

## ПРЯМАЯ ОКСИМЕТРИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет» <sup>1</sup>,  
Военно-медицинское управление Министерства обороны <sup>2</sup>,  
Республика Беларусь

**Цель.** Изучить возможность применения прямой оксиметрии для оценки жизнеспособности стенки кишки при острой кишечной непроходимости.

**Материал и методы.** Исследование основано на анализе результатов прямой оксиметрии приводящей петли тонкой кишки у 18 морских свинок с экспериментальной кишечной непроходимостью.

**Результаты.** Выявлена зависимость содержания кислорода в стенке тонкой кишки от расстояния до уровня обструкции при острой тонкокишечной непроходимости. В первые сутки возникновения кишечной непроходимости на участках кишки в непосредственной близости от механического препятствия отмечается достаточное снабжение тканей кислородом при нарушенной его утилизации. Однако, при сохранении препятствия для пассажа кишечного содержимого данный показатель быстро возвращается к обычным значениям и продолжает прогрессивно снижаться, свидетельствуя о развитии грубого ишемического повреждения кишечной стенки. На более удаленных от уровня непроходимости участках стационарный уровень парциального давления кислорода остается практически неизменным в течение первых двух суток заболевания, однако затем вследствие перерастяжения и истощения компенсаторных механизмов, происходит развитие ишемии стенки кишки. На достаточно удаленных участках кишки стационарный уровень кислорода в течение трех суток от начала заболевания значимо не изменяется, что еще раз подтверждает четкую зависимость изменений в стенке кишки от расстояния до уровня кишечной обструкции и времени, прошедшего от начала патологического процесса.

**Заключение.** Прямая оксиметрия является объективным, неинвазивным методом, позволяющим оценить тканевое дыхание в органах и тканях, страдающих от нарушения микроциркуляции и гипоксии, на расстоянии от основного патологического очага. Ее можно использовать интраоперационно для определения уровня резекции кишки и места наложения анастомоза.

*Ключевые слова:* острая кишечная непроходимость, прямая оксиметрия

**Objectives.** To study possibilities of the direct oximetry application to estimate viability of the intestinal wall at acute ileus.

**Methods.** The research is based on the result analysis of the direct oximetry of the small intestine afferent loop in 18 guinea pigs with the experimental ileus.

**Results.** Correlation between the oxygen content in the small intestine wall and distance up to the level of obstruction in case of an acute ileus was revealed. Sufficient oxygen supply with its disturbed utilization was noted on the intestine sections in the direct proximity from the mechanical obstruction during the first day of ileus development. Though, if the obstruction for the intestinal content passage remains, the given parameter quickly returns to its usual values and continues to decrease progressively, testifying to the development of rough ischemic damage of the intestinal wall. The stationary level of the partial oxygen pressure remains practically unchanged during the first two days of the disease on more distant sections from the level of obstruction; though further development of the intestinal wall ischemia occurs as the result of overdistention and exhaustion of compensatory mechanisms. On the sufficiently distant sections of the intestine stationary oxygen level didn't change remarkably during three days from the moment of the disease development; this fact once again proves a clear correlation of changes in the intestinal wall and distance to the obstruction level and time passed from the pathological process onset.

**Conclusions.** Direct oximetry is an objective, non-invasive method letting estimate tissue respiration in the organs and tissues which suffer from microcirculation disturbance and hypoxia on the distance from the main pathological focus. It can be used during operations to determine the level of the intestine resection and place of anastomosis application.

*Keywords:* acute ileus, direct oximetry

### Введение

Острая кишечная непроходимость (ОКН) занимает важное место среди ургентной хирургической патологии. В хирургических стационарах пациенты с ОКН упорно занимают 4 место, уступая лишь острому аппендициту, острому холециститу и острому панкреатиту

[1, 2]. Послеоперационная летальность при осложненных формах ОКН достигает 17,7-71,2%, невзирая на весь современный арсенал способов лечения таких пациентов [3, 4]. Наибольшая проблема возникает перед оперирующими хирургами при определении зоны резекции измененной кишки и определении области наложения анастомоза. Оценка жизне-

способности кишечной трубки при ее ишемии относится к нерешенным проблемам лечения пациентов с ОКН. Предложено большое количество методов определения жизнеспособности кишки, однако их применение в клинической практике затруднено ввиду дороговизны используемой аппаратуры, длительности измерений, необходимости привлечения высококлассных специалистов, а в ряде случаев из-за сложности разработанных методик.

В зависимости от вида непроходимости у 17-30,6% пациентов с ОКН производится резекция тонкой кишки в связи с ее нежизнеспособностью [2, 5]. Учитывая преимущества объективных методов оценки жизнеспособности стенки кишки, в клинической практике стойко обосновались субъективные. Они чаще всего базируются на рекомендациях о зонах проксимальной и дистальной резекции кишки от границы видимого изменения, приведенных практически во всех учебных пособиях. Все эти рекомендации основаны на стереотипах и не учитывают глубину ишемического поражения кишечной стенки, которая зависит, прежде всего, от длительности нарушения кровообращения [6, 7]. При определении границ необходимой резекции кишки хирург вынужден полагаться на субъективные признаки, которыми являются: цвет кишки, блеск брюшины, наличие перистальтической волны и пульсация сосудов брыжейки. Однако от 20% до 52% осложнений, в послеоперационном периоде связаны с неправильной оценкой жизнеспособности резецированной кишки [4]. Следует заметить, что у оперированных по поводу ОКН пациентов, где операция заканчивалась наложением первичного анастомоза, такое грозное осложнение, как несостоятельность швов достигает 11%, а летальность при этом достигает 92% [8, 9].

В настоящее время не существует объективного и надежного способа оценки компенсаторных возможностей ишемизированной кишки и оценки надежности сформированного анастомоза, которые могли бы рутинно применяться в любом отделении экстренной хирургии. Требованиями для этих методик при кишечной непроходимости являются: безопасность, нетравматичность (неинвазивность) и необременительность для пациентов; измерения должны быть постоянными и воспроизводимыми, иметь количественное выражение и достаточную точность, а также не оказывать влияния на локальный кровоток. Аппаратура, применяемая для определения степени ишемии должна быть компактной, готовой к использованию в операционной в любое время

и не требовать специального персонала для ее подключения и проведения исследования [10].

Все вышесказанное указывает на то, что создание новой аппаратуры и разработка новых методик оценки жизнеспособности кишки при ОКН, способных повлиять на результаты лечения этой патологии, являются перспективными. Возможность объективизировать степень ишемического поражения стенки кишки позволит дифференцированно подходить к выбору границы резекции ее, а также снизить риск несостоятельности швов анастомозов, наложенных в критических зонах, а в некоторых случаях и вовсе отказаться от наложения первичных анастомозов.

**Цель** исследования — определить возможность применения прямой оксиметрии для оценки жизнеспособности стенки кишки при острой кишечной непроходимости.

### Материал и методы

Эксперимент проведен на 18 беспородных морских свинках со средней массой 700 — 800 г в соответствии с этическими нормами обращения с животными и с разрешения этической комиссии БГМУ, а также требованиями мирового сообщества «Европейская конвенция по защите позвоночных, используемых для экспериментальных и иных научных целей» (Страсбург, 1986).

Оперативные вмешательства производили в условиях операционной с соблюдением правил асептики и антисептики. Все операции животным выполняли под общим наркозом при помощи внутривенной анестезии 1% раствором тиопентала натрия в дозе 70 мг на 1 кг массы тела в сочетании с внутримышечным введением 0,005% раствора фентанила в объеме 0,5 мл.

Моделирование именно тонкокишечной непроходимости было обусловлено тем, что при операциях на толстой кишке, выполняемых при ОКН, уровень резекции кишки определяется чаще всего исходя из расположения сосудов, т.е. особенностей ее кровоснабжения, и точная локализация уровня обструкции имеет в данной ситуации меньшее значение. При операциях на тонкой кишке, в связи с хорошим ее кровоснабжением из-за наличия многоуровневых аркад сосудов и при стремлении оставить максимально возможный участок тонкой кишки в пищеварении, уровень резекции более вариабелен. Следовательно, определение степени ишемии стенки тонкой кишки имеет большее значение.

После фиксации животного и введения

в наркоз выполняли срединную лапаротомию. Тонкокишечную непроходимость моделировали путем перевязки кишечной трубки на протяжении лигатурой 5-0, тотчас в месте впадения тонкой кишки в толстую (ориентир – илеоцекальный угол). Брюшную полость зашивали наглухо. В послеоперационном периоде лечение животного не проводилось.

Все животные были разделены на три группы. Первая группа (6 животных) – оксиметрия проводилась через 24 часа (одни сутки) после операции, вторая (6 животных) – через 48 часов (2 суток), третья – через 72 часа (6 животных). Оксиметрия выполнялась на протяжении кишки в проксимальном направлении от места обструкции после снятия швов с лапаротомной раны, после чего животное выводилось из эксперимента путем интраплеврального введения тиопентала натрия из расчета 200 мг/кг.

У всех животных выполняли прямую оксиметрию по принятой методике [10]. Применялся портативный поляризационный оксиметр, представляющий собой устройство, состоящее из кислородного сенсора типа Clark, блока преобразователя, персонального компьютера с программой для записи и интерпретации данных. Блок преобразователя сконструирован на основе газового анализатора RADIOMETER (Copenhagen, DENMARK) и сертифицированного в Республике Беларусь аналого-цифровой преобразователя. Для простоты измерений разработаны программа и интерфейс для персонального компьютера. Прибор проверен сотрудниками центра информационно-измерительных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет». Нами получено разрешение Министерства Здравоохранения РБ на применение аппарата в эксперименте.

Измерения выполнялись на противобрыжечном крае тонкой кишки на расстоянии 2 см, 5 см и 10 см от уровня обструкции.

Полученные результаты обрабатывались на персональном компьютере с помощью программы «STATISTICA 6.0». Соответствие распределения количественных признаков закону нормального распределения проверяли при помощи критерия Колмогорова-Смирнова. В связи с тем, что часть данных характеризовалась непараметрическим распределением, для адекватного сравнения все полученные результаты представлены в виде Me (25%–75%), где Me – медиана, (25%-75%) – 25 и 75 процентиля. Анализ статистической значимости различий между тремя группами признаков, не соответствующих закону нормального распре-

деления, определяли при помощи критерия K-W Крускала-Уоллиса. Результаты считали достоверно различными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

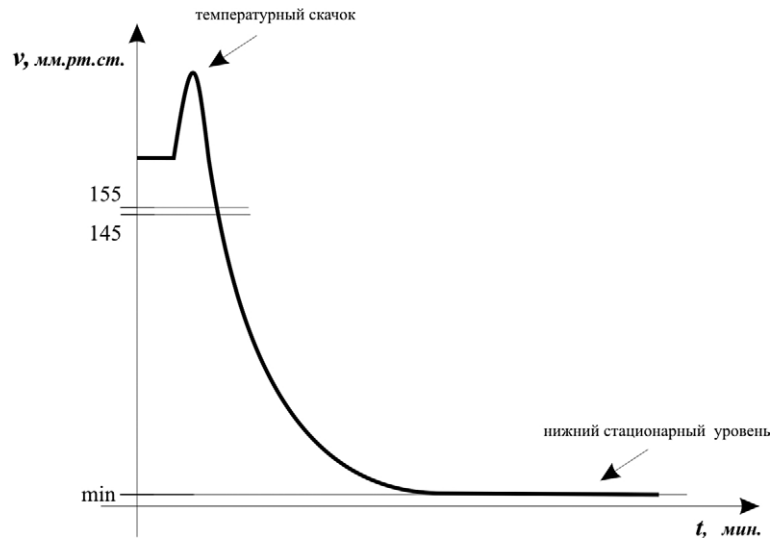
## Результаты и обсуждение

При соприкосновении измерительной поверхности мембраны датчика с поверхностью стенки кишки наблюдается восходящий температурный скачок, после чего график приобретает нисходящее направление, характеризующее скорость поглощения кислорода исследуемой тканью, далее опускается до нижнего стационарного уровня, который характеризует уровень парциального давления кислорода в ткани. Подобное измерение проводилось на каждом из участков ткани по три раза для вычисления среднего.

Для анализа полученных графических данных были выбраны несколько интервалов (рис. 1).

Первый интервал 145-155 мм рт.ст (Resp) характеризует собственно дыхательную активность измеряемой ткани, т.е. скорость, с которой изолированная ткань поглощает кислород из электролита окружающего электрода. Вторым интервалом является стационарным уровнем (St), где скорость потребления уравнивалась со скоростью выброса кислорода из тканей. При изучении полученных данных выяснилось, что скоростные показатели поглощения кислорода, т.е. дыхательная активность ткани и стационарный уровень, уровень парциального давления кислорода в ткани, являются характеристиками, постоянными при одних и тех же условиях и присущими только этой ткани. Возникновение ишемических изменений в стенке тонкой кишки приводило к изменению этих показателей. Однако следует отметить, что скоростные показатели, характеризующие дыхательную активность, в данном случае являлись весьма вариабельными и требующими времени на их вычисление, в отличие от стационарного уровня кислорода в ткани. Поэтому нами проведен анализ именно стационарных уровней, как наиболее информативных показателей нарушения кровоснабжения стенки кишки и показателей, интерпретация которых не требует дополнительных вычислений.

При анализе значений минимального (стационарного) уровня парциального давления кислорода в стенке тонкой кишки были выявлены следующие закономерности. На расстоянии 2 см от уровня обструкции были получены статистически значимые различия между значениями в различные сроки дли-



**Рис. 1. Кинетика поглощения кислорода поверхностью стенки тонкой кишки морской свинки с выходом на стационарный уровень**

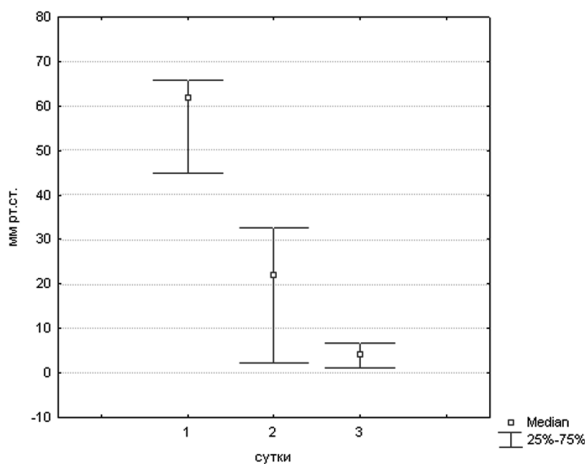
тельности кишечной непроходимости ( $K-W=36,95$ ;  $p=0,0000$ ) (рис. 2).

Через 24 часа после начала заболевания было отмечено повышение стационарного уровня парциального давления кислорода (даже по сравнению с интактной кишкой). По нашему мнению, это связано со снижением дыхательной активности ткани кишечной стенки, т.е. с угнетением способности утилизировать доставленный к ней кислород, при сохраненном кровоснабжении или, возможно, компенсаторном усилении кровоснабжения этого участка. По мере увеличения срока длительности кишечной непроходимости происходило снижение значения минимального уровня парциального давления кислорода, что свидетельствует о развитии глубокой ишемии стенки кишки, т.е. угнетение утилизации кислорода сопровождается и прогрессированием

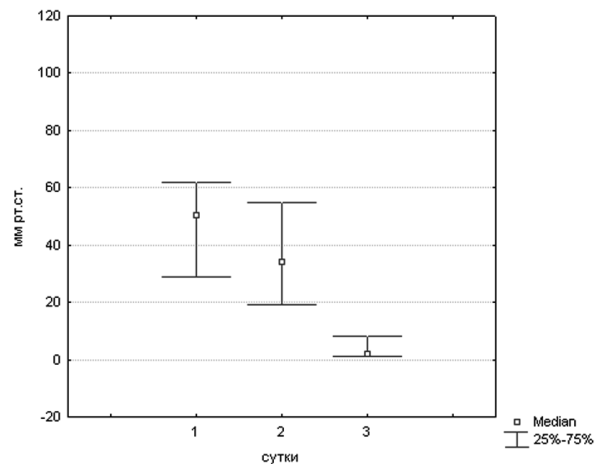
микроциркуляторной недостаточности кровоснабжения, что является проявлением срыва компенсаторных механизмов.

На расстоянии 5 см от уровня обструкции также были получены различия в уровне минимального парциального кислорода в зависимости от сроков заболевания (рис. 3). Данные различия статистически значимы ( $K-W=20,86$ ;  $p=0,0000$ ).

Как видно из представленных данных, на удалении около 5 см от уровня обструкции в течение первых двух суток происходит поддержание нормального уровня оксигенации стенки тонкой кишки за счет внутренних компенсаторных механизмов. Однако на третьи сутки от начала развития патологического процесса в стенке кишки появляются признаки ишемии, проявляющиеся снижением стационарного уровня практически до нуля, это указывает на



**Рис. 2. Парциальное давление кислорода в стенке кишки на расстоянии 2 см от уровня непроходимости (мм рт.ст.)**



**Рис. 3. Парциальное давление кислорода в стенке кишки на расстоянии 5 см от уровня непроходимости (мм рт.ст.)**

глубокую ишемию тканей, т.к. ткани поглощают практически весь кислород из датчика. Это явление обусловлено перерастяжением стенки кишки и, как следствие, нарушением ее кровоснабжения.

На расстоянии 10 см от уровня обструкции полученные значения минимального уровня парциального давления кислорода в различные сроки от начала заболевания статистически не различались (K-W= 3,17; p=0,2050) (таблица 1).

Таблица 1

**Парциальное давление кислорода в стенке кишки на расстоянии 10 см от уровня непроходимости (мм рт.ст.)**

Срок заболевания	Me	25%-75%
24 часа	35,5	13,4-51,4
48 часов	22,5	4,1-40,8
72 часа	33,8	14,4-46,2

Как видно из представленных данных, на расстоянии 10 см от уровня обструкции стационарный уровень колебался от 22,5 до 35,5 мм рт. ст., что находится в пределах физиологической нормы, полученной нами в экспериментах ранее.

Таким образом, нами выявлена зависимость содержания кислорода в стенке тонкой кишки от расстояния до уровня обструкции в проксимальном направлении при острой тонкокишечной непроходимости. В наиболее приближенных участках, практически возле механического препятствия, в первые сутки происходит компенсаторное повышение снабжения кислородом, однако при наличии препятствия для пассажа кишечного содержимого данный показатель быстро возвращается к обычным значениям и продолжает прогрессивно снижаться, свидетельствуя о развитии грубого ишемического повреждения кишечной стенки. На более удаленных от уровня непроходимости участках стационарный уровень парциального давления кислорода остается

практически неизменным в течение первых двух суток заболевания, однако затем, вследствие перерастяжения и истощения компенсаторных механизмов, происходит развитие ишемии стенки кишки. На достаточно удаленных участках кишки стационарный уровень кислорода в течение трех суток от начала заболевания значимо не изменяется, что еще раз подтверждает четкую зависимость изменений в стенке кишки от расстояния до уровня кишечной обструкции и времени, прошедшего от начала патологического процесса.

Для более полного представления картины развивающихся изменений, считаем целесообразным представить полученные данные в виде следующей таблицы (таблица 2).

Как видно из представленных данных, существуют четкие, статистически значимые различия в содержании кислорода в различных участках тонкой кишки в зависимости от сроков заболевания и расстояния от места обструкции.

### Выводы

1. Прямая оксиметрия является объективным, неинвазивным методом, позволяющим оценить тканевое дыхание в органах и тканях, страдающих от нарушения микроциркуляции и гипоксии, на расстоянии от основного патологического очага.

2. Прямую оксиметрию можно использовать интраоперационно для определения уровня резекции кишки и места наложения анастомоза при ОКН, используя стационарный уровень парциального давления, характерный для неповрежденной кишки.

3. Снижение стационарного уровня кислорода в тканях указывает на возрастание дыхательной активности в условиях гипоксии.

4. Повышение стационарного уровня в поврежденной ткани является свидетельством снижения дыхательной активности из-за повреждения внутриклеточных структур, отвечающих за утилизацию кислорода.

Таблица 2

**Парциальное давление кислорода в стенке кишки на расстоянии 2, 5 и 10 см от уровня непроходимости (мм рт.ст.)**

Срок заболевания	Расстояние от обструкции	Me	25%-75%	Kruskal-Wallis test, K-W	p
24 часа	2 см	61,9	45,0-65,8	9,8	0,0074
	5 см	50,5	28,8-61,9		
	10 см	35,5	13,4-51,4		
72 часа	2 см	4,2	1,3-6,8	20,49	0,0000
	5 см	2,1	1,0-8,1		
	10 см	33,8	14,4-46,2		

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Волков, А. Н. Острая кишечная непроходимость / А. Н. Волков. – Чебоксары: изд-во Чуваш. ун-та, 2007. – 88 с.
2. Чернов, В. Н. Острая непроходимость кишечника / В. Н. Чернов, Б. М. Белин. – М.: Медицина, 2008. – 511 с.
3. Лечение тяжелых форм распространенного перитонита / Б. С. Брискин [и др.] // Хирургия. – 2003. – № 8. – С. 56-60.
4. Ерюхин, И. А. Кишечная непроходимость / И. А. Ерюхин, В. П. Петров, М. Д. Ханевич. – СПб.: Питер, 1999. – 443 с.
5. Корымасов, Е. А. Принципы дифференциальной диагностики и тактики при острой кишечной непроходимости / Е. А. Корымасов, Ю. В. Горбунов // Вестн. хирургии им. Грекова. – 2003. – Т. 162, № 3 – С. 101-106.
6. Шулейко, А. Ч. Регионарная гемодинамика тонкой кишки при экспериментальной кишечной непроходимости / А. Ч. Шулейко, А. В. Воробей, Г. Я. Хулуп // Новости хирургии. – 2008. – Т. 16, № 1. – С. 8-16.
7. Mesenteric microcirculatory dysfunctions and translocation of indigenous bacteria in a rat model of strangulated small bowel obstruction / F. L. Zanoni [et al.] // Clinics (Sao Paulo). – 2009. – Vol. 64, N 9. – P. 911-919.
8. Милюков, В. Е. О патогенезе послеоперационного перитонита после устранения острой странгуляционной кишечной непроходимости / В. Е. Милюков, М. Р. Сапин // Анналы хирургии. – 2006. – № 1. – С. 70-71.
9. Бордаков, В. Н. Диагностика и лечение интраабдоминальной инфекции в неотложной хирургии / В. Н. Бордаков. – Минск, 2008. – 280 с.
10. Возможности применения прямой оксиметрии для оценки состояния поджелудочной железы при остром панкреатите в эксперименте / С. А. Жидков [и др.] // Новости хирургии. – 2010. – Т. 18, № 3. – С. 9-16.

**Адрес для корреспонденции**

220034, Республика Беларусь  
г. Минск ул. Азгура, 4,  
Белорусский государственный  
медицинский университет,  
военно-медицинский факультет,  
кафедра военно-полевой хирургии,  
тел. моб.: +375 44 733-10-58,  
e-mail: aleksdoc@yandex.ru,  
Трухан Алексей Петрович

**Сведения об авторах**

Корик В.Е., к.м.н., доцент, полковник медицинской службы, начальник кафедры военно-полевой хирургии военно-медицинского факультета УО «Белорусский государственный медицинский университет». Трухан А.П., к.м.н., майор медицинской службы, ассистент кафедры военно-полевой хирургии военно-медицинского факультета в УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Жидков С.А., д.м.н., профессор, полковник медицинской службы, начальник военно-медицинского управления Министерства обороны Республики Беларусь. Ключко Д.А., майор медицинской службы, адъюнкт кафедры военно-полевой хирургии Военно-медицинского факультета в УО «Белорусский государственный медицинский университет».

*Поступила 05.12.2011 г.*