

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАКРЫТЫМИ ДИАФИЗАРНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

Доля диафизарных переломов костей голени в структуре всех травм костно-мышечной системы достигает 25%, а среди повреждений костей нижних конечностей – от 64 до 70% [1]. Основной задачей при лечении таких переломов является максимально полное восстановление функции конечности и приближение ее к физиологической норме, что остается сложной задачей из-за анатомически неоднородного распределения мягких тканей и отсутствия мышечной прослойки по передней поверхности голени, особенностей кровоснабжения, сопряженного с нарушением местного метаболизма, а также низкой эффективности традиционных протоколов лечения [2, 4].



Павел Ванькович,
старший преподаватель
кафедры травматологии и
ортопедии с курсом повышения
квалификации и переподготовки
Белорусского государственного
медицинского университета;
vankovichpavel@mail.ru

Аннотация. В статье изложены результаты исследования газотранспортной функции и кислотно-основного состояния крови 111 пациентов с диафизарными переломами костей голени в условиях применения комплексной метаболической терапии. Пациенты были разделены на 2 группы: сравнения – ее составили 45 человек, которым в раннем послеоперационном периоде применена стандартная тактика лечения, и основную, включающую 66 лиц, которым дополнительно проводился комплекс антиоксидантной и гипербарической кислородной терапии. Во втором случае наблюдалась коррекция метаболического ацидоза, газотранспортной функции крови и нормализация ее кислотно-основного состояния, что свидетельствует о стимуляции репаративного остеогенеза в области перелома.

Ключевые слова: гипербарическая кислородная терапия, антиоксидантная терапия, переломы, голень, газотранспортная функция, кислотно-основное состояние.

Для цитирования: Ванькович П. Влияние комплексного лечения на метаболические нарушения у пациентов с закрытыми диафизарными переломами костей голени // Наука и инновации. 2025. №4. С. 80–83.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-4-80-83>

Возрастающий интерес к проблеме репаративной регенерации костной ткани при переломах костей голени связан не только с ростом числа травм данной локализации, но также с увеличением количества случаев ранних и поздних осложнений, таких как нагноение раны, развитие остеомиелита, замедленная консолидация, формирование ложных суставов, несращение костных отломков (частота подобных исходов достигает 30–60%, несмотря на применение современных хирургических технологий в травматологии и ортопедии) [2, 3].

В основе патофизиологических изменений, обуславливающих замедленную консолидацию или несращение костей в зоне перелома, лежат метаболические нарушения и изменение органического матрикса костной ткани [1]. Ведущая роль отводится процессам свободнорадикального окисления, антиоксидантной защиты и кислородтранспортной функции крови, поскольку перелом сопряжен с воспалением, стрессом и ишемией, которые активируют свободнорадикальные механизмы [3, 5]. Система гемостаза, обеспечивающая, с одной стороны, жидкое состояние циркулирующей крови, а с другой – предупреждение и купирование кровотечений, – одна из наиболее лабильных в организме [6]. Даже в состоянии относительного физиологического покоя гемостатический потенциал крови постоянно колеблется, не говоря уже о реакции на травму опорно-двигательного аппарата. В связи с этим возникающее нарушение динамического равновесия между ее коагуляционными и фибринолитическими компонентами при травме может привести к тромбэмболическим осложнениям, частота кото-



рых возросла за последние десятилетия, что подчеркивает актуальность данной проблемы [1, 7]. В условиях гипоксии репаративные процессы искажаются и идут по пути формирования грубых рубцов и кальцификации мягких тканей [8]. Исходя из этого, большое научно-практическое значение представляет разработка эффективных методов комплексного лечения подобных травм в послеоперационном периоде.

Цель данной работы – оценить влияние комплексной метаболической терапии на состояние газотранспортной функции крови (ГТФК) и ее кислотно-основного состояния (КОС) у пациентов с диафизарными переломами костей голени.

Материалы и методы

Набор пациентов для исследования осуществлялся в травматолого-ортопедических отделениях Минской областной клинической больницы. Пациенты были разделены на 2 группы: сравнения – 45 чел. (13 женщин и 32 мужчины, средний возраст $39,89 \pm 12,39$ года),

которым в раннем послеоперационном периоде после хирургического лечения проводили традиционную консервативную терапию по протоколу, и основную – 66 чел. (39 мужчин и 27 женщин, средний возраст $40,78 \pm 12,18$ года), у которых в аналогичном периоде традиционная терапия была дополнена курсом метаболического лечения (сеансы гипербарической кислородной терапии (ГБКТ) по 50–55 мин при 1,0–1,8 АТА, №10–15 и внутривенных инфузий цитофлавина №10–15).

Критерии включения пациентов в исследование были следующие: закрытый диафизарный перелом костей голени, возраст более 16 лет, клинически удовлетворительное общее состояние, добровольное информированное согласие на проведение клинической и лабораторной диагностики, хирургического лечения.

Взятие крови для изучения осуществляли в 1-е сут. госпитализации, до лечения, затем на 5–7-е и 15-е сут. С помощью газоанализатора ABL-800 BASIC («Radiometer», Дания) изучены показатели КОС венозной крови: рН – величина

отрицательного десятичного логарифма молярной концентрации ионов H^+ ; парциальное давление O_2 ($p_v O_2$) – напряжение кислорода в крови; парциальное давление CO_2 ($p_v CO_2$) – напряжение углекислого газа в крови; ($p_v O_2$) – напряжение кислорода в крови, сатурация гемоглобина ($s_v O_2$) – показатель насыщения гемоглобина крови кислородом; актуальные бикарбонатные ионы (HCO_3^-) – показатель, соответствующий концентрации гидрокарбонатов в крови, взятой без соприкосновения с воздухом при температуре $37^\circ C$; избыток (дефицит) оснований (ABE) – актуальная разница между фактической величиной буферных оснований и их нормальным значением; содержание лактата – конечный продукт анаэробного метаболизма глюкозы (гликолиза), образующийся при замещении ионов водорода молочной кислоты на ионы Na^+/K^+ , являющийся показателем кислородной задолженности тканей при патологических состояниях. Критерием оценки кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО), отражающей нелинейную зависимость насыщения гемоглобина кислородом от pO_2 , а следовательно, и сродство гемоглобина к кислороду (СГК), является показатель $r50$ – парциальное давление кислорода в крови, при котором гемоглобин насыщен кислородом на 50%. Положение КДО на оси абсцисс отражает $r50$ реальное при данном pO_2 в конкретных условиях, определяемых pH, содержанием CO_2 и 2,3-дифосфоглицерата, температурой и другими факторами. Для проведения сравнительной оценки изучаемых показателей в 1-е сут. наблюдения (до лечения) использовали литературные данные по референтным значениям показателей КОС и ГТФК венозной крови [3].

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью программы Statistica v10.0. Проверку числовых значений на нормальность распределения осуществляли с помощью критерия Шапиро – Уилка. При распределении, отличном от нормального, данные представляли в виде медианы (Me) и интервала между 25-м и 75-м процентилями (Me 25%–75%). Анализ различий в двух группах по количественному параметру осуществляли с помощью U-критерия Манна – Уитни для независимых подгрупп, критерий Вилкоксона применяли для зависимых подгрупп. Статистически значимыми являлись различия при $p < 0,05$ независимо от метода анализа.

Результаты исследования

Пациенты 2 групп наблюдения были сопоставимы по возрастному половому составу и клиническим характеристикам, типу повреждения и хирургического вмешательства, сопутствующей патологии ($p > 0,05$).

У представителей основной группы до проведения лечения выявлен субкомпенсированный метаболический ацидоз при уровне pH венозной крови 7,31 (7,29; 7,33) ед. при гиперлактатемии – содержание лактата, являющегося показателем кислородной задолженности тканей, достигло 2,7 (1,9; 4,0) ммоль/л и снижение содержания гидрокарбонатных ионов – до 22,0 (18,6; 23,8) ммоль/л, что отразилось на буферной емкости крови, уровень которой упал до –1,6 (–4,3; 0,4) ммоль/л. Сдвиг pH в сторону ацидоза развился на фоне гиперкапнии крови обследуемых лиц – парциальное давление углекислоты равнялось 58,1 (47,7; 64,8) мм рт.ст. Уровни $p_v O_2$

и $s_v O_2$ составили соответственно 65,5 (58,1; 72,3) мм рт.ст. и 84,9 (65,8; 94,1)%, что свидетельствует о высоком венозном возврате кислорода и кислородном голодании поврежденных тканей. Аналогичные изменения выявлены у пациентов 2-й группы исследования, что свидетельствует о сопоставимости сравниваемых групп по исходным уровням изучаемых показателей.

Известно, что ацидемия ведет к сдвигу КДО вправо и снижению СГК, а также способствует процессам перекисного окисления липидов и снижению активности антиоксидантной системы (АОС), что объясняет возрастание уровня $p50$ у пациентов в 1-е сут. исследования [4]. Однако ишемизированная вследствие травмы костная ткань не в состоянии эффективно утилизировать кислород из-за метаболических нарушений при энергетическом дефиците, что замыкает порочный круг и усугубляет тканевую гипоксию. Следовательно, метаболический ацидоз, который наблюдается у пациентов с высокоэнергетическими переломами костей голени, тормозит репаративную регенерацию, представляющую собой процесс восстановления костных тканей после повреждения. Установлено, что ГБКТ повышает активность ферментов АОС у пациентов с острой травмой и хронической гнойной инфекцией – это действие обусловлено снижением гипоксии и восстановлением энергетических реакций в клетке [5].

Сдвиг КДО вправо дестабилизирует прооксидантно-антиоксидантный баланс и ведет к свободнорадикальному окислению липидов (СРО) и повреждению клеточных структур [3]. Кроме того, процессы реминерализации костной ткани про-

текают при физиологическом рН, тогда как смещение этого параметра в кислую сторону способствует растворению минеральных компонентов и выведению их из организма, что существенно нарушает восстановление поврежденных участков кости [5]. После проведения курса комплексной терапии выявлено значимое падение уровней p_vO_2 и s_vO_2 по отношению к соответствующим данным в группе сравнения, свидетельствующее о снижении венозного возврата кислорода и восстановлении энергетического потенциала костной ткани. Также на фоне нормализации рН крови установлено уменьшение $p50$, сдвиг КДО влево и повышение СГК, что является протективным фактором в условиях тканевой гипоксии и активизации СРО.

В процессе лечения под влиянием метаболической терапии наблюдалась нормализация кислотно-основного баланса внутренней среды организма за счет включения метаболической компенсации. Так, по сравнению с начальным уровнем до лечения рН и емкость буферных оснований повысились соответственно до 7,38 (7,35; 7,40) ед. ($p=0,001$) и 0,35 (–1,5; 2,0) ммоль/л ($p=0,021$), концентрация гидрокарбоната достигла 25,6 (23,0; 28,1) ммоль/л ($p=0,011$), содержание углекислоты снизилось до 43,6 (35,2; 46,8) мм рт.ст. ($p=0,022$).

У пациентов, получавших традиционное лечение, выявлена иная картина внутренней среды организма, отличная от данных группы метаболической терапии. При рН 7,36 (7,33; 7,38) ед. сохранялся дефицит буферных оснований, субкомпенсация метаболического ацидоза произошла за счет респираторного компонента – у пациен-

■ **Summary.** The presented article presents the results of a study of gas transport function and acid-base state of blood in 111 patients with diaphyseal fractures of the leg bones under metabolic therapy. The patients were divided into 2 study groups. The comparison group consisted of 45 people who received standard treatment tactics in the early postoperative period. The main group included 66 individuals, in whom the standard treatment tactics were supplemented with a complex of antioxidant therapy and hyperbaric oxygen therapy. Metabolic therapy led to the correction of metabolic acidosis, gas transport function of the blood and normalization of the acid-base balance of the blood, which indicates stimulation of reparative osteogenesis in the fracture area.

■ **Keywords:** hyperbaric oxygen therapy, antioxidant therapy, fractures, shin, gas transport function, acid-base balance.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-04-80-83>

тов снизился уровень p_vCO_2 до 50,4 (42,5; 56,7) мм рт.ст. в сравнении с исходными данными.

Таким образом, модификация СГК может служить одним из факторов защиты от повреждения тканей кислородными радикалами при их ишемии/реперфузии, оказывая влияние на скорость репаративных процессов, протекающих в костной ткани в посттравматическом периоде на фоне комплексной метаболической терапии.

Заключение

У пациентов с закрытыми переломами костей голени до лечения установлены выраженные метаболические нарушения – изменение показателей КОС крови и ее газотранспортных параметров на фоне метаболического ацидоза. Проведение метаболической терапии, включающей курс ГБКТ и антиоксиданта (цитофлавина), привело к коррекции метаболического ацидоза, ГТФК и нормализации КОС, что свидетельствует о стимуляции репаративного остеогенеза на фоне комплексного лечения в раннем послеоперационном периоде. ■

Статья поступила в редакцию
11.11.2024 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Aksekili M. A. The results of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in distal and diaphyseal tibial fractures / M. A. Aksekili, I. Celik., A. K. Arslan // Acta. Orthop. Traumatol. Turc. 2012. Vol. 5 P. 161–167.
2. Егорова М. О. Газово-электролитный состав крови и информативность параметров его оценки // Справочник заведующего КДЛ. 2017. № 9. С. 41–54.
3. Антиоксидантный статус крови при остром и хроническом нарушении мозгового кровообращения / Ю. И. Степанова [и др.] // Мед. акад. журн. 2014. № 4. С. 41–48.
4. Хисматуллина З. Н. Факторы, оказывающие влияние на метаболизм костной ткани и приводящие к заболеваниям костной системы // Вест. Казан. технологического университета. 2015. Т. 18, № 22. С. 165–172.
5. Xu X. X. A meta-analysis of external fixator versus intramedullary nails for open tibial fracture fixation / X. X. Xu, L. Liu, W. Wu // J. of orthop. surgery and research. Ch. 2014. Vol. 1. P. 75–82.
6. Зинчук В. В. Участие сродства гемоглобина к кислороду в поддержании прооксидантно-антиоксидантного состояния организма // Мед. новости. 2002. № 9. С. 20–25.
7. Степанова Ю. И. Особенности кислородтранспортной функции крови при дисциркуляторной энцефалопатии // Весті НАН Беларусі. Сер. мед. навук. 2013. № 2. С. 88–91.
8. Лечение диафизарных переломов костей голени. Обзор литературы / Е. Н. Токтаров [и др.] // Наука и здравоохранение. 2018. № 6. С. 58–69.