

Особенности метаболизма у пациентов с острыми тяжёлыми повреждениями головного мозга: пилотное исследование

Д.В. Протасова¹, Л.П. Жакова¹, Л.М. Ценципер^{1,2}, И.Н. Лейдерман¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия;

²Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Острые повреждения головного мозга нередко сопровождаются развитием синдрома гиперметаболизма-гиперкатаболизма. Как гипо-, так и гипералиментация ухудшают результаты лечения. Однако актуальная потребность в энергии у данной группы пациентов изучена недостаточно.

Цель исследования. Сравнить величину энергопотребности у пациентов с острыми тяжёлыми повреждениями головного мозга и пациентов с высоким риском их возникновения, рассчитанную по уравнениям и определённую с помощью метода непрямой калориметрии.

Методы. В проспективное сравнительное обсервационное открытое исследование включили пациентов с тяжёлыми острыми повреждениями головного мозга или имевших высокий риск тяжёлого поражения центральной нервной системы. Все пациенты получали нейровегетативную стабилизацию (НВС) и энтеральное питание. Энергопотребность измеряли методом непрямой калориметрии (НК) и с помощью расчётных уравнений, а именно уравнения Харриса-Бенедикта при самостоятельном дыхании и уравнения Пенн Стейт при проведении искусственной вентиляции лёгких. Измерения выполняли в начале проведения НВС, на 2-е сутки и после её завершения. Энтеральное питание проводили по результатам НК. Пациентов разделили на 2 группы: группа с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК) — пациенты с острым повреждением головного мозга, и группа пациентов с артериовенозной мальформацией (АВМ) — с высоким риском его развития.

Результаты. В исследование включили 18 пациентов (8 мужчин, 10 женщин), средний возраст составил 53 ± 17 года. У 9 больных (50,0%) диагностировали ОНМК по геморрагическому типу, у 2 (11,1%) — по ишемическому типу, у 7 (38,9%) — АВМ. Оперативное вмешательство перенесли 16 пациентов (88,9%). Согласно данным НК уровень основного обмена веществ в группе ОНМК был выше, чем в группе АВМ: 1584 ± 1131 ккал/сут против 1236 ± 198 ккал/сут в первые сутки и 1605 ± 738 ккал/сут против 1167 ± 303 ккал/сут — на вторые. После завершения НВС (10-е сутки) основной обмен выровнялся. Он составил 1676 ± 628 ккал/сут в группе ОНМК и 1606 ± 504 ккал/сут в группе АВМ.

Расчётные показатели в группе ОНМК стабильно превышали значения в группе АВМ: в первые сутки они составили 1703 ± 610 ккал/сут против 1509 ± 482 ккал/сут, а на вторые — 1777 ± 677 ккал/сут и 1515 ± 512 ккал/сут соответственно. После завершения НВС расчётный показатель в группе ОНМК (10-е сутки) составил 1789 ± 590 ккал/сут, в группе АВМ — 1597 ± 490 ккал/сут.

Заключение. При проведении НВС в первые сутки энергопотребность, измеренная методом НК, у большинства пациентов была ниже расчётных величин. После завершения НВС актуальная энергопотребность незначительно отличалась от расчётных значений.

Ключевые слова:

Острые повреждения головного мозга; белково-энергетическая недостаточность; непрямая калориметрия; гиперметаболизм; гиперкатаболизм.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Протасова Д.В., Жакова Л.П., Ценципер Л.М., Лейдерман И.Н. Особенности метаболизма у пациентов с острыми тяжёлыми повреждениями головного мозга: пилотное исследование // Клиническое питание и метаболизм. 2025. Т. 6, № 3. С. XX–XX. DOI: 0.17816/clinutr694196 EDN: EBITVS

Рукопись получена: 26.10.2025

Рукопись одобрена: 17.11.2025

Опубликована online: 00.00.2025

Статья доступна по лицензии [CC BY-NC-ND 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
© Эко-Вектор, 2025

Article in Press

Metabolic features in patients with acute severe brain injury: a pilot study

Diana V. Protasova¹, Lolita P. Zhakova¹, Lubov M. Tsentsiper^{1,2}, Ilya N. Leyderman¹

¹ National Medical Research Center named after V.A. Almazov, St. Petersburg, Russia;

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Acute brain injuries are accompanied by the development of hypermetabolism-hypercatabolism syndrome. Both hypo- and hyperalimentation worsen outcomes. However, the actual energy requirements of these patients have not been adequately studied.

AIM: To compare the energy requirements in patients with severe acute brain injuries calculated as calculated by predictive equations and determined by indirect calorimetry method.

METHODS: This prospective, comparative, observational, open-label study included patients with severe acute brain injuries or those at high risk of severe central nervous system damage. All patients received neurovegetative stabilization (NVS) and enteral nutrition. Energy expenditure was measured using indirect calorimetry (IC) and predictive equations, namely the Harris-Benedict equation for spontaneously breathing patients and the Penn State equation for those on mechanical ventilation. Measurements were taken at the start of NVS, on day 2, and after its completion. Enteral nutrition was administered based on IC results. Patients were divided into 2 groups: an acute cerebrovascular accident (ACVA) group — patients with acute brain injury, and an arteriovenous malformation (AVM) group — patients at high risk of its development.

RESULTS: The study included 18 patients (8 men, 10 women), with a mean age of 53 ± 17 years. Haemorrhagic ACVA was diagnosed in 9 patients (50.0%), ischemic ACVA in 2 (11.1%), and AVM in 7 (38.9%). Sixteen patients (88.9%) underwent surgery. According to IC data, the resting metabolic rate in the ACVA group was higher than in the AVM group: 1584 ± 1131 kcal/day vs. 1236 ± 198 kcal/day on the first day and 1605 ± 738 kcal/day vs. 1167 ± 303 kcal/day on the second day. After completion of NVS (day 10), the metabolic rates equalized, amounting to 1676 ± 628 kcal/day in the ACVA group and 1606 ± 504 kcal/day in the AVM group.

The calculated values in the ACVA group consistently exceeded those in the AVM group: on the first day, they were 1703 ± 610 kcal/day vs. 1509 ± 482 kcal/day, and on the second day — 1777 ± 677 kcal/day and 1515 ± 512 kcal/day, respectively. After completion of NVS, the calculated value in the ACVA group (day 10) was 1789 ± 590 kcal/day, and in the AVM group — 1597 ± 490 kcal/day.

CONCLUSION: During the first day of NVS, energy expenditure was measured by the IC in most patients was lower than calculated values calculated. After completion of NVS, actual energy expenditure differs slightly from calculated values.

Keywords:

Acute brain injury; protein-energy malnutrition; indirect calorimetry, hypermetabolism, hypercatabolism.

TO CITE THIS ARTICLE:

Protasova DV, Zhakova LP, Tsentsiper LM, Leyderman IN. Metabolic features in patients with acute severe brain injury: a pilot study. *Clinical nutrition and metabolism*. 2025;6(3):XX–XX. DOI: [10.17816/clinutr694196](https://doi.org/10.17816/clinutr694196) EDN: EBITVS

Received: 26.10.2025

Accepted: 17.11.2025

Published online: 00.00.2025

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License

© Eco-Vector, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Острые повреждения головного мозга нередко приводят к развитию диэнцефально-катаболического синдрома, который сопровождается выбросом «стрессорных гормонов», в первую очередь катехоламинов и кортизола. Это, в свою очередь, запускает формирование синдрома гиперметаболизма–гиперкатаболизма (СГГ). Как известно, СГГ представляет собой неспецифическую системную ответную реакцию организма на острое повреждение. Данный синдром характеризуется преобладанием катаболических процессов над анаболическими, увеличением потребности в источниках энергии и белка, ростом энергозатрат, нарушением утилизации глюкозы в тканях, а также развитием интолерантности к обычной нутритивной поддержке. В конечном счёте описанный патологический процесс завершается развитием белково-энергетической недостаточности и кахексии [1]. Для острого периода характерно повышение энергопотребности на 30–80%, ускорение протеолиза и глюконеогенеза. Объективно эти процессы подтверждаются при проведении непрямой калориметрии (НК) (увеличение потребления кислорода, величины энергопотребности и дыхательного коэффициента), высоким темпом истощения больного, ростом концентрации острофазовых белков на фоне снижения концентрации сывороточных белков (альбумина, преальбумина, трансферрина), развитием стресс-индуцированной гипергликемии, отрицательного азотистого баланса и инсулинорезистентности. Лечение пациентов с диэнцефально-катаболическим синдромом направлено на создание вегетативной стабильности путём нейровегетативной стабилизации (НВС). На фоне проведения НВС происходит снижение симпатотонии, миорелаксация и замедление метаболических процессов [2]. Соответственно, энергопотребность может оказаться ниже расчётной нормы. Подбор сбалансированной нутритивной поддержки при развитии СГГ и проведении длительной искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) представляет собой непростую задачу для клиницистов. У данной категории больных нередко развивается белково-энергетическая недостаточность, которая в свою очередь приводит к повышению частоты инфекционных осложнений, снижению реабилитационного потенциала, увеличению инвалидизации и летальности. Гипералиментация также может способствовать увеличению продолжительности ИВЛ [3]. Точное определение энергопотребности играет важную роль, поскольку способствует улучшению результатов лечения. Тем не менее, на сегодняшний день потребность в энергии у больных с острым повреждением головного мозга определяют при помощи расчётных уравнений. Истинная потребность в энергии у этой когорты пациентов изучена недостаточно.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнить величину энергопотребности у пациентов с острыми тяжёлыми повреждениями головного мозга и пациентов с высоким риском их возникновения, рассчитанную по уравнениям и определённую с помощью метода непрямой калориметрии.

МЕТОДЫ

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Одноцентровое сравнительное обсервационное продольное проспективное открытое исследование.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург в период 01.11.2023 по 31.08.2025 гг. Продолжительность исследования заранее не планировали.

КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ (ОТБОРА)

Критерии включения: пациенты в остром периоде тяжёлых острых поражений центральной нервной системы или с высоким риском развития тяжёлого поражения центральной нервной системы; проведение НВС;

проведение энтерального питания.

Критерии не включения: полиорганная недостаточность в стадии декомпенсации; проведение парентерального питания.

Критерии исключения: нестабильные показатели центральной гемодинамики; неэффективность проведения НВС.

Описание критериев соответствия

В исследование включили пациентов в возрасте 18–74 лет включительно, госпитализированные в ОРИТ ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России по экстренным показаниям с

клинической картиной острого повреждения головного мозга, которым проводили НВС и назначали энтеральное питание.

Абсолютными показаниями к проведению НВС являлись: острое тяжёлое повреждение головного мозга, дислокация структур головного мозга, признаки устойчивого патологического функционирования мозга, интраоперационное развитие центрогенных реакций 2-го типа. Относительными показаниями служили: локализация патологического процесса в непосредственной близости к стволовым структурам, интраоперационная потребность в высоких дозах гипнотиков, обезболивающих и вазоактивных препаратов.

Методика проведения НВС включала: введение фентанила (0,2–1,4 мкг/кг×ч), клонидина (0,2–0,7 мкг/кг×ч) и пропофола (0,5–2 мг/кг×ч) [4]. Оценку эффективности проводили по клиническим, лабораторным и инструментальным показателям. Клинические признаки эффективности включали: достаточный уровень седации (от 3 до 6 баллов по шкале RASS (Richmond Agitation-Sedation Scale, шкала возбуждения-седации Ричмонда) [5]); умеренная мышечная релаксация; отсутствие судорог; нормализация микроциркуляции; снижение температуры тела; стабилизация артериального давления, частоты сердечных сокращений, частоты дыхания; синхронизация с аппаратом ИВЛ; значение индекса Кердо приближалось к 0 [6]. Лабораторные и инструментальные показатели включали: нормализацию кислотно-щелочного состояния; нормализации концентраций глюкозы, креатинфосфокиназы, осмоляльности, криоскопической дискриминанты плазмы, адренкортикотропного гормона, кортизола; уменьшение отёка и степени дислокации головного мозга; снижение степени ирритации диэнцефальных структур по данным электроэнцефалограммы; уменьшение выраженности симпатотонии по данным кардиоинтервалометрии [4].

Подбор участников в группы

Участников исследования разделили на 2 группы: группа ОНМК — группа пациентов с острым повреждением головного мозга; группа АВМ — группа пациентов с АВМ, без исходного повреждения головного мозга, но с высоким риском его развития после тотальной эмболизации АВМ.

ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной показатель исследования

Определение потребности в энергии методом НК и расчётным методом, оценка их динамики у пациентов с ОНМК и пациентов с высоким риском развития тяжёлых повреждений головного мозга, которым в остром периоде проводили НВС в течение 24 ч и более по показаниям, а также сравнение результатов НК и расчётных уравнений.

Дополнительные показатели исследования

Оценка показателей белкового обмена на этапах исследования.

Методы измерения целевых показателей

Энтеральное зондовое питание проводили через 12 ч после оперативного вмешательства или через 12 ч после поступления в ОРИТ (у больных с ОНМК по ишемическому типу). Применяли полимерные изокалорийные изонитрогенные смеси («Нутрикомп стандарт» (Nutricia GmbH, Германия); калорийность — 1,0 ккал/мл, количество белка — 3,8 г на 100 мл готового раствора) и гиперкалорийными гипернитрогенными смесями («Нутрикомп энергия» (Nutricia GmbH, Германия); калорийность — 1,5 ккал/мл, количество белка — 7,5 г на 100 мл готового раствора). Энтеральные смеси вводили в назогастральный зонд гравитационным способом. Суточный объём смеси рассчитывали на основании энергетической потребности больного, скорректированной по результатам НК. Изначально больной получал питание на основании величины, полученной по уравнению Харриса-Бенедикта. В дальнейшем, после проведения НК, объём энтеральной смеси пересчитывали в соответствии с актуальной энергопотребностью. Данные об увеличении массы тела (МТ) пациента получали из сопроводительной медицинской документации.

Для расчёта потребности в энергии использовали идеальную массу тела (ИМТ), которую вычисляли по модифицированной формуле Лоренца:

- для мужчин: $ИМТ (кг) = Рост (см) - 100 - (Рост (см) \times 100 - 152) \times 0,2$;
- для женщин: $ИМТ (кг) = Рост (см) - 100 - (Рост (см) \times 100 - 152) \times 0,4$ [1].

Для пациентов, находившихся на самостоятельном дыхании, показатели основного обмена веществ (ООВ) рассчитывали по уравнению Харриса-Бенедикта:

- для мужчин: $ООВ (ккал/сут) = 66,47 + (13,75 \times МТ (кг)) + (5 \times Рост (см)) - (6,76 \times Возраст (годы))$;
- для женщин: $ООВ (ккал/сут) = 655,1 + (9,56 \times МТ (кг)) + (1,85 \times Рост (см)) - (4,68 \times Возраст (годы))$.

Для расчёта актуальной потребности в энергии полученные значения ООВ умножали на поправочные коэффициенты: физическая активность, температура тела, МТ, стресс (травма) (табл. 1) [1].

Для пациентов, находившихся на ИВЛ, использовали модифицированное уравнение Пенн Стейт [7]: $(0,85 \times \text{ООВ}) + (175 \times T_{\text{макс}}) + (33 \times \text{МОД (л)}) - 6433$,

где ООВ — величина основного обмена веществ, рассчитанного по уравнению Харриса-Бенедикта, $T_{\text{макс}}$ — максимальная температура тела за последние 24 ч, МОД — минутный объём дыхания.

Базальную потребность в энергии определяли методом НК при помощи автономных метаболографов Q-NRG (Cosmed, Италия). Этот метод основан на измерении объёма поглощаемого кислорода и выделяемого углекислого газа. Устройство калибровали в соответствии с инструкцией производителя через 20 мин после запуска, непосредственно перед проведением измерений. Исследование проводили утром, натощак, после измерения температуры тела, в положении пациента лёжа. Измерение выполняли через плотно подогнанную лицевую маску или дыхательный контур аппарата ИВЛ. Перед началом тестирования записывали данные пациента с помощью интерфейсной программы метаболографа. В течение 5 мин пациенты на самостоятельном дыхании адаптировались к дыханию через лицевую маску. После калибровки прибора (приблизительно 2 мин), начинали основное измерение, которое длилось 10 мин. По завершении процедуры программа автоматически рассчитывала показатели и формировала графический и табличный отчёты, содержащие данные пациента, величину энергетической потребности покоя и дыхательный (респираторный) коэффициент. Потребность в энергии рассчитывали по сокращённой формуле Вейра [8].

Лабораторное обследование включало определение общего белка и ферритина в крови. Степень психомоторного возбуждения оценивали по шкале RASS. Данная шкала включает 10 степеней оценки от -5 (глубокая седация) до +4 (сильное возбуждение) [9].

Продолжительность исследования составило 10 дней. Контрольные точки исследования фиксировали: на первые сутки проведения НВС, через 24 ч, а также на пятый или десятый день в зависимости от продолжительности НВС.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Анализ чувствительности в исследовании не проводили по причине его пилотного характера.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕДУРЫ

Запланированный размер выборки

Предварительно размер выборки не рассчитывали, учитывая поисковый и пилотный характер исследования.

Статистические методы

Расчёты и статистический анализ данных проводили с использованием пакета соответствующих программ Microsoft Excel 2011 (Microsoft Corp., США) и SPSS Statistics ver. 22.0 (IBM Corp., США). Для этого сформировали электронную базу данных Excel, в которую вносили полученные результаты непосредственно после их регистрации. Для статистического анализа использовали критерий Вилкоксона для связанных выборок (для признаков, измеренных в порядковой шкале) и t-критерия Стьюдента. Данные представили в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Для данных, по которым получили статистически значимые различия, указали p -value.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫБОРКИ

Первоначально в исследование включили 31 пациента, соответствующих критериям отбора. Среди них было 17 мужчин (55%) и 14 женщин (45%). В дальнейшем 13 пациентов выбыли из исследования из-за ухудшения состояния, повлёкшего за собой нарушение протокола нутритивной поддержки, или отказа от дальнейшего участия. В окончательный анализ вошли данные 18 больных. В группу ОНМК включили 11 пациентов, в группу АВМ — 7 пациентов (рис. 1).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ

В исследование включили 11 пациентов с ОНМК по ишемическому ($n=2$) и геморрагическому типу ($n=9$), а также больных с АВМ ($n=7$). Больным с ОНМК по геморрагическому типу выполнили следующие оперативные вмешательства: декомпрессивная трепанация черепа, удаление гематом, эндоваскулярная окклюзия аневризмы, установка вентрикуло-перитонеального шунта, удаление опухоли. Пациентам с АВМ проводили тотальную эмболизацию артериовенозной мальформации.

Средний возраст пациентов составил 53 ± 17 года. Среди исследуемых было 8 мужчин (44%) и 10 женщин (56%) (табл. 2).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средние значения потребности в энергии, измеренные методом НК, среди всех больных на первом этапе исследования составили 1488 ± 892 ккал/сут, на 2-е сутки — 1434 ± 633 ккал/сут. Средние значения потребности в энергии, определённые по расчётным уравнениям, среди всех больных на старте терапии составили 1675 ± 616 ккал/сут, на 2-е сутки — 1627 ± 557 ккал/сут.

Средние значения потребности в энергии, измеренные методом НК, в группе ОНМК в начале исследования составили 1584 ± 1131 ккал/сут, на 2-е сутки — 1605 ± 738 ккал/сут, на 10-е сутки наблюдения (после завершения НВС) — 1676 ± 628 ккал/сут. В группе АВМ на старте лечения потребность в энергии была равна 1236 ± 198 ккал/сут, на 2-е сутки — 1167 ± 303 ккал/сут, на 5-е сутки наблюдения (после НВС) — 1606 ± 504 ккал/сут.

Средние значения потребности в энергии, определённые по расчётным уравнениям, в группе ОНМК составили 1703 ± 610 ккал/сут, на 2-е сутки — 1777 ± 677 ккал/сут, на 10-е сутки — 1789 ± 590 ккал/сут. В группе АВМ на старте лечения расчётная потребность в энергии была равна 1509 ± 482 ккал/сут, на 2-е сутки — 1515 ± 512 ккал/сут, на 5-е сутки — 1597 ± 490 ккал/сут (табл. 3).

При сравнении энергопотребности в группе АВМ обнаружили статистически значимое различие между актуальной потребностью в энергии, измеренной методом НК в контрольной точке 1, $p=0,033$. К точке 3 (5-е сутки для группы АВМ, 10-е сутки для группы ОНМК) после завершения НВС актуальная потребность в энергии у всех больных повысилась и приблизилась к индивидуальной расчётной норме, полученной при использовании уравнения Харриса-Бенедикта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В первые сутки концентрация общего белка была ниже референсных значений у всех пациентов и составила 58 ± 9 г/л. В группах ОНМК и АВМ этот показатель составил 57 ± 6 г/л и 60 ± 12 г/л соответственно. К 5 суткам в группе АВМ отметили тенденцию к увеличению концентрации общего белка до 65 ± 6 г/л. В группе ОНМК к 10 суткам значимой динамики в концентрации общего белка не наблюдали (57 ± 9 г/л).

В группе ОНМК по сравнению с началом исследования концентрация ферритина статистически значимо возросла к 10 суткам, а именно с 234 ± 153 до 684 ± 541 мкг/л, $p=0,03$. Потребление кислорода в первые сутки в группе ОНМК составило 250 ± 228 мл/мин без значимой динамики к финальной точке — 239 ± 108 мл/мин. В группе АВМ потребление кислорода в первой точке составило 180 ± 25 мл/мин с тенденцией к увеличению к последней точке — 235 ± 77 мл/мин. Дыхательный коэффициент в группе ОНМК в первой контрольной точке был равен $0,8 \pm 0,1$, во вторые сутки — $0,9 \pm 0,2$, а в последней точке — $1,0 \pm 0,1$. В группе АВМ в первой контрольной точке дыхательный коэффициент был равен $0,8 \pm 0,1$, на 2-е сутки $0,8 \pm 0,1$, на 5-е сутки $0,8 \pm 0,1$ (табл. 4). У 7 больных (39%) — из них 5 из группы ОНМК и 2 из группы АВМ — дыхательный коэффициент был выше 0,85 на старте исследования, у 11 больных (61%) (10 из группы ОНМК, 1 из группы АВМ) дыхательный коэффициент оказался выше 0,85 в финальной точке. У 8 больных (44%) (5 из группы ОНМК, 3 из группы АВМ) дыхательный коэффициент был ниже 0,8 в первые сутки, у 3 больных (16%) (все из группы АВМ) в последней точке дыхательный коэффициент был ниже 0,8.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Анализ чувствительности не проводили.

ОБСУЖДЕНИЕ

РЕЗЮМЕ ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённое исследование показало, что в первые сутки проведения НВС истинная потребность в энергии, измеренная методом НК, у большинства больных была ниже расчётных величин. После завершения НВС актуальная потребность в энергии незначительно отличалась от расчётных значений. Также выяснили, что концентрация ферритина у больных с ОНМК статистически значимо повышалась.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным ограничением исследования служит его пилотный характер и небольшой размер выборки пациентов. В ходе исследования баланс азота оценивали только в первые сутки и не измеряли в дальнейшем. Анализ динамики азотистого баланса мог бы предоставить более полную картину изменений нутритивного статуса. Кроме того, не анализировали связь повышения концентрации ферритина и развития вторичных инфекционных поражений. В будущих исследованиях эти пробелы планируется устранить.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Универсальный метаболический ответ на системное повреждение характеризуется повышением скорости обмена веществ. Развивающееся состояние гиперметаболизма в сочетании с невозможностью самостоятельного питания требуют проведения искусственной нутритивной поддержки. За последние десятилетия нутритивная поддержка у пациентов в критическом состоянии превратилась из вспомогательного метода в полноценный компонент интенсивной терапии. Тем не менее, остаётся ряд вопросов относительно того, какое количество энергии должен получать пациент в критическом состоянии. Для решения этой задачи современные руководства предлагают использовать НК [1, 10, 11]. Однако на практике этот метод не всегда доступен и валидирован. С другой стороны, широкое применение расчётных уравнений для определения энергопотребности предлагает лишь приблизительные значения. Кроме того, современные медицинские технологии позволяют снизить скорость метаболизма у больных с острым повреждением головного мозга.

Одной из таких стратегий ведения раннего постагрессивного периода у больных с поражением центральной нервной системы является концепция НВС. Она предлагает проведение патогенетической терапии тяжёлого повреждения головного мозга. В основе концепции лежит направленное фармакологическое воздействие на системы регуляции ствола головного мозга, которое подразумевает применение опиоидных анальгетиков и $\alpha 2$ -адреноагонистов. [4]. В этом случае скорость обмена веществ снижается, что никак не учитывается в расчётных уравнениях для определения потребности в энергии [12].

Данные, полученные в нашем пилотном исследовании, подтверждают этот тезис. Больным с ОНМК, имеющим острое повреждение головного мозга, в период НВС, требовалось меньшее количество энергии по сравнению с расчётными уравнениями. Хотя эта разница не достигла статистической значимости, наблюдали чёткую тенденцию несоответствия расчётной и измеренной методом НК потребности в энергии у таких пациентов.

Более выраженные различия наблюдали у пациентов с угрозой развития острого повреждения головного мозга (группа АВМ). В первые сутки актуальная потребность в энергии, измеренная при помощи НК, была статистически значимо ниже расчётной ($p=0,033$). Это свидетельствует о вероятности гипералиментации при использовании расчётных уравнений. Как известно, избыточное питание, равно как и его недостаток, негативно влияют на таких пациентов, поскольку ухудшает клинические исходы [10, 11, 13]. Проведённая нами коррекция питания по результатам НК позволила добиться более точного назначения нутритивной поддержки. В частности, в контрольных точках исследования (точки 2 и 3) не обнаружили значимых статистических различий между результатами расчётных уравнений и данными НК. По-видимому, соответствие между потребностью в энергии и калорийностью рациона было сопоставимым, что позволило достичь адекватной нутритивной поддержки.

Дыхательный коэффициент представляет собой соотношение между объёмом выдыхаемого углекислого газа и объёмом вдыхаемого кислорода и характеризует утилизацию различных энергетических субстратов. При утилизации жиров и спиртов он равен 0,7, белков — 0,8, углеводов — 1,0. В среднем значение дыхательного коэффициента у здоровых добровольцев составляет 0,8–0,85, что соответствует почти равному окислению жиров и углеводов [8]. Интерпретация величины дыхательного коэффициента позволяет оценить участие того или иного субстрата в процессе энергообеспечения [14]. В нашем исследовании дыхательный коэффициент в начале лечения был повышен у всех больных. При этом наибольшее значение этого показателя наблюдали в группе ОНМК. На 10-е сутки значение коэффициента в группе ОНМК увеличилось, а в группе АВМ его величина к 5 суткам не изменилась. Такая тенденция говорит о преимущественном окислении глюкозы на фоне стрессовой гипергликемии в группах более тяжёлых пациентов и потере гликогена мышечной ткани на фоне гиперкатаболизма.

Анализ полученных данных показал, что у 44% всех обследованных больных дыхательный коэффициент был ниже 0,8, что свидетельствует о преобладании липолиза. В то же время у 39% пациентов его величина превышала 0,85, что говорит о высоком метаболизме гликогена, в том числе в мышечной ткани.

Коррекция нутритивной поддержки на основании результатов НК позволила нормализовать белковый обмен, что отразилось в динамике концентрации общего белка. В группе АВМ к моменту завершения НВС этот показатель достиг референсных значений. В группе ОНМК концентрация общего белка оказалась достаточно стабильной, несмотря на исходно более тяжёлое состояние, изначально более выраженный СГТ и более длительный период пребывания в ОРИТ. Отсутствие роста показателя в этой группе больных говорит о сохраняющемся преобладании катаболических процессов над анаболическими. В то же время сохранение концентрации общего белка можно рассматривать как позитивный фактор, отражающий перестройку метаболических процессов в

анаболические. Такая тенденция также доказывает эффективность проводимой нутритивной поддержки, рассчитанной при помощи НК.

Повышение концентрации ферритина в группе ОНМК связано, по-видимому, с присоединением вторичной инфекции. Однако более точные выводы делать преждевременно по причине пилотного характера исследования и малого размера выборки пациентов.

Показано, что белково-энергетическая недостаточность отрицательно влияет на частоту осложнений и исход тяжёлого инсульта [15]. В то же время несоответствие реальной и расчётной потребности в энергии у больных с тяжёлым повреждением головного мозга усложняет задачу выбора актуальной нутритивной поддержки. Погрешность расчётных уравнений не позволяет подобрать адекватный режим искусственного питания, что может негативно сказаться на результатах лечения. Эмпирический подход, предлагаемый, например, в рекомендациях ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, Европейская ассоциация клинического питания и метаболизма) [10], также основан на расчётных уравнениях и не решает проблемы обеспечения необходимого поступления энергии. В этой ситуации методом выбора остаётся НК, а расчётные уравнения можно использовать только при её отсутствии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема адекватного энергообеспечения пациентов с острыми тяжёлыми повреждениями головного мозга по-прежнему актуальна. Для её решения необходимо более широкое использование не прямой калориметрии, которая позволяет точно определять энергетические потребности пациентов и назначать нутритивную поддержку на основе данных исследования, без использования расчётных уравнений или эмпирических формул. Полученные нами данные демонстрируют наличие погрешности при оценке энергопотребности у больных данной когорты с применением расчётных уравнений. Необходимо проведение дальнейших крупномасштабных клинических исследований для определения истинной потребности в энергии у таких пациентов и широкое внедрение метода не прямой калориметрии в повседневную клиническую практику.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Протасова Д.В. — сбор и обработка данных, написание черновика рукописи; Жакова Л.П. — сбор и обработка данных; Ценципер Л.М. — разработка концепции исследования, редактирование рукописи; Лейдерман И.Н. — разработка концепции исследования, редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, выписка 2412-23 из протокола № 12-23 от 25.12.2023. Все пациенты или их законные представители дали согласие на участие в исследовании и подписали информированное добровольное согласие.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Конфликта интересов нет.

Заявление об оригинальности. Использованы впервые собранные данные.

Доступ к данным. Авторы сообщают, что все данные представлены в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании рукописи генеративный искусственный интеллект не использовался.

Рассмотрение и рецензирование. Рукопись направлена в редакцию журнала в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution: D.V. Protasova — data collection and processing, drafting of the manuscript; L.P. Zhakova — data collection and processing; L.M. Tsentsiper — conceptualization, manuscript editing; I.N. Leyderman — conceptualization, manuscript editing. All authors approved the manuscript (version for publication) and agree to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of [---removed for peer review---], extract 2412-23 from Protocol No. 12-23 dated December 25, 2023. All patients or their legal representatives provided consent to participate in the study and signed informed consent forms.

Funding sources: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Disclosure of interests: The authors declare no explicit or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Statement of originality: The study uses primary data collected for the first time.

Data availability statement: The authors confirm that all data are presented within the article.

Generative AI: No generative AI was used in the creation of this manuscript.

Provenance and peer-review: The manuscript was submitted to the journal editorial board on the authors' own initiative and underwent the standard review procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the scientific editor of the journal.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Petrikov SS, Khubutia MSh, Popova TS, editors. *Parenteral and enteral nutrition: national guidelines*. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. 1168 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-9704-7277-4 doi: 10.33029/9704-7277-4-PAR-2023-1-1168 EDN: FXMQGG
- Magyar CTJ, Schnüriger B, Köhn N, et al. Longitudinal analysis of caloric requirements in critically ill trauma patients: a retrospective cohort study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2024;50:913–923. doi: 10.1007/s00068-023-02429-z EDN: MBZGIS
- Cehan VD, Cehan AR, Pui MC, Lazar A. A New Perspective on overfeeding in the intensive care unit (ICU): challenges, dangers and prevention methods. *Life*. 2025;15(5):828. doi: 10.3390/life15050828
- Kondratyev AN, Tsentsiper LM, Kondratyeva EA, Nazarov RV. Neurovegetative stabilization as a pathogenetic therapy for brain injury. *Russian Journal of Anesthesiology and reanimatology*. 2014;(1):82–84. EDN: RWIHKF
- Ramsay MA, Savage TM, Simpson B, et al. Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *Br Med J*. 1974;2(5920):656–659. doi: 10.1136/bmj.2.5920.656
- Lesteva NA, Rybakov GYu, Ivanova VYu, Kondratyev AN. Assessment of the vegetative status of neurosurgery patients using Aschner reflex and Kerdo's index. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov*. 2022;14(2):84–91. EDN: SIFGSQ
- Walker RN, Heuberger RA. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respir Care*. 2009;54:509–521.
- Oshima T, Berger MM, Waele ED, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clin Nutr*. 2017;36(3):651–662. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010
- Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. The Richmond agitation–sedation scale: validity and reliability in adult intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(10):1338–1344. doi: 10.1164/rccm.2107138
- Singer P, Blaser AR, Berger MM, et al. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr*. 2023;42(9):1671–1689. doi: 10.1016/j.clnu.2023.07.011 EDN: TQSVZO
- Compher C, Bingham AL, McCall M, et al. Guidelines for the provision of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: The American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2022;46(1):12–41. doi: 10.1002/jpen.2267 EDN: FUKXPQ
- Osuka A, Uno T, Nakanishi J, et al. Energy expenditure in patients with severe head injury: controlled normothermia with sedation and neuromuscular blockade. *J Crit Care*. 2013;28(2):218.e9–218.e13. doi: 10.1016/j.jcrc.2012.05.012
- Ershov VI, Leiderman IN, Dobrynin AS. Malnutrition in patients with cerebral stroke. *Clinical nutrition and metabolism*. 2023;4(4):246–255. doi: 10.17816/clinutr633216 EDN: HQSEAK
- Dreval AV, Vysotsky VG, Yatsyshina TA, et al. Indirect calorimetry in the differential diagnosis of the metabolic status of obese patients with non-insulin dependent diabetes mellitus. *Problems of Endocrinology*. 1993;39;2:4–7. EDN: KJWSET
- Ershov VI, Leiderman IN, Belkin AA, et al. Protein-energy malnutrition prevalence and influence on complications and outcome of severe stroke, requiring mechanical ventilation: A multicenter prospective observational trial. *Saltanov Intensive Care Bulletin*. 2024;(1):58–68. doi: 10.21320/1818-474X-2024-1-58-68 EDN: IVYANG

ОБ АВТОРАХ | AUTHORS' INFO

*Автор, ответственный за переписку:	
* Протасова Диана Вадимовна; адрес: Россия, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2;	* Diana V. Protasova, MD; address: 2 Akkuratova st, St. Petersburg, Russia, 197341;

телефон: +7 912 601-07-55; ORCID: 0000-0001-9198-8058; eLibrary SPIN: 8774-5329; e-mail: diana26-26@mail.ru	Phone: +7 912 601-07-55; ORCID: 0000-0001-9198-8058; eLibrary SPIN: 8774-5329; e-mail: diana26-26@mail.ru
Жакова Лолита Петровна ; ORCID: 0009-0004-8585-4634; e-mail: zhakova_lolita@mail.ru	Lolita P. Zhakova , MD; ORCID: 0009-0004-8585-4634; e-mail: zhakova_lolita@mail.ru
Ценципер Любовь Марковна , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-7527-7707; eLibrary SPIN: 3320-4209; e-mail: lmt1971@yandex.ru	Lubov M. Tsentsiper , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-7527-7707; eLibrary SPIN: 3320-4209; e-mail: lmt1971@yandex.ru
Лейдерман Илья Наумович , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-8519-7145; eLibrary SPIN: 7118-6680; e-mail: inl230970@gmail.com	Ilya N. Leyderman , MD Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-8519-7145; eLibrary SPIN: 7118-6680; e-mail: inl230970@gmail.com

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Коэффициенты повреждающих факторов при расчете потребности в энергии по уравнению Харриса-Бенедикта, адаптировано из [1]

Table 1. Negative factors coefficients for calculating energy requirements using the Harris-Benedict equation, adapted form [1]

Факторы	Значение	Коэффициент
Активность	Постельный режим	1,1
	Палатный режим	1,2
	Общий режим	1,3
	Тяжёлая физическая нагрузка	1,5
Температура в подмышечной впадине	38,0–38,9 °C	1,1
	39,0–39,9 °C	1,2
	40,0–40,9 °C	1,3
	>41,0°C	1,4
Дефицит массы тела	10–20%	1,1
	20–30%	1,2
	>30%	1,3
	Отсутствует	1,0
Травма	Операции малого объёма	1,1
	Операции большого объёма	1,2
	Переломы	1,3
	Перитонит	1,4
	Сепсис	1,5
	Политравма, черепно-мозговая травма	1,6
	Ожоги <30%	1,7
	Ожоги 30%–50%	1,8
	Ожоги 51%–70%	2,0
	Ожоги >70%	2,2

Таблица 2. Клинико-демографические показатели на старте исследования

Table 2. Clinical and demographic indicators at the start of the study

Показатели	Пациенты
Общее число больных	18
Возраст, годы	53±17
Мужчины, <i>n</i> (%)	8 (44)
Женщины, <i>n</i> (%)	10 (56)
Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу, <i>n</i> (%)	2 (11,1)
Острое нарушение мозгового кровообращения по геморрагическому типу, <i>n</i> (%)	9 (50,0)
Артериовенозная мальформация, <i>n</i> (%)	7 (38,9)
Оперативное вмешательство, <i>n</i> (%)	16 (88,9)
Декомпрессивная трепанация черепа, удаление гематомы, <i>n</i> (%)	5 (28)
Микрохирургическое удаление опухоли, <i>n</i> (%)	2 (11)
Эмболизация аневризмы, <i>n</i> (%)	2 (11)
Тотальная эмболизация артериовенозной мальформации, <i>n</i> (%)	7 (38,9)

Таблица 3. Потребность в энергии на этапах исследования

Table 3. Energy requirements during the research stages

Показатели	1-е сутки	2-е сутки	5-е сутки (после НВС)	10-е сутки (после НВС)	Последние сутки (после НВС) — для общей когорты
Все больные (<i>n</i> =18)					
Непрямая калориметрия, ккал/сут	1488±892	1434±633	–	–	1648±568
Расчётный метод, ккал/сут	1675±616	1714±546	–	–	1714±546
Группа ОНМК (<i>n</i> =11)					
Непрямая калориметрия, ккал/сут	1584±1131	1605±738	–	1676±628	–
Расчётный метод, ккал/сут	1703±610	1777±677	–	1789±590	–
Группа АВМ (<i>n</i> =7)					
Непрямая калориметрия, ккал/сут	1236±198	1167±303	1606±504	–	–
Расчётный метод, ккал/сут	1509±482	1515±512	1597±490	–	–
	(<i>p</i> =0,033)				

Примечание. НВС — нейровегетативная стабилизация, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, АВМ — артериовенозная мальформация. Данные представлены в формате $M \pm SD$, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение.

Таблица 4. Дополнительные результаты исследования

Table 4. Additional study results

Показатели	1-е сутки	2-е сутки	5-е сутки (после НВС)	10-е сутки (после НВС)
Общий белок, г/л				
Все больные, (n=18)	58±9	56±5	—	60±9
Группа ОНМК (n=11)	57±6	56±6	—	57±9
Группа АВМ (n=7)	60±12	57±2	65±6	—
Ферритин, мкг/л				
Все больные, (n=18)	187±154	—	—	482±493
Группа ОНМК (n=11)	234±153	—	—	684±541 (p=0,03)
Группа АВМ (n=7)	120±138	—	177±161	—
VO2, мл/мин				
Все больные, (n=18)	223±179	207±89	—	237±95
Группа ОНМК (n=11)	250±228	231±105	—	239±108
Группа АВМ (n=7)	180±25	171±43	235±77	—
Дыхательный коэффициент				
Все больные, (n=18)	0,8±0,1	0,8±0,1	—	0,9±0,2
Группа ОНМК (n=11)	0,8±0,1	0,9±0,2	—	1,0±0,1
Группа АВМ (n=7)	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	—

Примечание. НВС — нейровегетативная стабилизация, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, АВМ — артериовенозная мальформация. Данные представлены в формате M±SD, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение.

РИСУНКИ

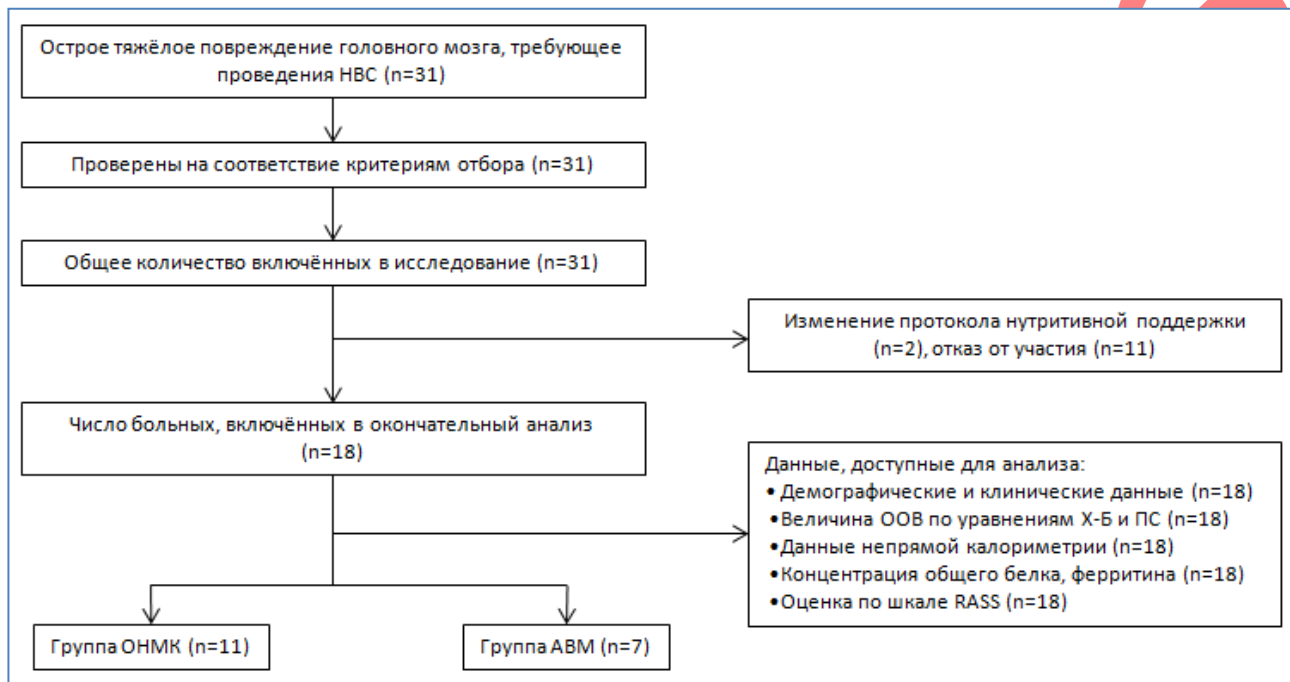


Рис. 1. Последовательность формирования выборки исследования (в соответствии с руководством STROBE). НВС — нейровегетативная стабилизация, шкала RASS — шкала возбуждения-седации Ричмонда (Richmond Agitation-Sedation Scale). STROBE — повышение качества сообщений о результатах наблюдательных исследований в эпидемиологии (STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology).

Fig. 1. Study cohort formation flowchart (in accordance with the STROBE guidelines). NVS — neurovegetative stabilization, RASS — Richmond Agitation-Sedation Scale. STROBE — STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology.