

Определение уровня резекции кишки в условиях экспериментальной острой кишечной непроходимости с помощью биоимпедансометрии

А.В. РОДИН, С.М. БАЖЕНОВ, С.Д. ЛЕОНОВ, В.В. ПРИВОЛЬНЕВ, Ю.С. КОРНЕВА
Смоленский государственный медицинский университет, ул. Крупской, д. 28, Смоленск, 214019, Российская Федерация

Актуальность Определение границ необратимого повреждения кишки в условиях острой кишечной непроходимости является одной из важнейших задач, выполняемых в ходе оперативного лечения данной патологии.

Цель исследования Улучшение результатов хирургического лечения острой кишечной непроходимости путем уменьшения объема резекции кишки при ее некрозе.

Материалы и методы Исследование выполнено на 64 белых крысах линии «Вистар» массой 180-230 г. Под наркозом проводили срединную лапаротомию и моделировали острую странгуляционную тонкокишечную непроходимость путем наложения толстой лигатуры на петлю тонкой кишки (длиной 1,5-2 см) вместе с брыжейкой. Моделирование патологического процесса было произведено на сроки 1 час (n=11), 3 часа (n=13) и 6 часов (n=12). На 13 животных были исследованы показатели импеданса тонкой кишки в норме.

Отдельную группу (n=15) составили животные, которым произведено моделирование острой кишечной непроходимости сроком на 3 часа с последующей резекцией кишки на различных уровнях и формированием кишечных анастомозов.

Инвазивную биоимпедансометрию (БИМ) кишечной стенки производили с помощью устройства для измерения импеданса биологических тканей БИМ-II (Патент РФ №2366360). В качестве калибровки прибора перед исследованием *in vitro* измеряли импеданс физиологического раствора. Исследуемые участки кишки подвергались гистологическому исследованию.

Результаты и их обсуждение Величина импеданса физиологического раствора составила 0,46 кОм. При изучении изменений показателей БИМ приводящего и отводящего отделов тонкой кишки выявлено, что значения уменьшаются по направлению к зоне странгуляции, наиболее низкие величины регистрировались на границе с зоной странгуляции. По данным гистологического исследования тонкой кишки в зонах, где регистрировали показатели биоимпедансометрии ниже 2 кОм в условиях острой кишечной непроходимости, выявлены признаки некроза различной выраженности. При этом максимальное значение импеданса в этих участках было равно 1,99 кОм. В зонах кишки, где регистрировали показатели импеданса выше 2 кОм, независимо от сроков патологического процесса, признаков некроза обнаружено не было. При определении границ резекции кишки ориентиром служила величина импеданса выше 2 кОм.

Гистологическое исследование кишечных анастомозов, выполненных при резекции кишки в условиях острой кишечной непроходимости с учетом данных биоимпедансометрии, и анастомозов, выполненных при резекции органа в пределах заведомо жизнеспособных тканей, не выявило существенных различий в гистоморфологической картине заживления.

Выводы Значение биоимпедансометрии участков приводящего и отводящего отделов кишки выше 2 кОм является критерием при определении границ резекции органа.

Ключевые слова: эксперимент, острая кишечная непроходимость, жизнеспособность кишки, биоимпедансометрия.

Determination of the Level for Resection of the Intestine in the Course of Experimental Acute Intestinal Obstruction Using Bioimpedancemetry

A.V. RODIN, S.M. BAZHENOV, S. D. LEONOV, V.V. PRIVOLNEV, YU. S. KORNEVA
Smolensk State Medical University, 28 Krupskoy St., Smolensk, 214019, Russian Federation

Relevance One of the most important stages during surgical treatment of acute intestinal obstruction is the determination of irreversible damages of the intestine.

Purpose of the study To improve outcomes of surgical treatment of acute intestinal obstruction through the reducing of a removable part of the intestine during bowel resection in the case of its necrosis.

Materials and methods An experimental investigation was performed on 64 Wistar rats 180-230 g. Medial laparotomy was carried out on animals and acute strangulation intestinal obstruction in the small intestine was modeled by applying a thick ligature onto the small intestinal loop 1,5-2,0 cm long together with the mesentery. The pathological process was created for periods of 1 h (n=11), 3 h (n=13) and 6 h (n=12). The normal level of the impedance of the intestine wall on 13 rats was found.

Another group of animals contained 15 rats with modeled strangulation obstruction in the small intestine. Pathological process was created for a period of 3 h. The small intestinal segments were then resected at different distances from strangulation site and anastomoses were formed.

Invasive bioimpedancemetry was performed by a device "BIM-II" for measuring the electrical impedance of biological tissues (Patent of Russian Federation № 2366360). The measurement of the impedance of physiological solution *in vitro* was performed as a test of the device. After bioimpedancemetry histological examination was performed.

Results and their discussion The impedance index of physiological solution was 0,46 kΩ. Study of changes in impedance indices in the afferent and efferent portions of the small intestine showed that the indices decreased towards the strangulation zone, the lowest indices recorded at the interface of the strangulation zone. Histological examination of the small and large intestine in zones with impedance indices below 2 kΩ in the course of acute intestinal obstruction showed signs of necrosis of different severity. The maximum impedance level in these regions was 1.99 kΩ. No signs of necrosis were detected in the intestinal zones with impedance above 2 kΩ, irrespective of the period of the pathological process. The impedance index above 2 kΩ served as the criterion for resection of the intestine.

Histological examination of the intestinal anastomoses created in resection of the intestine in the course of acute intestinal obstruction with consideration for impedance indices and of anastomoses created in resection of the organ within a priori viable tissues showed no appreciable differences in the histomorphology of healing.

Conclusion The impedance index of the intestinal wall of afferent and efferent portions of the intestine above 2 kΩ in the course of acute intestinal obstruction served as a criterion for determination of the level for resection of the intestine.

Key words: experiment, acute intestinal obstruction, viability of the intestine, bioimpedancemetry.

postoperative period, diabetes developed in 29 (47.5%) with the same frequency in both groups. The physical component of health

Острая кишечная непроходимость (ОКН) является одной из главных проблем современной хирургии, так как отличается тяжелым течением и частым развитием осложнений [4, 12, 13]. Летальность при непроходимости кишечника, сопровождающейся резекцией тонкой кишки, на фоне разлитого перитонита, достигает 50 % [14, 16]. Особенно тяжело протекает странгуляционная острая кишечная непроходимость [8, 17].

Одной из главных причин развития осложнений после резекции кишки в условиях острой кишечной непроходимости является несостоятельность межкишечных анастомозов [2, 3], которая может развиваться в том числе при ошибочном определении жизнеспособности кишки и, как следствие, – уровня отсечения органа [4].

Современная тактика при интраоперационной оценке витальных свойств кишки такова, что субъективно возникающие сомнения в жизнеспособности стенки органа решаются в пользу резекции сомнительного участка кишки, так как оставление некротически измененного участка кишечника неизбежно приведет к развитию перитонита [10]. С другой стороны, необоснованная резекция жизнеспособной кишки может привести к энтеральной недостаточности [11].

Таким образом, определение границ необратимого повреждения кишки в условиях острой кишечной непроходимости, и тем самым исключение необходимости резекции жизнеспособных отделов кишки, является одной из важнейших задач, выполняемых в ходе оперативного лечения данной патологии.

Цель исследования: улучшение результатов хирургического лечения острой кишечной непроходимости путем уменьшения объема резекции кишки при ее некрозе.

Материалы и методы

Материалом для проведенного исследования явились 64 белые крысы линии «Вистар» массой 180-230 г, обоего пола. Возраст животных был от 6 до 12 месяцев. Экспериментальных животных содержали в условиях вивария Смоленского государственного медицинского университета при свободном доступе к

воде и пище соответственно нормативам ГОСТа «Содержание экспериментальных животных в питомниках НИИ».

При проведении эксперимента руководствовались «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», утвержденными приказом МЗ СССР №724 от 1984 г., законом «О защите животных от жестокого обращения» гл. IV, ст.10, 4679 – П ГД от 01.12.1999 г., Хельсинской декларацией о гуманном отношении к опытным животным от 1983 г.

Специальной предоперационной подготовки животным не проводилось. На всех экспериментальных животных заводили индивидуальные протоколы исследования.

Моделирование острой кишечной непроходимости

Оперативные вмешательства выполнялись под эфирным масочным наркозом. После введения в наркоз и фиксации животного на операционном столе проводилось бритье операционного поля с последующей его обработкой антисептическими растворами.

В асептических условиях выполняли лапаротомию. В операционную рану выводили участок тонкой кишки.

Производили моделирование острой странгуляционной тонкокишечной непроходимости (ОКН) путем наложения толстой узловой лигатуры на петлю тонкой кишки (длиной 1,5 – 2 см) вместе с ее брыжейкой на расстоянии 12 – 15 см от илеоцекального угла до полного прекращения кровотока. После формирования модели ОКН операционную рану ушивали наглухо простыми одиночными узловыми швами.

Методы исследования

В асептических условиях экспериментальным крысам с моделированной ОКН выполняли релапаротомию. Животные были разделены на 4 группы: в 1-й группе (n=13) исследованы биофизические показатели тонкой кишки в норме, во 2-й группе животных (n=11) произведено моделирование ОКН на срок 1 час, в 3-й группе (n=13) – на 3 часа, в 4-й (n=12) – на 6 часов.

В качестве способа оценки жизнеспособности кишки нами была предложена инвазивная биоимпе-

дансометрия (БИМ) кишечной стенки. Биоимпедансный анализ показал хорошие результаты при оценке патологических изменений в различных органах и тканях [1, 6, 7, 9, 15].

Отдельную группу (n=15) составили животные, которым произведено моделирование странгуляционной ОКН сроком на 3 часа с последующей резекцией кишки на различных уровнях и формированием кишечных анастомозов. Тонкокишечный анастомоз накладывали по методу «конец в конец», при этом использовался сквозной однорядный узловый шов атрауматической иглой с нитью кетгут 5/0 с расположением узелков швов со стороны серозной оболочки.

Животные в данной группе были разделены на 3 подгруппы: в 1-й (n=5) резекция выполнялась в зависимости от показателей биоимпедансометрии кишки, во 2-й (n=5) резекцию выполняли в пределах заведомо жизнеспособных тканей на значительном расстоянии от участка перевязанной кишечной петли (8-10 см проксимальнее и дистальнее зоны странгуляции) и в 3-й (n=5) – на границе с зоной странгуляции.

Биоимпедансный анализ

Инвазивную биоимпедансометрию кишки проводили с помощью оригинального разработанного нами устройства для измерения электрического импеданса биологических тканей ВИМ-II (Патент РФ №2366360). Использовали также разработанные нами оригинальные биполярные электроды с ограничителем (Патент РФ №2318435). Расстояние между электродами – 2 мм, частота тока – 10 кГц.

В качестве калибровки прибора перед исследованием измеряли импеданс 0,9% раствора хлорида натрия *in vitro*. Величина полного электрического сопротивления физиологического раствора составила 0,46 кОм.

БИМ тонкой кишки в зоне странгуляции, приводящем и отводящем отделах выполняли в области противобрыжеечного края органа. Импеданс кишечной стенки в зоне странгуляции проводили в 3-5 точках.

Начальные измерения БИМ приводящего и отводящего отделов кишки проводили на границе с зоной странгуляции. Последующие измерения полного электрического сопротивления выполняли в участках противобрыжеечного края тонкой кишки с шагом около 1 см от границы со странгуляцией до регистрации величин импеданса органа как у интактных животных.

Морфологические методы исследования

Забор материала

Резекцию участков тонкой кишки (лигированная петля вместе с приводящим и отводящим отрезками кишки в заведомо здоровых тканях) выполняли в сроки через 1, 3 и 6 часов от моделирования ОКН. Также выполняли резекцию участков тонкой кишки, каждый участок размерами около 1 см², в зависимости от показателей БИМ.

Забор участков тонкой кишки с наложенными кишечными анастомозами осуществляли на 10-14 сутки после операции. Все резецированные участки фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина в течение 14 суток и затем подвергали гистологическому исследованию.

Гистологическое исследование

Кусочки фиксированных тканей кишки обезживали в спирте и эфире, заливали в парафин и приготавливали срезы толщиной 5-7 мкм с применением специальной аппаратуры. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, наливкой тушью. Оценивали морфологические изменения кишки в зоне странгуляции, приводящем и отводящем его отделах в зависимости от сроков моделирования ОКН. Гистологические изменения кишечной стенки в зоне анастомозов изучали на 10-14 сутки после операции.

Также проводили сопоставление полученных данных в ходе морфологического исследования с показателями БИМ.

Статистические методы

Статистический анализ полученных данных выполнялся с использованием параметрических и непараметрических критериев.

При соответствии выборок закону нормального распределения в качестве основных выборочных характеристик использовалось среднее арифметическое (M) с указанием ошибки средней (m). При равных дисперсиях для сравнения исследуемых выборок применялся критерий Стьюдента. При несоответствии выборок закону нормального распределения в качестве основных выборочных характеристик использовалась медиана (Me) с указанием минимума и максимума значений. Данные выборки сравнивались при помощи непараметрических критериев Манна-Уитни и Колмогорова-Смирнова. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты биоимпедансометрии кишечной

стенки, париетальной брюшины, большого сальника

Значения БИМ тонкой кишки у животных в норме составили $3,96 \pm 0,09$ кОм. Минимальное значение импедансометрии кишки у интактных крыс было равно 2,58 кОм. При развитии ОКН выявлено снижение значений импеданса кишки по сравнению с нормой (табл. 1).

В результаты гистологического исследования кишки в различные сроки моделированного патологического процесса выявлено, что, независимо от продолжительности ОКН, в зонах, где значения БИМ были ниже 2 кОм, обнаружены признаки некроза. При этом максимальное значение импеданса в зонах некроза тонкой кишки было равно 1,99 кОм. В участках киш-

Значения импеданса тонкой кишки, париетальной брюшины, большого сальника при экспериментальной тонкокишечной ОКН, кОм (M±m) / Impedance (BIM) indices of the small intestine in experimental acute intestinal obstruction (AIO), kΩ (M±m)

Показатель / Parameter		ОКН, сроки от моделирования / AIO, time after induction			
		1 час / 1 h	3 часа / 3 h	6 часов / 6 h	Норма / Normal
n		11	13	12	13
БИМ в зоне странгуляции / BIM in strangulation zone		2,11±0,16*	1,14±0,09*	1,03±0,06*	3,96±0,09
БИМ, приводящий отдел / BIM, afferent portion	граница со странгуляцией / interlace with strangulation site	2,58±0,3*	1,9±0,22*	1,62±0,19*	
	1 см от странгуляции / 1 cm from strangulation site	3,41±0,27	2,28±0,25*	2,22±0,25*	
	2 см от странгуляции / 2 cm from strangulation site	3,07±0,15	2,75±0,22	2,62±0,24*	
	3 см от странгуляции / 3 cm from strangulation site	3,08±0,12	3,27±0,3	2,65±0,1*	
	4 см от странгуляции / 4 cm from strangulation site	3,24±0,19	3,18±0,19	2,78±0,13	
	5 см от странгуляции / 5 cm from strangulation site	3,00±0,11	3,32±0,13	3,23±0,12	
БИМ, отводящий отдел / BIM, efferent portion	граница со странгуляцией / interlace with strangulation site	2,7±0,21*	1,71±0,22*	1,61±0,23*	
	1 см от странгуляции / 1 cm from strangulation site	3,57±0,32	2,65±0,32*	2,00±0,4*	
	2 см от странгуляции / 2 cm from strangulation site	3,14±0,15	2,99±0,3	2,44±0,18*	
	3 см от странгуляции / 3 cm from strangulation site	3,59±0,13	2,94±0,22	3,19±0,22	
	4 см от странгуляции / 4 cm from strangulation site	3,36±0,16	3,3±0,23	3,16±0,13	
	5 см от странгуляции / 5 cm from strangulation site	3,16±0,16	3,52±0,2	3,48±0,1	

Примечание: * – различия статистически значимы по сравнению с нормой, $p < 0,05$ / Note: * – the differences are statistically significant with the norm, $p < 0,05$

ки, где регистрировали показатели импеданса выше 2 кОм, независимо от сроков патологического процесса, признаков некроза обнаружено не было.

На основании полученных данных значение БИМ выше 2 кОм принято в качестве критерия жизнеспособности кишки при острой кишечной непроходимости (патент РФ № 2438571). Значение биоимпедансометрии приводящего и отводящего отделов кишки выше 2 кОм в условиях острой кишечной непроходимости было выбрано в качестве критерия для определения уровня резекции органа.

Результаты биоимпедансометрии приводящего и отводящего отделов кишки

БИМ приводящего и отводящего отделов кишки проводили следующим образом. Дистальнее и проксимальнее места некроза кишки последовательно в области противобрыжечного края в точках примерно через каждый 1 см методом биоимпедансометрии исследовали полное электрическое сопротивление

кишечной стенки. При БИМ приводящего отдела тонкой кишки выявлено, что по мере приближения к зоне странгуляции показатели полного электрического сопротивления кишечной стенки значительно снижаются (табл. 1).

Через 1 час после моделирования ОКН (n=11) у 8 животных выявлены показатели БИМ выше 2 кОм вблизи (на расстоянии около 1 мм) границы с зоной странгуляции. В 2-х случаях нормальные показатели импеданса кишечной стенки (выше 2 кОм) были выявлены на расстоянии около 1 см от границы с зоной странгуляции. В одном наблюдении показатели импедансометрии выше 2 кОм зарегистрированы в 2 см от наложенной на кишечник лигатуры.

Спустя 3 часа после моделирования ОКН (n=13) в 5 случаях выявлены нормальные показатели БИМ кишки вблизи (на расстоянии около 1 мм) границы с зоной странгуляции. У 2 животных показатели импеданса выше 2 кОм определялись на расстоянии в 1 см от зоны странгуляции, у 4 на расстоянии в 2 см от

границы с наложенной лигатурой, у 1 – в 3 см от зоны странгуляции и в 1 случае – в 5 см.

Через 6 часов от моделирования ОКН (n=12) выявлены следующие изменения показателей полного электрического сопротивления кишки в патологической зоне: у 3 животных показатели БИМ выше 2 кОм выявлены вблизи границы с зоной странгуляции, в 4-х случаях – на расстоянии в 1 см от зоны странгуляции, у 2 – на расстоянии в 2 см от странгуляции, в двух наблюдениях – в 3 см от наложенной лигатуры и в одном случае – в 4 см.

В процессе биоимпедансного анализа отводящего отдела тонкой кишки выявлена схожая картина «табл. 1». Отмечалось значительное снижение показателей БИМ кишечной стенки по мере приближения к зоне наложения лигатуры на кишку.

Через 1 час после моделирования ОКН (n=11) уже у 8 животных выявлены показатели БИМ выше 2 кОм вблизи (на расстоянии около 1 мм) границы с зоной странгуляции. В 3-х случаях нормальные показатели импеданса кишечной стенки (выше 2 кОм) были выявлены на расстоянии около 1 см от границы с зоной странгуляции.

В сроки через 3 часа после моделирования ОКН (n=13) в 2-х случаях выявлены нормальные показатели БИМ кишки вблизи (на расстоянии около 1 мм) границы с зоной странгуляции. У 5 животных показатели импеданса выше 2 кОм определялись на расстоянии в 1 см от зоны странгуляции, у 2 на расстоянии в 2 см от границы с наложенной лигатурой, у 3 – в 3 см от зоны странгуляции и в 1 случае – в 6 см.

Спустя 6 часов от моделирования ОКН (n=12) выявлены следующие изменения показателей полного электрического сопротивления тонкой кишки в патологической зоне: у 2 животных показатели БИМ выше 2 кОм выявлены вблизи границы с зоной странгуляции, в одном случае – на расстоянии в 1 см от зоны странгуляции, у 6 – на расстоянии в 2 см от странгуляции, в двух наблюдениях – в 3 см от наложенной лигатуры и в одном случае – в 4 см.

Таким образом, средние величины расстояния от места странгуляции на приводящем и отводящем отделах кишки, где регистрировали нормальные значения БИМ (выше 2 кОм), различались в зависимости от длительности острой кишечной непроходимости (табл. 2).

Гистологическое исследование участков тонкого кишечника, удаленных с учетом данных биоимпедансометрии

При гистологическом исследовании участков тонкой кишки, независимо от сроков тонкокишечной ОКН, в зонах, где регистрировали показатели БИМ меньше 2 кОм, выявлены признаки некроза кишки различной степени: от некроза ворсин до субтотального и тотального некроза стенки органа (рис. 1-3).

По данным гистологического исследования участков кишки, импеданс которых был выше 2 кОм, независимо от сроков развития патологического процесса, выявлены дистрофические, воспалительные изменения различной степени (рис. 4-7). Признаков некроза в данных зонах обнаружено не было.

Таблица 2 / Table 2

Уровень резекции кишки в зависимости от показателей импеданса / The level for resection of the small intestine due to the impedance indices

Показатель / Parameter	ОКН, сроки от моделирования / AIO, time of the induction		
	1 час / 1 h	3 часа / 3 h	6 часов / 6 h
Приводящий отдел кишки, расстояние от границы с зоной странгуляции (M±m), см / Afferent portion of the small intestine, distance from strangulation site (M±m), cm	0,44±0,19 ^{1,2}	1,42±0,41 ¹	1,53±0,37 ²
Отводящий отдел кишки, расстояние от границы с зоной странгуляции (M±m), см / Efferent portion of the small intestine, distance from strangulation site (M±m), cm	0,35±0,13 ^{3,4}	1,86±0,45 ^{3,4}	1,93±0,33 ⁴

Примечание: различия статистически значимы при p<0,05 / Note: the differences are statistically significant when p<0,05
^{1,2,3,4} – между двумя группами / ^{1,2,3,4} – between two groups

Таблица 3 / Table 3

Диаметр стенки фрагментов тонкой кишки в приводящем и отводящем отделах / Diameter of the intestinal wall fragments of the small intestine

Показатель / Parameter	Диаметр (Me), мм / Diameter (Me), mm					
	Д 1 / D 1	Д 2 / D 2	Д 3 / D 3	Д 4 / D 4	Д 5 / D 5	Д 6 / D 6
Стенка кишки / Intestinal wall	3,4 (2,9-4,0)	3,5 (2,7-4,0)	3,7* (3,2-4,0)	3,5 (2,8-3,8)	3,5 (2,8-3,9)	3,1* (2,9-3,3)

Примечание: различия статистически значимы при p<0,05 – между двумя группами
 Note: the differences are statistically significant when p<0,05* – between two groups

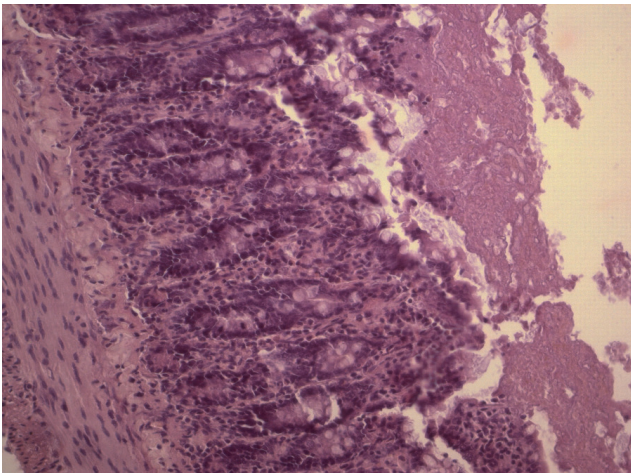


Рис. 1. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ ниже 2 кОм, 1 час от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$. Признаки некроза слизистой оболочки / Fig. 1. The zone of the small intestine where the impedance indices were below 2 kOm, 1 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 200$. Signs of necrosis of the intestinal mucosa

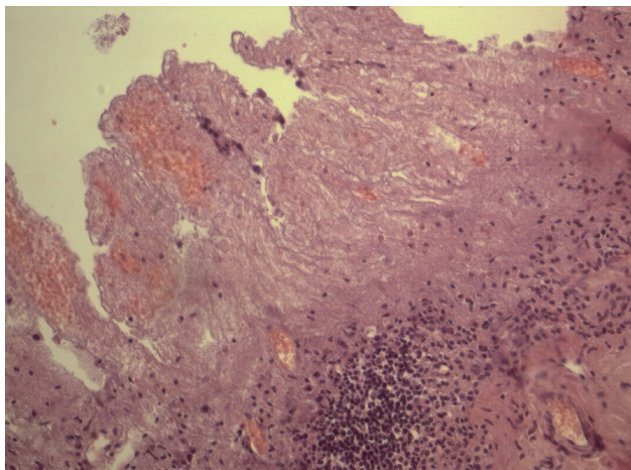


Рис. 2. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ ниже 2 кОм, 3 часа от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$. Признаки некроза слизистой и мышечной оболочек / Fig. 2. The zone of the small intestine where the impedance indices were below 2 kOm, 3 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 200$. Necrosis of the intestinal mucosa and muscular layer

Гистологическое исследование кишечных комплексов, состоящих из перевязанной петли, приводящего и отводящего отделов тонкой кишки

Из участков приводящих (по отношению к петле перевязанной кишки) и отводящих отделов через каждый сантиметр вырезался фрагмент кишки, как правило, 3 фрагмента приводящего отдела и 2 фрагмента отводящего, помимо этого забирался кусочек самой петли. Материал был промаркирован следующим образом: приводящий 1 – участок, наиболее удаленный от петли кишки (Д 1/Д 1), приводящий 2 – расположен ближе к петле (Д 2/Д 2), приводящий 3 – непо-

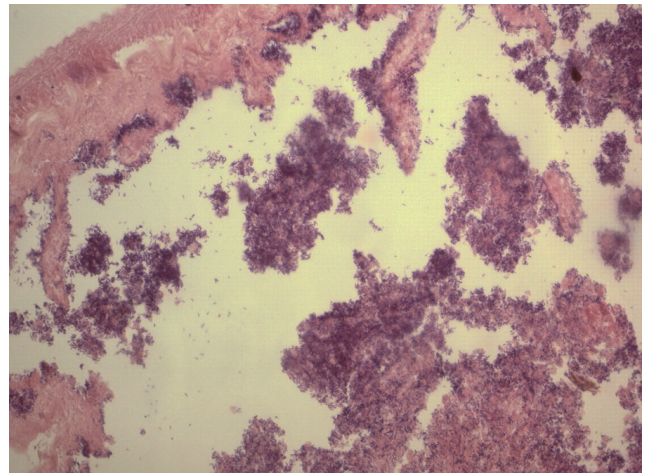


Рис. 3. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ ниже 2 кОм, 6 часов от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$. Признаки субтотального и тотального некроза кишечной стенки / Fig. 3. The zone of the small intestine where the impedance indices were below 2 kOm, 6 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 200$. Subtotal and total necrosis of the intestinal wall

средственно прилегал к петле (Д 3/Д 3); отводящий 1 – в непосредственной близости от петли (Д 4/Д 4), отводящий 2 – дистальнее (дальше) от петли (Д 5/Д 5), отводящий 3 – наиболее удаленный фрагмент кишки (Д 6/Д 6). Соответственно промаркирована толщина стенки кишки (ТС 1-6/ТИВ 1-6).

Тонкая кишка во всех изученных препаратах исходно была построена типично. Обращала на себя внимание вариабельность диаметров и толщины стенок различных фрагментов кишки даже внутри приводящего или отводящего отделов (табл. 3).

Помимо этого, особенности ее строения были связаны с различной степенью кровенаполнения, отека, воспалительной инфильтрации, и дистрофических изменений эпителия. В связи с чем данные показатели, как и показатели выраженности некроза кишечной стенки, были оценены полуколичественно по трехбалльной шкале: 1 балл – признак выражен слабо, 2 балла – признак выражен умеренно, 3 балла – признак выражен сильно. Лейкоцитарная инфильтрация состояла, главным образом, из сегментоядерных нейтрофилов, были выражены явления лейкостаза и лейкодиapedеза, особенно в серозной оболочке.

При расширении кишки ее стенка закономерно истончалась (табл. 4).

В ряде гистологических срезов присутствовали в том или ином объеме элементы лимфоидной ткани (фрагменты Пейеровых бляшек) (табл. 5). Глубина и объем некротических изменений перевязанной петли тонкой кишки не отличался в разных сериях эксперимента, но существенно варьировал у разных животных. Степень воспалительной инфильтрации соответствовала выраженности дистрофических изменений паренхимы.

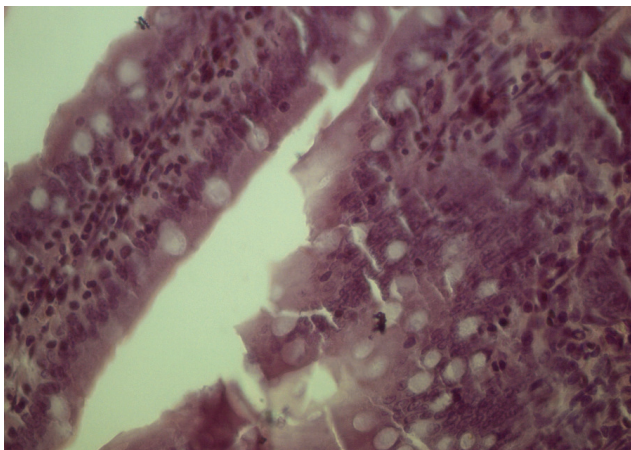


Рис. 4. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ выше 2 кОм, 6 часов от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 400$. Умеренные дистрофические изменения эпителия слизистой оболочки и умеренная диффузная лейкоцитарная инфильтрация стенки кишки / Fig. 4. The zone of the small intestine where the impedance indices were above 2 kOm, 6 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 400$. Moderate dystrophic changes of the mucosa epithelium and moderate diffuse leucocytic infiltration of the intestinal wall

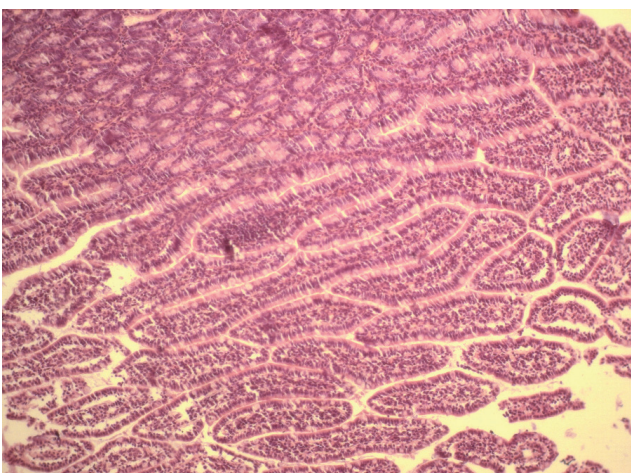


Рис. 5. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ выше 2 кОм, 6 часов от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 100$. Строение кишки не нарушено / Fig. 5. The zone of the small intestine where the impedance indices were above 2 kOm, 6 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 100$. Normal structure of the intestinal wall

Степень некроза кишечной петли в зоне странгуляции ($M \pm m$) варьировала от 1 до 3 баллов ($2,39 \pm 0,24$).

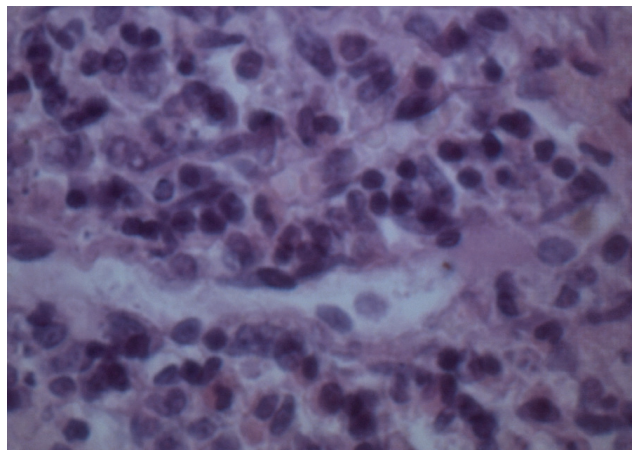


Рис. 6. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ выше 2 кОм, 6 часов от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 1000$. Выраженная воспалительная инфильтрация в кишечной стенке / Fig. 6. The zone of the small intestine where the impedance indices were above 2 kOm, 6 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 1000$. Distinct inflammatory infiltration of the intestinal wall

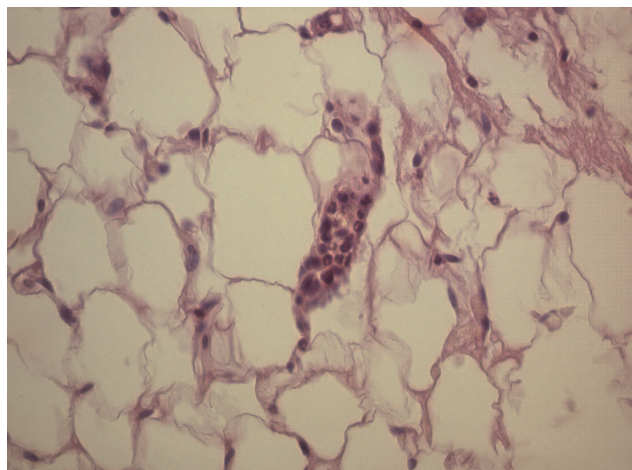


Рис. 7. Участок стенки тонкой кишки в зоне, где регистрировали показатели БИМ выше 2 кОм, 3 часа от моделирования ОКН. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 400$. Признаки лейкостазов в сосудах / Fig. 7. The zone of the small intestine where the impedance indices were above 2 kOm, 3 h after AIO modeling. Haematoxylin-eosin staining, magnification $\times 400$. Signs of leucostasis in the vessels

При этом убедительной взаимосвязи между временем наложения лигатуры на петлю кишки и глубиной некротических изменений не выявлено.

Таблица 4 / Table 4

Толщина стенки фрагментов тонкой кишки в приводящих и отводящих отделах / Thickness of the intestinal wall fragments of afferent and efferent portions of the small intestine

Показатель / Parameter	Толщина стенки (Me), мкм / Thickness of the intestinal wall (Me), micron					
	TC 1 / TIW 1	TC 2 / TIW 2	TC 3 / TIW 3	TC 4 / TIW 4	TC 5 / TIW 5	TC 6 / TIW 6
Стенка кишки / Intestinal wall	540 ¹ (360-600)	500 (300-600)	420 ^{1, 2, 3} (250-600)	540 ² (300-720)	520 (360-720)	590 ³ (580-600)

Примечание: различия статистически значимы при $p < 0,05$ / Note: the differences are statistically significant when $p < 0,05$
^{1, 2, 3} – между двумя группами / ^{1, 2, 3} – between two groups

Полуколичественная оценка выраженности кровенаполнения, отека, воспалительной инфильтрации и дистрофических изменений эпителия в стенке тонкой кишки экспериментальных крыс / Semi-quantitative assessment of the intensity of hyperemia, edema, inflammatory infiltration and dystrophic changes in the epithelium of the intestinal wall of experimental rats

Показатель / Parameter	Степень выраженности (Me), балл / Intensity (Me), points				
	Полнокровие / Hyperemia	Отек / Edema	Дистрофия / Dystrophy	Лейкоцитарная инфильтрация / Leucocytic infiltration	Щеточная каемка / Brush border
Приводящий отдел / Afferent portion	2,0 (1,0-2,0)	0,5 (0,25-1,0)	1,0 (0,5-2,0)	1,0 (0,5-2,0)	1,5 (0,5-2,0)
Отводящий отдел / Efferent portion	1,0 (0,25-2,0)	0,5 (0,25-1,0)	0,5 (0,5-1,5)	1,0 (0,5-1,5)	1,5 (1,0-2,0)

Примечание: различия статистически не значимы при $p > 0,05$ между показателями одного признака приводящего и отводящего отделов тонкой кишки / Note: the differences are not statistically significant when $p > 0,05$ between indices of the same sign of afferent and different portions of the small intestine

Гистологическая картина заживления кишечных анастомозов, наложенных после резекции тонкой кишки на разных расстояниях от зоны некроза

В группе животных ($n=15$), которым произведено моделирование ОКН сроком на 3 часа с последующей резекцией кишки на различных уровнях и формированием кишечных анастомозов, выжили все животные, которым резекция выполнялась в зависимости от показателей биоимпедансометрии кишки при значении БИМ выше 2 кОм ($n=5$), и экспериментальные крысы, которым резекцию выполняли в пределах заведомо жизнеспособных тканей на значительном расстоянии от участка перевязанной кишечной петли (8-10 см проксимальнее и дистальнее зоны странгуляции). В 3-й подгруппе животных ($n=5$), которым резекцию кишки выполняли на границе с зоной странгуляции, зарегистрировано четыре летальных исхода.

Гистологическое исследование анастомозов показало, что все три серии опытов между собой принципиально не отличались, но варьировали по ряду параметров: степени выраженности повреждения, площади некроза и плотности лейкоцитарной инфильтрации слизистой оболочки в однотипных участках (приводящих, отводящих, в зонах анастомоза). Не было выявлено отчетливой закономерности в изменении площади грануляционной ткани, выраженности гранулематозного воспаления, количестве и размерах лимфоидных узелков и микроабсцессов.

Не было выявлено каких-либо межгрупповых отличий выявленных изменений в строении тонкой кишки. В ряде наблюдений в пространство между приводящим и отводящим краями анастомоза внедрялась жировая ткань, которой, вероятно, являлся сальник, с последующим развитием на месте проникновения грануляционной ткани.

Выводы

1. По результатам проведенного исследования выявлено, что значения биоимпедансометрии тонкой

кишки прогрессивно уменьшаются по мере увеличения длительности острой кишечной непроходимости и зависят от степени выраженности морфологических изменений в кишечной стенке: чем сильнее выражены морфологические нарушения в кишке, вплоть до ее некроза, тем ниже значения полного электрического сопротивления.

При гистологическом исследовании участков тонкой кишки в зоне странгуляции, приводящем и отводящем отделах, где показатели биоимпедансометрии были меньше 2 кОм, независимо от продолжительности острой кишечной непроходимости, выявлены признаки некроза кишечной стенки различной степени выраженности. В зонах кишки, где показатели импеданса были выше 2 кОм, признаков некроза при гистологическом исследовании не обнаружено.

2. Для определения уровня резекции кишки при ее некрозе проводится биоимпедансометрия кишечной стенки приводящего и отводящего отделов, начиная от границы с зоной странгуляции, в области противобрыжеечного края тонкой кишки с шагом около 1 см от границы до регистрации величин импеданса органа выше 2 кОм. Значение биоимпедансометрии участков приводящего и отводящего отделов кишки выше 2 кОм является критерием при определении границ резекции органа. Перед проведением исследования выполняется калибровка устройства путем измерения импеданса физиологического раствора хлорида натрия *in vitro*: в нашем случае значение импедансометрии физиологического раствора составило 0,46 кОм.

3. По данным гистологического исследования кишечных анастомозов, наложенных после резекции тонкой кишки в условиях острой кишечной непроходимости с учетом данных биоимпедансного анализа, и анастомозов, наложенных после резекции кишки в пределах заведомо жизнеспособных тканей, не обнаружено выраженных различий в гистоморфологической картине заживления.

Список литературы

1. Абдуллаев Н.А., Балахнин С.М., Бушманова Г.М. и др. Критерии дифференциальной диагностики новообразований, гастритов и язвенной болезни желудка по показателям биоимпеданса. Фундаментальные исследования. 2015; 1: 1775-1779.
2. Агаев Э.К. Способ профилактики несостоятельности швов тонкокишечных анастомозов. Хирургия. 2013; 4: 65-67.
3. Атаманов К.В., Атаманов В.В. Способ хирургической профилактики несостоятельности тонкокишечных швов и его сравнительная оценка. Медицина и образование в Сибири. 2014; 4: 43.
4. Миннуллин М.М., Красильников Д.М., Николаев Я.Ю. Диагностика и хирургическое лечение больных с острой кишечной непроходимостью. Практическая медицина. 2014; 2: 115-120.
5. Нестеров М.И., Рамазанов М.Р., Рамазанов М.М., Алиев Э.А. Интраоперационная оценка жизнеспособности кишки при острой кишечной непроходимости. Казанский медицинский журнал. 2015; 96: 2: 161-165.
6. Панченков Д.Н., Леонов С.Д., Родин А.В. Биоимпедансный анализ в медицине. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2014; 2: 80-86.
7. Панченков Д.Н., Леонов С.Д., Родин А.В. Разработка алгоритма биоимпедансного анализа новообразований на модели перевиваемой опухоли РС-1 в эксперименте. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2013; 6: 3 (20): 287-291.
8. Пугаев А.В., Ачкасов Е.Е., Негребов М.Г. и др. Морфологические изменения тонкой кишки при острой странгуляционной тонкокишечной механической непроходимости. Клиническая медицина. 2015; 93: 4: 56-61.
9. Родин А.В., Плешков В.Г., Леонов С.Д. Определение жизнеспособности кишечника при острой кишечной непроходимости в эксперименте. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2011; 4: 1: 145-147.
10. Савельев В.С. Руководство по неотложной хирургии органов брюшной полости. М.: Триада-Х, 2006; 640.
11. Хендерсон Дж. М. Патофизиология органов пищеварения. Пер. с англ. М.: БИНОМ, 2010; 272.
12. Чернов В.Н., Белик Б.М. Острая непроходимость кишечника (патогенез, клиническая картина, диагностика и лечение). Руководство для врачей. М.: Медицина, 2008; 512.
13. Azagury D., Liu R.C., Morgan A., Spain D.A. Small bowel obstruction: A practical step-by-step evidence-based approach to evaluation, decision making, and management. J. Trauma Acute Care Surg. 2015; 79: 4: 661-668.
14. Cirocchi R., Farinella E., La Mura F. et al. The sigmoid volvulus: surgical timing and mortality for different clinical types. World J. Emerg. Surg. 2010; 13: 5: 1.
15. Tornuev Yu.V., Koldysheva E.V., Lapiy G.A. et al. Bioimpedancemetry in the diagnostics of inflammatory process in the mammary gland. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2014; 156: 3: 381-383.
16. Unalp H.R., Atahan K., Kamer E. et al. Prognostic factors for hospital mortality in patients with acute mesenteric ischemia who undergo intestinal resection due to necrosis. Ulus. Travma. Acil. Cerrahi. Derg. 2010; 16: 1: 63-70.
17. Van Oudheusden T.R., Aerts B.A., de Hingh I.H., Luyer M.D. Challenges in diagnosing adhesive small bowel obstruction. World J. Gastroenterol. 2013; 19: 43: 7489-7493.

Поступила 18.10.2016

References

1. Abdullaev N.A., Balahnin S.M., Bushmanova G.M. i dr. Kriterii differencial'noj diagnostiki novoobrazovanij, gastritov i jazvennoj bolezni zheludka po pokazateljam bioimpedansa. Fundamental'nye issledovanija [Differential diagnostic criteria of tumors, gastritis and gastric ulcer by bioimpedance measuring. Fundamental research.]. 2015; 1: 1775-1779 (in Russ.).
2. Agaev E.K. Sposob profilaktiki nesostojatel'nosti shvov tonkokishechnyh anastomozov. Hirurgija [Method of preventive maintenance of a leakage stitch of a small intestine anastomosis. Surgery.]. 2013; 4: 65-67 (in Russ.).
3. Atamanov K.V., Atamanov V.V. Sposob hirurgicheskoy profilaktiki nesostojatel'nosti tonkokishechnyh shvov i ego sravnitel'naja ocenka. Medicina i obrazovanie v Sibiri [Method of surgical prophylaxis concerning incompetence of enteric seams and its comparative assessment. Medicine and education in Siberia.]. 2014; 4: 43 (in Russ.).
4. Minnullin M.M., Krasilnikov D.M., Nikolaev Y.Y. Diagnostika i hirurgicheskoe lechenie bol'nyh s ostroj kishechnoj neprohodimost'ju. Prakticheskaja medicina [Diagnosis and surgical treatment of patients with acute intestinal obstruction. Practical medicine.]. 2014; 2: 115-120 (in Russ.).
5. Nesterov M.I., Ramazanov M.R., Ramazanov M.M., Aliev E.A. Intraoperacionnaja ocenka zhiznesposobnosti kishki pri ostroj kishechnoj neprohodimosti. Kazanskij medicinskij zhurnal [Intraoperative intestinal viability assessment in acute bowel obstruction. Kazan medical journal.]. 2015; 96: 2: 161-165 (in Russ.).
6. Panchenkov D.N., Leonov S.D., Rodin A.V. Bioimpedansnyj analiz v medicine. Patologicheskaja fiziologija i jeksperimental'naja terapija [Bioimpedance analysis in medicine. Journal of pathophysiology and experimental therapy.]. 2014; 2: 80-86 (in Russ.).
7. Panchenkov D.N., Leonov S.D., Rodin A.V. Razrabotka algoritma bioimpedansnogo analiza novoobrazovanijsna modeli perevivajemoj opuholi PC-1 v jeksperimente. Vestnik jeksperimental'noj i klinicheskoy hirurgii [Development of bioimpedance analysis algorithm of tumors on an experimental model with transplanted PC-1 tumor. Journal of experimental and clinical surgery.]. 2013; 6: 3 (20): 287-291 (in Russ.).
8. Pugaev A.V., Achkasov E.E., Negrebov M.G. i dr. Morfologicheskie izmenenija tonkoj kishki pri ostroj stranguljacionnoj tonkokishechnoj mehanicheskoy neprohodimosti. Klinicheskaja medicina [Morphological changes in the small intestine associated with strangulation of mechanically obstructed bowel. Clinical medicine.]. 2015; 93: 4: 56-61 (in Russ.).
9. Rodin A.V., Pleshkov V.G., Leonov S.D. Opredelenie zhiznesposobnosti kishechnika pri ostroj kishechnoj neprohodimosti v jeksperimente. Vestnik jeksperimental'noj i klinicheskoy hirurgii [Determination of the viability of the intestine during experimental acute intestinal obstruction. Journal of experimental and clinical surgery.]. 2011; 4: 1: 145-147 (in Russ.).
10. Savelev V.S. Rukovodstvo po neotlozhnoj hirurgii organov brjushnoj polosti [Emergent abdominal surgery: manual.]. М.: Triada-H, 2006; 640 (in Russ.).
11. Henderson Dzh. M. Patofiziologija organov pishhevarenija. Per. s angl. [Gastrointestinal Pathophysiology. Transl. from Engl.]. М.: БИНОМ, 2010; 272 (in Russ.).
12. Chernov V.N., Belik B.M. Ostraja neprohodimost' kishechnika (patogenez, klinicheskaja kartina, diagnostika i lechenie). Rukovodstvo dlja vrachej [Acute intestinal obstruction.]. М.: Medicina, 2008; 512 (in Russ.).
13. Azagury D., Liu R.C., Morgan A., Spain D.A. Small bowel obstruction: A practical step-by-step evidence-based approach

Сведения об авторах

1. Родин Антон Викторович – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей хирургии с курсом хирургии факультета ДПО Смоленского государственного медицинского университета; e-mail: rodin.anton.v@gmail.com.
2. Баженов Сергей Михайлович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра Смоленского государственного медицинского университета; e-mail: smbazhenov@mail.ru.
3. Леонов Сергей Дмитриевич – кандидат медицинских наук, председатель Смоленского регионального отделения Общероссийской общественной организации «Российский союз молодых ученых»; e-mail: leonov-serg@yandex.ru.
4. Привольнев Владислав Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии с курсом хирургии факультета ДПО Смоленского государственного медицинского университета; e-mail: vladislav.privolnev@gmail.com.
5. Корнева Юлия Сергеевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры патологической анатомии Смоленского государственного медицинского университета; врач-патологоанатом ОКП № 2 ОГБУЗ "Смоленский областной институт патологии"; e-mail: ksu1546@yandex.ru.

to evaluation, decision making, and management. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015; 79: 4: 661-668.

14. Cirocchi R., Farinella E., La Mura F. et al. The sigmoid volvulus: surgical timing and mortality for different clinical types. *World J. Emerg. Surg.* 2010; 13: 5: 1.
15. Tornuev Yu.V., Koldysheva E.V., Lapiy G.A. et al. Bioimpedancemetry in the diagnostics of inflammatory process in the mammary gland. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 2014; 156: 3: 381-383.
16. Unalp H.R., Atahan K., Kamer E. et al. Prognostic factors for hospital mortality in patients with acute mesenteric ischemia who undergo intestinal resection due to necrosis. *Ulus. Travma. Acil. Cerrahi. Derg.* 2010; 16: 1: 63-70.
17. Van Oudheusden T.R., Aerts B.A., de Hingh I.H., Luyer M.D. Challenges in diagnosing adhesive small bowel obstruction. *World J. Gastroenterol.* 2013; 19: 43: 7489-7493.

Recieved 18.10.2016

Information about the Authors

1. Anton V. Rodin – MD, PhD, Assistant Professor, Department of General Surgery, Smolensk State Medical University; e-mail: rodin.anton.v@gmail.com.
2. Sergey M. Bazhenov – MD, PhD, Senior Research Fellow, Scientific Research Center, Smolensk State Medical University; e-mail: smbazhenov@mail.ru.
3. Sergey D. Leonov – MD, PhD, Head of Smolensk regional branch of all-Russian public organization "Russian Union of young scientists"; e-mail: leonov-serg@yandex.ru.
4. Vladislav V. Privolnev – MD, PhD, Associate Professor, Department of General Surgery, Smolensk State Medical University; e-mail: vladislav.privolnev@gmail.com.
5. Yulia S. Korneva – MD, PhD, Associate Professor, Department of Pathological Anatomy, Smolensk State Medical University; Pathologist, Department of Clinical Pathology № 2, Smolensk Regional Institute of Pathology; e-mail: ksu1546@yandex.ru.