

В.Е. КОРИК ¹, С.А. ЖИДКОВ ², Д.А. КЛЮЙКО ¹

ИЗМЕНЕНИЕ ОКСИГЕНАЦИИ ОРГАНОВ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ ПРИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ В РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

УО «Белорусский государственный медицинский университет» ¹, г. Минск,
Военно-медицинское управление Министерства обороны Республики Беларусь ²,
Республика Беларусь

Цель. Изучить влияния углекислого газа и искусственного воздуха, инсуфлируемых в брюшную полость, на дыхательную активность органов брюшной полости пациентов, подвергнутых лапароскопической холецистэктомии.

Материал и методы. В исследование включено две группы пациентов с калькулезным холециститом, каждая из которых состояла из 62 пациентов. Для создания рабочего пространства при лапароскопических вмешательствах в первой группе использовали углекислый газ, во второй — искусственный воздух. Исследование влияния газов на оксигенацию внутренних органов (печени, брюшины и тонкой кишки) изучали методом прямой оксиметрии в начале операции (после постановки портов), инсуфляции газа, в конце операции до удаления инструментов.

Результаты. При инсуфляции углекислого газа скорость утилизации кислорода брюшиной возросла с 198,5 до 264,9 мм рт.ст./мин при этом содержание кислорода в ней снизилось в два раза с 125,4 до 64,2 мм рт.ст. Скорость тканевого дыхания в кишечной стенке увеличилась с 347,3 до 549,5 мм рт.ст./мин и парциальное давление кислорода увеличилось с 121,9 до 144,7 мм рт.ст. Скорость тканевого дыхания в печени снизилась с 215,8 до 73,4 мм рт.ст./мин, а парциальное давление кислорода увеличилось с 74,3 до 132,3 мм рт.ст. При использовании воздушной газовой смеси статистически значимых различий между данными полученными в начале и в конце операции не выявлено.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют: брюшина легко проницаема как для углекислого газа, так и для кислорода, вследствие чего применение углекислого газа заметно угнетает оксигенацию пограничных тканей и вызывает ацидемию. Воздушная газовая смесь не оказывает значимого влияния на дыхательную активность органов и тканей.

Ключевые слова: лапароскопия, холецистэктомия, оксиметрия, оксигенация

Objectives. To study the impact of carbon dioxide and synthetic air insufflated to the abdominal cavity on the respiratory activity of the abdominal cavity organs of patients undergoing laparoscopic cholecystectomy.

Methods. Two groups of patients (62 patients in each group) with calculous cholecystitis were included in the investigation. To create a working space for the laparoscopic procedures in the first group carbon dioxide was used; in the second — synthetic air. Investigation of the influence of gases on the internal organs oxygenation (liver, peritoneum and small intestine) was studied by the direct oximetry at the beginning of the operation (after setting the ports), insufflation of gas at the end of surgery prior to the removal of the tools.

Results. On insufflation of carbon dioxide the oxygen utilization rate by the peritoneum increased from 198,5 to 264,9 mm Hg/min, at the same time the oxygen content in it 2 times decreased from 125,4 to 64,2 mm Hg. The tissue respiration rate in the intestinal wall increased from 347,3 to 549,5 mm Hg/min and oxygen partial pressure increased from 121,9 to 144,7 mm Hg. The tissue respiration rate in the liver decreased from 215,8 to 73,4 mm Hg/min, and oxygen partial pressure increased from 74,3 to 132,3 mm Hg. While using the air gaseous mixture, statistically significant differences between the findings obtained at the beginning and at the end of the operation were not revealed.

Conclusions. The obtained data suggest that the peritoneum is easily permeable both to carbon dioxide and oxygen; in consequence of this the use of carbon dioxide markedly inhibits the oxygenation of the border tissue and causes acidemia. The air gaseous mixture has no significant effect on the respiratory activity of the organs and tissues.

Keywords: laparoscopy, cholecystectomy, oximetry, oxygenation

Novosti Khirurgii. 2012; Vol 20 (4): 29-37

Oxygenation change of the abdominal organs at laparoscopy surgeries in various gaseous media

V.E. Korik, S.A. Zhidkov, D.A. Kluiiko

Введение

Многие лапароскопические операции в современной клинике стали рутинными, что позволило значительно уменьшить число осложнений после них и общие затраты на лечение пациентов. На сегодняшний день

лапароскопическая холецистэктомия, лапароскопическая аппендэктомия и некоторые гинекологические операции являются «золотым стандартом». Однако условия проведения этих операций удовлетворяют не всех исследователей, т.к. углекислый газ (CO₂), признанный «идеальным» для лапароскопической хирургии

на практике имеет множество недостатков [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Применение CO_2 при лапароскопических операциях приводит к достоверному снижению рН венозной крови, причем выявленная ацидемия сохраняется и в раннем послеоперационном периоде. Введенный в брюшную полость CO_2 приводит к напряжению буферных систем организма и может привести к их истощению, что следует предвидеть и учитывать при длительных лапароскопических операциях [7].

До сих пор остается не исследованным влияние газовой среды, введенной в свободную брюшную полость, на дыхательную активность органов брюшной полости. При изучении доступной литературы нами выявлено, что на сегодняшний день накопилось большое количество экспериментальных и клинических наблюдений, которые не находят своего объяснения в рамках ортодоксального диффузионного механизма оксигенации тканей [8, 9, 10]. Так многие внутриполостные биологические жидкости относятся к внесосудистым средам массопереноса различных субстратов и метаболитов, т.е. гистогематические барьеры являются избирательными фильтрующими системами между кровью и внутриполостной средой. Однако при экспериментальном изучении этой среды выявлено высокое парциальное давление кислорода (pO_2), которое близко по своему значению или даже превышает таковое в артериолах. Новый конвективный механизм оксигенации позволяет объяснить полученные и нами экспериментальные данные. В основу фундаментальных представлений оксигенации в исследованиях, представленных в настоящей работе, положен конвективный механизм оксигенации тканей и внутриполостных жидкостей организма. Следует заметить, что предложенная схема не отрицает устоявшиеся понятия диффузионной теории, а лишь дополняет ее.

Цель исследования — оценить влияние углекислого газа и искусственного воздуха, инсуфлируемых в брюшную полость, на дыхательную активность органов брюшной полости пациентов подвергнутых лапароскопической холецистэктомии.

Материал и методы

Исследования выполнены при лапароскопических вмешательствах по поводу калькулезного холецистита проведенных в 2009-2010 гг. во 2-й ГКБ г. Минска. Все пациенты были разделены на две группы.

В первой группе для инсуфляции в брюшную полость применялся CO_2 (изготовитель ОАО «ГродноАзот» ГОСТ 8050-85). В эту группу вошли 62 пациента (таблица). Средний возраст оперированных составил $53,5 \pm 2,25$ лет. В 70% случаев операция выполнялась по поводу острого деструктивного холецистита, в 30% по поводу хронического калькулезного холецистита. Среднее время оперативного вмешательства составило 48 ± 7 минут.

Вторую группу составили 62 пациента (таблица), у которых во время операции для наложения пневмоперитонеума применяли искусственный воздух (изготовитель ОАО «КРИОН»), состоящий из смеси кислорода (O_2) и азота (N_2) (21% об. и 79% об. соответственно). Газовая смесь готовилась из фильтрованных, стерильных компонентов. Средний возраст пациентов составил $56,2 \pm 1,94$ лет. В 22% случаев операция выполнялась по поводу острого деструктивного холецистита, в 74% по поводу хронического калькулезного холецистита и у 1 пациента (4%) по поводу рака желчного пузыря. Среднее время оперативного вмешательства составило 60 ± 5 минут. Как видно из представленных данных исследуемые группы сопоставимы по возрасту и полу.

Следует отметить, что у 63 (50,8%) оперированных нами пациентов имелась сопутствующая патология со стороны сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, атеросклеротический и постинфарктный кардиосклероз, артериальная гипертензия, сердечная недостаточность, различные нарушения ритма сердца), дыхательной системы (бронхиальная астма, ХОБЛ, пневмония, хронический бронхит, эмфизема, пневмосклероз), желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит, язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки, хронический гепатит, цирроз, реактивный билиарный панкреатит, холедохолитиаз с механической желтухой) и других систем (сахарный диабет, последствия перенесенных ОНМК и травм головного мозга, ожирение, хронические заболевания почек), а у 27 (21,8%) пациентов выявлено 2 и более со-

Таблица
**Распределение оперированных
пациентов с калькулезным холециститом
по полу и возрасту**

Пол	Карбоксиперитонеум		Воздушная среда	
	n	%	n	%
Мужчины	14	22,58	12	19,35
Женщины	48	77,42	50	80,65
ВСЕГО	62	100	62	100

путствующих заболеваний.

Методика проведения общей анестезии у всех исследуемых пациентов не отличалась от таковой при обычных лапароскопических вмешательствах. Интраоперационно мониторировали деятельность сердечно-сосудистой системы (АД, ЧСС, ЭКГ, SpO_2), показатели дыхания, параметров газообмена и кислотно-основного состояния (КОС).

Прямая оксиметрия проводилась в начале лапароскопической операции, т.е. после постановки портов, инсуфляции газа и введения в брюшную полость датчика и в конце операции до удаления инструментов и желчного пузыря из брюшной полости. Измерения производили контактным способом, приводя в соприкосновение O_2 -проницаемую полипропиленовую мембрану сенсора с участком исследуемой ткани, тем самым добиваясь герметизации исследуемого контура от проникновения окружающей газовой среды. Диаметр исследуемого участка ткани равен диаметру платинового катода и составляет 20 мкм, что предполагает высокую дифференциацию и высокую точность измерения на поверхности. Для измерения выбрали несколько органов, прежде всего — это печень, учитывая напряженность обменных процессов происходящих в ней, а так же прямой оксиметрии подвергли париетальную брюшину и тонкую кишку.

В результате измерений были получены кинетические кривые поглощения O_2 , которые позволяют получить представление о стационарном уровне pO_2 в исследуемом органе, а также о скоростях потребления O_2 или изменения его уровня.

Полученные графические данные обрабо-

таны на персональном компьютере с помощью графического редактора TableCurve 2D v5.0. Статистическая обработка цифровых данных осуществлялась с использованием прикладных программ Microsoft Excel for Windows и «STATISTICA 6.0». Для сравнения двух групп по количественным признакам, которые не являются нормально распределенными, использовали U-критерий Манна-Уитни.

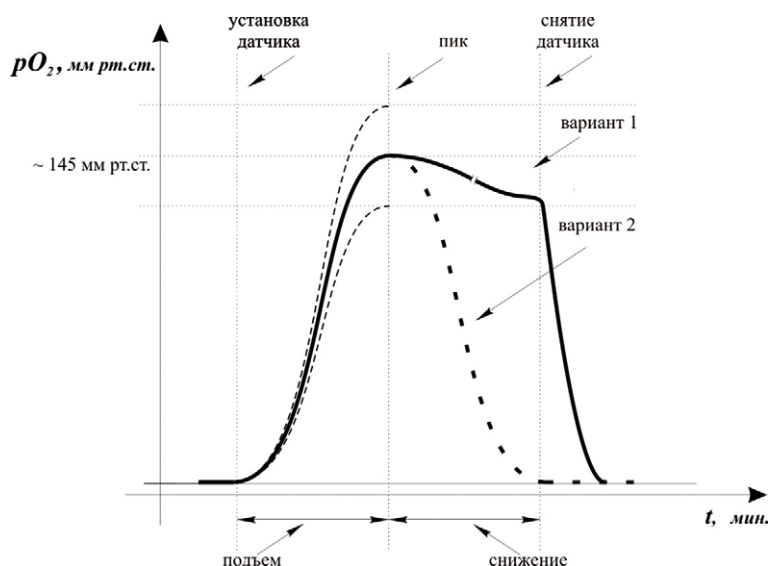
Результаты и обсуждение

Следует отметить, что при проведении прямой оксиметрии в условиях карбоксиперитонеума мы столкнулись с феноменом ранее не описанным в медицинской литературе. Для большей наглядности приводим принципиальную схему изменения парциального давления кислорода при карбоксиперитонеуме (рис. 1).

В газовой смеси, используемой для создания карбоксиперитонеума, содержится около 10 ± 2 мм рт. ст. O_2 . Такой уровень pO_2 регистрируется в брюшной полости при введении в нее датчика и является изолинией.

При установке датчика на исследуемый орган фиксируется достаточно быстрый подъем кривой вверх, что может свидетельствовать о быстром насыщении камеры датчика свободным O_2 из измеряемого органа или ткани. В момент уравнивания градиента концентрации O_2 в датчике и в ткани регистрируется пик, за которым следует снижение, в результате обратного тока O_2 из датчика в ткань. Пиковое значение нельзя считать равным концентрации O_2 в ткани. Причиной такого резкого подъема pO_2 в датчике, возможно, является, возникший при введении в брюшную

Рис. 1. Изменения парциального давления O_2 в условиях карбоксиперитонеума



полость CO_2 концентрационный градиент. Так известно, что pO_2 в перитонеальной жидкости достаточно высокое (40–50 мм рт.ст.) [8], а так как CO_2 является нехарактерной средой для брюшной полости и при ее введении резко снижается pO_2 , то возникшая разница приводит к возникновению диффузионного градиента концентрации, который является пусковым моментом для включения микроакваторного механизма. Т.е. в транспорте O_2 активно принимают участие аквапорины. На это указывают скорости происходящих реакций, так как физико-химическая диффузия — процесс пассивный и достаточно медленный, а объяснить происходящие изменения только с его помощью невозможно.

Между тем, процесс перемещения газов аквапоринами происходит в обоих направлениях, следовательно, с примерно такой же скоростью из брюшной полости в кровоток перемещается CO_2 , что мы и наблюдали при изучении КОС. В настоящее время экспериментальными работами доказана ведущая роль аквапоринов в транспорте CO_2 , в зависимости от pH среды аквапорин-1 (AQP1) несет ответственность за 60% транспорта CO_2 через мембрану эритроцита [11, 12].

Возвращаясь к высокому стационарному уровню pO_2 в перитонеальной жидкости, которая является средой массопереноса субстратов и метаболитов и принимает активное участие в тканевом дыхании пограничных гистоструктур, введением в брюшную полость CO_2 мы резко снижаем концентрацию O_2 и угнетаем

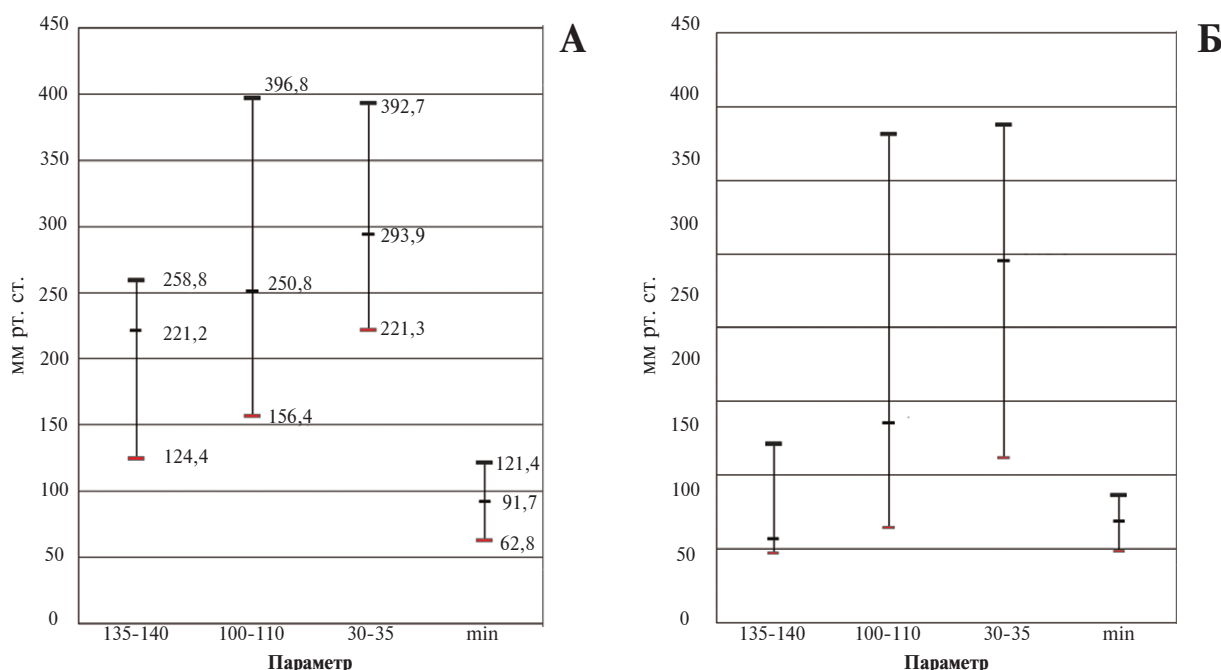
дыхательную активность тканей покрытых париетальной и висцеральной брюшиной, и независимо от центральной гемодинамики вызываем их гипоксию.

Рассматривая полученные кривые (рис. 1), после пика выявлены два варианта снижения кривой. Вариант 1 имеет пологое снижение, по длительности значительно превосходящее подъем, что свидетельствует об отсутствии дефицита притока O_2 к тканям. В таком случае измерение прекращали в момент выхода кривой на плато («горизонтализации»). Вариант 2 — стремительное снижение нисходящей части кривой вплоть до изолинии, что свидетельствует о недостатке притока O_2 по естественным путям его поступления и, как следствие, о гипоксии тканей. На это указывает активность тканевого дыхания, практически весь O_2 из камеры датчика усваивается подлежащими структурами.

Аналізу подверглись участки кривой с подъемом, полученные в начале и конце операции (рис. 2).

Из представленных данных видно, что во всех исследуемых диапазонах, где рассчитывалась скорость отдачи O_2 к концу непродолжительной операции, выявлены статистически значимые различия. Учитывая, что график инвертирован, соответственно диапазоном характеризующим дыхательную активность являлся 30–35 мм рт.ст., так на этом отрезке графика скорость снизилась с 293,9 до 245,2 мм рт.ст./мин ($p=0,024844$), такие же изменения отмечены и на других участках. Это свидетельствует

Рис. 2. Дыхательная активность ткани печени до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции CO_2 (подъем)



о том, что в условиях карбоксиперитонеума постепенно истощаются механизмы массопереноса pO_2 на фоне искусственно созданной гипоксии в брюшной полости.

При анализе отрезков кривой со снижением (рис. 3) нами получены примерно такие же результаты.

Отмечается статистически значимое снижение дыхательной активности поверхности печени, на что указывает падение скоростных показателей в диапазонах 135-140, 100-110 мм рт. ст., т.е. снижение скорости поглощения O_2 из электролита окружающего электрод датчика типа Clark. Так в интервале 135-140 скорость снижалась с 215,85 до 73,39 мм рт.ст./мин ($p=0,023$), в интервале 100-110 снижение замедлялось однако было значимо, скорость снизилась с 193,4 до 156,08 мм рт.ст./мин ($p=0,015$). Следует заметить, что после основного этапа операции с применением CO_2 минимальное значение, или стационарный уровень, характеризующий величину парциального давления в исследуемой ткани, приобретал значение близкое к содержанию O_2 в газовой смеси, используемой для создания карбоксиперитонеума, т.е. 10 ± 2 мм рт. ст. Это может указывать на высокую тканевую активность, возникшую в условиях гипоксии, подвергнутых прямой оксиметрии тканей, т.к. практически весь O_2 из электрода активно утилизирован подлежащей поверхностью печени, где в норме поддерживается достаточно высокое pO_2 благодаря перитонеальной жидкости.

Несколько отличные изменения получены

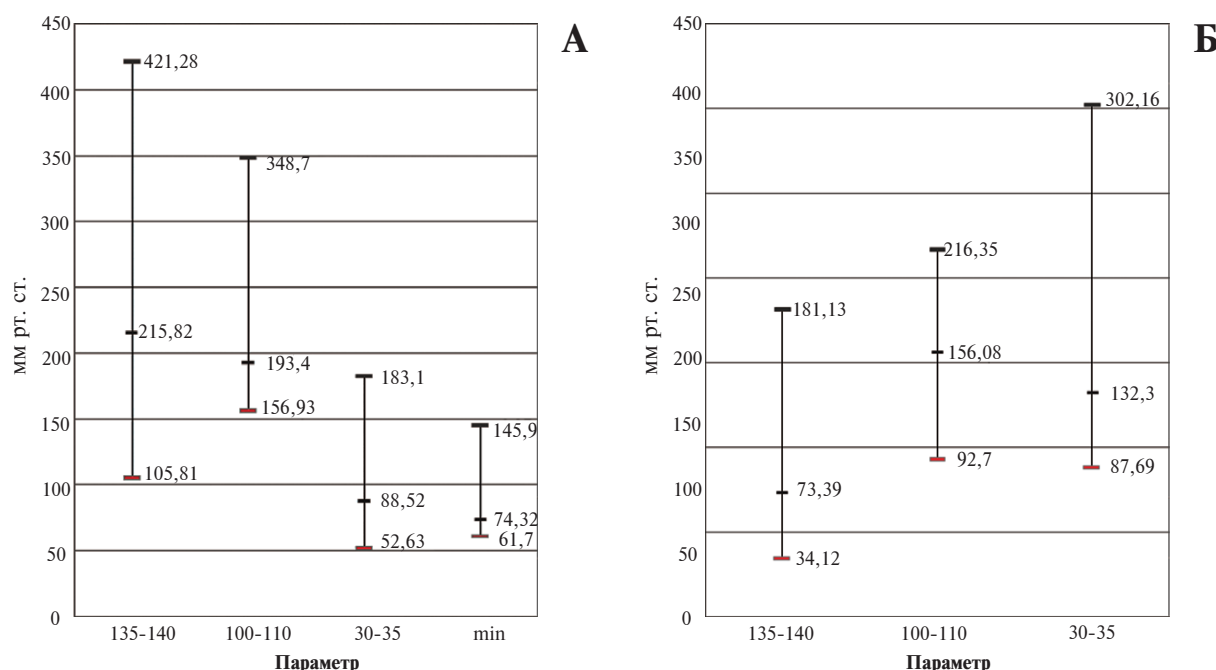
при оксиметрии тонкой кишки в условиях карбоксиперитонеума (рис. 4). Не было отмечено статистически значимого изменения дыхательной активности тонкой кишки в начале и конце операции. Так в интервале 135-140 скорость снижалась с 207,34 до 145,77 мм рт.ст./мин, однако эти изменения не имели достоверного значения ($p=0,568812$). Значимые изменения отмечены в интервале 100-110 и на стационарном уровне, здесь отмечено резкое возрастание скорости тканевого дыхания с 347,34 до 549,50 мм рт.ст./мин ($p=0,014$) и pO_2 в ткани кишки с 121,96 до 144,72 мм рт.ст. ($p=0,0027$).

Данные изменения могут указывать на повышенную оксигенацию и компенсаторную активацию дыхательной активности тканей тонкой кишки в условиях карбоксиперитонеума.

При изучении дыхательной активности париетальной брюшины (рис. 5) нами выявлены изменения, несколько схожие с тонкой кишкой. При статистически значимом возрастании скоростных показателей во всех диапазонах, отмечено снижение pO_2 на стационарном уровне.

Так в интервале 135-140 скорость утилизации O_2 возросла с 198,5 до 264,9 мм рт.ст./мин ($p=0,009$), в интервале 30-35 с 452,4 до 512,5 мм рт.ст./мин ($p=0,047$), при этом стационарный уровень, характеризующий содержание O_2 в тканях значимо снизился почти в два раза с 125,4 до 64,2 мм рт.ст. ($p=0,009$), что может указывать на возросшую дыхательную активность париетальной брюшины в условиях кар-

Рис. 3. Дыхательная активность ткани печени до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции CO_2 (снижение)



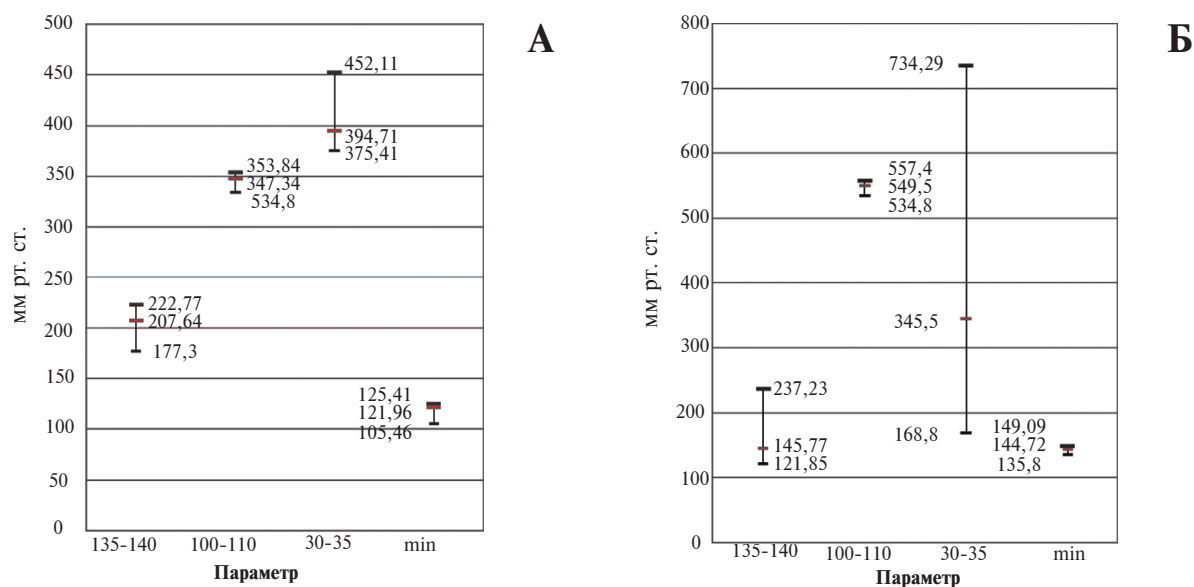


Рис. 4. Дыхательная активность ткани тонкой кишки до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции CO_2 (подъем)

боксиперитонеума с активацией дыхательной внутриклеточной системы и возрастанием скоростей массопереноса O_2 .

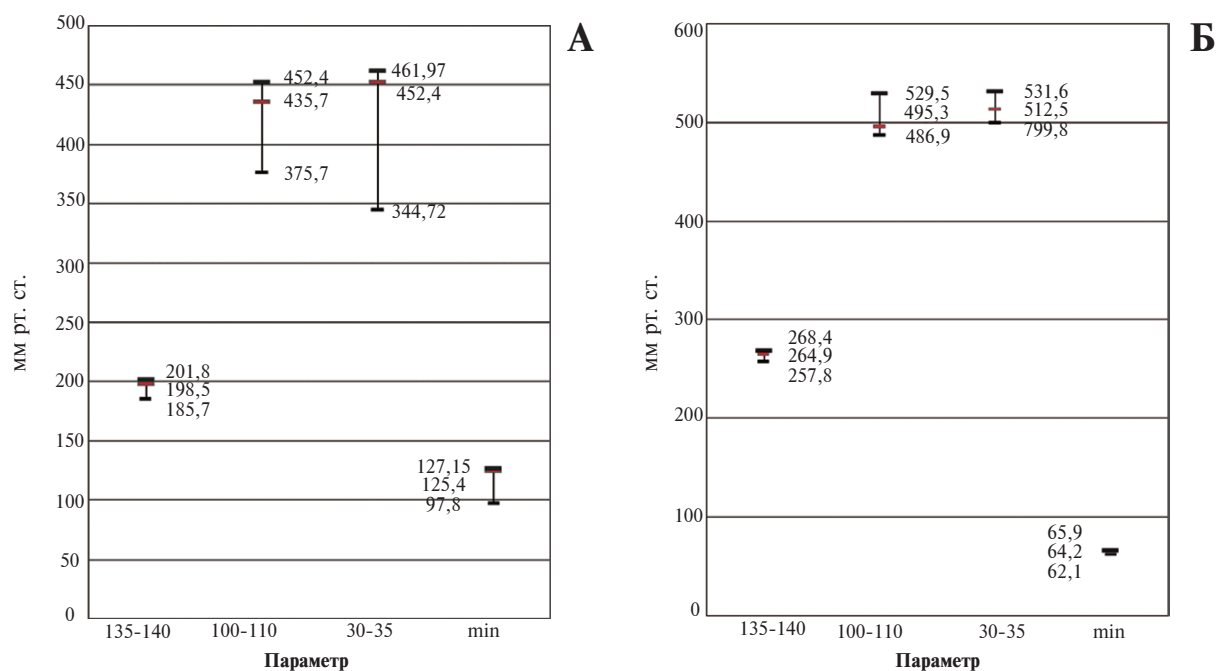
Изменение дыхательной активности органов брюшной полости в условиях искусственной воздушной среды

Вторую группу пациентов составили пациенты, у которых во время операции для наложения пневмоперитонеума применяли искусственный воздух. Параметры нагнетающей газ аппаратуры были неизменны. Прямой оксиметрии подверглись печень, тонкая кишка и брюшина.

При оксиметрии печени (рис. 6) нами не

было выявлено значимых изменений скоростных показателей массопереноса O_2 . В диапазонах характеризующих дыхательную активность ткани скорости претерпели незначительные изменения, так в интервалах 145-155 и 135-140 отмечено снижение с 292,6 до 273,4 мм рт.ст./мин и с 307,3 до 282,0 мм рт.ст./мин соответственно, однако эти изменения не носили статистически значимого характера ($p_{145-155}=0,569$, $p_{135-140}=0,94$). Между тем, отмечено значимое повышение уровня pO_2 в тканях, так стационарный уровень возрос с 26,2 мм рт.ст. до 45,7 мм рт.ст. ($p=0,037$). Учитывая, что величина стационарного уровня зависит от суммы двух

Рис. 5. Дыхательная активность брюшины до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции CO_2



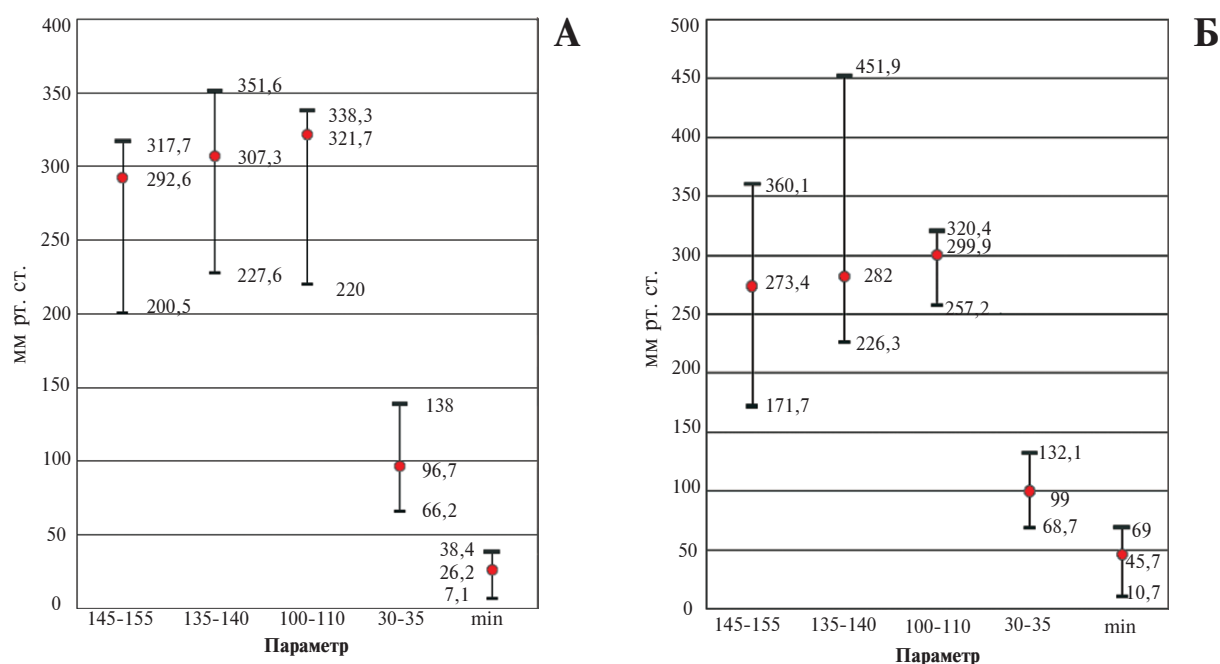


Рис. 6. Дыхательная активность ткани печени до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции воздуха

потоков O_2 — поглощения его тканями и конвективной доставки, повышение этого показателя указывает на высокую проницаемость тканей печени к O_2 и наличие быстрых транспортных процессов в тканях этого органа. Возрастание стационарного уровня при введении в брюшную полость воздушной смеси указывает так же на отсутствие гипоксических проявлений со стороны печени.

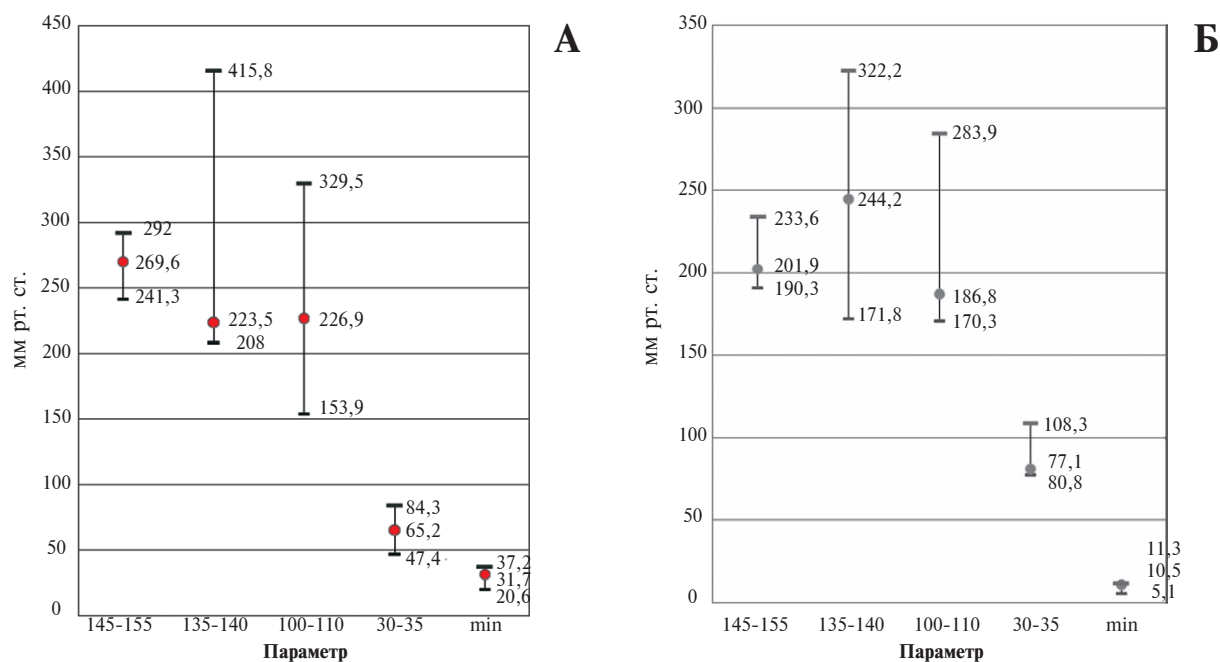
Прямая оксиметрия тонкой кишки показала отсутствие статистически значимого влияния искусственной воздушной смеси на ды-

хательную активность кишки и уровень pO_2 в ней (рис. 7).

Во всех измеряемых диапазонах, и в начале и в конце операции, изменения скоростных показателей массопереноса O_2 не претерпели статистически значимого изменения. Т.е. нами не выявлено отрицательного влияния используемой воздушной газовой среды на дыхательную способность тканей тонкой кишки.

Париетальная брюшина принимает активное участие в газообмене перитонеальной жидкости и мезотелию принадлежит важная роль

Рис. 7. Дыхательная активность ткани тонкой кишки до (а) и после (б) ЛХЭ, при инсуффляции воздуха



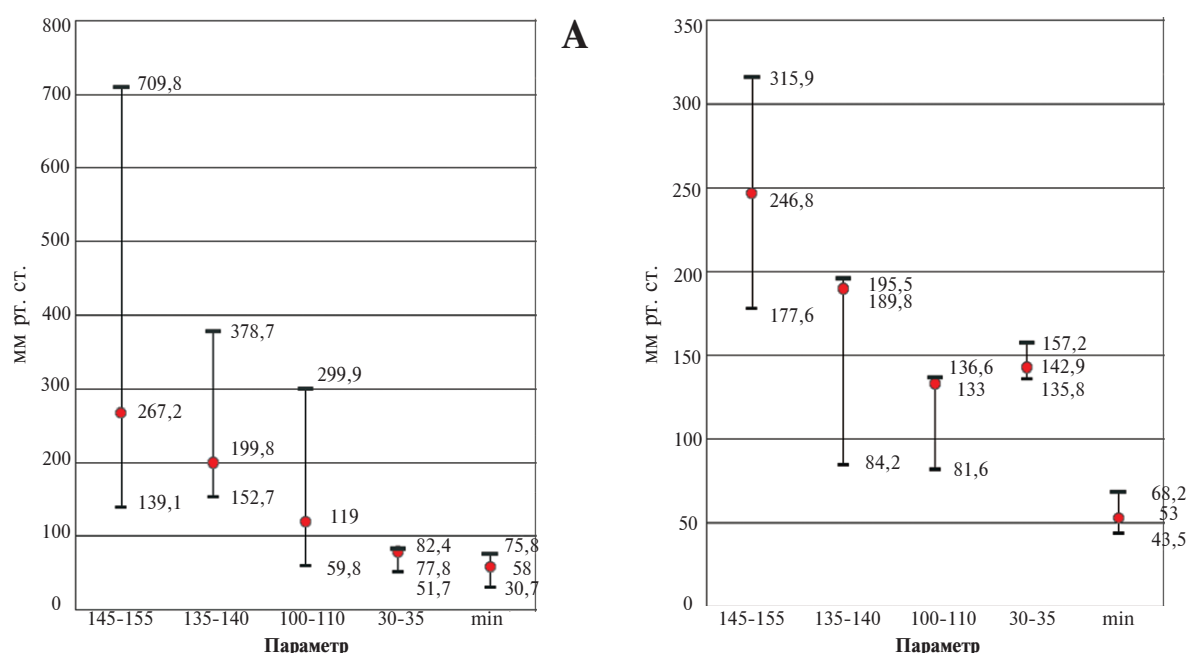


Рис. 8. Дыхательная активность брюшины до (А) и после (Б) ЛХЭ, при инсуффляции воздуха

в ее проницаемости. В клетках мезотелия хорошо развита митохондриальная система, что является гистологическим признаком хорошей оксигенации тканей. Это же подтверждают и наши исследования, которые выявили высокие скорости массопереноса O_2 париетальной брюшиной (рис. 8).

Скоростные показатели, учитывая, что мы имеем дело с живым объектом, находятся в широком диапазоне. Так при средней скорости в интервале 145-155 равной 267,2 мм рт.ст./мин 75 процентиль по своему значению приблизился 709,8 мм рт.ст./мин, что почти в три раза превышает среднее значение. Однако, полученные нами результаты показали, что оперативное вмешательство с применением в качестве газовой среды искусственного воздуха не повлияло на дыхательную активность париетальной брюшины ни в одном из изучаемых нами диапазонов.

Статистически значимых различий между данными полученными в начале и в конце операции не получено. Этот факт указывает на отсутствие негативного влияния воздушной газовой смеси, применяемой при лапароскопическом вмешательстве на оксигенацию покрытых брюшиной органов и тканей свободной брюшной полости.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что O_2 , как и CO_2 является субстанцией, которая легко проникает через брюшину и проникает в свободную брюшную полость. К труднообъяснимым явлениям с позиции классической диффузионной теории относится наличие высоких стационарных

уровней pO_2 на поверхности печени, тонкой кишки и париетальной брюшины. Проведенное исследование позволяет интерпретировать полученные данные с позиции микроаквакуляционного механизма оксигенации. CO_2 , как впрочем, и воздушная смесь, применяемые при лапароскопических операциях не являются физиологической средой для брюшной полости и если все отрицательные и положительные стороны их применения с точки зрения физиологии уже описаны, то дыхательная активность пограничных с этими средами тканей брюшной полости ранее не изучалась.

Выводы

1. Брюшина является биологической мембраной, которая легко проницаема как для CO_2 , так и для O_2 .
2. Применение CO_2 при лапароскопических операциях заметно угнетает тканевое дыхание пограничных с ним тканей, что может сказаться как на функции самих тканей, так и всего организма.
3. Воздушная газовая смесь не оказывает значимого влияния на дыхательную активность контактирующих с ней органов и тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев А. Ю. Сравнительная оценка газообмена и кислородно-щелочного состояния при лапароскопических гинекологических операциях, выполненных по «газовой» и «безгазовой» методике / А. Ю. Беляев, И. П. Николаева // Эндоскоп. хирур-

гия. — 2000. — № 2. — С. 10–12.

2. Корик В. Е. Карбоксиперитонеум при лапароскопических операциях — необходимость альтернативы? / В. Е. Корик // Воен. медицина. — 2009. — № 4. — С. 73–75.

3. Volz J. Characteristic alterations of the peritoneum after carbon dioxide pneumoperitoneum / J. Volz, S. Kuster, Z. Spacek, N. Paweletz // Surg. Endosc. — 1999. — Vol. 13. — P. 611–614.

4. The effect of intra abdominal pressure on the generation of 8-iso prostaglandin F2 during laparoscopy in rabbits / A. M. de Souza [et al.] // Human Reprod. — 2003. — Vol. 18, N 10. — P. 2181–2188.

5. Volker R. J. Carbon dioxide gas heating inside laparoscopic insufflators has no effect / R. J. Volker, K. Marion, E. M. John // JSLS. — 2005. — N 9 (2). — P. 208–212.

6. Rumiko S. Prevention of Postlaparoscopic Shoulder Pain by Forced Evacuation of Residual CO2 / S. Rumiko, T. Fumiaki, S. Hiroshi // JSLS. — 2009. — N 13 (1). — P. 56–59.

7. Влияние карбоксиперитонеума и пневмоперитонеума на кислотно-основное состояние крови / В. Е. Корик [и др.] // Новости хирургии. — 2011. — № 4. — С. 31–35.

8. Титовец Э. П. Аквапорины человека и животных: фундаментальные и клинические аспекты /

Э. П. Титовец. — Минск : Бел. наука, 2007. — 239 с.
9. Blank M. Aquaporin-1 and HCO₃ - Cl transporter-mediated transport of CO₂ across the human erythrocyte membrane / M. Blank, H. Ehmke // J Physiol. — 2010. — № 15. — P. 419–429.

10. Oxygen channels of erythrocyte membrane / I. I. Ivanov [et al.] // Biochemistry, Biophysics, and Molecular Biology. — 2007. — Vol. 414, N 1. — P. 137–140.

11. Cellular and molecular biology of the aquaporin water channels / M. Borgnia [et al.] // Annu Rev Biochem. — 1999. — Vol. 68. — P. 425–458.

12. Musa-Aziz R. Relative CO₂/NH₃ selectivities of AQP1, AQP4, AQP5, AmtB, and RhAG / R. Musa-Aziz // Proc Natl Acad Sci. — 2009. — N 106 (13). — P. 5406–5411.

Адрес для корреспонденции

220034, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Азгура, д. 4,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
военно-медицинский факультет
кафедра военно-полевой хирургии,
тел. моб.: +375 29 377-96-67,
e-mail: kluiko@list.ru,
Клюйко Дмитрий Александрович

Сведения об авторах

Корик В.Е., к.м.н., доцент, полковник м/с, начальник кафедры военно-полевой хирургии военно-медицинского факультета УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Жидков С.А., д.м.н., профессор, полковник м/с,

начальник Военно-медицинского управления Министерства обороны Республики Беларусь.

Клюйко Д.А., майор м/с, адъюнкт кафедры военно-полевой хирургии военно-медицинского факультета УО «Белорусский государственный медицинский университет».

Поступила 19.04.2012 г.