

Влияние вертикализации на динамику показателя энергопотребности покоя у пациентов с синдромом безответного бодрствования

И.Н. Лейдерман^{1, 2*}, А.А. Белкин^{1, 2}, Р.Т. Рахимов², В.А. Белкин², Р.А. Жигужевский²

Кафедра анестезиологии, реаниматологии, трансфузиологии и токсикологии

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Российская Федерация, 620028, Екатеринбург, ул. Репина, д. 3

² ООО «Клиника Института Мозга»

Российская Федерация, 623700, Свердловская обл., г. Березовский, ул. Шиловская, д. 28-6

* Контактная информация: Лейдерман Илья Наумович, доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии, трансфузиологии и токсикологии ФГБОУ ВО УГМУ МЗ РФ. Email: inl230970@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ

Для острого периода церебральной недостаточности (ОЦН) анализ показателя энергопотребности покоя (*REE*) с помощью метода непрямой калориметрии является эффективным при оценке уровня гиперметаболизма и подборе оптимальной нутритивной поддержки. У пациентов с хроническими нарушениями сознания (ХНС) показана целесообразность такого подхода, но у этой категории пациентов не учитывается влияние реабилитационных мероприятий на потребность в энергии. Вертикализация является сегодня рутинным методом профилактики и лечения иммобилизационного синдрома у пациентов с ОЦН и ее последствиями.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить влияние процедуры вертикализации на поворотном столе на динамику показателя *REE* у пациентов с синдромом безответного бодрствования (СББ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проспективное сравнительное нерандомизированное исследование было проведено у 136 пациентов отделения нейрореанимации Клиники Института Мозга. Определение показателя *REE* проводили с помощью метода непрямой калориметрии без нагрузки и в процессе вертикализации у 75 пациентов с СББ и у 51 пациента отделения реанимации и интенсивной терапии, которые также перенесли ОЦН, но находились в ясном сознании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов в ясном сознании при вертикализации происходило увеличение *REE* в среднем на 300 ккал (20%) от исходных значений. Энергетическая цена вертикализации составила около 5 ккал/кг. Напротив, в группе пациентов с СББ процедура вертикализации практически не увеличивала расход энергии, а энергетическая цена вертикализации немногим превышала 1 ккал/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациенты с синдромом безответного бодрствования имеют особый метаболический статус, вероятно, обусловленный снижением функциональной активности мозга. Это может быть подтверждено с помощью метода непрямой калориметрии.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение реальной энергопотребности на фоне вертикализации у здорового человека достигает в среднем 20%, а энергетическая цена вертикализации колеблется в диапазоне от 1 до 6 ккал/кг.
2. У пациентов, перенесших острую церебральную недостаточность, в ясном сознании при вертикализации происходит рост истинной энергопотребности в среднем на 300 ккал, а энергетическая цена вертикализации составляет около 5 ккал/кг.
3. У пациентов с синдромом безответного бодрствования процедура вертикализации практически не увеличивает расход энергии, а энергетическая цена вертикализации немногим превышает 1 ккал/кг.

Ключевые слова:

острая церебральная недостаточность, хроническое нарушение сознания, обмен энергии, непрямая калориметрия

Ссылка для цитирования

Лейдерман И.Н., Белкин А.А., Рахимов Р.Т., Белкин В.А., Жигужевский Р.А. Влияние вертикализации на динамику показателя энергопотребности покоя у пациентов с синдромом безответного бодрствования. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2020;9(3):356–362. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-356-362>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ИМТ — индекс массы тела

ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии

ОЦН — острая церебральная недостаточность

СББ — синдром безответного бодрствования

ХНС — хронические нарушения сознания

ЦНС — центральная нервная система

CMRGlc — центральный метаболизм глюкозы

PVS — *Persistent Vegetative State*, персистирующее вегетативное состояние

REE — *Resting Energy Expenditure*, расход энергии в покое

ВВЕДЕНИЕ

Успехи и достижения в интенсивной терапии критических состояний, в частности, нейрореаниматологии, в последние два десятилетия привели к увеличению числа пациентов, которые выживают после острого церебрального повреждения. Часть таких пациентов полностью восстанавливается в течение первых дней после развития острой церебральной недостаточности (ОЦН), другие — в течение более длительного периода времени проходят различные стадии, прежде чем полностью или частично восстановят сознание (например, малое сознание, вегетативное состояние) или навсегда утратят все функции мозга (смерть мозга). Клиническая практика показывает, насколько сложным зачастую является распознавание у этих пациентов достоверных критериев сознательного восприятия окружающей среды. Эти проблемы отражаются в частых ошибочных диагнозах синдрома «запертого» человека, комы, малого сознания и вегетативного состояния.

В 1972 году *B. Jennett u F. Plum* [1, 2] определили вегетативное состояние как клиническое состояние «бодрствования без осознания». Они процитировали статью из Оксфордского словаря английского языка, чтобы уточнить свой выбор термина «вегетативный»: «вегетировать — значит жить просто физической жизнью, лишенной интеллектуальной деятельности или социальной». Термин, предложенный не так давно для обозначения персистирующего вегетативного состояния — *unresponsive wakefulness syndrome* или синдром безответного бодрствования (СББ) [3] — позволяет более корректно обозначать социальный статус пациента, что имеет большое психологическое значение для семьи больного.

В соответствии с консенсусом “*Multi-Society Task Force on PVS (1994)*” формулировка диагноза «персистирующее вегетативное состояние» возможна при наличии следующих критериев:

- отсутствие признаков осознания себя или окружающей среды и неспособности взаимодействовать с другими;
- отсутствие доказательств устойчивых, воспроизводимых, целенаправленных или добровольных поведенческих реакций на зрительные, слуховые, тактильные или болевые стимулы;
- отсутствие распознавания и реакции на речь;
- прерывистое бодрствование проявляется наличием циклов сна–бодрствования;
- достаточно сохраненные вегетативные функции гипоталамуса и ствола мозга, чтобы обеспечить выживание при наличии адекватного ухода за больными;
- отсутствие контроля мочеиспускания и дефекации;
- сохранившиеся рефлексии с черепных нервов и спинальные рефлексии [3].

Позитронно-эмиссионная томография показала существенное снижение глобального метаболизма мозга у вегетативных больных. Не так давно проведенные исследования продемонстрировали снижение общего метаболизма мозга в диапазоне 50–60% в вегетативном состоянии различной этиологии и продолжительности. У пациентов с “*locked in syndrome*” общий супратенториальный церебральный метаболизм был сохранен частично или полностью, тогда как у коматозных пациентов наблюдалось снижение на 45% [4–7]. Как было показано в исследованиях *M. Buchsbaum et*

al. и *P. Maquet et al.*, в условиях медленного сна общий метаболизм мозга снижается на 44% ниже нормальных значений, соответствующих полноценному бодрствованию [8, 9].

Другой пример преходящей метаболической депрессии наблюдается во время общей анестезии. Так, было выявлено, что когда разные анестетики титруются до точки отсутствия ответа на болевой стимул, результирующее снижение метаболизма глюкозы в головном мозге сравнимо с тем, которое наблюдается у вегетативных пациентов [10, 11].

Результаты сканирования пациентов с СББ и после восстановления сознания показали, что скорость окисления глюкозы в сером веществе после восстановления существенно не увеличилась (4,5 мг/100 г/мин против 4,7 мг/100 г/мин) [12].

Остается спорным, отражает ли наблюдаемое метаболическое расстройство в вегетативном состоянии функциональное и потенциально обратимое повреждение или же необратимую структурную потерю нейронов. *J. Rudolf et al.* высказались в пользу последнего, используя 11C-флумазенил в качестве маркера целостности нейронов при оценке состояния острых и вегетативных пациентов, перенесших гипоксическое повреждение центральной нервной системы (ЦНС) [13].

Первые функциональные исследования с использованием изотопа ксенона 133 и скинтилляционной камеры уже продемонстрировали значительное диффузное снижение мозгового кровотока у пациентов с СББ, которое коррелировало с неврологическим исходом и уровнем сознания: у выздоровевших пациентов были более высокие средние значения мозгового кровотока, чем у пациентов с остаточным дефицитом или у тех, кто умер [16]. Эти результаты были подтверждены однофотонной эмиссионной томографией, что позволяет предположить, что глобальное снижение кортикального кровотока является надежным предиктором плохого отдаленного исхода. Именно поэтому дальнейшие исследования были сосредоточены на изучении метаболизма мозга в ранних стадиях, оценке признаков нейрональной целостности или демонстрации чувствительности к внешним раздражителям [17].

Церебральный метаболизм глюкозы (*CMRGlC*) на уровне 75% от нормального диапазона, измеренный через 1 месяц после перенесенного эпизода гипоксии ЦНС, может быть предиктором восстановления после комы, но четкая связь между *CMRGlC* и клиническим исходом не установлена. В некоторых исследованиях *CMRGlC* был связан с уровнем сознания, а клиническое выздоровление сопровождалось общим увеличением скорости метаболизма глюкозы. При СББ общий метаболизм коры обычно составляет от 40% до 50% нормального диапазона, но в редких случаях с остаточной церебральной активностью *CMRGlC* может находиться в нормальном диапазоне. При увеличенной продолжительности СББ, то есть при переходе от острого вегетативного состояния к персистирующему, наблюдается дальнейшее снижение метаболизма глюкозы до 30–40% [14, 15, 18].

Различия в метаболическом паттерне можно увидеть в соответствии с основной причиной заболевания: в гипоксическом мозге супратенториальный гипометаболизм глюкозы в целом был однородным, но может быть усилен в пограничных зонах. Пациенты

с травматическим СББ часто демонстрируют неоднородные метаболические паттерны с дефицитом или сильно сниженным метаболизмом в местах первичного повреждения тканей и снижением метаболизма глюкозы в разной степени в оставшихся корковых и подкорковых структурах. В нескольких исследованиях посттравматического, а также постаноксического СББ сообщалось, что метаболизм глюкозы в мозжечке менее нарушен (на 18–30% ниже нормального) [19].

Вертикализация является лечебной стратегией обеспечения нормального функционирования организма в естественном вертикальном положении, методом профилактики и лечения иммобилизационного синдрома у больных любого профиля. Цель вертикализации — поддержание или восстановление максимального значения гравитационного градиента (не менее 80°) как обязательного условия функционирования пациента в ходе реабилитационного процесса. Она достигается в ходе ортостатических тренировок, обеспечивающих сохранение (восстановление) адекватной афферентации от суставных и мышечно-сухожильных рецепторов при замыкании суставов нижних конечностей и позвоночника, сохранение должного влияния на познотоническую и динамическую активность вестибулярных и постуральных рефлекторных реакций и автоматизмов, улучшение респираторной функции, а также сохранение рефлекторного механизма опорожнения кишечника и мочевого пузыря [20].

Цель исследования: определение влияния процедуры вертикализации на поворотном столе на динамику показателя расхода энергии в покое (*REE*) у пациентов с СББ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проспективное сравнительное нерандомизированное исследование было проведено у 136 пациентов отделения нейрореанимации Клиники Института Мозга в период с января 2016 по декабрь 2018 года. Также в исследование был включен 21 здоровый доброволец. Все пациенты поступили в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) КИМ в ходе маршрутизации на этапы медицинской реабилитации после завершения интенсивного этапа лечения в ОРИТ Свердловской области. Тяжесть состояния соответствовала 5 баллам по модифицированной шкале Рэнкина. Все пациенты получали стандартную реабилитацию согласно регламенту клинических рекомендаций «РеабИТ» [21] не менее 3 часов в день, в том числе вертикализацию на поворотном столе (20–60 минут в день).

Критериями включения были:

- возраст 18–75 лет;
- критическое состояние, вызванное первичной ОЦН;
- персистирующее вегетативное состояние (СББ) после перенесенного критического состояния в результате острой церебральной недостаточности.

Критерии исключения:

- спонтанные вегетативные кризы 2 и более раз в сутки;
- гипертермия;
- декомпенсированная хроническая патология почек и печени;
- хроническая сердечная недостаточность IV функционального класса по *NYHA*;
- длительность хронического критического состояния более 6 месяцев.

Исследование было разбито на два этапа.

На первом этапе 21 здоровому добровольцу была проведена оценка энергопотребности в покое и реальной энергопотребности в процессе вертикализации. Определение энергопотребности пациента проводили с помощью метода непрямой калориметрии (система метаболического мониторинга в прикроватном мониторе МПР 6-03 (Тритон Электроникс, РФ)) путем прямого газового анализа вдыхаемой и выдыхаемой смеси и отдельного определения потребления кислорода и экскреции углекислоты на вдохе и выдохе.

Также рассчитывали так называемую энергетическую цену вертикализации. Для этого прирост реальной энергопотребности по сравнению с энергопотребностью покоя при выполнении вертикализации делили на массу тела пациента (ккал/кг):

Энергетическая цена вертикализации = (энергопотребность при проведении вертикализации, ккал/сутки) – (энергопотребность покоя, ккал/сутки) / (масса тела, кг)

На втором этапе исследования непрямую калориметрию в покое и при проведении вертикализации проводили у 75 пациентов ОРИТ с СББ. Аналогичная оценка энергообмена была проведена у 51 пациента ОРИТ, также перенесших ОЦН, но при тяжелом неврологическом дефиците находящихся в ясном сознании.

Все пациенты получали стандартную нутритивную поддержку в виде энтерального питания через назогастральный зонд или гастростому. Средний суточный объем вводимых энергосубстратов колебался в диапазоне 1800–2000 ккал в сутки.

Вертикализацию проводили на поворотном столе в соответствии с клиническими рекомендациями Союза реабилитологов России (<https://rehabrus.ru/materialyi/klinicheskie-rekomendaczii.html>).

Статистический анализ результатов исследования осуществляли с помощью программы *Statistica 10.0* и статистической надстройки приложения *Excel* для *Windows 10*. Для количественных признаков данные были приведены как среднее арифметическое значение (*M*) и границы (в скобках) 95% доверительного интервала (*ДИ*) в виде медианы (*Me*) и границ межквартильного интервала (в скобках) *Percentile 25–75%*. Для качественных признаков приводилась доля в процентах. Сравнительный анализ качественных признаков выполняли с помощью критерия Манна–Уитни. Для всех статистических критериев ошибка первого рода устанавливалась равной 0,05. Нулевая гипотеза (отсутствие различий) отвергалась, если вероятность (*p*) не превышала ошибку первого рода.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование особенностей энергетического обмена у здоровых добровольцев показало, что при проведении вертикализации на поворотном столе (гравитационный градиент 80 градусов) происходит умеренное (в среднем на 250–300 ккал) увеличение показателя реальной энергопотребности по сравнению с энергопотребностью покоя с головным концом кровати, поднятым до 20 градусов. Таким образом нами было выявлено, что у здорового человека прирост реальной энергопотребности на фоне вертикализации достигает в среднем 20%, а энергетическая цена вертикализации колеблется в широком диапазоне 1–6 ккал/кг (табл. 1).

На втором этапе исследования оценка показателей энергопотребности покоя и реальной энерго-

потребности на фоне вертикализации была проведена у 75 пациентов с СББ и 51 пациента, находящегося в ясном сознании. Индекс массы тела (ИМТ), масса тела, суточная энергопотребность, рассчитанная при помощи формулы Харриса–Бенедикта, а также показатели, характеризующие состояние висцерального пула белка (сывороточные уровни трансферрина и альбумина), в сравниваемых группах статистически значимо не различались (табл. 2).

Сравнительный анализ энергетических потребностей пациентов в ясном сознании и больных с СББ в покое и на фоне вертикализации позволил выявить ряд принципиальных отличий и определенных закономерностей (табл. 3).

Как видно из таблицы, у пациентов в ясном сознании при вертикализации на столе происходило увеличение показателя истинной энергопотребности в среднем на 300 ккал, что соответствует приросту в среднем на 20%. При этом энергетическая цена вертикализации составила около 5 ккал/кг. Напротив, в группе пациентов с СББ процедура вертикализации практически не увеличивала расход энергии, а энергетическая цена вертикализации немногим превышала 1 ккал/кг.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценивая метаболизм покоя в горизонтальном положении методом непрямой калориметрии, мы увидели разницу между здоровыми людьми и пациентами, перенесшими ОЦН, которой не было при расчете

по формуле Харриса–Бенедикта. Проанализировав ситуацию, мы предположили, что церебральный метаболизм должен активизироваться при стандартизированном тесте, активизирующем межнейрональные связи. Для этого был выбран маневр вертикализации, физиологично провоцирующий активность таламуса, «коммутатора» проприоцепции, и обязательный компонент реабилитационного процесса. Оказалось, что профиль энергозатрат у пациентов с СББ отличается от пациентов, перенесших ОЦН, но сохранивших ясное сознание. При сравнении энергетического баланса группы здоровых и сохранивших сознание пациентов статистически значимой разницы не установлено. Аналогичный результат получен при сравнении показателя энергетической цены вертикализации — пациенты с СББ тратят меньше энергии на вертикализацию. Отчетливо проявились закономерности вегетативного обеспечения процесса вертикализации: переход в вертикальное положение до уровня 80° гравитационного градиента сопровождается повышением энергозатрат. Исходя из понимания физиологических механизмов вертикализации, такая динамика соответствует реализации алгоритма обеспечения гравитационного градиента, основу которого составляет централизация кровообращения и церебральная вазодилатация, инициируемые нейроэндокринной реакцией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в ответ на проприоцептивную активацию

Таблица 1

Энергетическая цена вертикализации у здоровых добровольцев (n=21)

Table 1

Energy value of verticalization in healthy volunteers (n=21)

№ п/п	Энергопотребность в покое, ккал/сут	Энергопотребность при вертикализации (гравитационный градиент 80°), ккал/сут	Энергетическая цена вертикализации, ккал/кг
1	1667	1747	0,99
2	1834	1990	1,88
3	1753	2279	6,26
4	817	1268	8,2
5	1166	1428	3,08
6	992	1059	1,16
7	1853	2208	4,61
8	1248	1258	0,17
9	1349	1828	6,94
10	1123	1468	7,34
11	1956	1978	0,29
12	1782	1788	0,8
13	1277	1665	6,36
14	748	807	1,02
15	770	970	3,2
16	1687	1827	1,75
17	1566	2327	10,3
18	1892	2345	5,7
19	986	1195	4,01
20	1211	1392	3,4
21	1403	1561	3
Среднее значение, стандартное отклонение	1384,76±393,66	1632,05±455,29	3,83±2,89

Таблица 2

Основные показатели нутритивного статуса и белкового обмена у пациентов с синдромом безответного бодрствования в зависимости от уровня сознания

Table 2

Main indicators of nutritional status and protein metabolism depending on the level of wakefulness

Параметры и показатели	Синдром безответного бодрствования, n=75. Среднее значение, ошибка среднего	Ясное сознание, n=51. Среднее значение, ошибка среднего	p
Индекс массы тела, кг/м ²	18,25±2,11	21,31±3,07	>0,05
Масса тела, кг	55,86±3,76	61,1±4,65	>0,05
Альбумин, г/л	29,86±4,63	29,91±3,89	>0,05
Трансферин, г/л	1,77±0,23	1,61±0,46	>0,05
Энергопотребность по формуле Харриса–Бенедикта, ккал/сут	1412,44±189,11	1417±212,21	>0,05

Таблица 3

Расход энергии в покое без нагрузки и при вертикализации. Энергетическая цена вертикализации при различном уровне сознания

Table 3

Energy consumption at rest without load and during verticalization. The energy value of verticalization at different levels of consciousness

Показатели	Синдром безответного бодрствования, n=75. Среднее значение, ошибка среднего	Ясное сознание, n=51. Среднее значение, ошибка среднего	p
Расход энергии в покое без нагрузки, ккал/сут	1156,41±156,23	1425,63±132,16	0,032
Расход энергии в покое при вертикализации, ккал/сут	1174,23±106,55	1728,37±124,31	0,024
Энергетическая цена вертикализации, ккал/кг	1,08±1,01	4,92±0,95	0,029

таламуса. Идентичность направленности изменения энергозатрат во всех исследуемых группах может означать независимость механизма вертикализации от состояния больших полушарий головного мозга. Если учесть, что межгрупповой разницы в показателях нутритивного статуса не получено, то различия в уровне метаболического баланса заманчиво отнести на счет церебральной фракции энергопотребления. Но этому препятствует гетерогенность группы пациентов с СББ по нозологии и степень выраженности синдрома последствий интенсивной терапии [22], имеющие безусловное влияние на вегетативный статус. Более того, без параллельного анализа параметров функциональной активности мозга, например электроэнцефалографии или микродиализа, доказать церебральный «след» в динамике метаболизма трудно. Тем не менее в ходе исследования нами установлено, что непрямая калориметрия позволяет при проведении стандартизированного маневра вертикализации регистрировать повышение энергозатрат, вероятно, связанных с увеличением активности диэнцефальной области, направленной на реализацию механизма обеспечения гравитационного градиента.

Недостатки исследования: однократная фиксация данных калориметрии только в двух точках гравитационного градиента без синхронизированного мониторинга нейрофизиологических параметров не

достаточна для отражения всей картины метаболических изменений в ходе вертикализации и выявления тренировочного эффекта этой процедуры, что может иметь место в ходе реабилитационного процесса у пациентов с хроническими нарушениями сознания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациенты с хроническими нарушениями сознания, по всей видимости, имеют особый метаболический статус, предположительно обусловленный снижением функциональной активности мозга, и это может быть подтверждено с помощью метода непрямой калориметрии.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение реальной энергопотребности на фоне вертикализации у здорового человека достигает в среднем 20%, а энергетическая цена вертикализации колеблется в диапазоне от 1 до 6 ккал/кг.
2. У пациентов, перенесших ОЦН, в ясном сознании при вертикализации происходит рост истинной энергопотребности в среднем на 300 ккал, а энергетическая цена вертикализации составляет около 5 ккал/кг.
3. У пациентов с СББ процедура вертикализации практически не увеличивает расход энергии, а энергетическая цена вертикализации немногим превышает 1 ккал/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jennett B, Plum F. Persistent vegetative state after brain damage. A syndrome in search of a name. *Lancet*. 1972;1:734–737. PMID: 4111204 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(72\)90242-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(72)90242-5)
2. Jennett B. *The vegetative state. Medical facts, ethical and legal dilemmas*. Cambridge, Cambridge University Press; 2002.
3. Multi-Society Task Force on PVS. Medical aspects of the persistent vegetative state (1). *N Engl J Med*. 1994;330(21):1499–1508. PMID: 7818633 <https://doi.org/10.1056/NEJM199405263302107>
4. Laureys S, Faymonville ME, Luxen A, Lamy M. Cerebral function in vegetative state studied by positron emission tomography. In: Vincent JL (ed.). *2000 Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*. Berlin, Springer-Verlag; 2000. p. 588–597.
5. Laureys S, Faymonville ME, Moonen G, Luxen A, Maquet P. PET scanning and neuronal loss in acute vegetative state. *Lancet*. 2000;355:1825–1826. PMID: 10832859 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)73084-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)73084-1)
6. Tommasino C. Brain glucose metabolism in the comatose state and in post-comatose syndromes. *Minerva Anesthesiol*. 1994;60(10):523–525. PMID: 7830912
7. Tommasino C, Grana C, Lucignani G, Torri G, Fazio F. Regional cerebral metabolism of glucose in comatose and vegetative state patients. *J Neurosurg Anesthesiol*. 1995;7(2):109–116. PMID: 7772963 <https://doi.org/10.1097/00008506-199504000-00006>
8. Buchsbaum MS, Gillin JC, Wu J, Hazlett E, Sicotte N, Dupont RM, et al. Regional cerebral glucose metabolic rate in human sleep assessed by positron emission tomography. *Life Sci*. 1989;45(15):1349–1356. PMID: 2796606 [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(89\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0024-3205(89)90021-0)
9. Maquet P, Degueldre C, Delfiore G, Aerts J, Peters JM, Luxen A, et al. Functional neuroanatomy of human slow wave sleep. *J Neurosci*. 1997;17(8):2807–2812. PMID: 9092602 <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-08-02807.1997>
10. Alkire MT, Haier RJ, Shan NK, Anderson CT. Positron emission tomography study of regional cerebral metabolism in humans during isoflurane anesthesia. *Anesthesiology*. 1997;86(3):549–557. PMID: 9066320 <https://doi.org/10.1097/0000542-199703000-00006>
11. Alkire MT, Pomfrett CJ, Haier RJ, Ganzero MV, Chan CM, Jacobsen BP, et al. Functional brain imaging during anesthesia in humans: effects of halothane on global and regional cerebral glucose metabolism. *Anesthesiology*. 1999;90(3):701–709. PMID: 10078670 <https://doi.org/10.1097/0000542-199903000-00011>
12. Layers S, Lemaire C, Maquet P, Phillips C, Franck G. Cerebral metabolism during vegetative state and after recovery to consciousness. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999;67(1):121. PMID: 10454871 <https://doi.org/10.1136/jnnp.67.1.121>
13. Rudolf J, Sobesky J, Grond M, Heiss WD. Identification by positron emission tomography of neuronal loss in acute vegetative state. *Lancet*. 2000;355:115–116. PMID: 10675171 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)04280-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)04280-4)
14. Heiss WD. PET in coma and in vegetative state. *Eur J Neurol*. 2012;19(2):207–211. PMID: 21797946 <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2011.03489.x>
15. Laureys S, Schiff ND. Coma and consciousness: paradigms (re)framed by neuroimaging. *Neuroimage*. 2012;61(2):478–491. PMID: 22227888 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.041>
16. Heiss WD, Gerstenbrand F, Prosenz P, Krenn J. The prognostic value of cerebral blood flow measurement in patients with the apallic syndrome. *J Neurol Sci*. 1972;16(4):373–382. PMID: 5049101 [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(72\)90045-7](https://doi.org/10.1016/0022-510x(72)90045-7)
17. Northoff G. *Unlocking the Brain. Vol. 2: Consciousness*. Oxford, New York: Oxford University Press; 2014.
18. Takagi S, Takahashi W, Shinohara Y, Yasuda S, Ide M, Shohitsu A, et al. Quantitative PET cerebral glucose metabolism estimates using a single non-artificialized venous-blood sample. *Ann Nucl Med*. 2004;18(4):297–302. PMID: 15359922 <https://doi.org/10.1007/BF02984467>
19. Heiss WD. PET in coma and in vegetative state. *Eur J Neurol*. 2012;19(2):207–211. PMID: 21797946 <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2011.03489>
20. Суворов А.Ю., Иванова Г.Е., Белкин А.А., Стаховская Л.В. Вертикализация пациента с риском возникновения ПИТ-синдрома. *Вестник восстановительной медицины*. 2015;(4):37–39.
21. Белкин А.А., Авдюнина И.А., Варако Н.А., Зинченко Ю.П., Вознюк И.А., Давыдова Н.С., и др. Реабилитация в интенсивной терапии. В кн.: Заболотских И.Б., Шифман Е.М. (ред.) *Клинические рекомендации. Анестезиология и реаниматология*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2016. с. 858–928.
22. Лейдерман И.Н., Белкин А.А., Рахимов Р.Т., Давыдова Н.С. Метаболический контроль и нутритивная поддержка в реабилитации больных с ПИТ-синдромом. *Consilium Medicum*. 2016;18(2–1):48–52.

REFERENCES

1. Jennett B, Plum F. Persistent vegetative state after brain damage. A syndrome in search of a name. *Lancet*. 1972;1:734–737. PMID: 4111204 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(72\)90242-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(72)90242-5)
2. Jennett B. *The vegetative state. Medical facts, ethical and legal dilemmas*. Cambridge, Cambridge University Press; 2002.
3. Multi-Society Task Force on PVS. Medical aspects of the persistent vegetative state (1). *N Engl J Med*. 1994;330(21):1499–1508. PMID: 7818633 <https://doi.org/10.1056/NEJM199405263302107>
4. Laureys S, Faymonville ME, Luxen A, Lamy M. Cerebral function in vegetative state studied by positron emission tomography. In: Vincent

- JL. (ed.). *2000 Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*. Berlin, Springer-Verlag; 2000. pp.588–597.
5. Laureys S, Faymonville ME, Moonen G, Luxen A, Maquet P. PET scanning and neuronal loss in acute vegetative state. *Lancet*. 2000;355:1825–1826. PMID: 10832859 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)73084-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)73084-1)
 6. Tommasino C. Brain glucose metabolism in the comatose state and in post-comatose syndromes. *Minerva Anesthesiol*. 1994;60(10):523–525. PMID: 7850912
 7. Tommasino C, Grana C, Lucignani G, Torri G, Fazio F. Regional cerebral metabolism of glucose in comatose and vegetative state patients. *J Neurosurg Anesthesiol*. 1995;7(2):109–116. PMID: 7772963 <https://doi.org/10.1097/00008506-199504000-00006>
 8. Buchsbaum MS, Gillin JC, Wu J, Hazlett E, Sicotte N, Dupont RM, et al. Regional cerebral glucose metabolic rate in human sleep assessed by positron emission tomography. *Life Sci*. 1989;45(15):1349–1356. PMID: 2796606 [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(89\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0024-3205(89)90021-0)
 9. Maquet P, Degueldre C, Delfiore G, Aerts J, Peters JM, Luxen A, et al. Functional neuroanatomy of human slow wave sleep. *J Neurosci*. 1997;17(8):2807–2812. PMID: 9092602 <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.17-08-02807.1997>
 10. Alkire MT, Haier RJ, Shan NK, Anderson CT. Positron emission tomography study of regional cerebral metabolism in humans during isoflurane anesthesia. *Anesthesiology*. 1997;86(3):549–557. PMID: 9066320 <https://doi.org/10.1097/00000542-199703000-00006>
 11. Alkire MT, Pomfret CJ, Haier RJ, Gianzero MV, Chan CM, Jacobsen BP, et al. Functional brain imaging during anesthesia in humans: effects of halothane on global and regional cerebral glucose metabolism. *Anesthesiology*. 1999;90(3):701–709. PMID: 10078670 <https://doi.org/10.1097/00000542-199903000-00011>
 12. Layers S, Lemaire C, Maquet P, Phillips C, Franck G. Cerebral metabolism during vegetative state and after recovery to consciousness. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999;67(1):121. PMID: 10454871 <https://doi.org/10.1136/jnnp.67.1.121>
 13. Rudolf J, Sobesky J, Grond M, Heiss WD. Identification by positron emission tomography of neuronal loss in acute vegetative state. *Lancet*. 2000;355:115–116. PMID: 10675171 [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)04280-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)04280-4)
 14. Heiss WD. PET in coma and in vegetative state. *Eur J Neurol*. 2012;19(2):207–211. PMID: 21797946 <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2011.03489.x>
 15. Laureys S, Schiff ND. Coma and consciousness: paradigms (re)framed by neuroimaging. *Neuroimage*. 2012;61(2):478–491. PMID: 22227888 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.12.041>
 16. Heiss WD, Gerstenbrand F, Prosenz P, Krenn J. The prognostic value of cerebral blood flow measurement in patients with the apallic syndrome. *J Neurol Sci*. 1972;16(4):373–382. PMID: 5049101 [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(72\)90045-7](https://doi.org/10.1016/0022-510x(72)90045-7)
 17. Northoff G. *Unlocking the Brain. Vol. 2: Consciousness*. Oxford, New York: Oxford University Press; 2014.
 18. Takagi S, Takahashi W, Shinohara Y, Yasuda S, Ide M, Shohtsu A, et al. Quantitative PET cerebral glucose metabolism estimates using a single non-artificially venous-blood sample. *Ann Nucl Med*. 2004;18(4):297–302. PMID: 15359922 <https://doi.org/10.1007/BF02984467>
 19. Heiss WD. PET in coma and in vegetative state. *Eur J Neurol*. 2012;19(2):207–211. PMID: 21797946 <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2011.03489>
 20. Suvorov AY, Ivanova GE, Belkin AA, Stahovskaya LV. Verticalization of patients with risk of PIT syndrome. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015;(4):37–39. (In Russ.)
 21. Belkin AA, Avdyunina IA, Varako NA, Zinchenko YuP, Voznyuk IA, Davydova NS, et al. Reabilitatsiya v intensivnoy terapii. In: Zabolotskikh IB, Shifman EM. (eds.) *Klinicheskie rekomendatsii. Anesteziologiya i reanimatologiya*. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2016. pp.858–928. (In Russ.)
 22. Leiderman IN, Belkin AA, Rakhimov RT, Davydova NS. Metabolic Control and Nutritional Support in the Rehabilitation of Patients With ITP Syndrome. *Consilium Medicum*. 2016; 18(2–1): 48–52. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лейдерман Илья Наумович

доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии, трансфузиологии и токсикологии ФГБОУ ВО УГМУ МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0001-8519-7145>, inl230970@gmail.com;

30%: дизайн исследования, сбор и анализ данных, редактирование рукописи

Белкин Андрей Августович

доктор медицинских наук, профессор, директор ООО «Клиника Института Мозга»;
<https://orcid.org/0000-0002-0544-1492>, belkin@neuro-ural.ru;

30%: дизайн исследования, редактирование рукописи

Рахимов Ринат Таузинович

соискатель кафедры анестезиологии, реаниматологии, трансфузиологии и токсикологии ГБОУ ВО УГМУ МЗ РФ;
<https://orcid.org/0000-0002-9661-0182>, rakhimovmed@mail.ru;

20%: сбор и анализ данных, редактирование рукописи

Белкин Владимир Андреевич

врач невролог, ООО «Клиника Института Мозга»;
<https://orcid.org/0000-0002-4043-743X>, vbelkin@neuro-ural.ru;

10%: сбор и анализ данных

Жигушевский Роман Андреевич

инструктор методист ЛФК, ООО «Клиника Института Мозга»;
zhiguzhevskiyra@mail.ru;

10%: сбор и анализ данных

Received on 24.01.2020

Accepted on 06.03.2020

Поступила в редакцию 24.01.2020

Принята к печати 06.03.2020

The Influence of Verticalization on the Dynamics of the Energy Demand at Rest in Patients With Unresponsive Wakefulness Syndrome

I.N. Leiderman^{1,2*}, A.A. Belkin^{1,2}, R.T. Rakhimov², V.A. Belkin², R.A. Zhiguzhevsky²

Department of Anesthesiology, Resuscitation, Transfusiology and Toxicology

¹ Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

3 Repina St., Yekaterinburg 620028, Russian Federation

² Clinic of the Institute of the Brain

28-6 Shilovskaya St., Sverdlovsk region, Berezhovskiy 623700, Russian Federation

* **Contacts:** Ilya N. Leiderman, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Anesthesiology, Resuscitation, Transfusiology and Toxicology of Ural State Medical University.
 Email: inl230970@gmail.com

RELEVANCE For the acute phase of cerebral insufficiency (ACI) analysis of energy demand at rest (REE) using indirect calorimetry method is effective to evaluate the level of hypermetabolism and selection of optimal nutritional support. In patients with chronic impairment of consciousness (CIC) the reasonability of such

an approach is shown, but in this category of patients the influence of rehabilitation measures on energy demand is not taken into account. Verticalization is a routine method of prevention and treatment of immobilization syndrome in patients with ACI and its consequences today.

AIM OF STUDY To determine the effect of the verticalization procedure on the turntable on the dynamics of REE index in patients with unresponsive wakefulness syndrome (UWS).

MATERIAL AND METHODS A prospective, comparative, non-randomized study was conducted in 136 patients in the neuro-intensive care unit of the Brain Institute Clinic. The REE index was determined using the method of indirect calorimetry without load and during verticalization in 75 patients with UWS and in 51 patients of the intensive care unit, who also underwent ACI, but were clearly conscious.

RESULTS In patients with clear consciousness during verticalization REE increased by an average of 300 kcal (20%) from the initial values. The energy value of verticalization was about 5 kcal/kg. On the contrary, in the group of patients with UWS, the verticalization procedure practically did not increase the energy consumption, and the energy value of verticalization slightly exceeded 1 kcal/kg.

CONCLUSION Patients with UWS have a special metabolic status, probably due to a decrease in the functional activity of the brain. This can be confirmed using indirect calorimetry.

Keywords: acute cerebral insufficiency, chronic impairment of consciousness, energy exchange, indirect calorimetry

For citation Leiderman IN, Belkin AA, Rakhimov RT, Belkin VA, Zhiguzhevsky RA. The Influence of Verticalization on the Dynamics of the Energy Demand at Rest in Patients With Unresponsive Wakefulness Syndrome. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2020;9(3):356–362. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-356-362> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Ilya N. Leiderman	Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Anesthesiology, Resuscitation, Transfusiology and Toxicology of Ural State Medical University; https://orcid.org/0000-0001-8519-7145 , inl230970@gmail.com ; 30%, study design, data collection and analysis, manuscript editing
Andrey A. Belkin	Doctor of Medical Sciences, Professor, Director, Clinic of the Institute of the Brain; https://orcid.org/0000-0002-0544-1492 , belkin@neuro-ural.ru ; 30%, study design, manuscript editing
Rinat T. Rakhimov	Degree-seeking applicant of the Department of Anesthesiology, Resuscitation, Transfusiology and Toxicology, Ural State Medical University; https://orcid.org/0000-0002-9661-0182 , rakhimovmed@mail.ru ; 20%, data collection and analysis, manuscript editing
Vladimir A. Belkin	Neurologist, Clinic of the Institute of the Brain; https://orcid.org/0000-0002-4043-743 X , vbelkin@neuro-ural.ru ; 10%, collection and analysis of data
Roman A. Zhiguzhevsky	Instructor methodologist of exercise therapy, Clinic of the Institute of the Brain; zhiguzhevskiyra@mail.ru ; 10%, collection and analysis of data