

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения
Российской Федерации.

Кафедра педиатрии ИПО

Зав. кафедрой: д.м.н, проф. Таранушенко Т.Е.

Проверила: к.м.н., асс. Анциферова Е.В.

Реферат

На тему: «Влияние внешних факторов на гемодинамику детей с экстремально
низкой массой тела»

Выполнил: врач-ординатор

Юлдашева У.М.

г. Красноярск, 2020 год

Содержание

Введение	3
1 Физиология развития сердечно-сосудистой системы	5
1.1 Доставка и потребление кислорода	5
1.2 Переходная циркуляция у недоношенных детей.....	6
2 Факторы, влияющие на артериальное давление у недоношенных детей	9
3 Особенности неинвазивного мониторинга газового состава крови у детей с экстремально низкой массой тела	17
3.1 Пульсоксиметрия.....	18
3.2 Мониторинг CO ₂ в конце выдоха (EtCO ₂) — капнография	19
3.3 Транскутанный мониторинг pO ₂ и pCO ₂	20
3.4 Метаболический коррекционный фактор	22
3.5 Расположение датчиков у новорожденных.....	22
Заключение	24
Список использованной литературы.....	25

Введение

Сердечно-сосудистая система плода адаптирована к внутриутробному развитию. Среда, которая является постоянной и стабильной, и плацента с низким сопротивлением являются ключевой частью гемодинамического равновесия. Детерминанты сердечного выброса поддерживаются в равновесии без вмешательства внешних факторов.

Послеродовые факторы, которые могут влиять на сердечно-сосудистую функцию ребенка с экстремально низкой массой тела, включают перинатальную асфиксию, сепсис, респираторную поддержку с положительным давлением, различные уровни углекислого газа и время пережатия пуповины. В течение непосредственного переходного периода эти факторы могут изменять преднагрузку и изменять постнагрузку во время быстрого перехода от кровообращения плода, характеризующегося низким системным сосудистым сопротивлением, к постнатальному кровообращению новорожденного с более высоким периферическим сосудистым сопротивлением [3].

Поддержание гомеостаза кровообращения у новорожденных, особенно у детей с экстремально низкой массой тела, является реальной проблемой из-за сложной физиологии во время постнатального перехода и присущей незрелости сердечно-сосудистой системы и других соответствующих органов.

Известно, что нарушение функции сердечно-сосудистой системы в течение периода новорожденности связано с повышенным риском тяжелой заболеваемости и смертности. Следовательно, важно понимать функциональные и структурные характеристики неонатального кровообращения, поскольку терапевтические гемодинамические вмешательства должны основываться на предполагаемой патофизиологии. Клиническая оценка системного кровотока по косвенным параметрам, таким как артериальное давление, время наполнения капилляров, частота сердечных сокращений, мочеиспускание и центрально-периферическая разница температур, является неточной.

Поскольку кровяное давление не является суррогатом для клинической оценки системного кровотока, информация о сердечном выбросе и системном

сосудистом сопротивлении должна быть получена в сочетании с оценкой перфузии конечного органа.

Точные и надежные системы гемодинамического мониторинга необходимы для выявления неадекватной перфузии и оксигенации тканей на ранней стадии, прежде чем это приведет к необратимому повреждению. Кроме того, гемодинамический ответ на начатое лечение следует регулярно оценивать, так как изменения сердечно-сосудистой функции могут происходить быстро [11].

1 Физиология развития сердечно-сосудистой системы

1.1 Доставка и потребление кислорода

Основной целью кровотока является доставка кислорода и питательных веществ в клетки для удовлетворения их метаболических потребностей и удаление углекислого газа. Существует сложное взаимодействие между кровяным давлением, системным кровотоком и системным сосудистым сопротивлением, которое регулируется вегетативной центральной нервной системой (продолговатый мозг), периферической нервной системой, сердечно-сосудистой системой (барорецепторы и хеморецепторы) и эндокринными механизмами.

Количество кислорода, необходимое для тканей, зависит от функционального состояния клеток. Кроме того, определенные органы - мозг, сердце, надпочечники и кора почек - имеют постоянно высокие потребности в кислороде, в то время как другие органы, такие как селезенка и кожа, могут нормально функционировать при меньшем количестве кислорода. Желудочно-кишечный тракт и скелетные мышцы имеют различные потребности в кислороде. Нейроэндокринные и местные сосудистые механизмы регулируют перфузию тканей в компенсированной фазе шока [11].

Кровоток к жизненно важным органам (через высокоприоритетные сосуды) затем сохраняется путем локальной вазодилатации, тогда как сосудистая сеть неживых органов (через сосуды с низким приоритетом), как правило, сужаются, чтобы перераспределить кровь главным образом из сосудистой сети. Последнее может быть предрасполагающим фактором для развития некротического энтероколита. На этом этапе нормальное кровяное давление сохраняется. Когда этот компенсаторный механизм выходит из строя, возникает гипотензия и дальнейшее уменьшение кровотока в органах, что приводит, в конечном итоге, к гибели клеток. Если не лечить рано, недостаточность кровообращения приведет к недостаточности органов и увеличению риска заболеваемости и смертности. За исключением изменения уровня кислорода, хеморецепторы также чувствительны к изменению уровня углекислого газа в крови, что приводит к локальным

изменениям кровотока. Особенно у критически больных вентилируемых (недоношенных) детей профилактика гипер- и гипоксии имеет важное значение, так как гиперкапния может привести к гиперперфузии головного мозга [11].

Связь между доставкой кислорода тканям и потреблением кислорода является двухфазной. В обычных условиях доставка O_2 перевешивает потребление. Увеличение потребления будет компенсировано увеличением поглощения кислорода в легких у пациентов со здоровыми легкими. В этом случае потребление может быть удвоено без увеличения сердечного выброса. У больных с экстремально низкой массой тела с респираторным и сердечно-сосудистым нарушением снижение доставки кислорода компенсируется увеличением выделения кислорода, позволяющим сохранить уровень потребления. Считается, что увеличение выделения кислорода является результатом рекрутирования капилляров, тем самым увеличивая поверхность для пассивной диффузии кислорода.

Таким образом, экстракция кислорода может быть увеличена с $\pm 30\%$ при нормальных условиях до 50–60%, когда доставка кислорода ограничена. Эти компенсаторные механизмы очень важны для новорожденных. Однако следует отметить, что в исследованиях на животных, а также у плодов с ограниченным ростом и детей с экстремально низкой массой тела было показано, что высокоприоритетное назначение сосудов переднего мозга является неполным при рождении и, следовательно, реагирует вазоконстрикцией при уменьшении перфузии. В некоторой критической точке это отношение извлечения кислорода, определяемое как потребление/доставка кислорода - является максимальным, и дальнейшее снижение доставки кислорода приведет к снижению доступности кислорода и, следовательно, к потреблению кислорода (зависимость от доставки кислорода), что приведет к анаэробному метаболизму [11].

1.2 Переходная циркуляция у недоношенных детей

У недоношенных детей часто отсутствует полное закрытие обоих плодных связей, вероятно, из-за незрелости вовлеченных структурных механизмов. Постоянство каналов плода в условиях снижения легочного давления приводит к

тому, что кровь преимущественно течет из аорты в легочную артерию, что приводит к относительной потере крови из системного кровообращения и перегрузке легочного кровообращения. Миокард пытается компенсировать это путем увеличения общего сердечного выброса. Значительная часть этого увеличенного кровотока проходит через артериальный проток, тем самым увеличивая легочный кровоток. Раннее сужение протока является варибельным, у некоторых детей вскоре после рождения закрытый/маленький артериальный проток, в то время как у других происходит первоначальное сужение, за которым следует увеличение размера протока, а у других наблюдается постоянный большой артериальный проток без каких-либо признаков какого-либо раннего сужения. У детей с более открытым артериальным протоком и снижением давления в легких может наблюдаться быстрое увеличение протокового шунта, в результате чего легочный кровоток в два раза превышает сердечный выброс в первые несколько часов после рождения. Чрезмерный легочный кровоток может иметь клинические последствия, которые включают в себя снижение системного кровяного давления и кровотока, увеличение вентиляционных требований или даже легочный геморрагический отек и, в конечном итоге, легочное кровотечение [3,8,9].

Желудочковая систолическая функция определяется преднагрузкой (заполнение желудочка кровью до сокращения), сократительной способностью (внутренняя способность волокон миокарда сокращаться) и постнагрузкой (комбинированное сопротивление крови, стенок желудочка и сосудистых русел). м Миокард у недоношенных детей менее зрелый, чем у доношенных, с гистологическими различиями, включая меньшее количество митохондрий и, следовательно, меньший запас энергии. Это приводит к ограничению способности реагировать на изменения компонентов сердечного выброса, в частности постнагрузку. Миокард недоношенного ребенка обладает пониженной способностью реагировать на стресс послеродового периода, включая повышение периферического сосудистого сопротивления или постнагрузки с небольшими изменениями, имеющими глубокие последствия, особенно в условиях неадекватной предварительной нагрузки или нарушения сократимости. Подача

кислорода в первую очередь связана с кислородосодержащей способностью крови, содержанием кислорода и объемом кровотока, доставляемого в орган, и это может быть неадекватным при наличии сердечно-сосудистых нарушений [1,3,5].

2 Факторы, влияющие гемодинамику у детей с экстремально низкой массой тела

Артериальное давление является продуктом сердечного выброса и периферического сосудистого сопротивления. Основное влияние на сердечный выброс оказывают преднагрузка или объем крови и сократимость миокарда. Сопротивление периферических сосудов определяется тонусом сосудов, который при наличии неограниченного артериального протока включает в себя не только системное сопротивление периферических сосудов, но и сопротивление легочных сосудов. Инфаркт сократимости трудно оценить у новорожденных с помощью эхокардиографии, но эхокардиографическая мера фракционного укорочения отрицательно влияет на асимметрию желудочков, вызванную внутриутробным доминированием правого желудочка. Новые методы, такие как тканевая доплерография, могут преодолеть эти ограничения [1].

У недоношенных новорожденных с закрытым артериальным протоком в течение первых 24–48 ч связь между средним кровяным давлением и сердечным выбросом плохая. Многие недоношенные дети с гипотензией имеют нормальный или высокий выход из левого желудочка, что компенсирует снижение системного артериального давления. Одной из причин этого кажущегося парадокса является наличие гемодинамически значимого артериального протока, который вызывает увеличение выхода левого желудочка, а также вызывает снижение общего системного сосудистого сопротивления. Изменения периферического сосудистого сопротивления могут вызвать изменение основного сердечного выброса, которое не влияет на кровяное давление. Это явление позволяет двум детям с одинаковым артериальным давлением иметь заметно различающиеся сердечные выбросы.

- Гестационный возраст и постнатальный возраст

Все публикации, основанные на данных о кровяном давлении, показывают, что гестационный возраст сильно влияет на кровяное давление, причем у самых недоношенных детей в первый день жизни отмечается самый низкий показатель среднего кровяного давления. Аналогичным образом, номограммы артериального

давления показывают значительное влияние постнатального возраста на артериальное давление с прогрессирующим увеличением среднего кровяного давления каждый постнатальный день. Вероятно, это связано с изменениями тонуса сосудов, опосредованными медиаторами гуморальной и симпатической нервной системы, в дополнение к созреванию миокарда новорожденного так, что он может лучше реагировать на постнагрузку [1].

- Потеря крови

Острая кровопотеря у недоношенных детей может возникнуть в результате внутриутробных событий, таких как кровоизлияние в матку, кровоизлияние в послеродовой период, синдром трансфузии близнецов или постнатально из большой подкожной гематомы или кровоизлияния в орган, таких как печень и мозг. Острая кровопотеря может привести к значительной гипотонии, но из-за непосредственных компенсаторных механизмов сердечно-сосудистой системы эти эффекты могут быть отсрочены и присутствовать только тогда, когда происходит фаза декомпенсации [3].

- Сроки зажима пуповины

Одним из первых стандартных акушерских маневров после родов недоношенного ребенка является зажим пуповины. Значительный объем плацентарной крови плода остается в плаценте сразу после рождения. Появляется все больше доказательств того, что отсроченное пережатие пуповины в связи с инфляцией в легких, спонтанным или инициированным уходом, полезно для младенца, особенно для недоношенных. Эта практика позволяет лучше поддерживать предварительную нагрузку и направлять дополнительный объем крови на недоношенного новорожденного [5,7,10]. В зависимости от клинической практики объем переливания плаценты измеряется на уровне около 12–15 мл / кг у недоношенных новорожденных. Однако, когда предполагаемый объем крови новорожденных после отсроченного пережатия пуповины экстраполируется из объема крови, измеренного через ~ 30 минут постнатальной жизни, предполагаемый объем переливания плаценты значительно выше как у доношенных, так и недоношенных детей. Результаты метаанализа позволяют

предположить, что отсроченное пережатие пуповины у недоношенных детей улучшает краткосрочные результаты: снижение частоты позднего сепсиса, меньшее количество переливаний крови, улучшение системного артериального давления и уменьшение использования вазопрессор-инотропов и, что самое важное, значительно более низкая частота пери/внутрижелудочковых кровоизлияний. В 2012 году практика задержки зажима пуповины у недоношенных детей впервые была поддержана Американским колледжем акушеров и гинекологов и одобрена Американской академией педиатрии [12].

Потенциально вредные сердечно-сосудистые эффекты немедленного пережатия пуповины включают в себя: окклюзию пупочной вены с резким падением венозного возврата правого желудочка и, таким образом, преднагрузкой на 40–50%, и окклюзию пупочной артерии, приводящую к устранению притока крови к плацентарному кровообращению с низким сопротивлением, что, в свою очередь, приводит к немедленному увеличению постнагрузки желудочков. Как уменьшение преднагрузки, так и увеличение постнагрузки негативно влияют на сократимость миокарда и объем сердечной деятельности. У недоношенных детей с ограниченным сердечным резервом гемодинамика резко изменяется после немедленного пережатия пуповины, что оказывает негативное влияние на послеродовую адаптацию кровообращения. Действительно, недоношенные дети после немедленного пережатия пуповины имеют более низкий выход правого желудочка и более низкий объем по сравнению с недоношенными детьми с задержкой пережатия пуповины или доением пуповины в течение первых 48 часов постнатальной жизни. Кроме того, у недоношенных детей с задержкой пережатия пуповины или доением пуповины регионарное насыщение головного мозга кислородом выше в первые 24–36 часов жизни по сравнению с немедленным пережатием пуповины. Наконец, как и упоминалось ранее, недоношенные дети, которые подвергаются отсроченному пережатия пуповин или пупочного канатика имеют более высокое начальное среднее кровяное давление и требуют меньше использования вазопрессоров или их объема [6]. Хотя эти результаты обнадеживают, их точные клинические последствия, а также влияние на

краткосрочные и долгосрочные результаты еще предстоит исследовать в рандомизированных контролируемых исследованиях [12].

Интересно, что у новорожденных с удушьем переливание крови в плаценту происходит внутриутробно, так как объем их крови выше, чем у новорожденных без асфиксии, родившихся после немедленного пережатия пуповины. Однако необходимы дополнительные исследования, чтобы определить роль физиологического пережатия пуповины у недоношенных новорожденных, у которых наблюдается удушение и которые требуют немедленной реанимации [12].

- Вентиляция с положительным давлением

Многие недоношенные дети подвергаются респираторной поддержке с положительным давлением в первые постнатальные дни, хотя наблюдается постепенное сокращение использования искусственной вентиляции легких, особенно в качестве раннего лечения первой линии. Положительное давление в конце выдоха часто используется для уменьшения ателектаза, вызванного коллапсом нестабильных альвеол, когда отсутствует сурфактант, особенно у менее зрелых детей. Функциональность может быть нарушена снижением предварительной нагрузки из-за снижения системного или венозного возврата и / или прямого сжатия камер сердца, что также приводит к уменьшению ударного объема или увеличению постнагрузки. В клинических исследованиях артериального давления и кровотока среднее давление в дыхательных путях оказывает последовательно отрицательное влияние как на среднее кровяное давление, так и на сердечный выброс. Более поздние клинические исследования не смогли продемонстрировать клинически значимое снижение кровотока в обычном диапазоне поддержки давления [3].

- Перинатальная асфиксия

Помимо незрелости миокарда в развитии другие факторы способствуют дисфункции миокарда у недоношенных и доношенных новорожденных. Гипоксическое поражение при перинатальной асфиксии может оказать негативное влияние на сердце новорожденного. Функция сердца снижается с уменьшением ударного объема и сердечного выброса, что приводит к кардиогенному шоку, если

повреждение является серьезным. Серьезность сердечной дисфункции после перинатальной асфиксии коррелирует с повышенными сердечными ферментами.

Следует отметить, что, хотя было показано, что ацидоз отрицательно влияет на функцию миокарда у взрослых людей и на животных, миокард у детей с экстремально низкой массой тела, по-видимому, переносит ацидоз до pH 7,02 без признаков изменения сократительной способности миокарда в течение первых 2 постнатальных недель. Это наблюдение ставит под сомнение традиционный подход к агрессивному лечению ацидоза для предотвращения депрессии миокарда у недоношенных детей. Необходимы дополнительные исследования, чтобы определить, улучшает ли коррекция ацидоза подщелачивающим агентом функцию миокарда в этой популяции [12].

- Сепсис новорожденных или синдром воспалительного ответа плода

Сепсис новорожденных влияет на вазомоторный тонус ребенка, который, если он тяжелый и не компенсирован, отвечает увеличением сердечного выброса и приведет к системной гипоперфузии и шоку. Гистологический хориоамнионит часто встречается при преждевременных родах, особенно у тех, у кого происходит преждевременный разрыв плодного пузыря. Синдром воспалительного ответа плода — это внутриутробное состояние, характеризующееся повышенными провоспалительными цитокинами плода, которое связано с неблагоприятным исходом для новорожденного. В литературе недостаточно данных о влиянии хориоамнионита или синдрома воспалительного ответа плода на функцию миокарда плода. Одно ретроспективное исследование с использованием косвенных доплеровских эхокардиографических маркеров функции и кровотока обнаружило изменение диастолической функции желудочка у плодов с сепсисом, отмеченное более высокой эластичностью левого желудочка по сравнению с плодами без сепсиса. Этот эффект был более выраженным, если культура амниотической жидкости была положительной для микроорганизмов. В другом ретроспективном исследовании у недоношенных детей с гестационным сроком беременности менее 25 недель с гистопатологическим воспалением плаценты или пуповины наблюдалась более высокая частота сердечных сокращений, требовалось больше

инотропов и вазопрессоров, поддерживающие и объемные болюсы в первые 24 часа постнатальной жизни, но имели сходную фракцию выброса по сравнению с недоношенными без синдрома воспалительного ответа. Опять же, необходимы дополнительные исследования для выяснения влияния хориоамнионита или синдрома воспалительного ответа на переходные гемодинамические изменения у недоношенных детей [12].

- Ограничение роста плода

Ограничение роста плода связано с ремоделированием и дисфункцией миокарда. Ремоделирование сердца может быть адаптивной попыткой из-за увеличения плацентарного сопротивления и гипоксии, чтобы доставлять больше насыщенной кислородом крови в мозг и сердце. В самом деле, эхокардиографические исследования плода при ограничении роста плода показывают снижение соответствия желудочков, что указывает на «более жесткий» левый желудочек и результирующую диастолическую дисфункцию. В постнатальном периоде у детей с внутриутробным ограничением роста наблюдается относительно гипертрофированная желудочковая перегородка и дилатация левого желудочка. Концентрация сывороточного мозгового натрийуретического пептида также повышается у детей с внутриутробным ограничением роста в течение первых дней после рождения. В то время младенцы подходящего для гестационного возраста увеличивают сердечный выброс левого желудочка и ударный объем, а также снижают индекс производительности левого миокарда (маркер дисфункции желудочков) и частоту сердечных сокращений в течение первых 5 дней постнатальной жизни, у детей с внутриутробным ограничением роста не наблюдается подобная картина послеродовой адаптации. Вместо этого левый индекс производительности миокарда и ударный объем левого желудочка остаются неизменными, а сердечный выброс поддерживается в основном за счет более высокой общей частоты сердечных сокращений по сравнению с контрольными возрастными, подходящими для беременности. Следовательно, недоношенные дети с внутриутробным ограничением роста

рождаются со сниженным резервом миокарда и демонстрируют ненормальную постнатальную гемодинамическую адаптацию [12].

- Открытый артериальный проток

Классические признаки открытого артериального протока с повышенным пульсовым давлением и свидетельством диастолического стока привели к мнению, что он в основном связан с низким диастолическим артериальным давлением. Тем не менее, некоторые исследования показали, что открытый артериальный проток также может быть связан как с низким диастолическим, так и с низким систолическим артериальным давлением. Таким образом, он является одной из возможных причин системной гипотонии, и его оценка должна быть частью исследования гипотонии в первые дни жизни. Клиническая оценка открытого артериального протока в первые постнатальные дни затруднена, и для ранней диагностики часто требуется УЗИ сердца. Клинические признаки открытого артериального протока, включая систолический шум, пульс большого объема и гипердинамическая прекордия, становятся легко обнаруживаемыми только после 3-го дня постнатальной жизни. Это увеличение шунта слева направо может также приводить к увеличению шунта от системного до легочного, который может проявляться в виде снижения артериального давления и / или объема кровотока даже в первые несколько дней жизни [3,4].

- Массаж и пеленание

Систематическое применение массажа оказывает положительное влияние на центральную нервную и дыхательную системы, кровообращение, активизирует процессы возбуждения, устраняет состояние депрессии, повышает защитные силы и совершенствует все функции незрелого организма. При этом весьма важно развивать основные движения (особенно ползание, повороты, сидение, стояние, ходьбу), а также положительные эмоции, зрение, слух, речь, совершенствовать функции дыхательной, сердечно-сосудистой систем, тренировать органы равновесия (вестибулярный аппарат), мышцы зубочелюстной области [14].

Действие массажа на сердечно-сосудистую систему недоношенных с ОНМТ и ЭНМТ велико: под действием массажа улучшается кровообращение, облегчается

работа левых отделов сердца, улучшается сократительная способность сердечной мышцы. Массаж влияет на частоту сердечных сокращений и нормализует давление, что особенно важно для детей с экстремально низкой массой тела, у которых часто наблюдается гипотония. Массаж также помогает расширять и раскрывать резервные капилляры, ускоряет венозный отток и улучшает газообмен между кровью и тканями, тем самым предотвращая застойные явления в малом и большом кругах кровообращения. Немаловажным для детей с экстремально низкой массой тела является то, что массаж укрепляет иммунную систему, поэтому дети, которым регулярно проводится массаж на первом году жизни реже болеют респираторными вирусными инфекциями [14].

На приспособление к условиям внешней среды, на функции органов дыхания, кровообращения и теплопродукцию новорожденного оказывают положительное влияние спонтанные движения ребенка. Их важно не ограничивать тугим пеленанием и тесной одеждой.

3 Особенности неинвазивного мониторинга газового состава крови у детей с экстремально низкой массой тела

«Золотым» стандартом оценки адекватности вентиляции и уровня оксигенации в клинике интенсивной терапии и реанимации новорожденных является определение газов артериальной крови. Однако существуют ограничения.

Забор артериальной крови может быть болезненной процедурой при чрескожном заборе или отнимает слишком много времени при постановке артериальных линий. Кроме того, на результаты анализа влияет количество гепарина, время, затраченное на забор анализа, возможная гипервентиляция или апноэ из-за боли во время взятия пробы. данные газового состава артериальной крови не могут использоваться для длительного мониторинга [11,13].

Поэтому все более популярными становятся неинвазивные мониторы, позволяющие в реальном масштабе времени контролировать как оксигенацию, так и вентиляцию. Они уменьшили необходимость использования артериальных катетеров, частоту взятия проб капиллярной крови. возможно, самая важная цель в лечении больного новорожденного состоит в том, чтобы гарантировать адекватное поступление кислорода к тканям и органам ребенка. Гипоксия и ишемия столь же опасны для этих пациентов, как и для любых других, хотя новорожденные часто более устойчивы к гипоксии, чем пациенты старшего возраста. в то же время, гипероксия гораздо более опасна для недоношенных новорожденных, чем для старших пациентов. Это связано с недостаточным развитием антиоксидантных систем у недоношенных новорожденных. Как известно, слишком высокое содержание кислорода в крови снижает мозговой кровоток в течение многих часов даже после нормализации кислородного статуса у недоношенных новорожденных. Кроме того, высокий уровень кислорода в артериальной крови токсичен для легких. Немного известно об оптимальных целевых уровнях $pO_2(a)$ и $spO_2(a)$ у новорожденных с высокой концентрацией общего гемоглобина и высоким количеством фетального гемоглобина.

В клиническом, рандомизированном исследовании было показано, что состояние 74% недоношенных новорожденных после рождения может

стабилизироваться без применения дополнительного кислорода. Рутинное назначение кислорода недоношенным новорожденным при рождении заканчивалось значительным снижением - мозгового кровотока, продолжающимся в течение нескольких часов. Кислородный статус новорожденных изменяется очень быстро и, следовательно, адекватный мониторинг – это, по сути, непрерывный мониторинг [11,13].

3.1 Пульсоксиметрия

Пульсоксиметрия – удобный неинвазивный метод мониторинга, дающий непрерывную информацию о насыщении гемоглобина кислородом (SpO_2) и частоте пульса. Однако у этого метода есть существенные недостатки, о которых необходимо помнить. Степень оксигенации крови отражает величина напряжения кислорода в крови $pO_2(a)$. SpO_2 зависит от напряжения кислорода в крови $pO_2(a)$, и эту зависимость определяет кривая диссоциации оксигемоглобина. Нормальные физиологические значения сатурации приходятся на пологую часть этой кривой, поэтому существенные изменения напряжения кислорода сопровождаются лишь незначительным изменением сатурации. другими словами, SpO_2 дает лишь весьма приблизительное представление о концентрации кислорода в крови, что подтверждено обширными клиническими исследованиями [13].

В современных пульсоксиметрах используется алгоритм обработки сигнала Masimo SET, позволяющий нивелировать погрешности, вызванные двигательными артефактами, венозной пульсацией и недостаточной периферической перфузией.

Один из основных недостатков пульсоксиметрии — неспособность адекватно отражать степень гипероксии. Это объясняется тем, что при высоких цифрах paO_2 кривая диссоциации гемоглобина имеет пологий ход. По этой причине показателю $SpO_2 = 95\%$ могут соответствовать значения paO_2 в артериальной крови от 60 мм рт.ст. до 160 мм рт.ст., что потенциально опасно в плане возникновения недиагностированной гипероксии [13].

При интерпретации данных, полученных при пульсоксиметрии, во избежание ошибок, необходимо:

- оценивать данные применительно к конкретной клинической ситуации;
- учитывать вероятные технические артефакты и погрешности;
- обращать внимание на форму плетизмограммы и наличие на ней патологических зубцов и дополнительных волн;
- при несоответствии клинического статуса и показателей прибора определить оксигенацию в артериальной крови инвазивно;
- у пациентов, находящихся в отделениях реанимации в критическом состоянии, пульсоксиметрия не должна оставаться единственным методом для определения оксигенации крови [13].

3.2 Мониторинг CO₂ в конце выдоха (EtCO₂) — капнография

Основной принцип капнографии заключается в том, что молекулы CO₂ поглощают инфракрасное излучение со специфическими длинами волн. Капнограф имеет специальные фотодетекторы, которые настроены на эти волны и позволяют вычислить содержание CO₂ в образце выдыхаемого воздуха.

Этот метод в настоящее время может использоваться даже у недоношенных новорожденных с очень низкой или экстремальной массой тела, поскольку мертвое пространство современных датчиков капнографии уменьшено (0,5 мл). Капнография может использоваться только у новорожденных, не требующих респираторной поддержки или у интубированных пациентов, но не может быть применен у новорожденных на nCPAP. К тому же этот метод не позволяет оценить оксигенацию, так как не измеряет pO₂.

Оценивая форму капнографической волны можно быстро диагностировать гипо- и гипервентиляцию, перегиб или смещение эндотрахеальной трубки, ее обструкцию или отсоединение пациента от респиратора. У неинтубированных новорожденных причиной внезапного исчезновения волны и снижения EtCO₂ до нуля может быть апноэ, поверхностное дыхание (вентиляция мертвого пространства), полная обструкция верхних дыхательных путей, перегиб или смещение назальной канюли.

3.3 Транскутанный мониторинг pO_2 и pCO_2

Транскутанное измерение pO_2 и pCO_2 основано на нагревании кожи под электродом, что увеличивает диффузию газов через неё. Увеличение температуры повышает парциальное давление газов в зависимости от температуры электрода. Электрод измеряет парциальное давление газов в подлежащей ткани, а не парциальное давление газов в артериальной крови [13].

- Транскутанный мониторинг pO_2

Транскутанное pO_2 предоставляет информацию о доставке кислорода к коже. величины зависят не только от артериального кислородного статуса, но также и от состояния периферического кровообращения. У гемодинамически нестабильного пациента $tcpO_2$ отразит изменения циркуляторного статуса. Одна из первых физиологических реакций на нарушение циркуляции – периферическая вазоконстрикция, направленная на поддержание давления крови. Поэтому перфузия кожи часто ставится под угрозу прежде, чем ухудшается кровоснабжение центральных органов.

Снижающиеся в динамике величины $tcpO_2$ — ранние маркеры нарушения циркуляции, приводящие к ухудшению доставки кислорода к тканям [13].

- Транскутанный мониторинг pCO_2

Поскольку различие между артериальными и венозными величинами pCO_2 незначительно и углекислый газ диффундирует через ткани легче, чем кислород, циркуляторный статус оказывает меньшее влияние на $tcpCO_2$, чем на $tcpO_2$. величины $tcpCO_2$, скорректированные на $37^\circ C$ с учетом интенсивности метаболизма, обычно близки к артериальным величинам pCO_2 .

Транскутанный мониторинг $tcpO_2/tcpCO_2$ должен применяться у новорождённых всегда, когда есть риск внезапных изменений вентиляции (pCO_2) или оксигенации (pO_2), например, при следующих состояниях:

- асфиксия, кровоизлияния в герминативный матрикс, менингит или родовая травма;
- респираторный дистресс-синдром;
- персистирующая легочная гипертензия или пневмоторакс;

- проведение заместительной терапии экзогенными сурфактантами;
- проведение новорожденным различных видов искусственной вентиляции и других видов дыхательной поддержки, в том числе назального Срап и неинвазивной искусственной вентиляции легких;
- во время отлучения от вентиляции или изменения ее стратегии;
- после экстубации.
- Особенности практического применения транскутанного мониторинга

Традиционно существует настороженность относительно транскутанных электродов, поскольку они могут вызвать чрезмерное нагревание кожи и ожог, а также некроз вследствие давления на кожу. Эти риски могут быть устранены или минимизированы при использовании следующих советов: чем тоньше кожа (то есть, чем меньше зрелость новорожденного), тем ниже должна быть температура электрода. Например, для взрослых и детей старшего возраста рекомендуется температура электрода 44°C. Температура электрода 43,5°C считается достаточной для доношенных новорожденных, температура 42°C используется, в основном, у недоношенных новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела. Чем ниже температура, тем меньше риск ожога кожи. При более низких температурах электрода потребуется более длительное время для стабилизации показателей, а различие между артериальным и транскутанным парциальным напряжением кислорода будет больше [13].

Необходимо менять расположение электрода каждые 3-4 часа; у пациентов с тонкой, нежной кожей – каждые два часа, возможно, каждый час. Это можно осуществить, если закрепить одновременно два или три фиксирующих кольца на коже ребенка, меняя положение электрода после каждой калибровки. Таким образом, воздействие на кожу будет минимизировано. Однако каждые 12–24 часа фиксирующее кольцо должно быть удалено с кожи, что определяется ее состоянием.

Во время нахождения электрода на коже ребенка не должно быть никакого прямого давления на него. ребенок не должен лежать на электроде. Обе

вышеупомянутые ситуации могут привести к неправильным показаниям электрода и вызвать ожог или некроз кожи.

В редких случаях использование транскутанных мониторов у новорожденных не желательно. К ним относятся некоторые дерматологические проблемы или отек кожи, как, например, при водянке [13].

Таблица 1. Рекомендуемая температура электрода и время измерения для ТСМ 4/40

Масса тела при рождении	Рекомендуемая температура датчика	Время измерения
500-750 г	40,0°- 43,0°C	2-3 часа
750- 2000 г	42,5°- 43,5°C	2-4 часа

3.4 Метаболический коррекционный фактор

Для измерений в неонатологии некоторые доктора рекомендуют изменять метаболический коррекционный фактор на транскутанном мониторе со стандарта -4 или -5 mmHg (-0,5 или -0,65 kPa), на -8 или -10 mmHg (-1 или -1,3 kPa) по причине разницы в структуре и кровоснабжении кожи новорожденных и более старших детей. Особенности структуры кожи новорожденных объясняют причину, почему транскутанный tcpCO_2 и, особенно, транскутанный tcpO_2 имеют значительно более сильную корреляционную связь с артериальными $\text{pCO}_2/\text{O}_2(\text{a})$ у новорожденных, чем у взрослых.

Время, необходимое для стабилизации показателя tcpCO_2 после аппликации датчика на коже новорожденного при условии удовлетворительной гемодинамики пациента, составляет приблизительно от 3 до 7 минут; чтобы получить надежные показания tcpO_2 необходимо от 10 до 20 минут. Функция дополнительного нагрева кожи (SmartHeat), в течение 5 минут повышающая температуру датчика на 1°C относительно установленной, может незначительно уменьшить это время, но рекомендуется применять лишь новорожденным массой тела более 1000 граммов. Показатели $\text{tcpO}_2/\text{tcpCO}_2$ считаются надежными, если они не меняются более чем $\pm 2 \text{ mmHg}$ в течение 1 минуты [13].

3.5 Расположение датчиков у новорожденных

У новорожденных очень тонкая кожа, которая позволяет размещать датчик даже на спине. В то же время, она более уязвима для воздействия высокой

температуры. Поэтому важно или снижать температуру датчика или менять его расположение на коже более часто, особенно у новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела. Следует обязательно протереть датчик и фиксирующее кольцо и снова наполнить его контактной жидкостью перед использованием. Фиксирующие кольца должны использоваться не более 12–24 часов, в зависимости от состояния кожи [13].

Заключение

Надлежащая оценка и лечение недоношенного ребенка с сердечно-сосудистыми нарушениями или шоком требует от врача получения адекватной информации об этиологии и основных физиологических детерминантах этого состояния. Ультразвуковая оценка может предоставить информацию о размере и направлении шунта артериального протока, функции миокарда и его наполнении, а также измерении поперечного сечения сердечного выброса. Эта информация полезна для понимания основополагающей физиологии и выбора стратегий ведения новорожденных с сердечно-сосудистыми нарушениями [3].

Всем детям, родившимся с экстремально низкой массой тела, рекомендуется в течение первых суток жизни проводить динамическое нейросонографическое исследование с доплерометрией сосудов головного мозга. При наличии высокого риска развития внутрижелудочкового кровоизлияния необходимо проводить лечебные мероприятия, направленные на минимизацию гемодинамических нарушений [15].

Основой лечения гипотонии у новорожденных является уточнение и лечение первопричины. Цель должна состоять в том, чтобы исправить перфузию органов, а не только получить нормальное значение артериального давления. Следовательно, пациент должен периодически оцениваться в течение периода лечения и в конце лечения, используя клинические критерии, то есть перфузию тканей и оксигенацию [2].

В выборе исходного режима респираторной поддержки у детей с экстремально низкой массой тела, нуждающихся в продленной искусственной вентиляции легких, отдавать предпочтение следует традиционным методам. Перевод на ВЧО искусственную вентиляцию легких рекомендуется осуществлять при невозможности поддержания адекватного газового гемостаза крови или высоком риске баротравы или волюмтравмы. При решении вопроса о выборе метода искусственной вентиляции легких рекомендуется использовать методы прогнозирования внутрижелудочковых кровоизлияний и алгоритмы выбора метода респираторной терапии у детей с экстремально низкой массой тела [15].

Список использованной литературы

1. Breatnach CR, El-Khuffash A, James A, McCallion N, Franklin O. Serial measures of cardiac performance using tissue Doppler imaging velocity in preterm infants <29weeks gestations. *Early Hum Dev.* - 2017.
2. Dilli D, Soylu H, Tekin N. Neonatal hemodynamics and management of hypotension in newborns // *Turk Pediatri Ars.* - 2018.
3. Kluckow M. The Pathophysiology of Low Systemic Blood Flow in the Preterm Infant // *Front Pediatr.* 2018.
4. N. Evans. Preterm patent ductus arteriosus: a continuing conundrum for the neonatologist? // *Semin Fetal Neonatal Med*, 20 (2015), pp. 272-277.
5. Noori S., Seri I. Hemodynamic antecedents of peri/intraventricular hemorrhage in very preterm neonates // *Semin Fetal Neonatal Med*, 20. - 2015, p. 232-237.
6. S. Noori, I. Seri. Hypotension. D.K. Stevenson, R.S. Cohen, P. Sunshine (Eds.), *Neonatology: clinical practice and procedural atlas* (1st ed.), McGraw and Hill Company Inc., New York, 2015, p. 281-291.
7. S.B. Hooper, A.B. Te Pas, J. Lang, J.J. van Vonderen, C.C. Roehr, M. Kluckow, et al. Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence // *Pediatr Res*, 77. - 2015, p. 608-614.
8. S.B. Hooper, A.B. Te Pas, J. Lang, J.J. van Vonderen, C.C. Roehr, M. Kluckow, et al. Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence // *Pediatr Res*, 77 (2015), p. 608-614.
9. Sommers R, Stonestreet BS, Oh W, et al. Hemodynamic effects of delayed cord clamping in premature infants // *Pediatrics.* - 2012.
10. Tarnow-Mordi W, Morris J, Kirby A, Robledo K, Askie L, Brown R, et al. Delayed versus immediate cord clamping in preterm infants // *N Engl J Med.* - 2017.
11. Vrancken SL, van Heijst AF, de Boode WP. Neonatal Hemodynamics: From Developmental Physiology to Comprehensive Monitoring // *Front Pediatr.* - 2018.
12. Wu T.W., Azhibekov T., Seri I. Transitional Hemodynamics in Preterm Neonates: Clinical Relevance // *Pediatrics & Neonatology.* - February, 2016, p. 7-18.

13. Интенсивная терапия и принципы выхаживания детей с экстремально низкой и очень низкой массой тела при рождении. Министерство здравоохранения и социального развития России // Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. Академика Кулакова. - 2011.

14. Мартин О.И. Энциклопедия массажа // Центрполиграф, 2008, - 360с.

15. Половова Т.А. Особенности гемодинамики при различных методах поддержки у детей с экстремально низкой массой тела. Автореферат диссертации. - 10 апреля, 2014.