

ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ ЗАКРЫТОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ У ДЕТЕЙ

Тажибоева Шахноза Ануаровна

*Магистрант кафедры детской хирургии,
травматологии, анестезиологии и реаниматологии
Каракалпакского медицинского института*

Бегалиев С.М.

*Научный руководитель, кандидат медицинских
наук, кафедра хирургических болезней и трансплантологии
Каракалпакского медицинского института*

Нурмахова М.М.

*Ассистент кафедры детской хирургии,
травматологии, анестезиологии и реаниматологии
Каракалпакского медицинского института*

Аннотация: В статье представлен обзор современных подходов к интенсивной терапии закрытой черепно-мозговой травмы (ЗЧМТ) у детей. Рассмотрены ключевые аспекты патогенеза вторичного повреждения головного мозга, принципы нейромониторинга, включая измерение внутричерепного давления и церебрального перфузионного давления, а также методы базисной и дифференцированной интенсивной терапии. Проанализированы современные клинические рекомендации по применению гиперосмолярной терапии, седации, искусственной вентиляции легких, гипотермии, барбитуратов и декомпрессивной краниэктомии. Особое внимание уделено нутритивной поддержке и профилактике вторичных повреждений. Описаны пороговые значения целевых показателей гемодинамики и оксигенации, ассоциированные с благоприятным исходом. Статья предназначена для врачей анестезиологов-реаниматологов, нейрохирургов и неврологов.

Ключевые слова: закрытая черепно-мозговая травма, дети, интенсивная терапия, внутричерепное давление, нейромониторинг, гиперосмолярная терапия, церебральное перфузионное давление

BOLALARDA YOPIQ BOSH MIYA JAROHATINI INTENSIV DAVOLASH

Tajibayeva Shaxnoza Anuarovna

*Qoraqalpog'iston tibbiyot instituti bolalar xirurgiyasi, travmatologiya,
anesteziologiya va reanimatologiya kafedrası magistranti*

Begaliev S.M.

Ilmiy rahbar, Qoraqalpog'iston tibbiyot instituti xirurgik kasalliklar va transplantologiya kafedrası t.f.n.

Nurmaxova M.M.

Qoraqalpog'iston tibbiyot instituti bolalar xirurgiyasi, travmatologiya, anesteziologiya va reanimatologiya kafedrası asistendi

Annotatsiya: Ushbu maqolada bolalarda yopiq bosh miya jarohatini intensiv davolashning zamonaviy yondashuvlari ko'rib chiqilgan. Bosh miyaning ikkilamchi shikastlanish patogenezining asosiy jihatlari, neyromonitoring tamoyillari (shu jumladan intrakranial bosim va miya perfuzion bosimini o'lchash), shuningdek bazis va differensial intensiv terapiya usullari tahlil qilingan. Giperosmolyar terapiya, sedatsiya, sun'iy o'pka ventilyatsiyasi, gipotermiya, barbituratlar va dekompressiv kraniektomiyani qo'llash bo'yicha zamonaviy klinik tavsiyalar ko'rib chiqilgan. Nutritiv qo'llab-quvvatlash va ikkilamchi shikastlanishlarning oldini olishga alohida e'tibor qaratilgan. Qon aylanish va oksigenatsiyaning maqsadli ko'rsatkichlari uchun qulay natija bilan bog'liq chegara qiymatlari tavsiflangan. Maqola anesteziolog-reanimatologlar, neyroxirurglar va nevrologlar uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: yopiq bosh miya jarohati, bolalar, intensiv terapiya, intrakranial bosim, neyromonitoring, giperosmolyar terapiya, miya perfuzion bosimi

INTENSIVE CARE FOR CLOSED CRANIOCEREBRAL TRAUMA IN CHILDREN

Tajibayeva Shakhnoza Anuarovna

Master's student of the Department of pediatric surgery, traumatology, anesthesiology and resuscitation of the Karakalpak Medical Institute

Begaliev S.M.

Scientific supervisor, Candidate of Medical Sciences, Department of Surgical Diseases and Transplantology, Karakalpak Medical Institute

Nurmakhova M.M.

Assistant of the Department of Pediatric Surgery, Traumatology, Anesthesiology and Resuscitation of the Karakalpak Medical Institute

Abstract: This article presents a review of current approaches to intensive care of closed traumatic brain injury (TBI) in children. Key aspects of the pathogenesis of secondary brain injury, principles of neuromonitoring including intracranial pressure and cerebral perfusion pressure measurement, as well as methods of basic and differentiated intensive care are discussed. Current clinical guidelines on the use of hyperosmolar therapy, sedation, mechanical ventilation, hypothermia, barbiturates, and decompressive craniectomy are analyzed. Special attention is paid to nutritional support and prevention of secondary injuries. Threshold values of target hemodynamic and oxygenation parameters associated with favorable outcomes are described. The article is intended for anesthesiologists-intensivists, neurosurgeons, and neurologists.

Key words: closed traumatic brain injury, children, intensive care, intracranial pressure, neuromonitoring, hyperosmolar therapy, cerebral perfusion pressure

1.1 Актуальность и особенности закрытой черепно-мозговой травмы в детском возрасте

Закрытая черепно-мозговая травма у детей представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современной нейрореаниматологии, что обусловлено высокой частотой встречаемости данной патологии и значительным уровнем инвалидизации среди пострадавших. По оценкам исследователей, ежегодно в Соединенных Штатах регистрируется более 1,7 миллиона случаев ЧМТ у взрослых и детей, причем примерно 30% из них приходится на возрастную группу младше 14 лет [3]. В структуре детского травматизма повреждения головного мозга занимают лидирующие позиции как причина смертности и стойкой утраты трудоспособности. Летальность среди детей с тяжелой формой травмы варьирует в различных регионах от 12 до 30% и выше [8].

Важнейшей особенностью детского возраста является незавершенность процессов миелинизации и формирования нейрональных связей, что обуславливает как определенную пластичность нервной системы, так и повышенную чувствительность к гипоксически-ишемическим воздействиям. Кроме того, у детей до двух лет наличие открытых родничков и податливых швов черепа создает особые условия для компенсации повышения внутричерепного давления, что может маскировать клинические проявления внутричерепной гипертензии [5].

Основной парадигмой лечения тяжелой закрытой ЧМТ в педиатрической практике является предотвращение вторичного повреждения головного мозга. Общеизвестно, что, хотя значительная часть деструктивных изменений в нервной ткани происходит в момент травматического воздействия, вторичные патологические процессы поддаются коррекции при условии своевременного и адекватного медицинского вмешательства [3,6].

1.2 Патогенез и метаболические последствия вторичного повреждения головного мозга при ЧМТ у детей

В основе патогенеза вторичного повреждения головного мозга при закрытой ЧМТ лежит каскад сложных взаимообусловленных процессов, включающих ишемию, окислительный стресс, эксайтотоксичность, воспалительную реакцию и апоптоз. Ведущими факторами, усугубляющими течение травматической болезни, являются артериальная гипотензия и гипоксемия, которые достоверно ассоциированы с неблагоприятными исходами [1]. В связи с этим первоочередной задачей интенсивной терапии является поддержание адекватной оксигенации и системной гемодинамики [3].

После первичного повреждения ствола головного мозга или развития вторичного его поражения с гипертензионно-дислокационным синдромом возникает порочный круг, в котором повышение внутричерепного давления ведет к снижению церебрального перфузионного давления и дальнейшей ишемии нейронов. Купирование дислокационного синдрома требует незамедлительного проведения интенсивной терапии [9].

Современная концепция закрытой ЧМТ рассматривает ее как пусковое звено синдрома гиперметаболизма-гиперкатаболизма, при котором уже в первые сутки после травмы наблюдается значительный рост энергетических потребностей организма на фоне нарастания отрицательного азотистого баланса, гипопротеинемии, гипотрансферинемии и дислипидемии. Это диктует необходимость ранней и адекватной нутритивной поддержки [10].

1.3 Современные аспекты нейромониторинга при тяжелой черепно-мозговой травме у детей

Мониторинг внутричерепного давления. Контроль внутричерепного давления является краеугольным камнем интенсивной терапии тяжелой закрытой ЧМТ у детей. Установка интравентрикулярного или паренхиматозного датчика позволяет не только оценивать абсолютные величины ВЧД, но и рассчитывать церебральное перфузионное давление (ЦПД = среднее артериальное давление — ВЧД). Мультидисциплинарная группа экспертов, выполнившая всесторонний анализ литературы по данной проблеме, разработала четырнадцать рекомендаций, основанных на принципах доказательной медицины, которые охватывают девять ключевых тем, включая применение нейромониторинга при тяжелой ЧМТ у детей [2].

Пороговые значения ВЧД, ассоциированные с неблагоприятным прогнозом, в педиатрической популяции требуют дальнейшего уточнения. По данным ретроспективного анализа 50 детей с тяжелой ЧМТ, поступление пациентов в отделение реанимации с последующим мониторингом ВЧД позволило выявить связь между эпизодами повышения ВЧД (более 20 мм рт. ст.

продолжительностью 7 минут и более) и неблагоприятным исходом [7]. Важно подчеркнуть, что не только абсолютные значения ВЧД, но и динамика данного показателя имеет прогностическое значение: более низкие минимальные часовые и среднесуточные значения ВЧД предсказывают благоприятные функциональные исходы по расширенной шкале исходов Глазго [4].

Мультимодальный нейромониторинг. Несмотря на то что мониторинг ВЧД остается «золотым стандартом» в остром нейрокритическом периоде, в последние годы все большее распространение получает мультимодальный подход, включающий дополнительное измерение тканевого напряжения кислорода в головном мозге. Проспективные исследования показали, что увеличение количества эпизодов гипоксии мозговой ткани (снижение $PbtO_2$ ниже 15 или 20 мм рт. ст.) ассоциировано с более длительным пребыванием в отделении реанимации, увеличением продолжительности искусственной вентиляции легких и менее благоприятными функциональными исходами через 6 месяцев после травмы. При этом выявлена слабая отрицательная корреляционная связь между значениями ВЧД и $PbtO_2$, что подчеркивает важность сочетанного применения инвазивных методов нейромониторинга у педиатрических пациентов с тяжелой ЧМТ [4]. Кроме того, перспективным направлением является оценка реактивности мозгового сосудистого русла — индекса реактивности давления. Открытый алгоритм для вычисления данного показателя позволяет определять оптимальное церебральное перфузионное давление индивидуально для каждого пациента. Исследования показывают, что средние и медианные значения индекса реактивности давления, а также эффективность определения оптимального ЦПД ассоциированы с неблагоприятным исходом, причем пороговые значения индекса реактивности 0,0, 0,20, 0,25 и 0,30 дают отношение шансов 1,01. Количество времени, проведенного с нарушенной ауторегуляцией, также коррелирует с исходом заболевания [7].

1.4 Интенсивная терапия и хирургическое лечение тяжелой черепно-мозговой травмы у детей

Гиперосмолярная терапия. Снижение внутричерепного давления с помощью гиперосмолярных агентов остается одним из основных методов лечения внутричерепной гипертензии. Хотя традиционно применяемый маннитол имеет ряд ограничений при длительном использовании, в клинических рекомендациях подчеркивается, что терапия ЧМТ должна быть сосредоточена на контроле ВЧД с использованием осмотических препаратов [5]. При этом необходимо помнить, что результаты большинства исследований получены преимущественно у взрослых пациентов, и их экстраполяция на детскую популяцию требует осторожности [1].

Седация и аналгезия. Адекватная седация и аналгезия являются обязательными компонентами интенсивной терапии, направленными на снижение метаболических потребностей головного мозга и профилактику психомоторного возбуждения. Рекомендации по применению седативных средств и нейромышечных блокаторов разработаны в рамках второго издания гайдлайнов по ведению тяжелой ЧМТ у детей. Выбор конкретных препаратов должен учитывать их влияние на внутричерепное давление и церебральную гемодинамику [5].

Барбитуровая кома. У пациентов с рефрактерной внутричерепной гипертензией, не поддающейся коррекции стандартными методами первой линии, рассматривается возможность применения высоких доз барбитуратов. Механизм действия данной группы препаратов связан с подавлением электрической активности нейронов и снижением метаболических потребностей мозга, что способствует уменьшению внутричерепного объема. Применение барбитуратов относится ко второй линии терапии и требует тщательного мониторинга гемодинамики, так как данные препараты обладают выраженным отрицательным инотропным и вазодилатирующим эффектами [5].

Инфузионная терапия и вазопрессорная поддержка. Поддержание адекватного церебрального перфузионного давления является приоритетной задачей. Целевой уровень ЦПД у детей с тяжелой ЧМТ, по данным литературы, должен поддерживаться на уровне не ниже 40 мм рт. ст., что коррелирует с адекватным насыщением кислородом ткани мозга ($P_{btO_2} \geq 15-20$ мм рт. ст.). При недостаточной эффективности инфузионной терапии для достижения целевого среднего артериального давления применяются вазоактивные препараты [4].

Стероиды и гипотермия. В отличие от взрослой популяции, применение кортикостероидов при тяжелой ЧМТ у детей не рекомендовано из-за отсутствия доказательств эффективности и потенциальных рисков. Терапевтическая гипотермия в настоящее время рассматривается как метод второй линии терапии, эффективность которого требует дальнейшего изучения в педиатрической практике. Исследования *in vitro* указывают на потенциальную пользу умеренной гипотермии, однако клинические данные остаются противоречивыми [1].

Респираторная поддержка. У пациентов с тяжелой закрытой ЧМТ респираторная поддержка направлена на профилактику гипоксемии, которая является одним из ключевых факторов вторичного повреждения головного мозга. Однако при этом необходимо избегать чрезмерной гипервентиляции, так как избыточное снижение парциального давления углекислого газа вызывает церебральную вазоконстрикцию и может усугубить ишемию. Длительная и чрезмерная гипервентиляция ассоциируется с неблагоприятными исходами [3]. Продленная гипервентиляция теперь рассматривается как метод второй линии,

применяемый только при неэффективности других способов контроля ВЧД [5]. Увеличение количества эпизодов внутричерепной гипертензии (ВЧД ≥ 20 мм рт. ст.) ассоциировано с более длительным пребыванием в стационаре и в отделении реанимации, а также с увеличением продолжительности инвазивной вентиляции легких [4].

Хирургические методы лечения

При развитии рефрактерной внутричерепной гипертензии, резистентной к медикаментозной терапии, рассматривается вопрос о выполнении декомпрессивной краниэктомии. Данное оперативное вмешательство направлено на увеличение интракраниального пространства путем удаления части костей свода черепа с последующей пластикой твердой мозговой оболочки. Декомпрессивная трепанация черепа относится к методам второй линии и применяется у пациентов с клиническими и инструментальными признаками дислокации стволовых структур [8]. Ключевым моментом успеха хирургического пособия является своевременность его выполнения: у пострадавших с первичной травмой ствола мозга и выраженными признаками гипертензионно-дислокационного синдрома, а также у пациентов с вторичным повреждением мозга вследствие развития гипертензионно-дислокационного синдрома III степени, своевременно произведенное оперативное вмешательство наряду с адекватной интенсивной терапией позволяет не только сохранить жизнь, но и вернуть пациентов к активной жизни [9]. К дополнительным хирургическим методам относятся наложение наружных вентрикулярных дренажей для активного оттока ликвора и, в отдельных случаях, установка люмбальных дренажей (при отсутствии признаков дислокации и окклюзионной гидроцефалии) [5].

Нутритивная поддержка. Как уже отмечалось, закрытая черепно-мозговая травма запускает каскад катаболических реакций, требующих своевременной и адекватной коррекции. Повреждающее действие гипоксии и ишемии усугубляется быстрым истощением энергетических субстратов. Комплексная программа терапии данной категории больных с дополнительным энтеральным применением фармаконутриентов (глутамин, омега-3 жирные кислоты) и гиперкалорийной энтеральной смеси, содержащей пищевые волокна, способствует более быстрому купированию синдрома гиперметаболизма-гиперкатаболизма, устранению дефицита энергообразования, восстановлению белкового обмена и функций желудочно-кишечного тракта. Энтеральное питание должно начинаться в максимально ранние сроки, предпочтительно в первые 24-48 часов после травмы [10].

Закключение

Интенсивная терапия закрытой черепно-мозговой травмы у детей представляет собой сложную комплексную задачу, решение которой требует мультидисциплинарного подхода, включающего нейрохирургов, анестезиологов-реаниматологов, неврологов и специалистов по нутритивной поддержке. Несмотря на значительные успехи в понимании патофизиологии вторичного повреждения головного мозга и совершенствование методов нейромониторинга, летальность и частота инвалидизации среди детей с тяжелой ЧМТ остаются высокими [6].

Основой успешного лечения является своевременное выявление и коррекция вторичных повреждающих факторов (гипоксия, гипотензия), адекватный контроль внутричерепного давления и церебрального перфузионного давления с применением современных методов нейромониторинга, включая мультимодальный подход с измерением тканевого напряжения кислорода. Выбор терапии — от базовых мероприятий (седация, гиперосмолярные препараты, ИВЛ) до методов второй линии (барбитураты, гипотермия, декомпрессивная краниэктомия) — должен основываться на клинической картине, данных нейровизуализации и результатах нейромониторинга.

Важным резервом улучшения исходов является раннее начало нутритивной поддержки с включением фармаконутриентов, что позволяет предотвратить развитие синдрома гиперметаболизма-гиперкатаболизма и способствует восстановлению неврологических функций. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию индивидуального подхода к каждому пациенту на основании персонифицированных целевых показателей церебральной ауторегуляции и гемодинамики.

Список использованной литературы:

1. Bhalla T, et al. Perioperative management of the pediatric patient with traumatic brain injury. Paediatr Anaesth. 2012;22(7):627-640. doi:10.1111/j.1460-9592.2012.03842.x
2. Carlotti APCP, et al. Management of severe traumatic brain injury in pediatric patients: an evidence-based approach. Neurol Sci. 2025;46(2):969-991. doi:10.1007/s10072-024-07849-2
3. Fairbrother H, et al. Severe traumatic brain injury in children: an evidence-based review of emergency department management. Pediatr Emerg Med Pract. 2024;21(Suppl 6):1-48
4. Lang SS, et al. Invasive brain tissue oxygen and intracranial pressure (ICP) monitoring versus ICP-only monitoring in pediatric severe traumatic brain injury. J Neurosurg Pediatr. 2022. doi:10.3171/2022.3.PEDS21420

5. Madikians A, Giza CC. Treatment of traumatic brain injury in pediatrics. Curr Treat Options Neurol. 2009;11(6):393-404. doi:10.1007/s11940-009-0044-2
6. Tulipan N. Pediatric head injury. Indian J Pediatr. 1998;65(4):503-512. doi:10.1007/BF02730881
7. van Twist E, et al. An open source autoregulation-based neuromonitoring algorithm shows PRx and optimal CPP association with pediatric traumatic brain injury. J Clin Monit Comput. 2024. doi:10.1007/s10877-024-01248-w
8. Клинические рекомендации «Черепно-мозговая травма у детей». Одобрены Минздравом России. 2022. ID: 493
9. Касумов В.Р., Джабарова Л.Б., Руслякова И.А. Интенсивная терапия острого периода тяжелой черепно-мозговой травмы. 2014
10. Сабиров Д.М., Хайдарова С.Э. Нутритивная поддержка в интенсивной терапии больных с закрытой черепно-мозговой травмой. Республиканский центр экстренной медицинской помощи г. Ташкента. 2016-2018