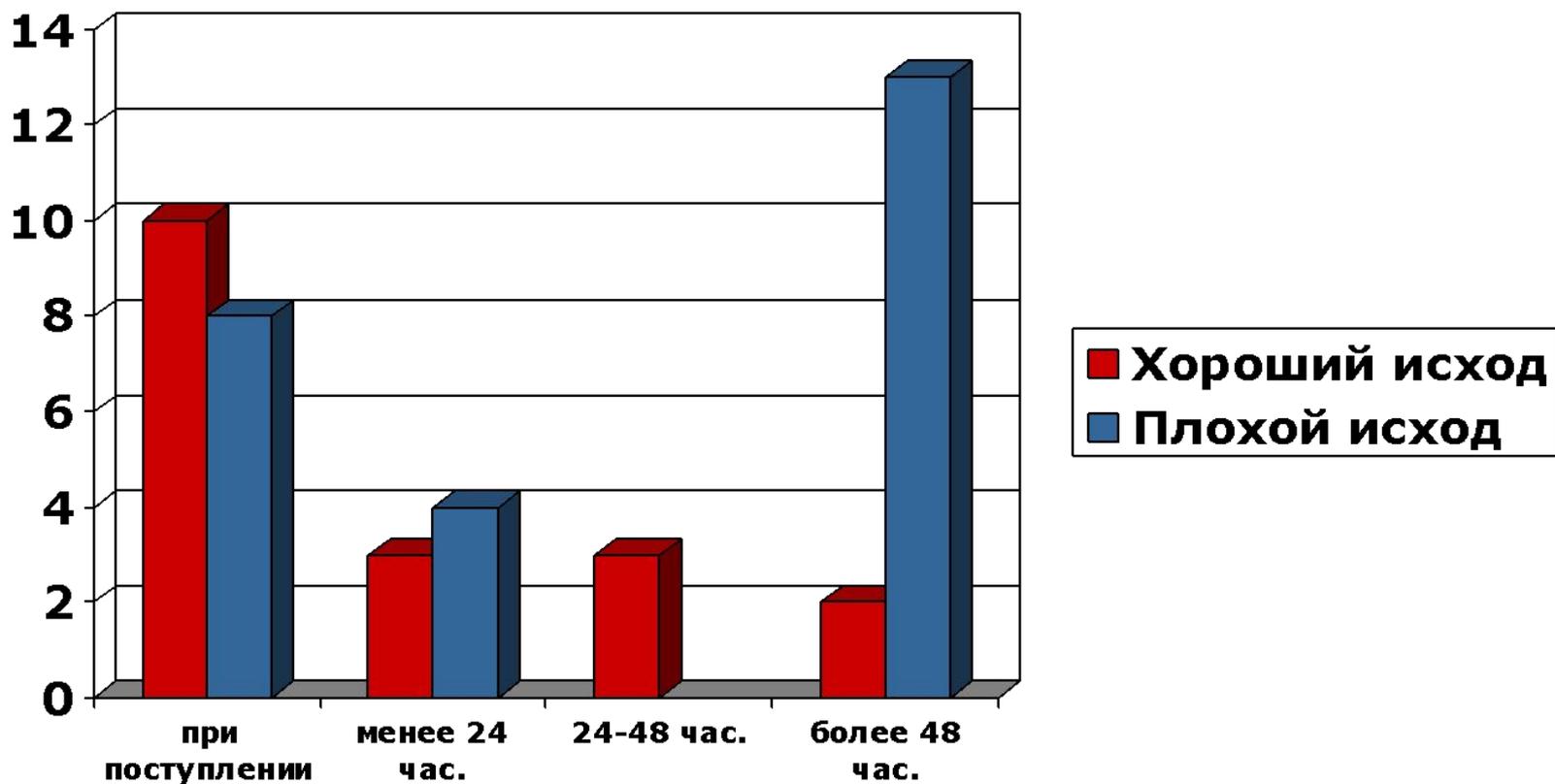
---

- Диффузный отек мозга на КТ;
- Временной промежуток – первые 48 часов;
- Отсутствие эпизодов длительной ВЧГ более 40 мм.рт.ст. перед хирургическим вмешательством;
- ШКГ более 3 баллов;
- Вторичное клиническое ухудшение;
- Развертывание синдрома мозгового выпячивания.

---

\*Необходимо иметь не менее двух критериев

# Исходы ТЧМТ в зависимости от времени от поступления до трепанации



S.Hautefeuille et al. Grenoble, France  
Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury: for which patients? Oral presentation  
on ESICM Congress Berlin 2011

# Какие пациенты подлежат декомпрессионной терапанаации черепа

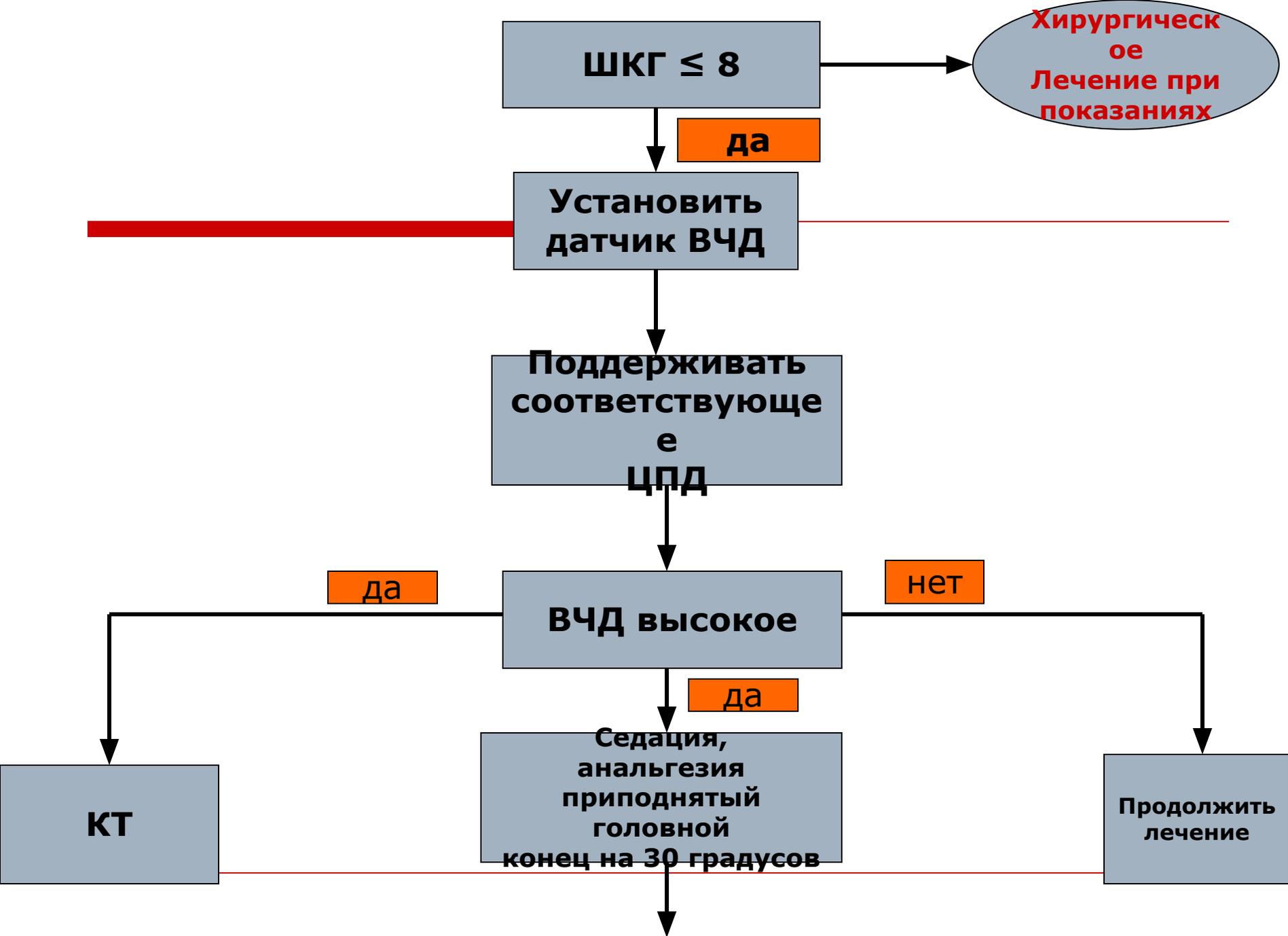
---

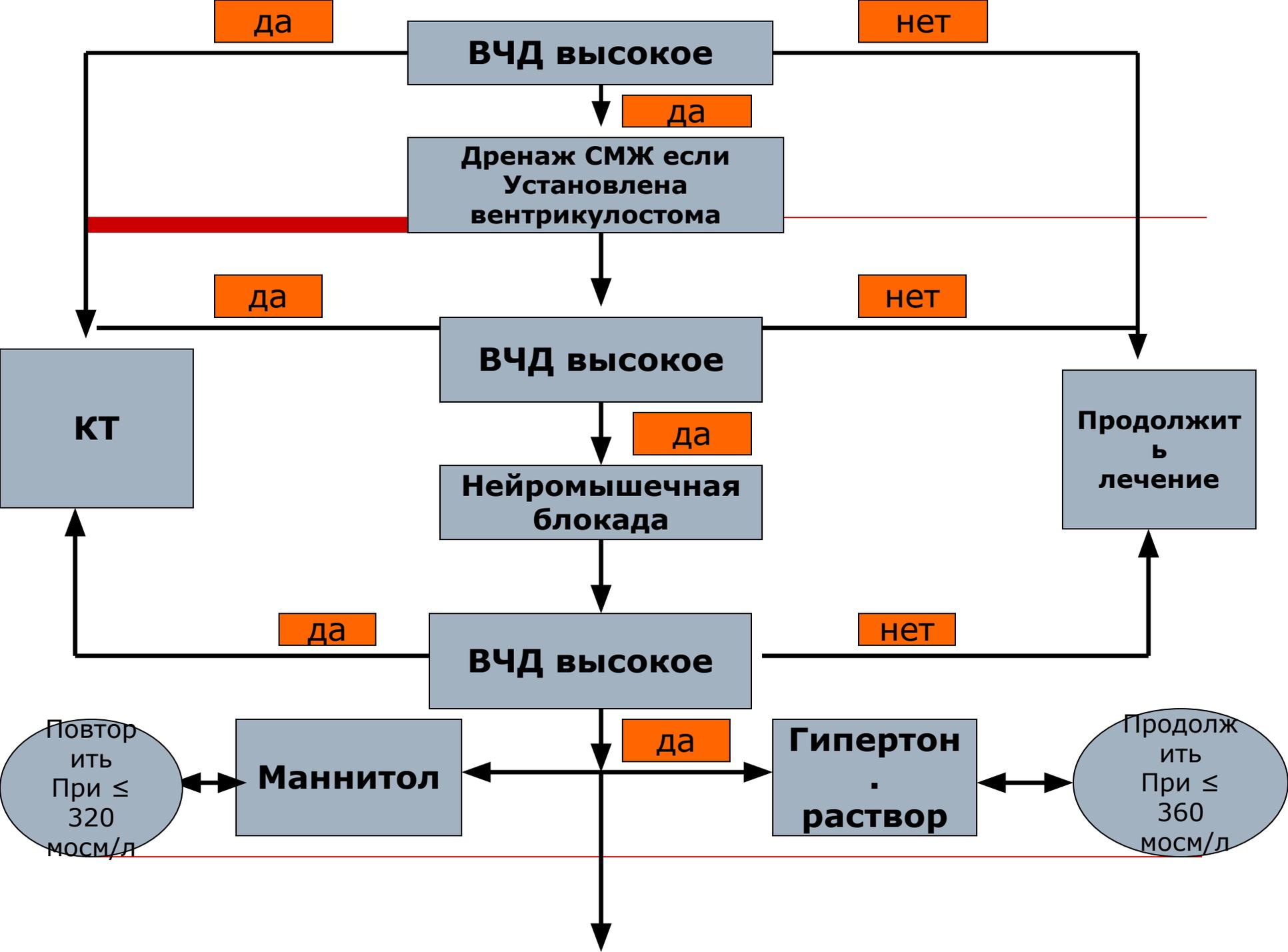
- Тяжелая ЧМТ;
- Рефрактерная к терапии ВЧГ;
- Отсутствие билатерального мидриаза/ШКГ 3 балла/отсутствие ответа на гиперосмолярную терапию/отсутствие базальных цистерн на КТ;
- Срок с момента поступления менее 48 часов.

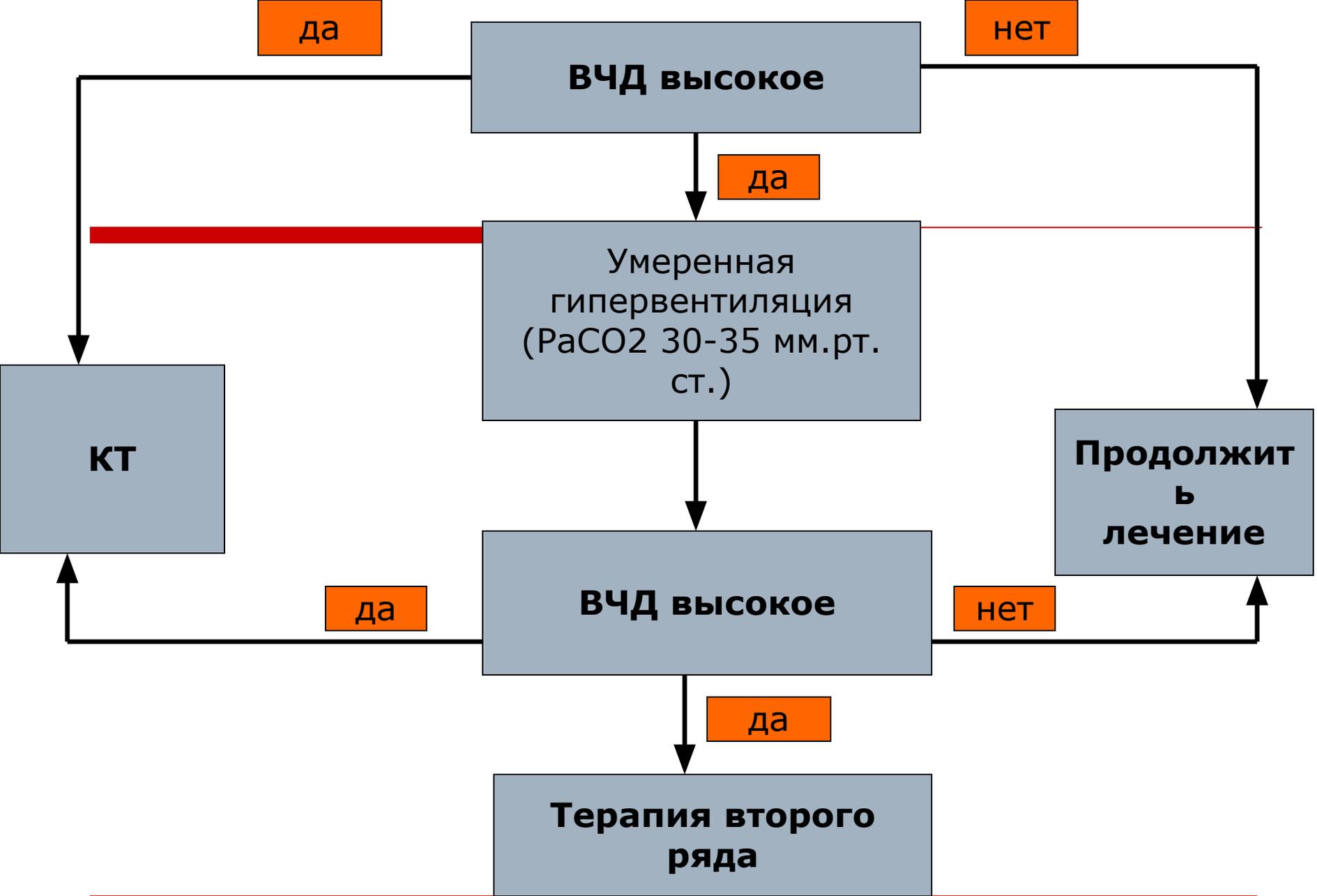
# Использование кортикостероидов при лечении тяжелой ЧМТ у детей.

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** использование стероидов значительно снижает продукцию эндогенного кортизола; использование стероидов значительно увеличивает риск вторичных инфекционных осложнений у детей.
  - **Опции:** использование стероидов не рекомендуется для лечения детей с тяжелой ЧМТ или для снижения ВЧД
-







# Терапия второго ряда

**ВЧД высокое несмотря на терапию первого ряда, отсутствуют хирургические проблемы на КТ**

Работающая вентрикулостома, открытые цистерны на КТ

Очевидная гиперемия, нет ишемии

**LP дренаж**

Сохранный пациент, очевидный отек мозга на КТ

Односторонний

**Односторонняя декомпрессия с дурапластикой**

Активная ЭЭГ, нет противопоказаний к барбитуратам

**Высокие дозы барбитуратов**

Двусторонний

**Двусторонняя декомпрессия с дурапластикой**

Очевидная ишемия

**Гипотермия 32-34 С**

**Гипервентиляция (PaCO<sub>2</sub> < 30 мм.рт.ст.)**

# Нутритивная поддержка

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** недостаточно данных;
  - **Опции:** замещение 130-160% основного обмена; нутритивная поддержка должна начаться через 72 часа после травмы с полным замещением к 7 суткам.
-

# Роль профилактики судорог

---

- **Стандарт:** недостаточно данных;
  - **Руководство:** профилактика поздних посттравматических судорог не рекомендуется у детей с тяжелой ЧМТ.
  - **Опции:** профилактическая терапия ранних посттравматических судорог возможна у маленьких детей с высоким риском судорог в посттравматическом периоде (фенитоин).
-

# Спасибо

