

Л. М. Смирнова

МЕТОД ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ОПЕРАЦИОННОЙ ТРАВМЫ*Национальный институт хирургии и трансплантологии им. А.А.Шалимова
НАМН Украины, Киев*

Существующие методы интраоперационной оценки тяжести операционной травмы и безопасности пациентов являются недостаточно эффективными, так как позволяют зарегистрировать только грубые нарушения гемодинамики, газообмена, метаболизма и гидро-ионного состояния. Каждой степени повреждения организма соответствует определенный уровень потребления кислорода. Тяжесть операционной травмы тесно коррелирует с количеством кислорода, которое потребляется организмом. Предложен новый, доступный для применения в клинических условиях метод периоперационного энергобиомониторинга. Оригинальный метод позволяет в текущем режиме определять и оценивать изменяющуюся во время операции тяжесть операционной травмы и прогнозировать исход лечения.

Ключевые слова: операционная травма, операционный риск, энергопродуктивный гомеостаз, энергобиомониторинг.

Важной составляющей клинической анестезиологии является определение риска развития осложнений и смертности, а также оптимизация периоперационной интенсивной терапии. Недооценка факторов операционного риска может привести к тяжелым осложнениям и последствиям. Оценка адекватности анестезии остается практически нерешенной задачей современной анестезиологии из-за недостаточно разработанной теории оптимальности функционального состояния человека и недостатков используемых функциональных критериев. Мониторинг периоперационной безопасности пациентов является недостаточно эффективным, т.к. позволяет зарегистрировать только грубые нарушения гемодинамики, газообмена, метаболизма и гидро-ионного состояния [1].

Общепризнанные методы оценки риска летальности – APACHE, TISS, SAPS и др. – основаны на вероятностно-статистическом подходе к обработке различных физиологических параметров [2]. Для традиционной оценки операционного и анестезиологического риска разработано множество классификаций (В.А. Гологорский, 1982; Г.А. Рябов, 1983 и др.). Однако оценка интраоперационных осложнений чаще всего носит субъективный характер [3]. В нашей стране законодательно утвержденной или рекомендованной классификации, позволяющей объективно оценить тяжесть операционной травмы и степень операционного

риска, нет. Несмотря на то, что единая система определения анестезиолого-операционного риска отсутствует, фундаментальных исследований по этой проблеме нет. Тем не менее, любому анестезиологу известно, что невозможно предсказать возникновение критических инцидентов во время анестезиологического обеспечения, для этого всегда существуют объективные причины. Неполным перечнем имеющихся трудностей объясняется отсутствие объективных систем определения анестезиолого-операционного риска.

Среди анестезиологов широкое распространение получила классификация объективного соматического состояния пациента, предложенная Американской ассоциацией анестезиологов, – ASA [4]. Несмотря на всеобщее признание, классификация ASA позволяет определить лишь статус здоровья пациента без учета других рисков, например, тех, которые повышают риск анестезии и могут оказаться фатальными в периоперационный период. Все шкалы и рекомендации, при помощи которых определяют клинический статус пациента, не эффективны во время анестезии. Ни один из существующих методов оценки анестезиолого-операционного риска не позволяет в режиме реального времени определить тяжесть состояния больного и в опережающем режиме оценить эффективность периоперационной корригирующей интенсивной терапии у конкретного пациента. Следо-

вательно, применение этих методов у конкретного пациента в режиме реального времени невозможно. Причиной является отсутствие методов или метода текущего контроля эффективности лечения. Обнаружить закономерности биологических реакций организма на стресс, операционную агрессию или какой-либо повреждающий фактор можно путем изучения изменений энергетического ресурсообеспечения, которое является интегративной характеристикой организма и потому позволяет определить его реакцию на повреждение.

На основании нового концептуального подхода к периоперационному органопротективному анестезиологическому обеспечению стало возможным проводить оценку операционно-анестезиологического риска с позиции неадекватной оксигенации тканей как транспортной составляющей энергоструктурного гомеостаза [5]. Наличие энергоструктурного долга с высокой вероятностью прогнозирует развитие ряда осложнений как во время анестезии, так и в ранний период после оперативного лечения. Ранняя диагностика и объективная оценка степени риска развития энергоструктурных нарушений позволяют своевременно начать периоперационную целенаправленную интенсивную терапию, направленную на устранение причин, вызвавших эти нарушения, или на их рациональную коррекцию.

С целью максимального повышения безопасности анестезиологического обеспечения необходимо конкретизировать понятие «операционно-анестезиологический риск». Целесообразно систематизировать основные факторы функционального риска и оценивать их в динамике. Для повышения точности измерения или вычисления параметров необходимо использовать метод вычисления среднего значения тренда. Разработка и практическое применение инновационных шкал будут способствовать значительному улучшению качества анестезиологического обеспечения хирургических вмешательств.

Цель исследования – разработать оценочную шкалу тяжести операционной травмы и степени анестезиолого-операционного риска для целенаправленного выбора анестезиологического обеспечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный и проспективный анализ течения периоперационного периода у 4479 пациентов. Методы исследования были одинаковы во всех группах клинического наблюдения и проводились дискретно. Оперативные вмешательства отличались по сложности и длительности. Индивидуально подобранные методы анестезии отвечали степени нозоиндуцированного повреждению организма. Метод анестезии в каждом конкретном случае соответствовал тяжести операционной травмы и вызываемого ею энергоструктурного дефицита.

В периоперационный период изучали показатели метаболизма, отвечающие за энергоструктурный гомеостаз. На основании полученных результатов по специально разработанной прикладной компьютерной программе оценивали энергопродуктивное состояние пациентов и определяли пути коррекции формирующейся градиентной гипоксии.

Анализ клинического материала показал, что количественно тяжесть операционной травмы можно оценивать на основании изменений энергоструктурного гомеостаза. Разработанная нами шкала представлена в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что неосложненная операционная травма не предполагает развития каких-либо энергоструктурных изменений во время операции и наркоза. В случае, если во время операции и наркоза возникли критические инциденты, независимо от того, что послужило причиной нарушения энергоструктурного гомеостаза, эти оперативные вмешательства необходимо считать осложненными. С этим положением согласится любой анестезиолог, ибо неосложненная операционная травма может во время операции перерасти в тяжелую операционную травму, осложнившуюся, например, кровотечением. Результатом любого осложнения будет биоэнергетическая недостаточность различной степени выраженности. Между тяжестью операционной травмы, осложнениями и биоэнергетической недостаточностью существует прямо пропорциональная зависимость.

Минимизация послеоперационных осложнений, обусловленных биоэнергетической

Таблиця 1. Шкала тяжести операционной травмы

До операции	Особенности операционной травмы	Во время и после операции
Энергоструктурные изменения		Энергоструктурные изменения
Нет	Неосложненная Осложненная	Нет Дисфункция Недостаточность Несостоятельность
Начальная дисфункция Недостаточность Несостоятельность	Отягощенная	Дисфункция Недостаточность Несостоятельность

Примечание: референтные значения энергоструктурных изменений, установленные методом статусметрии: нет (100–85%), дисфункция (85–62%), недостаточность (61–10%), несостоятельность (9–1%).

недостаточностью, зависит от скорости и эффективности проводимой терапии. Такой подход позволяет не только минимизировать, но и устранять биоэнергетическую недостаточность индивидуально. Если у пациента в дооперационный период были выявлены позоиндуцированные изменения энергоструктурного гомеостаза, то это означает, что операция и анестезия могут усугубить уже имеющиеся нарушения. Пациентам с отягощенной операционной травмой показана в соответствии с изменениями энергоструктурного гомеостаза периоперационная интенсивная терапия энергоструктурных изменений.

В рамках энергетического биомониторинга для коррекции текущего энергетического дефицита, нами предложен «способ определения потребности организма в энергетическом обеспечении». Применение способа предполагает вычисление текущего, фактического и необходимого уровня потребления кислорода в соответствии с формулой (1) или (2).

$$nVO_2 = C_x \cdot CI, \quad (1)$$

где nVO_2 (мл/(мин · м²)) – энергетическое обеспечение тканей организма (необходимое);

CI (мл/(мин · м²)) – сердечный индекс;

C_x (мл/л) – артериовенозная разница по содержанию кислорода, удовлетворяющая энергетические потребности организма;

$$pVO_2 = {}_{(A-V)}O_2 \cdot CI, \quad (2)$$

где pVO_2 (мл/(мин · м²)) – энергетическое обеспечение тканей организма (фактическое);

${}_{(A-V)}O_2$ (мл/л) – артериовенозная разница по содержанию кислорода в артериальной (C_aO_2) и венозной (C_vO_2) крови.

Количественная разница показателей демонстрирует градиентное несоответствие величин энергетического обеспечения. Согласно выявленному несоответствию проводят коррекцию фактических величин до необходимого уровня, чтобы избежать любых проявлений оксидантного стресса и минимизировать периоперационные осложнения, связанные с биоэнергетической недостаточностью.

Анализ клинического материала позволил установить различия в потреблении кислорода в зависимости от реакций организма на стресс. В табл. 2 приведены референтные значения потребления кислорода в соответствии со стрессовыми реакциями организма и присущими им нарушениями кислородного режима.

В зависимости от преобладающих стресс-реакций планировали метод предстоящего анестезиологического обеспечения и энергокоррекции в соответствии с возможностями организма. Такой клинический подход к анестезиологическому обеспечению и периоперационной энергокоррекции позволил уменьшить или вообще избежать периоперационных осложнений, которые проявляются гипоксией различной степени выраженности или оксидантным стрессом.

Уровень активности (А). (pVO_2 – фактическое потребление кислорода тканями организма) – интенсивность процессов обмена в активно функционирующих клетках

Таблица 2. Уровень потребления кислорода в соответствии с клиническим статусом и реакциями организма на стресс

Клинический статус (стресс-реакция)	Уровень активности	Уровень готовности	Уровень потребности
	pVO_2 , мл/(мин · м ²)	dVO_2 , мл/(мин · м ²)	nVO_2 , мл/(мин · м ²)
Стресс-активация	148–170 (160,39±8,16)	110–140 (126,47±4,33)	152–178 (165,74±6,58)
Дисфункция – (стресс-реализация)	112–147 (128,61±7,24)		118–151 (134,52±3,77)
Недостаточность – (стресс-повреждение)	86–111 (92,41±5,68)		91–117 (103,37±4,62)
Несостоятельность – (стресс-разрушение)	54–85 (72,32±6,17)		90–56 (73,49±6,34)
Несостоятельность – (стресс-дезинтеграция)	34–53 (43,58±5,12)		35–55 (44,39±7,26)

Примечание: pVO_2 – фактическое потребление кислорода тканями организма; dVO_2 – должный уровень потребления кислорода тканями организма; nVO_2 – потребность организма в потреблении кислорода.

организма, который изменяется в соответствии с текущей степенью активности. Этот показатель рассчитывают при помощи методов калориметрии.

Уровень готовности (Г), (dVO_2 – должное потребление кислорода тканями организма) – интенсивность метаболизма, которая должна поддерживать неактивную в данный момент массу клеток организма для сохранения их способности к немедленному и неограниченному функционированию. Такой уровень является необходимым, например, для процессов поддержания определенной разницы концентраций ионов Na^+ и K^+ в условиях стресса. Следовательно, таким уровнем может служить только уровень должного индивидуального основного обмена (OO_d , ккал/сут). Основной обмен – это объем энергии, который необходим для поддержания жизненных функций организма в покое в соответствии с возрастом, ростом, массой тела. С точки зрения энергоструктурного гомеостаза показатель должного основного обмена (OO_d) соответствует стабильному уровню стресс-готовности.

Уровень потребности (П), (nVO_2 – потребность организма в потреблении кислорода) – интенсивность метаболизма, которая является достаточной для сохранения морфоструктурного баланса в организме. Для определения потребности в потреблении

кислорода тканями организма используют показатель S_x – артериовенозную разницу содержания кислорода, которая удовлетворяет энергетические потребности организма при pVO_2 , равном 40 мм рт. ст. Определение показателя S_x и газовый состав артериальной и венозной крови проводили с помощью аппарата AVL-800 (Radiometr). Динамическое изучение уровней активности, готовности, потребности в энергоструктурном взаимодействии массы клеток организма позволяет установить характер адаптивности и стабильности энергоструктурного взаимодействия. Сравнение показателей активности потребления кислорода (А) – готовности организма к самовосстановлению (Г) и текущей потребности (П) в использовании кислорода позволяет количественно определить возможность организма отвечать на внешнюю агрессию любой этиологии. В том случае, если эта потребность не удовлетворяется, в клетках наступают необратимые изменения и активируется танатогенез.

Динамика изменения показателей позволяет выявить начальные проявления деструктивности и нестабильности энергоструктурных механизмов, обеспечивая, таким образом, надежный мониторинг периоперационной безопасности.

Функциональное состояние организма, которое характеризуется стресс-активацией, является критической дисфункцией биологической устойчивости организма. Отличительная ее черта – адекватное стрессу увеличение энергопотребности и энергоресурсообеспечения, которое превышает уровень готовности организма к внешнему воздействию ($A > \Gamma < П$). Для реакции стресс-активации характерно то, что уровень реального потребления кислорода и потребность организма в кислородном обеспечении превышают референтные значения потребления кислорода ? уровня готовности. При стресс-активации функциональные возможности организма всегда достаточны для самовосстановления после перенесенной внешней агрессии.

Для угрозоопасной дисфункции кислородного режима характерно изменение показателя стресс-стойкости от 61 до 10%. Реакции организма на стресс становятся стресс-реализующими, то есть периоперационный стресс нарушает нормальную жизнедеятельность, вызывая нарушение системы транспорта кислорода. В таких условиях возможности организма к самовосстановлению ограничены. Потребление кислорода тканями организма снижается до уровня нижней границы нормы ($112,0 \pm 4,0$) мл/(мин·м²) и в среднем составляет ($128,61 \pm 7,24$) мл/(мин·м²). Реальная продукция энергии, превышая уровень готовности, остается ниже необходимого уровня потребности. Такое соотношение переменных показателей связано с энергетическим долгом, который обусловлен лимитированным ресурсообеспечением, что чревато ограничением возможностей организма к самовосстановлению. Уровень активности всегда выше уровня готовности. В свою очередь, уровень готовности меньше потребности организма в обеспечении кислородом и энергосубстратами. Для наглядности стресс-реакции, характеризующие состояние угрозоопасной дисфункции, можно записать в виде математического выражения $A > \Gamma < П$. Применение периоперационной статус-стабилизирующей энергокоррекции, как правило, позволяет достичь такого уровня потребления кислорода тканями организма, который отвечает рефе-

рентной величине и совпадает с потребностью организма в кислородном обеспечении.

У пациентов, исходное состояние которых оценивается как недостаточность кислородного режима, общие реакции организма на стресс носят повреждающий характер (9–1 %). Уровень фактического потребления кислорода снижается до ($86,41 \pm 5,68$) мл/(мин·м²), что в среднем на ($25,14 \pm 2,48$)% меньше, чем нижняя граница референтного значения показателя потребления кислорода ($A < \Gamma = П$). При таких условиях достичь референтного уровня готовности организма к самовосстановлению невозможно, даже при применении энергоресусцитационной интенсивной терапии, но она остается необходимым компонентом подготовки перед операцией.

При несостоятельности кислородного режима, когда реакции организма на стресс носят стресс-разрушающий характер, не только энергопродукция, но и энергопотребность оказываются ниже уровня готовности. Реальное потребление кислорода тканями организма (уровень активности) достигает критического уровня – от 54 до 85 мл/(мин·м²). Характерные изменения показателей стресс-метрии в рамках указанного состояния можно описать математическим выражением $A < \Gamma > П$. Развивается периоперационный стресс, сопровождающийся крайней степенью системных расстройств, вызывающих опасное для жизни нарушение интенсивности кислородного режима. В таких условиях достичь референтного уровня готовности организма к самовосстановлению невозможно даже при использовании статус-энергокоррекции, однако она остается необходимым компонентом дооперационной подготовки. К сожалению, средствами энергетической коррекции не всегда удается достичь минимального уровня перфузионного давления, чтобы повысить уровень потребления кислорода.

При несостоятельности кислородного режима, когда реакции организма на стресс носят стресс-дезинтегрирующий характер, фактическое потребление кислорода (уровень активности) достигает критического предела – от 34 до 53 мл/(мин · м²). Показатели стресс-

метрии можно описать математическим выражением $A < G > P$. Результаты вычисления этого математического выражения объективно демонстрируют негативное влияние гипобиоза. Критическому уровню потребления кислорода соответствует полиорганная недостаточность, проявляющаяся коронарной гипоперфузией и блокадой микроциркуляции. Клинически нарушенное функциональное состояние проявляется периоперационным шоком, который сопровождается крайней степенью нарушений систем жизнеобеспечения, вследствие этого можно ожидать летальный исход в течение ближайших 24 ч. Тяжесть нарушения энергопродуктивного состояния обуславливает необходимость проведения статус-протезирующей энергокоррекции. Несмотря на необходимость, методами энергокоррекции не всегда удается достичь желаемого результата – минимального уровня перфузионного давления.

Предложенные для клинического применения технологии, методы и шкалы могут быть использованы в любом отделении анестезиологии и интенсивной терапии в режиме реального времени. Они доступны и информативны. Показатели легко вычислить на основании результатов стандартного лабораторного обследования пациентов. Комплексная оценка полученных результатов позволяет определить степень нарушения сопряженности составляющих энергопродуктивного гомеостаза и пути их устранения. Применение нового концептуального подхода к периоперационной энергокоррекции у разных категорий пациентов способствует снижению количества осложнений, вызванных операционной травмой и анестезией, и тем самым улучшает результаты лечения хирургических пациентов.

Выводы

1. Метод энергобиометрического мониторинга является более чувствительным к метаболическим изменениям в организме в отличие от методов оценки показателей вспомогательных систем (сердечно-сосудистой, дыхательной,

эндокринной и т.д.), которые мы контролируем обычно.

2. Оценка степени нарушения сопряженности составляющих энергопродуктивного гомеостаза организма является интегральным маркером анализа текущего состояния и прогноза эффективности лечения, т.к. исход лечения прямо пропорционально зависит от времени устранения этих нарушений.
3. Показатели оценки энергопродуктивного гомеостаза легко рассчитать. Они позволяют количественно оценить степень нарушения исходного состояния пациента и спрогнозировать эффективность анестезиологического обеспечения.
4. Периоперационное применение метода энергобиомониторинга позволяет успешно в опережающем режиме устранять гипоксические и гипероксические нарушения в организме пациента, что повышает безопасность лечения.
5. Использование технологии энергобиомониторинга в среднем на 37% уменьшает число критических ситуаций, связанных с нарушениями кислородного режима и метаболизма, которые возникают в течение операции и наркоза.
6. Технология энергобиомониторинга позволяет в дискретном режиме следить за состоянием пациента, адаптационными возможностями организма и составлять прогноз относительно возможности самовосстановления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шифрин Г.А., Шифрин А.Г. (2009) *Краткий курс управления биостойчивостью организма*. Запорожье: Дикое Поле, 144 с.
2. Светухин А.М., Вяжигин А.А., Слепнева С. Ю. (2002) Система объективной оценки тяжести состояния больных. Ч. 2. Хирургия. № 10, с. 60-69.
3. Gupta H., Gupta P.K., Fang X et al. (2011) Development and validation of risk calculator predicting postoperative respiratory failure. *Chest*, 140, 5: 207-215.
4. Терехова Н.Н., Козакова Е.А., Ситников А.В. (2005) Проведение внутреннего аудита на основе регистрации критических инцидентов: первые результаты. *Анестезиология и реаниматология*. № 2, с. 33-35.
5. Смирнова Л. М. (2009) Концепция органопротективного анестезиологического обеспечения. *К. Ліга-Інформ*, 137 с.

Л. М. Смирнова

МЕТОД ОЦІНКИ ТЯЖКОСТІ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТРАВМИ

Існуючі методи інтраопераційної оцінки тяжкості операційної травми і безпеки пацієнтів є недостатньо ефективними, оскільки дають змогу зареєструвати лише грубі порушення гемодинаміки, газообміну, метаболізму та гідро-іонного стану. Кожному ступеню пошкодження організму відповідає певний рівень споживання кисню. Тяжкість операційної травми тісно корелює з кількістю кисню, яку споживає організмом. Запропоновано новий, доступний для застосування в клінічних умовах метод періопераційного енергобіомоніторингу. Оригінальний метод дає змогу в поточному режимі визначати та оцінювати змінювану під час операції тяжкість операційної травми і прогнозувати результат лікування.

Ключові слова: операційна травма, операційний ризик, енергопродуктивний гомеостаз, енергобіомоніторинг.

L. M. Smirnova

METHOD OF ESTIMATION OF OPERATING TRAUMA SEVERITY

Existing methods of intraoperative assessment of surgical trauma severity and patient safety are not effective because they allow only registration of hemodynamics gross violations, gas exchange, metabolism, and hydro-ionic state. Each degree of damage to the body corresponds to a certain level of oxygen consumption. The severity of surgical trauma is closely correlated with the amount of oxygen that is consumed by the body. We propose new, available for use in clinical settings, method of perioperative energybiomonitoring. The original method allows, in current mode, to identify and to assess the changing, during the operation, operating severity of injury and to predict treatment outcome.

Key words: surgical trauma, operational risk, energyproductive homeostasis, energybiomonitoring.