

© Коллектив авторов, 2010

## ВЛИЯНИЕ ВНУТРИВЕННОЙ ФОТОГЕМОТЕРАПИИ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ТКАНЕЙ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМ ОСТЕОМИЕЛИТОМ

М.Р. Изумрудов, А.И. Крупаткин, Г.Я. Левин, В.Н. Митрофанов, В.В. Сидоров

ФГУ «Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Росмедтехнологий»;  
ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Росмедтехнологий», Москва; НПП «ЛАЗМА», Москва

*Изучено влияние внутривенной квантовой фототерапии ультрафиолетового диапазона на микроциркуляцию у больных с хроническим посттравматическим остеомиелитом нижних конечностей. Эффективность ультрафиолетового облучения крови оценивалась методом лазерной доплеровской флоуметрии с каналом оптической тканевой оксиметрии. Установлено, что проводимое лечение положительно сказывалось на основных показателях функционирования микроциркуляторного русла, способствовало активации механизмов регуляции кровотока в микрососудах, некоторому увеличению потребления кислорода тканями. Ни у одного из 19 лечившихся больных не наблюдалось повышения активности воспалительного процесса.*

**Ключевые слова:** остеомиелит, микроциркуляция, ультрафиолетовая фототерапия, лазерная доплеровская флоуметрия.

### *Influence of Intravenous Photohemotherapy on Tissue Microcirculation in Patients with Chronic Posttraumatic Osteomyelitis*

*M.R. Izumrudov, A.I. Krupatkin, G.Ya. Levin, V.N. Mitrofanov, V.V. Sidorov*

*In patients with chronic posttraumatic osteomyelitis of crus bones the influence of intravenous quantum photohemotherapy of ultraviolet diapason on microcirculation was studied. Efficacy of ultraviolet blood irradiation was assessed by laser Doppler flowmetry with optic tissue oxymetry canal. It was shown that treatment had positive effect on the main indices of microcirculatory bed, promoted activation of blood regulation in microvessels and certain increase of oxygen consumption by tissues. Increase of inflammatory activity was noted in no one out of 19 treated patients.*

**Key words:** osteomyelitis, ultraviolet photohemotherapy, laser Doppler flowmetry.

Хронический посттравматический остеомиелит остается серьезной проблемой травматологии-ортопедии. При открытых переломах костей он развивается в 1,4–2,4% случаев [5]. Несмотря на широкое применение антибиотиков и постоянное совершенствование хирургической тактики рост частоты этого осложнения, начавшийся в 60-е годы прошлого столетия, продолжается и в настоящее время. Одной из ведущих причин замедления консолидации костных отломков является неадекватное кровоснабжение надкостницы, и прежде всего нарушение микроциркуляции [6, 10]. Поэтому поиск путей улучшения микрокровотока у больных хроническим остеомиелитом является актуальной задачей.

Показано, что ультрафиолетовое облучение (УФО) крови улучшает микроциркуляцию, нормализует реологические свойства крови, повышает ее кислородтранспортную функцию, стимулирует клеточный и гуморальный иммунитет [3, 4, 7, 9]. В связи с этим применение ультрафиолетовой внутривенной квантовой фототерапии в комплексном лечении больных хроническим посттравматическим остеомиелитом является патогенетически обоснованным.

Целью нашего исследования было изучение эффективности данного метода при лечении больных с посттравматическим остеомиелитом нижних конечностей.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клинике гнойной остеологии Нижегородского НИИТО 19 больным с хроническим посттравматическим остеомиелитом нижних конечностей (у 6 — бедра, у 13 — голени) с наличием обширных гнойно-некротических ран был проведен курс внутривенной ультрафиолетовой квантовой фототерапии с помощью аппарата ОВК 03-7 (внесен в государственный реестр медицинских изделий; регистрационное удостоверение № ВС 02263940/1886-05). За одну процедуру облучению подвергалось около 20% объема циркулирующей крови (ОЦК). Сосудистый доступ осуществлялся через кубитальную вену. Курс лечения состоял из 7 процедур. Длительность облучения зависела от ОЦК и в среднем составляла 50 мин.

Для верификации эффективности купирования микроциркуляторных расстройств и изменения кислородной емкости крови использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Ис-

следование проводили на анализаторе ЛАКК-02 с каналом оптической тканевой оксиметрии. Учитывая архитектуру микрососудистого русла [1, 2, 11], имеющиеся в отечественной и зарубежной литературе рекомендации [8, 12, 13, 15, 16], а также отсутствие возможности измерить микроциркуляцию непосредственно в ране, исследования выполняли следующим образом. Больному, находившемуся в горизонтальном положении, накладывали на подошвенную поверхность II пальца пораженной нижней конечности центрирующий диагностический зонд-накладку, подключали зонд к аппарату и проводили регистрацию параметров микроциркуляции в течение 5 мин. Регистрировали основной показатель микроциркуляции — ПМ (LDF 1), амплитуда которого пропорциональна скорости движения и количеству эритроцитов в сосудах микроциркуляторного русла и формируется в результате отражения зондирующего излучения от ансамбля красных клеток крови, движущихся с разной скоростью. С помощью канала оптической тканевой оксиметрии измеряли среднее относительное насыщение (сатурацию) крови кислородом в артериальном, капиллярном и веноулярном звеньях микрососудистого русла — параметр  $SO_2$ . Вычисляли в режиме реального времени объемный гематокрит тестируемого фрагмента ткани — параметр Vt, характеризующий процентное содержание в ней гемоглобина. Затем зонд отсоединяли, проводили процедуру квантовой фототерапии, после чего зонд присоединяли вновь и в той же точке осуществляли повторную регистрацию показателей микроциркуляции. Для каждого измерения анализировали по три фрагмента записи длительностью 3 мин каждый.

Полученные данные подвергали статистической обработке с применением парного двухвыборочного t-теста для средних.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты измерений представлены в табл. 1. Из нее видно, что после проведения УФО крови у больных хроническим посттравматическим остеомиелитом исследуемые показатели состояния микроциркуляции достоверно повысились: перфузия крови в микроциркуляторном русле возросла на 74%, сатурация крови кислородом — на 24%, объемный гематокрит тканей — на 19%.

При анализе структуры регуляции микроциркуляции с применением математического аппарата вейвлет-преобразования оценивали изменения амплитуды колебаний в диапазонах активных и пассивных факторов воздействия на микрокровоток [14] в ответ на проведение процедуры фототерапии. Из активных, тонус-формирующих, влияний оценивали нейрогенный и миогенный механизмы регуляции микроциркуляции, а из пассивных факторов — воздействие дыхательных и пульсовых волн. Исследовали изменения в диапазонах осцилляций, соответствующие

**Табл. 1.** Влияние ультрафиолетового облучения крови на параметры микроциркуляции ( $M \pm m$ )

Показатели микроциркуляции	До УФО крови		После УФО крови	
	До	После	До	После
LDF 1, п.е.	6,47±2,21	11,26±2,92*		
SO <sub>2</sub> , %	52,91±5,95	65,7±2,35*		
Vt, %	7,92±0,8	9,50±0,6*		

Обозначение: здесь и в табл. 2: п.е. — перфузионные единицы.  
\* $p < 0,05$ .

щих нейрогенным симпатическим (0,02–0,046 Гц), миогенным (0,07–0,2 Гц), дыхательным (0,2–0,4 Гц) и пульсовым (0,8–1,6 Гц) механизмам регуляции кровотока.

Как видно из табл. 2, амплитуды колебаний нейрогенного диапазона возросли на 123%, миогенного — на 104%, дыхательного — на 127%, сердечного — на 72%. Это свидетельствует о снижении осциляторного компонента симпатического и миогенного тонуса микрососудов, увеличении пульсового притока крови и дыхательной модуляции веноулярного оттока в микрососудистых сетях.

Поскольку запись параметров микроциркуляции проводилась на участке кожи с гемодинамически значимым количеством артериоло-веноулярных анастомозов, представлялось актуальным рассчитать изменения показателя шунтирования (ПШ). Этот показатель связан с различием тонуса микрососудов и отражает соотношение шунтового и внешунтового путей кровотока. У обследованных нами больных ПШ до проведения квантовой фототерапии составлял в среднем  $1,3 \pm 0,14$ , что говорит об изначальном преобладании шунтового кровотока над нутритивным (ПШ > 1). После проведения процедуры УФО крови ПШ несколько повысился — до  $1,47 \pm 0,13$ . Выявленные изменения оказались статистически недостоверными несмотря на значительный прирост перфузии, что свидетельствует о существенном увеличении вклада и активации нутритивного капиллярного компонента гемодинамики в ответ на УФО крови.

Были рассчитаны и такие диагностически значимые параметры микроциркуляции, как индексы перфузионной сатурации крови кислородом —  $S_m$ ,

**Табл. 2.** Влияние ультрафиолетового облучения крови на амплитуды колебаний в диапазонах, соответствующих активным и пассивным факторам регуляции микроциркуляции ( $M \pm m$ )

Факторы регуляции микроциркуляции	Амплитуды колебаний кровотока, п.е.	
	до УФО крови	после УФО крови
Нейрогенные	0,66±0,25	1,47±0,35*
Миогенные	0,52±0,17	1,06±0,26*
Дыхательные	0,15±0,05	0,34±0,09*
Сердечные	0,4±0,13	0,69±0,19*

\* $p < 0,05$ .

удельной объемной сатурации крови кислородом —  $SO_{2m}$ , диффузии кислорода в ткани — ИДК.  $S_m$  рассчитывается как  $SO_2/PM$  (где  $PM$  — показатель микроциркуляции).  $SO_{2m}$  определяется как отношение сатурации крови кислородом в микроциркуляторном русле к объемному гематокриту ткани ( $SO_{2m} = SO_2/V_r$ ).  $S_m$  и  $SO_{2m}$  находятся в обратной зависимости от потребления кислорода тканями. ИДК в обычных условиях пропорционален потреблению кислорода тканями и для зон с наличием артериоло-венулярных шунтов рассчитывается по формуле:  $ИДК = SpO_2 / (SpO_2 - SO_2)$  (где  $SpO_2$  — сатурация артериальной крови, принимаемая за 100%).

Из табл. 3 видно, что в ответ на проведение УФО крови индекс перфузионной сатурации кислорода упал на 66%. Это позволяет говорить о приросте потребления кислорода тканями, что подтверждается, кроме того, возрастанием ИДК на 27%. Показатель удельной объемной сатурации кислорода также имел тенденцию к повышению.

Клинически у всех 19 пролеченных больных хроническим посттравматическим остеомиелитом с наличием обширных гнойно-некротических ран наблюдалась выраженная местная положительная динамика. Наряду с курсом внутривенной ультрафиолетовой квантовой фототерапии им проводилось стандартное местное лечение с применением растворов антисептиков и водорастворимых мазей. Для очага хронического гнойного воспаления характерным является одновременное сосуществование I и II фаз раневого процесса с наличием участков некроза в ранах, нарушением микроциркуляции с выраженным перифокальным отеком. Для патогенетического управления раневым процессом необходимо восстановление нормально кровоснабжения тканей за счет улучшения реологических свойств крови, что способствует ускоренному отторжению некротических тканей, раннему появлению грануляций. У всех наших больных наблюдалось ускоренное очищение ран от некротических тканей, переход во II фазу раневого процесса в сроки  $12,5 \pm 0,5$  дня. Кроме того, пациенты отмечали чувство «потепления», «прилива крови» к больной конечности непосредственно после процедуры УФО крови, 14 человек отказались от приема нестероидных противовоспалительных препаратов ввиду уменьшения болевого синдрома.

**Табл. 3.** Влияние ультрафиолетового облучения крови на показатели взаимосвязи сатурации с перфузией ( $S_m$ ), сатурации с объемным гематокритом в микроциркуляторном русле ( $SO_{2m}$ ) и индекс диффузии кислорода в ткани (ИДК),  $M \pm m$

Индексы	До УФО	После УФО
$S_m$	4,2±1,04	1,27±0,26*
$SO_{2m}$	7,42±1,56	8,09±2,07
ИДК	2,4±0,27	3,05±0,24*

\* $p < 0,05$ .

Ни у одного из пациентов не наблюдалось повышения активности воспалительного процесса в ранах и появления вторичных очагов некроза, что связано в том числе и с пролонгированным улучшением кровотока в ране. При применении внутривенной ультрафиолетовой квантовой фототерапии ни разу не потребовалось выполнения повторной хирургической обработки. Наряду с ранним появлением грануляций отмечалась выраженная краевая эпителизация. После подготовки ран у 9 пациентов была произведена свободная кожная пластика (приживление аутотрансплантатов полное), у 10 — наложение вторичных швов. Возобновления остеомиелитического процесса в динамике не отмечено ни в одном случае (срок наблюдения — до 6 мес).

Таким образом, УФО крови позволяет в значительной степени улучшить состояние микроциркуляции у больных хроническим посттравматическим остеомиелитом, а метод ЛДФ является эффективным для оценки динамики микроциркуляции тканей под влиянием проводимой терапии. Внутривенная ультрафиолетовая квантовая фототерапия способствует сокращению сроков лечения больных с хроническим посттравматическим остеомиелитом за счет активации микрогемодинамики тканей, их аэробного метаболизма, уменьшения количества послеоперационных осложнений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гистология / Под ред. В.Г. Елисеева. — М., 1963.
2. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Аleshин Б.В. Гистология. — 4-е изд. — М., 1989.
3. Дуткевич И.Г., Марченко А.В. Новые методы фототерапии. — СПб, 1999.
4. Ефимов А.С. Коррекция синдрома гемореологической недостаточности методами квантовой гемотерапии. — Воронеж, 2004.
5. Каплан А.В., Маркова О.Н. Открытые переломы длинных трубчатых костей, не осложненные и осложненные инфекцией. — Ташкент, 1975.
6. Каплан А.В., Махсон Н.Е., Мельникова В.М. Гнойная травматология костей и суставов. — М., 1985.
7. Карандашов В.И., Петухов Е.Б. Ультрафиолетовое облучение крови. — М., 1997.
8. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: Руководство для врачей /Под ред. А.И. Кручаткина, В.В. Сидорова. — М., 2005.
9. Марченко А.В. Внутрисосудистая фотомодификация крови в хирургии и смежных областях: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — СПб, 1999.
10. Хронический остеомиелит /Под ред. Г.Д. Никитина. — Л., 1982.
11. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. — М., 1984.
12. Almond N. Laser Doppler flowmetry: theory and practice. — London; Los Angeles; Nicosia, 1994. — P. 17–31.
13. Crespi F., Donini M., Bandera A. et al. Near-infrared oxymeter biosensor prototype for non-invasive in vivo analysis of rat brain oxygenation: effects of drugs of abuse //J. Opt. A: Pure Appl. Opt. — 2006. — N 8. — P. 528–534.

14. Schmid-Schonbein H., Ziege S., Grebe R. et al. Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: Descrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations //Int. J. Microcir. — 1997. — Vol. 17. — P. 346–359.
15. Stefanovska A., Bracic M. Physics of the human cardiovascular system //Contempor. Physics. — 1999. — Vol. 40, N 1. — P. 31–35.
16. Tenland T. On laser Doppler flowmetry. Methods and microvascular application. — Gafiska, Vimmerby, 1982.

**Сведения об авторах:** Изумрудов М.Р. — младший науч. сотр. отделения гравитационной хирургии и гемодиализа ННИИТО; Крупаткин А.И. — профессор, доктор мед. наук, ведущий науч. сотр. отделения функциональной диагностики ЦИТО; Левин Г.Я. — доктор мед. наук, ведущий науч. сотр. отделения гравитационной хирургии и гемодиализа ННИИТО; Митрофанов В.Н. — канд. мед. наук, науч. сотр. группы остеологии ННИИТО; Сидоров В.В. — канд. тех. наук, директор ИПП «ЛАЗМА».

**Для контактов:** Крупаткин Александр Ильич. 127299, Москва, ул. Приорова, дом 10, ЦИТО. Тел.: (495) 450-37-01. E-mail: aikrup@mail.ru

© Коллектив авторов, 2010

## ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЭПИДУРАЛЬНОЙ АНАЛГЕЗИИ МОРФИНОМ С ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫМ ОБЕЗБОЛИВАНИЕМ РОПИВАКАИНОМ У ДЕТЕЙ СО СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ III–IV СТЕПЕНИ

К.Ю. Уколов, В.Л. Айзенберг, Н.И. Аржакова

ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Росмедтехнологий»; ГОУ ВПО «Российский государственный медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздравсоцразвития», Москва

*Представлен первый опыт применения интраоперационной эпидуральной аналгезии морфином с послеоперационным обезболиванием ропивакаином при выполнении дорсальной коррекции сколиотической деформации позвоночника III–IV степени у детей (25 больных). Показано, что эпидуральная аналгезия морфином на поясничном уровне как компонент комбинированной анестезии обеспечивает адекватную аналгезию в интраоперационном периоде и создает анальгетический фон для послеоперационного обезбоживания местными анестетиками. Интраоперационная высокая катетеризация эпидурального пространства по предложенной методике позволяет избежать неврологических осложнений и обеспечивает возможность эффективного послеоперационного обезбоживания инфузией ропивакаина в течение 3 сут на фоне пролонгированного действия эпидурально введенного морфина. Первый опыт применения предложенной методики свидетельствует, что она является достаточно эффективной и помогает рассматриваемой категории больных более комфортно перенести травматичную операцию.*

**Ключевые слова:** эпидуральная аналгезия, сколиоз, морфин, ропивакаин.

### *First Experience in Application of Intraoperative Epidural Morphine Analgesia with Postoperative Ropivacaine Anesthesia in Children with III–IV Degree Scoliotic Deformity*

K.Yu. Ukolov, V.L. Aizenberg, N.I. Arzhakova

*First experience in application of intraoperative epidural morphine analgesia with postoperative ropivacaine anesthesia at correction of III–IV degree scoliotic deformity in children (25 patients) is presented. It is shown that epidural morphine analgesia on lumbar level as a component of combined anesthesia provides an adequate analgesia in during operation and creates an analgesic background for postoperative anesthesia with local anesthetics. Intraoperative high catheterization of epidural space by the proposed technique enables to avoid neurologic complications and provides the possibility of effective postoperative anesthesia with ropivacaine infusion within 3 days on the background of prolonged action of epidurally injected morphine. First experience in application of the suggested technique shows that it is effective enough and helps this group of patients to endure an invasive operation with greater comfort.*

**Key words:** epidural analgesia, scoliosis, morphine, ropivacaine.

По данным Всемирной организации здравоохранения, во всем мире отмечается неуклонный рост частоты заболеваний позвоночника. В настоящее время самым распространенным ор-

топедическим заболеванием является сколиоз. Частота его встречаемости среди детского населения составляет, по сведениям разных авторов, от 3 до 20% [3, 8, 9, 15, 16]. Лечение сколио-