Эндоскопическая хирургия
2022, т. 28, №6, с. 64–75
https://doi.org/10.17116/endoskop20222806164

Endoscopic Surgery =
Endoskopicheskaya khirurgiya 2022, vol. 28, no 6, pp. 64–75
https://doi.org/10.17116/endoskop20222806164

Ранние внутрибрюшные осложнения лапароскопической аппендэктомии: статус-кво и перспектива профилактики

© В.А. ПЕТУХОВ, Т.В. НЕЧАЙ, Г.Б. ИВАХОВ, К.М. ЛОБАН, М.Р. НАСЫРОВ, А.Н. ШИНИНОВ, А.В. САЖИН

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Острый аппендицит (ОА) — наиболее частая причина острой боли в животе у пациентов во всем мире. Несмотря на десятилетия практики, независимо от хирургической техники и доступа аппендэктомия (АЭ) по-прежнему связана с относительно высоким риском развития инфекций в области хирургического вмешательства (далее ИОХВ), общая частота которых составляет 7%, варьируя от 0 до 37,4%. По данным разных авторов, факторами риска развития ИОХВ являются конверсия, недостаточный опыт хирурга, форма воспаления отростка и сроки заболевания, а также степень выраженности системного воспаления, выполнение операции в ночное время, некоторые характеристики отростка по данным компьютерной томографии (КТ), особенности хирургической техники и даже COVID-19. Однако ни один автор не характеризует лапароскопический доступ как независимый фактор риска развития ИОХВ, при этом некоторые высказывают предположение, что карбоксиперитонеум и термическое воздействие хирургической энергией может приводить к повреждению мезотелия и способствовать транслокации микроорганизмов. В обзоре подробно рассмотрены современные методы диагностики и оценки ИОХВ поле АЭ, а именно КТ и магнитно-резонансная томография, а также ультразвуковая диагностика, в том числе с применением эластографии. Тщательное соблюдение общепринятых рекомендаций по профилактике ИОХВ позволяет снизить распространенность последней, однако мировой опыт показывает, что список мероприятий, позволяющих уменьшить риск развития ИОХВ, этим не ограничивается. Хирургическому сообществу еще предстоит выработать четкие руководства по профилактике ранних ИОХВ после АЭ.

Ключевые слова: *острый аппендицит, аппендэктомия, лапароскопическая аппендэктомия, мезоаппендикс, перитонеальная дисфункция.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Петухов В.А. — https://orcid.org/0000-0003-1807-9864
Нечай Т.В. — https://orcid.org/0000-0003-0769-5282
Ивахов Г.Б. — https://orcid.org/0000-0002-9773-4953
Лобан К.М. — https://orcid.org/0000-0002-8333-2398
Насыров М.Р. — https://orcid.org/0000-0002-1250-0227
Шининов А.Н. — https://orcid.org/0000-0002-8897-9211
Сажин А.В. — https://orcid.org/0000-0001-6188-6093
Автор, ответственный за переписку: Лобан К.М. — e-mail: doctor.loban@gmail.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Петухов В.А., Нечай Т.В., Ивахов Г.Б., Лобан К.М., Насыров М.Р., Шининов А.Н., Сажин А.В. Ранние внутрибрюшные осложнения лапароскопической аппендэктомии: статус-кво и перспектива профилактики. *Эндоскопическая хирургия.* 2022;28(6):64–75. https://doi.org/10.17116/endoskop20222806164

Early intraabdominal complications after laparoscopic appendectomy: the status quo and the prospects for prevention

© V.A. PETUKHOV, T.V. NECHAY, G.B. IVAKHOV, K.M. LOBAN, M.R. NASYROV, A.N. SHININOV, A.V. SAZHIN

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

Acute appendicitis (AA) is the most common cause of acute surgical abdominal pain in patients all over the world. Appendectomy (AE) is still associated with relatively high risk of surgical site infection (SSI), regardless of surgical technique and approach, despite decades of practice. The incidence of SSI is 7% overall, ranging from 0 to 37.4%. According to various authors, SSI risk factors can be: conversion, experience of the surgeon, the type of inflammation of the process and the timing of the disease, the severity of systemic inflammation, operations at night, some signs according to CT, the features of surgical technique, and even COVID-19. But neither of authors point the laparoscopic approach as an independent risk factor for SSI, however, some of them was hypothesized that carboxyperitoneum and thermal exposure of surgical energy can damage the mesothelium and promote the translocation of microorganisms. Modern methods for diagnosing and assessing SSI after AE are also considered in this re-

view: computed and magnetic-resonance imaging, as well as ultrasound diagnostics also with elastography. Thoroughly adherence to international guidelines for the prevention of SSI can reduce it incidence, however world experience shows that the list of measures to reduce the risk of SSI development is not limited to this. The surgical community is off to develop clear guidelines for the prevention of early SSI after AE.

Keywords: *acute appendicitis, appendectomy, laparoscopic appendectomy, mesoappendix, peritoneal dysfunction.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Petukhov V.A. — https://orcid.org/0000-0003-1807-9864
Nechay T.V. — https://orcid.org/0000-0003-0769-5282
Ivakhov G.B. — https://orcid.org/0000-0002-9773-4953
Loban K.M. — https://orcid.org/0000-0002-8333-2398
Nasyrov M.R. — https://orcid.org/0000-0002-1250-0227
Shininov A.N. — https://orcid.org/0000-0002-8897-9211
Sazhin A.V. — https://orcid.org/0000-0001-6188-6093
Corresponding author: Loban K.M. — e-mail: doctor.loban@gmail.com

TO CITE THIS ARTICLE:
Petukhov VA, Nechay TV, Ivakhov GB, Loban KM, Nasyrov MR, Shininov AN, Sazhin AV. Early intraabdominal complications after laparoscopic appendectomy: the status quo and the prospects for prevention. *Endoscopic Surgery = Endoskopicheskaya khirurgiya*. 2022;28(6):64–75. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/endoskop20222806164

Острое воспаление червеобразного отростка (ЧО) слепой кишки — острый аппендицит (ОА) является наиболее частой причиной острой боли в животе у пациентов во всем мире. Частота развития ОА в популяции США и стран Европы составляет 7—12% [1, 2]. В России в 2018 г. на стационарном лечении в хирургических отделениях находились 166 420 пациентов с ОА, из которых 163 996 (98,5%) были оперированы. Летальность составила 0,14% [3, 4].

Изучение на протяжении многих веков ЧО [5—9], этиопатогенеза его воспаления [7, 10, 11], а также опыта хирургического лечения ОА [12—16] привело в 1983 г. к внедрению в практику лапароскопической аппендэктомии (ЛАЭ), впервые выполненной немецким гинекологом K. Semm [17]. Именно ЛАЭ заменила традиционную открытую аппендэктомию (ОАЭ) в большинстве стран с высоким экономическим уровнем, способствовала резкому снижению количества осложнений и смертности, связанных с АЭ, и в настоящее время признана «золотым стандартом» хирургического вмешательства при ОА благодаря ее доказанным преимуществам по сравнению с ОАЭ [18—20].

В России принята следующая классификация ОА [3]: неосложненный (катаральный, флегмонозный, эмпиема ЧО, гангренозный и вторичный) и осложненный (перфорация, периаппендикулярные инфильтрат и абсцесс, пилефлебит, забрюшинная флегмона и перитонит). Эта классификация на протяжении многих лет признается хирургическим сообществом нашей страны и включена в последние рекомендации Минздрава России от 2020 г. [3, 4, 21, 22]. В рекомендациях WSES (2017) естественное течение ОА описано в виде трех форм: 1) нормальный ЧО; 2) неосложненный ОА и 3) осложненный ОА [23, 24].

По мнению A. van den Boom и соавт. (2018) [25], принятое в мире разделение воспалительного процесса в ЧО на простой и осложненный является весьма ненадежным, а его вольная трактовка служит причиной применения различной хирургической тактики во время АЭ и в послеоперационном периоде, что может влиять на частоту развития послеоперационных осложнений.

В предисловии редакторов Руководства по неотложной абдоминальной хирургии, изданного под эгидой РОХ (2018), ЛАЭ отнесена к рутинной хирургической практике [26], доказательством чему является 97% ЛАЭ, выполняемых при ОА в Москве [27].

Несмотря на десятилетия практики, независимо от хирургической техники (открытая или лапароскопическая операция) АЭ по-прежнему связана со значительным риском развития инфекций в области хирургического вмешательства (ИОХВ), представляющих собой послеоперационные нозокомиальные инфекции, поражающие место разреза, глубокие ткани и органы в месте операции в течение 30 дней после хирургической процедуры [18, 28—30].

Если еще несколько лет назад глобальным мировым заболеванием был признан ОА, то в настоящее время в глобальном масштабе изучается частота развития ИОХВ после АЭ, о чем свидетельствуют опубликованные за последние 2—3 года систематические обзоры и метаанализы, рекомендации мировых хирургических сообществ [18], позволяющие отнести ИОХВ к проблемам глобального здравоохранения и к наиболее легко предотвратимым инфекциям, связанным со здоровьем человека [31, 32]. ИОХВ не только представляют серьезную медицинскую проблему, но и являются важной экономической составляющей лечебного процесса и оказывают негативное влияние на качество жизни пациентов [18, 33, 34].

В первом систематическом обзоре и метаанализе данных 729 434 аппендэктомий (226 исследований из клиник 49 стран) показано, что общая частота развития ИОХВ составляет 7%, варьируя от 0 до 37,4%, а их значительная неоднородность обусловлена регионом, страной, уровнем доходов населения и видом операции (ОАЭ или ЛАЭ) [18]. G. Soler-Dorda и соавт. (2007) [35] при ретроспективном анализе 651 АЭ, из которых 432 (66,4%) выполнены с применением лапароскопии, а 219 (33,6%) — открытым способом, установили отсутствие достоверныйх различий по количеству послеоперационных осложнений: 7,8% (17 пациентов) после ОАЭ и 6,3% (27 пациентов) после ЛАЭ. Из этих групп к ИОХВ были отнесены 5 (2,3%) пациентов после ОАЭ и 18 (4,2%) — после ЛАЭ. Повторные госпитализации после ОАЭ не наблюдались, а 4 (22,2%) пациента из 18 после ЛАЭ были повторно госпитализированы.

В рекомендациях ВОЗ по ИОХВ после АЭ выделяются 2 категории факторов, благоприятствующих их развитию, — немодифицируемые (пол, возраст) и изменяемые (питание, вредные привычки, прием антибиотиков, ожирение, сахарный диабет, большая продолжительность операции, пребывание в стационаре более 2 сут и др.). В качестве основной стратегии по сокращению количества случаев ИОХВ при АЭ определено устранение этих факторов [36].

В последние годы в литературе, посвященной осложнениям ОА, часто встречается термин «реадмиссия» (*от англ. readmit* — принимать назад), обозначающий повторные поступления в хирургический стационар в течение 30 сут оперированных по поводу ОА пациентов [37, 38]. По данным ретроспективного анализа результатов хирургического лечения 47 тыс. пациентов с ОА, из которых у 18,5% произошла перфорация ЧО, 1439 (3,7%) больных поступили повторно. Причинами повторных госпитализаций были внутрибрюшные инфекции (27,3%), боли в животе (7,9%), паралитический илеус (4,6%). Авторы отмечают, что частота повторных госпитализаций была связана с формой воспаления ЧО (при перфоративном аппендиците риск наибольший), длительностью пребывания в стационаре (после 3 сут частота повторных госпитализаций повышается на 31%). ЛАЭ была выполнена 94% пациентов, у 9,6% из которых закончилась конверсией. Частота повторных госпитализаций после ЛАЭ была статистически значимо ниже, чем после ОАЭ [37].

На вероятность повторной госпитализации влиял диаметр ЧО, определяемый во время лапароскопии: при диаметре органа >1,5 см вероятность развития внутрибрюшной ИОХВ и повторной госпитализации увеличивалась в 2,32 раза, а при перфорации отростка — в 2,51 раза [38, 39].

Частоту развития ИОХВ после АЭ (открытой или лапароскопической) и, соответственно, повторных госпитализаций также связывают с уровнем социально-экономического развития страны (доступность медицинской помощи, лекарственное обеспечение, оснащенность больниц и пр.) [40]. Кроме того, адекватная оценка дооперационных факторов риска развития ИОХВ (индекс массы тела >30 кг/м^2, количество лейкоцитов в плазме крови, перфорация ЧО, длительность операции >90 мин и др.) позволяет осуществить тщательное послеоперационное наблюдение, предотвратить и идентифицировать ранние внутрибрюшные осложнения после АЭ [41].

Многомерный анализ факторов риска развития ИОХВ после ЛАЭ, основанный на изучении почти 40 тыс. пациентов, позволил установить более низкий риск ЛАЭ (1,7%) и его увеличение до 9,7% при конверсии [42]. Важным аспектом для уменьшения частоты повторных госпитализаций после ЛАЭ, помимо внедрения эффективных стратегий предотвращения ИОХВ, считается их ранняя диагностика с последующим адекватным лечением [36].

M. Walędziak и соавт. (2019) [43], изучив влияние различных факторов риска повторных госпитализаций после ЛАЭ на основании результатов многоцентрового исследования, пришли к выводу, что осложненный аппендицит не влияет на частоту повторных госпитализаций, а малый опыт подобных операций у хирурга в значительной степени ее увеличивает. Авторы подчеркивают, что выписку оперированных начинающими хирургами пациентов должен контролировать опытный хирург.

В заявлении консенсуса Итальянского общества молодых хирургов (2020) подчеркивается, что перфоративный аппендицит как клиническая форма острого воспаления ЧО не является независимым фактором риска смерти от ОА, но влияет на частоту развития ИОХВ [44, 45]. Частота перфорации отростка составляет 1636% через 36 ч с момента заболевания и увеличивается на 5% через каждые 12 ч задержки АЭ [46, 47]. По данным A. Bhangu и соавт. (2015), через 48 ч с момента заболевания риск развития хирургических инфекций и повторной госпитализации статистически значимо увеличивается [24, 48]. K. Kohga и соавт. (2019) [49] к независимым прогностическим факторам развития ИОХВ относят длительность АЭ >3 сут с момента заболевания, обнаружение экссудата в правой подвздошной области, абсцесса и свободного воздуха при дооперационной компьютерной томографии (КТ). Авторы рекомендуют тщательное послеоперационное наблюдение за такими пациентами.

E. Wise и соавт. (2016) [50] к независимым предоперационным предикторам ИОХВ и увеличению продолжительности пребывания пациента в стационаре относят лабораторный показатель (увеличение ширины распределения эритроцитов в крови — RDW) и симптом «слоистости и тяжистости» брыжеечки ЧО по данным КТ. В связи с этим рекомендуется обращать внимание на дооперационный протокол

КТ, а именно описание периаппендикулярного жира (брыжеечки ЧО — *примеч. автора*): облаковидное уплотнение и тяжистость свидетельствуют о деструктивных изменениях в отростке. Мелкие пузырьки газа в этой зоне у 30% пациентов должны навести на мысль о перфорации отростка [51].

A. Andert и соавт. (2017) [52] на основании одномерного регрессионного анализа данных о 2136 пациентах после ЛАЭ установили 6 предикторов (послеоперационных осложнений) ИОХВ: 1 — осложненный аппендицит; 2 — операция в ночное время; 3 — конверсия; 4 — возраст пациентов старше 70 лет; 5 — повышенный уровень С-реактивного белка; 6 — повышенное содержание лейкоцитов в крови.

Техническими особенностями ЛАЭ, способствующими возникновению ИОХВ, а именно абсцесса в зоне вмешательства, считаются промывание брюшной полости и перевязка ЧО двумя лигатурами на расстоянии >2 мм одна над другой, что приводит к образованию абсцесса культи у 4,9% пациентов. При использовании эндопетель друг над другом подобных осложнений не выявлено [53].

Таким образом, ЛАЭ как хирургическая процедура не является независимым фактором риска развития ИОХВ при ОА, а все опасения на этот счет следует считать необоснованными [54—57]. В связи с этим изучение каждого случая повторной госпитализации после ЛАЭ должно стать обязательной процедурой осмысления послеоперационного ведения пациентов с последующей разработкой новых хирургических стратегий и обучением хирургов в лечебном учреждении [58].

С 2020 г. проблема факторов риска развития ИОХВ после ОА пополнилась еще одним, практически не изученным, — перенесенным пациентом COVID-19. В исследовании M. Velayos и соавт. (2020) [59] показано увеличение количества внутрибрюшных осложнений ЛАЭ после COVID-19 до 20% по сравнению с группой пациентов без вирусной патологии. Этот факт еще предстоит детально изучить и осмыслить в полной мере при проведении дальнейших исследований.

В 2005 г. израильским хирургом F. Serour и соавт. [60] было описано необычное течение послеоперационного периода после ЛАЭ у 13,4% оперированных детей, выписанных из клиники через 2,7±0,9 сут без признаков ИОХВ (нормальные температура тела и количество лейкоцитов, восстановление самостоятельного стула). Авторы определили его как постлапароскопическое осложнение АЭ, проявляющееся после выписки пациентов с неосложненным хирургическим вмешательством в виде болей в правом нижнем квадранте живота и умеренного повышения количества лейкоцитов в крови. Кроме того, отмечались один или несколько ультразвуковых симптомов, отличающихся от таковых при ИОХВ после ЛАЭ: увеличение толщины стенки слепой кишки, отек мезоаппендикса и свободная жидкость в брюшной полости. Время повторной госпитализации у пациентов данной категории составляло 430 дней после ЛАЭ [60].

Авторы подчеркивают, что описываемое ими осложнение не зависит от гистологической формы аппендицита. Кроме того, 14 из поступивших повторно пациентов после курса внутривенной или пероральной антибактериальной терапии в течение 10,1±3,9 сут были выписаны домой, а 1 — потребовались пункция и дренирование абсцесса под контролем КТ [60].

F. Serour и соавт. [60], ссылаясь на другие статьи, объясняют данное осложнение у детей инфицированием брюшной полости при пересечении отростка, усиливающимся пневмоперитонеумом [61], что активизирует бактериальную транслокацию в кровоток [62]. В поддержку этой концепции приводятся данные о повреждении мезотелия брюшины под воздействием карбоксиперитонеума, снижающего способность локальной иммунной защиты брюшины [63].

Кроме того, считается, что именно мезоаппендикс при ЛАЭ подвергается термическому повреждению, а также приводит к термотравме тканей в правой подвздошной области, главным образом за счет эффекта теплопроводности, доказанного термографическими исследованиями в реальном времени: уровень латерального распространения тепла был выше, чем предполагалось клинически, и было установлено на гистологических исследованиях и в ранних исследованиях *in vitro* [64, 65].

Боковое распространение тепла оказалось различным у определенных видов медицинских инструментов. Ультразвуковой скальпель индуцирует распространение тепла в прилежащие ткани с температурой до 60 °С на расстояние до 10 мм вокруг браншей [66], а лапароскопические коагуляционные ножницы — на 16 мм от инструмента [67]. При стандартной биполярной коагуляции распространение тепла может достигать 22 мм [66].

Гипотеза F. Serour и соавт. (2005) [60] об особых, свойственных только лапароскопическим операциям, осложнениях после АЭ основана на локальном бактериальном интраабдоминальном заражении брюшины, абсолютно не значимом для нативного мезотелия. При ЛАЭ слой мезотелиоцитов, поврежденных карбоперитонеумом в сочетании с тепловым воздействием, позволяет бактериям контактировать с базальными клетками брюшины. Следствием этого являются развитие местной интерстициальной инфекции в илеоцекальной области после выписки пациента из стационара и эффективное антибактериальное лечение вне зависимости от патогистологической формы воспаления ЧО [60].

Осложнения, указанные в представленных сообщениях, следует относить не к особенным, характер-

ным только для ЛАЭ, а к типичным, общепринятым мировой хирургической общественностью ИОХВ после ЛАЭ [3, 18, 68, 69]. Однако при этом следует обратить серьезное внимание на роль брыжейки ЧО в патогенезе ИОХВ и повторной госпитализации пациентов после ЛАЭ, которая в последнее время пересмотрена и дополнена новыми представлениями и фактами [70—72].

Клиническая диагностика ранних внутрибрюшных ИОХВ после ЛАЭ представляет трудности. Болевые ощущения, типичные для ЛАЭ, как правило, уменьшаются через 1 сут, что позволяет в отсутствие других симптомов в большинстве случаев выписать пациента из стационара [73].

К наиболее частым клиническим проявлениям ИОХВ после ЛАЭ относятся стойкая боль в правой подвздошной области, в области малого таза или диффузная боль в животе. У 10—15% пациентов в течение 1-й послеоперационной недели сохранялись системные изменения в виде стойкой незначительной лихорадки, диареи и локализованной абдоминальной боли. Последнее обстоятельство служит наиболее частым поводом для повторной госпитализации. При анализе 1755 (3,7%) повторных госпитализаций из 44 142 ЛАЭ была определена непосредственная связь именно этого вида вмешательства у 1439 (82%) пациентов, из которых только у 113 была установлена боль в животе без четкой локализации [37, 38].

Лабораторная диагностика. В рекомендациях WSES по лечению внутрибрюшной инфекции от 2020 г. указывается, что в диагностике ИОХВ возможно определение воспалительных биомаркеров, но с оговоркой, что необходимо дальнейшее контролируемое исследование, прежде чем их использование будет окончательно применено в диагностике [69].

Полезным в диагностике ранних ИОХВ считается определение уровня С-реактивного белка (СРБ) как маркера абдоминальной инфекции или осложнений после операции. Доказано, что уровни СРБ повышаются в 1-е послеоперационные сутки по сравнению с исходными значениями, максимальные концентрации были зарегистрированы на 2—3-и сутки, а снижение происходит через 5 сут в отсутствие осложнений или инфекции [69, 74].

Однако если в одних исследованиях определение концентраций прокальцитонина и СРБ на дооперационном этапе считается полезной диагностической процедурой [75], то в других — информативность этих маркеров признана сомнительной [76].

В последние годы в качестве маркера воспаления при ОА и его осложнениях рекомендуется определение среднего объема тромбоцитов [77]. Воспалительная реакция в ЧО при ОА сопровождается синтезом/экспрессией метаболических и провоспалительных цитокинов. Системный воспалительный ответ организма в виде повышения уровней цитокинов (интерлейкинов — ИЛ-1 и ИЛ-6) влияет на изменение среднего объема тромбоцитов и считается показателем их активации, участвующих сразу в нескольких воспалительных ответах [78].

Поиск новых лабораторных маркеров острого воспаления ЧО и послеоперационных осложнений не исключает традиционного исследования общего количества лейкоцитов в плазме крови, при этом наиболее чувствительным тестом считается определение комплексной концентрации в сыворотке крови ИЛ-1 и лейкоцитов [79, 80].

Современная область молекулярной биологии — метаболомика — позволяет анализировать и определять различные биомаркеры для диагностики воспалительной реакции [81—83]. Применение системы Metabolo Analisis 3.0 позволяет установить, что 9 метаболитов и 7 медиаторов воспаления имеют важное значение в диагностике ОА и его осложнений [84].

Кроме того, установлена сверхэкспрессия гена, контролирующего медиатор гаптоглобина — белка плазмы крови, с высоким сродством связывающего гемоглобин, высвобождающийся из эритроцитов, и тем самым ингибирующий его окислительную активность [81, 85]. Подобный подход к фенотипированию метаболомных и биомаркеров воспаления с успехом применяется при диагностике сепсиса в педиатрии [86].

Еще на заре метаболомики Y. Wang и соавт. (1996) [87] было показано, что экспрессия микроРНК (мРНК) фактора некроза опухоли α (ФНО-α) и ИЛ-2 является чувствительным маркером воспаления при ОА. Важно, что достоверные изменения уровня мРНК обнаружены в зародышевых центрах слизистой оболочки и в собственной пластинке ЧО в гистологически нормальных отростках.

Несколько позже это позволило понять роль цитокинокинеза в развитии воспаления слизистой оболочки ЧО. В лимфатических узлах (ЛУ), ЧО и селезенке экспрессирует хемокин (хемотоксический цитокин) вторичной лимфоидной ткани, представляющий собой хемокины класса СС, чрезвычайно хемотаксичный для лимфоцитов. Этот хемокин является основным хемокином ЧО и ЛУ, поддерживающим при воспалительных реакциях гомеостатическую миграцию широкого спектра лимфоцитов во вторичные лимфатические ткани [88]. В ЧО рецептор лимфоцитов CCR7 играет ключевую роль в координации встречи между зрелыми антигенпредставляющими дендритными клетками и наивными (незрелыми) Т-лимфоцитами, находящимися в ЛУ, и инициации иммунного ответа. Подобное изменение дифференцировки наивных лимфоцитов в активные зрелые лимфоциты вследствие различных причин приводит к провоспалительному состоянию в строме фолликула ЧО [89].

Известно, что незрелые гранулоциты служат показателем повышенной продукции миелоидных кле-

ток, который увеличивается при воспалительных состояниях [90]. Недавно в качестве маркера воспаления был предложен индекс дельта-нейтрофилов, измеряемый долей незрелых нейтрофилов в крови [91]. По мнению D. Shin и соавт. (2017) [92], индекс дельта-нейтрофилов можно считать доказанным независимым предиктором воспаления при ОА, имеющим высокие статистически значимые чувствительность и специфичность.

Таким образом, отсутствует единое мнение по поводу возможностей лабораторных методов диагностики ранних ИОХВ после ЛАЭ. Это объясняется противоречивыми и взаимоисключающими данными по их чувствительности и специфичности.

Инструментальные методы диагностики ИОХВ после ЛАЭ представлены тремя методами: ультразвуковыми исследованиями (УЗИ), спиральной КТ и магнитно-резонансной томографией (МРТ).

Послеоперационная визуализация брюшной полости при осложнениях ОА выполняется, по данным L. Baumann и соавт. [93], в среднем только у 35,2% оперированных детей, из которых: УЗИ — у 38,4%, а КТ — у 70%. При этом первоначальные исследования были сделаны на 5-е сутки у 19,7% пациентов, на 6-е — у 31,3%, на 7-е — у 36,2%. Более ранняя визуализация была связана с уменьшением длительности пребывания в стационаре, именно у пациентов этой категории установлены высокие показатели повторной госпитализации. Авторы подчеркивают необходимость проведения проспективных исследований для разработки стандартизированных рекомендаций по осложненному аппендициту.

Перспективная модификация стандартного УЗИ в виде эластографии (ЭГ) в реальном времени при ОА для более точного определения формы воспаления была предложена A. Kapoor и соавт. (2010). Авторы отметили высокие чувствительность (100%) и специфичность (100%). Результаты УЗИ в сочетании с ЭГ в реальном времени были верифицированы гистологическими исследованиями после АЭ [93, 94].

Такие уникальные возможности УЗИ в сочетании с ЭГ связаны с тем, что большинство современных методов визуализации ограничивается отображением анатомии, движения тканей и кровотока (термин «эластография» введен в 1991 г.). Развивающаяся технология ультразвуковой визуализации деформации и эластичности мягких тканей направлена на представление информации о механических свойствах тканей, таких как твердость или жесткость [95]. Именно механизмы контраста изображения являются одной из важных характеристик, отличающих практические возможности одной конкретной технологии визуализации от других [95].

При традиционной ультразвуковой визуализации сигналы, формирующие изображение, в основном возникают из-за отражения и рассеивания ультразвуковых волн, формируя различия характеристических импедансов (вычисляется как произведение плотности среды и скорости распространения в ней продольной волны) отображаемых сред. В связи с этим методы визуализации деформации и эластичности (модуля Юнга) представляют уникальную информацию, приближающуюся по конкурентной способности к МРТ [96, 97]. Однако ультразвуковая ЭГ (УЗЭГ) по сравнению с МРТ более быстрая в исполнении, более удобная для врача и пациента, а ее стоимость намного ниже [95].

Первое практическое применение динамических ультразвуковых тестов для оценки подвижности тканей на примере опухоли молочной железы предложено в 1983 г., а к концу 80-х годов прошлого века были заложены прочные основы, на которых базируется современная ЭГ [98].

Отметим, что деформация ткани является суррогатом ее жесткости, а жесткость может рассматриваться как представитель ощущений при ручной пальпации: низкая деформация ткани соответствует высокой жесткости и наоборот. В связи с этим с помощью визуализации деформации можно получить клинически полезную информацию [95].

Современный этап развития УЗЭГ, очевидно, характеризуется как метод, имеющий значительные преимущества перед другими подходами к оценке структур брюшной полости. Так, при подозрении на ОА добавление мануальной ЭГ к обычному УЗИ β-скан повышает чувствительность выявления острого воспаления ЧО с 88 до 100% [99]. Эти данные, по сравнению с результатами УЗИ при ОА, опубликованными в 1911 г. P. Wells и соавт. [95], свидетельствуют о значительном прогрессе ультразвуковых методов диагностики ОА.

Таким образом, эволюция ультразвуковых методов исследования позволяет относить их к высокоэффективным тестам диагностики ОА [100, 101]. Однако практическое применение ультразвука при подозрении на раннюю внутрибрюшную ИОХВ после ЛАЭ осуществляется редко (38,4%) по сравнению с КТ (75%); кроме того, не существует стандартизированных сроков визуализации в подобных послеоперационных ситуациях, хотя и высказывается позиция о необходимости более раннего проведения данной процедуры [99].

В связи с тем, что клиническое подозрение на раннюю внутрибрюшную ИОХВ после ЛАЭ чаще возникает в период от нескольких дней до 2 нед после операции, именно в эти сроки при повторной госпитализации пациента используется обследование с применением КТ [102]. В течение 1-й послеоперационной недели при КТ отмечаются некоторые особенности визуализации в виде газовых пузырей, воспалительноподобного чрезмерного ослабления в виде деформации перицекальных жировых плоскостей, прилегающих к месту операции, растянутые петли тонкой кишки с уровнями жидкости и равномерное

утолщение стенки кишки. Эти изменения не связаны с ИОХВ и не требуют дальнейшего лечения, но являются отклонением от нормы [103].

Оценивая возможности КТ в диагностике внутрибрюшных осложнений ЛАЭ по сравнению с УЗИ, N. Pinto Leite и соавт. [104] (2005) определяют недостатки КТ, к которым в первую очередь относят изменения, имевшиеся у пациента еще до аппендэктомии. Это периаппендикулярные и так называемые слепокишечные признаки воспаления. При подозрении на ранние внутрибрюшные осложнения ИОХВ они могут представлять неадекватную визуализацию. Именно по этим причинам авторы подчеркивают важную роль УЗИ.

Проведение послеоперационной МРТ позволяет подтвердить изложенное: воспалительные изменения перицекальных жировых образований могут сохраняться в течение 10 сут после ЛАЭ [105, 106]. В специальных руководствах по радиологии дано подробное описание изменений перицекального жира и брыжеечки ЧО при ОА. Они представлены «облаковидным» уплотнением и тяжистостью этих структур. Почти у 60% пациентов имеются увеличенные воспалительные перицекальные ЛУ [51]. Интраабдоминальные ИОХВ после ЛАЭ при МРТ выглядят как центральные усиливающиеся скопления с участками низкой интенсивности сигнала [103].

A. Singh и соавт. (2007) [105] предложили следующую последовательность визуализации при подозрении на ОА: 1) УЗИ — первая линия; 2) КТ — выполняется редко, так как предпочтительнее выполнить МРТ с использованием технологии свободного дыхания, имеющей значительную диагностическую точность по сравнению с методом последовательной задержки дыхания.

Профилактика ИОХВ после ЛАЭ. Стратегия уменьшения частоты возникновения ИОХВ после ЛАЭ не отличается от таковой после других хирургических вмешательств и основана на устранении факторов, увеличивающих риск развития осложнений [20]. К ведущему фактору следует относить обязательное выполнение 26 рекомендаций ВОЗ по профилактике ИОХВ [36]. Для их реализации необходимы единое определение ИОХВ с позиций ЛАЭ, формы воспаления ЧО, стандартные характеристики участников исследований и деталей хирургических вмешательств. Отсутствие этих стандартов способствует недооценке ИОХВ после ЛАЭ [18].

Кроме того, ВОЗ был принят важный инструмент для оценки клинических рекомендаций различных консенсусов и позиций (AGREE2) [36]. При объективной оценке по этим критериям качества консенсусов и рекомендаций по лечению внутрибрюшной инфекции Y. Wang и соавт. (2020) [107] установили, что за последние два десятилетия не все из них используют принципы AGREE2, и это существенным образом отражается на качестве указанных документов.

Послеоперационное применение антибиотиков необходимо только при осложненном ОА, профилактическая их роль не доказана, при этом все больше фактов указывает на то, что после адекватного контроля источника воспаления, включая АЭ, польза от системной антибактериальной терапии весьма сомнительная [108].

Еще в 1993 г. M. Tsuji и соавт. [109] обратили внимание на различие местной воспалительной реакции брюшины при осложненных и неосложненных формах ОА и предположили наличие неидентифицированного антигена в ЧО, вызывающего специфический иммунный ответ при его воспалении. В последние годы повышенное внимание уделяется именно перитонеальной дисфункции при различных острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости и влиянию на нее лапароскопических вмешательств [110, 111]. В будущем предстоит окончательно установить возможную роль лапароскопии в патогенезе этого очень важного патологического состояния брюшины и его влияния на развитие ранних внутрибрюшных ИОХВ.

Анкетирование хирургов РФ показало, что 35% из них во время ЛАЭ лигируют брыжеечку ЧО, а 65% — выполняют мезоаппендиксэктомию [112]. Отсутствие четкого единого протокола границ резекции мезоаппендикса не исключает, что именно оставленные части визуально неизмененной брыжеечки при неосложненных формах ОА служат вероятным источником формирования инфильтратов в правой подвздошной области вследствие сохранения в них «архивированных» провоспалительных антигенов [71].

В заключение следует отметить, что краеугольным камнем современного лечения больных с ОА является прогнозирование и снижение рисков послеоперационных осложнений. Несмотря на накопленные знания, однозначной оценки факторов, приводящих к ИОХВ, повторным госпитализациям пациентов и другим осложнениям после АЭ, нет и по сей день. Современная ургентная хирургия требует непрерывного динамического анализа результатов лабораторных и инструментальных исследований, а также других факторов риска развития ранних внутрибрюшных осложнений с последующей выработкой наиболее эффективных алгоритмов и стратегии лечения пациентов с ОА.

Участие авторов:
Сбор и обработка материала — М.Р. Насыров, А.Н. Шининов
Написание текста — В.А. Петухов, Т.В. Нечай, К.М. Лобан
Редактирование — А.В. Сажин, Г.Б. Ивахов, Т.В. Нечай

Participation of authors:
Data collection and processing — M.R. Nasyrov, A.N. Shininov
Text writing — V.A. Petukhov, T.V. Nechay, K.M. Loban
Editing — A.V. Sazhin, G.B. Ivakhov, T.V. Nechay

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ilves I. Seasonal variations of acute appendicitis and nonspecific abdominal pain in Finland. *World J Gastroenterol*. 2014;20(14):4037. https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i14.4037
2. Viniol A, Keunecke C, Biroga T, Stadje R, Dornieden K, Bösner S, Donner-Banzhoff N, Haasenritter J, Becker A. Studies of the symptom abdominal pain — A systematic review and meta-analysis. *Fam Pract*. 2014;31(5):517-529. https://doi.org/10.1093/fampra/cmu036
3. Общероссийская общественная организация «Российское общество эндоскопических хирургов». *Острый аппендицит у взрослых. Клинические рекомендации*. КР325. М. 2020. Obshherossijskaja obshhestvennaja organizacija «Rossijskoe obshhestvo jendoskopicheskih hirurgov». *Ostryj appendicit u vzroslyh. Klinicheskie rekomendacii*: KR325. M. 2020. (In Russ.). https://общество-хирургов.рф/upload/appendicitis_nkr_2020.doc
4. Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П., Нечаев О.И., Захарова М.А., Шелина Н.В., Миронова Н.Л. *Хирургическая помощь в Российской Федерации*. М. 2019. Revishvili ASh, Olovjannyj VE, Sazhin VP, Nechaev OI, Zaharova MA, Shelina NV, Mironova NL. *Hirurgicheskaja pomoshh' v Rossijskoj Federacii*. M. 2019. (In Russ.).
5. Willams GR. Presidential Address: A History of Appendicitis. *Ann Surg*. 1983;197(5):495-506. https://doi.org/10.1097/00000658-198305000-00001
6. McLaughlin CW, Organ C. Acute appendicitis in infancy and childhood. *Am J Surg*. 1956;92(4):558-561. https://doi.org/10.1016/S0002-9610(56)80086-X
7. Major RH. *Classic Descriptions of Disease*. 3rd ed. Springfield: Charles C Thomas; 1945.
8. Deaver JB. *Appendicitis*. 3rd ed. Philadelphia: P. Blakiston's Son & Co; 1905.
9. Meljnikov I, Radojčić B, Grebeldinger S, Lučić-Prostran B, Radojčić N. A history of appendicitis surgical treatment | Istorijat hirurškog lečenja apendicitisa. *Vojnosanit Pregl*. 2009;66(10):845-850.
10. Seal A. Appendicitis: A historical review. *Can J Surg*. 1981;24(4): 427-433.
11. Matheson NM. A History of the Acute Abdomen by SirZachary Cope, London, Oxford University Press, 1965, pp. vii, 123, 35 s. *Med Hist*. 1966;10(4):417-418. https://doi.org/10.1017/S0025727300011613
12. Fitz R. On Perforating Inflammation of the Vermiform Appendix with Special Reference to Its Early Diagnosis and Treatment. *N Engl J Med*. 1935;213(6):245-248. https://doi.org/10.1056/NEJM193508082130601
13. Shepherd J. Acute Appendicitis. A Historical Survey. *Lancet*. 1954;264(6833):299-302. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(54)90236-6
14. Harris CW. Abraham Groves of Fergus: the first elective appendectomy? *Can J Surg*. 1961;4:405-410.
15. Kelly HA, Hurdon E. *The Vermiform Appendix and les Diseases*. Philadelphia: W.B. Saunders & Co; 1905.
16. Fowler GR. A *Treatise on Appendicitis* (Classic Reprint). Forgotten Books; 2017.
17. Semm K. Endoscopic Appendectomy. *Endoscopy*. 1983;15(02):59-64. https://doi.org/10.1055/s-2007-1021466
18. Danwang C, Bigna JJ, Tochie JN, Mbonda A, Mbanga CM, Nzalie RNT, Guifo ML, Essomba A. Global incidence of surgical site infection after appendectomy: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2020;10(2):e034266. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-034266
19. Xiao Y, Shi G, Zhang J, Cao J-G, Liu L-J, Chen T-H, Li Z-Z, Wang H, Zhang H, Lin Z-F, Lu J-H, Yang T. Surgical site infection after laparoscopic and open appendectomy: a multicenter large consecutive cohort study. *Surg Endosc*. 2015;29(6):1384-1393. https://doi.org/10.1007/s00464-014-3809-y
20. Bregendahl S, Nørgaard M, Laurberg S, Jepsen P. Risk of complications and 30-day mortality after laparoscopic and open appendectomy in a Danish region, 1998-2007; a population-based study of 18,426 patients. *Polish J Surg*. 2013;85(7):395-400. https://doi.org/10.2478/pjs-2013-0060
21. Сажин А.В., Нечай Т.В., Кириенко А.И. *Острый аппендицит. Новые решения старых хирургических проблем*. М.: Медицинское информационное агентство; 2019. Sazhin AV, Nechaj TV, Kirienko AI. *Ostryj appendicit. Novye reshenija staryh hirurgicheskih problem*. M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2019. (In Russ.).
22. Сажин А.В., Курцер М.А., Коноплянников А.Г., Ивахов Г.Б., Панин А.В., Сон Д.А., Шуляк Г.Д., Серебренникова Ю.А. Осложненные формы острого аппендицита у беременных. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019;4:15-23. Sazhin AV, Kurtser MA, Konoplyannikov AG, Ivakhov GB, Panin AV, Son DA, Shulyak GD, Serebrennikova YuA. Complicated appendicitis during pregnancy. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2019;4:15-23. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/hirurgia201904115
23. Sartelli M, Chichom-Mefire A, Labricciosa FM, Hardcastle T, Abu-Zidan FM, Adesunkanmi AK, Ansaloni L, Bala M, Balogh ZJ, Beltrán MA, Ben-Ishay O, Biffl WL, Birindelli A, Cainzos MA, Catalini G, Ceresoli M, Che Jusoh A, Chiara O, Coccolini F, Coimbra R, Catena F, et al. The management of intra-abdominal infections from a global perspective: 2017 WSES guidelines for management of intra-abdominal infections. *World J Emerg Surg*. 2017;12(1):29. https://doi.org/10.1186/s13017-017-0141-6
24. Bhangu A, Søreide K, Di Saverio S, Assarsson JH, Drake FT. Acute appendicitis: modern understanding of pathogenesis, diagnosis, and management. *Lancet*. 2015;386(10000):1278-1287. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00275-5
25. van den Boom AL, de Wijkerslooth EML, Mauff KAL, Dawson I, van Rossem CC, Toorenvliet BR, Wijnhoven BPL. Interobserver

variability in the classification of appendicitis during laparoscopy. *Br J Surg*. 2018;105(8):1014-1019. https://doi.org/10.1002/bjs.10837

26. *Неотложная абдоминальная хирургия*. Методическое руководство для практикующего врача. Под ред. А.И. Кириенко, И.И. Затевахина, А.В. Сажина. М.: Медицинское информационное агентство; 2018.
Neotlozhnaja abdominal'naja hirurgija. Metodicheskoe rukovodstvo dlja prakti-kujushhego vracha. Ed. By A.I. Kirienko, I.I. Zatevahin, A.V. Sazhin. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2018. (In Russ.).
27. Сажин А.В., Нечай Т.В., Тягунов А.Е., Макарова О.К., Нечаев А.В. Аппендицит культи отростка, осложненный анаэробным перитонитом и забрюшинной флегмоной. *Эндоскопическая хирургия*. 2015;21(6):69-71.
Sazhin AV, Nechay TV, Tyagunov AE, Makarova OK, Nechaev AV. Appendicitis of appendiceal stump complicated by anaerobic peritonitis and retroperitoneal phlegmon. *Endoskopicheskaya khirurgiya*. 2015;21(6):69-71. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/endoskop201521669-71
28. Horan T, Gaynes R, Martone W, Jarvis W, Graceemori T. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: A modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Am J Infect Control*. 1992;20(5):271-274. https://doi.org/10.1016/S0196-6553(05)80201-9
29. Culver DH, Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG, Banerjee SN, Edwards JR, Tolson JS, Henderson TS, Hughes JM. Surgical wound infection rates by wound class, operative procedure, and patient risk index. *Am J Med*. 1991;91(3):152-157. https://doi.org/10.1016/0002-9343(91)90361-Z
30. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care—associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008;36(5):309-332. https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.03.002
31. Haley RW, Culver DH, White JW, Morgan WM, Emori TG, Munn VP, Hooton TM. The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in us hospitals. *Am J Epidemiol*. 1985;121(2):182-205. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a113990
32. Harbarth S, Sax H, Gastmeier P. The preventable proportion of nosocomial infections: an overview of published reports. *J Hosp Infect*. 2003;54(4):258-266. https://doi.org/10.1016/S0195-6701(03)00150-6
33. Badia JM, Casey AL, Petrosillo N, Hudson PM, Mitchell SA, Crosby C. Impact of surgical site infection on healthcare costs and patient outcomes: a systematic review in six European countries. *J Hosp Infect*. 2017;96(1):1-15. https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.03.004
34. Mehta JA, Sable SA, Nagral S. Updated Recommendations for Control of Surgical Site Infections. *Ann Surg*. 2015;261(3):e65. https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e318289c5fd
35. Soler-Dorda G, José Fernández-Díaz M, Martín-Parra I, Luis Alonso-Gayón J, Luis Conty-Serrano J, Antonia de Andrés-Fuertes M, María Bárcena-Barros J. Complicaciones sépticas intraabdominales tras apendicectomía laparoscópica: descripción de una posible nueva complicación específica de la apendicectomía laparoscópica. *Cirugía Española*. 2007;82(1):21-26. https://doi.org/10.1016/S0009-739X(07)71656-1
36. WHO. Global guidelines on the prevention of surgical site infection. 2nd ed. Geneva: World Health Organization, 2018. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536404/
37. Moghadamyeghaneh Z, Hwang G, Hanna MH, Carmichael JC, Mills S, Pigazzi A, Stamos MJ. Unplanned readmission after appendectomy. *Am J Surg*. 2016;212(3):493-500. https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2015.08.018
38. Bailey K, Choynowski M, Kabir SMU, Lawler J, Badrin A, Sugrue M. Meta-analysis of unplanned readmission to hospital post-appendectomy: an opportunity for a new benchmark. *ANZ J Surg*. 2019;89(11):1386-1391. https://doi.org/10.1111/ans.15362
39. Kabir SMU, Bucholc M, Walker C-A, Sogaolu OO, Zeeshan S, Sugrue M. Quality Outcomes in Appendicitis Care: Identifying Opportunities to Improve Care. *Life*. 2020;10(12):358. https://doi.org/10.3390/life10120358
40. Foster D, Kethman W, Cai LZ, Weiser TG, Forrester JD. Surgical Site Infections after Appendectomy Performed in Low and Middle Human Development-Index Countries: A Systematic Review. *Surg Infect* (*Larchmt*). 2018;19(3):237-244. https://doi.org/10.1089/sur.2017.188
41. Schlottmann F, Sadava EE, Peña ME, Rotholtz NA. Laparoscopic Appendectomy: Risk Factors for Postoperative Intraabdominal Abscess. *World J Surg*. 2017;41(5):1254-1258. https://doi.org/10.1007/s00268-017-3869-y
42. Fleming FJ, Kim MJ, Messing S, Gunzler D, Salloum R, Monson JR. Balancing the Risk of Postoperative Surgical Infections. *Ann Surg*. 2010;252(6):895-900. https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181f194fe
43. Walędziak M, Lasek A, Wysocki M, Su M, Bobowicz M, Myśliwiec P, Astapczyk K, Burdzel M, Chruściel K, Cygan R, Czubek W, Dowgiałło-Wnukiewicz N, Droś J, Franczak P, Hołówko W, Kacprzyk A, Karcz WK, Kenig J, Konrad P, Kopiejć A, Kot A, Krakowska K, Kukla M, Leszko A, Łozowski L, Major P, Makarewicz W, Malinowska-Torbicz P, Matyja M, Michalik M, Niekurzak A, Nowiński D, Ostaszewski R, Pabis M, Polańska-Płachta M, Rubinkiewicz M, Stefura T, Stępień A, Szabat P, Śmiechowski R, Tomaszewski S, von Ehrlich-Treuenstätt V, Wasilczuk M, Wierdak M, Wojdyła A, Wroński JW, Zwolakiewicz L, Pędziwiatr M. Risk factors for serious morbidity, prolonged length of stay and hospital readmission after laparoscopic appendectomy — results from Pol-LA (Polish Laparoscopic Appendectomy) multicenter large cohort study. *Sci Rep*. 2019;9(1):14793. https://doi.org/10.1038/s41598-019-51172-2
44. Guaitoli E, Gallo G, Cardone E, Conti L, Famularo S, Formisano G, Galli F, Giuliani G, Martino A, Pasculli A, Patini R, Soriero D, Pappalardo V, Casoni Pattacini G, Sparavigna M, Meniconi R, Mazzari A, Barra F, Orsenigo E, Pertile D. Consensus Statement of the Italian Polispecialistic Society of Young Surgeons (SPIGC): Diagnosis and Treatment of Acute Appendicitis. *J Investig Surg*. 2021;34(10):1089-1103. https://doi.org/10.1080/08941939.2020.1740360
45. Omari AH, Khammash MR, Qasaimeh GR, Shammari AK, Yaseen MKB, Hammori SK. Acute appendicitis in the elderly: risk factors for perforation.. *World J Emerg Surg*. 2014;9(1):6. https://doi.org/10.1186/1749-7922-9-6
46. Imran JB, Madni TD, Minshall CT, Mokdad AA, Subramanian M, Clark AT, Phelan HA, Cripps MW. Predictors of a histopathologic diagnosis of complicated appendicitis. *J Surg Res*. 2017;214:197-202. https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.02.051
47. Frazee RC, Abernathy SW, Isbell CL, Isbell T, Regner JL, Smith RD. Outpatient Laparoscopic Appendectomy: Is It Time to End the Discussion? *J Am Coll Surg*. 2016;222(4):473-477. https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2015.12.053
48. Humes DJ, Simpson J. Acute appendicitis. *BMJ*. 2006;333(7567):530-534. https://doi.org/10.1136/bmj.38940.664363.AE
49. Kohga K, Yajima K, Okumura T, Yamashita K, Isogaki J, Suzuki K, Muramatsu K, Komiyama A, Kawabe A. Are Preoperative CT Findings Useful for Predicting Postoperative Intraabdominal Abscess in the Patients with Acute Appendicitis? *Medicina (B. Aires)*. 2019;55(1):6. https://doi.org/10.3390/medicina55010006
50. Wise ES, Gadomski SP, Ilg AM, Bermudez C, Chan EW, Izmaylov ML, Gridley SJ, Kaczmarek JV, Melancon NT, Ahmad S,

Hocking KM, Diaz JJ, Kavic SM. Independent Preoperative Predictors of Prolonged Length of Stay after Laparoscopic Appendectomy in Patients over 30 Years of Age: Experience from a Single Institution. *Am Surg*. 2016;82(11):1092-1097. https://doi.org/10.1177/000313481608201124

51. Прокоп М., Галански М. *Спиральная и многослойная компьютерная томография:* учебн. пособие: в 2 т. 4-е издание. М.: МЕДпресс-информ; 2020.
Prokop M, Galanski M. *Spiral'naja i mnogoslojnaja komp'juternaja tomografija:* uchebn. posobie: v 2 t. 4th ed. Moskva: MEDpress-inform; 2020.

52. Andert A, Alizai HP, Klink CD, Neitzke N, Fitzner C, Heidenhain C, Kroh A, Neumann UP, Binnebösel M. Risk factors for morbidity after appendectomy. *Langenbeck's Arch Surg*. 2017;402(6):987-993. https://doi.org/10.1007/s00423-017-1608-3

53. Avlanmis O. The Role of Laparoscopic Appendectomy Radix Ligation Techniques on the Formation of Inner Abdomen Abscess. SiSli Etfal Hastan. Tip Bul. *Med Bull Sisli Hosp*. 2018;52(3):164-168. https://doi.org/10.14744/SEMB.2017.92905

54. Cao J, Tao F, Xing H, Han J, Zhou X, Chen T, Wang H, Li Z, Zhou Y, Wang S, Yang T. Laparoscopic Procedure is Not Independently Associated With the Development of Intra-Abdominal Abscess After Appendectomy: A Multicenter Cohort Study With Propensity Score Matching Analysis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2017;27(5):409-414. https://doi.org/10.1097/SLE.0000000000000460

55. Jaschinsky T, Mosh CJ, Eikerman M, Neugebauer EAM, Sauerland S. Laparoscopic surgery compared to open surgery for suspected appendicitis. *Kazan Med J*. 2019;100(1):190. https://doi.org/10.17816/KMJ11023

56. Nikolovski A, Tahir S, Mladenovikj D. Complications after Laparoscopic Appendectomy for Complicated Appendicitis. *Liet Chir*. 2020;19(1-2):34-41. https://doi.org/10.15388/LietChirur.2020.19.23

57. Lin Y-M, Hsieh C-H, Cheng C-I, Tan B-L, Liu H-T. Laparoscopic appendectomy for complicated acute appendicitis does not result in increased surgical complications. *Asian J Surg*. 2012;35(3):113-116. https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2012.04.014

58. Li A, Zhu H, Zhou H, Liu J, Deng Y, Liu Q, Guo C. Unplanned surgical reoperations as a quality indicator in pediatric tertiary general surgical specialties. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(19):e19982. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000019982

59. Velayos M, Muñoz-Serrano AJ, Estefanía-Fernández K, Sarmiento Caldas MC, Moratilla Lapeña L, López-Santamaría M, López-Gutiérrez JC. Influencia de la pandemia por coronavirus 2 (SARS-Cov-2) en la apendicitis aguda. *An Pediatría*. 2020;93(2):118-122. https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.022

60. Serour F, Witzling M, Gorenstein A. Is laparoscopic appendectomy in children associated with an uncommon postoperative complication? *Surg Endosc*. 2005;19(7):919-922. https://doi.org/10.1007/s00464-004-2195-2

61. Krisher SL. Intra-abdominal Abscess After Laparoscopic Appendectomy for Perforated Appendicitis. *Arch Surg*. 2001;136(4):438-441. https://doi.org/10.1001/archsurg.136.4.438

62. Golub R, Siddiqui F, Pohl D. Laparoscopic Versus Open Appendectomy: A Metaanalysis. *J Am Coll Surg*. 1998;186(5):545553. https://doi.org/10.1016/S1072-7515(98)00080-5

63. Neuhaus SJ, Watson DI. Pneumoperitoneum and peritoneal surface changes: a review. *Surg Endosc*. 2004;18(9):1316-1322. https://doi.org/10.1007/s00464-003-8238-2

64. Botteri E, Podda M, Arezzo A, Vettoretto N, Sartori A, Agrusa A, Allaix ME, Anania G, Brachet Contul R, Caracino V, Cassinotti E, Cuccurullo D, D'Ambrosio G, Milone M, Muttillo I, Petz WL, Pisano M, Guerrieri M, Silecchia G, Agresta F. Current status on the adoption of high energy devices in Italy: An Italian Society for Endoscopic Surgery and New Technologies (SICE) national survey. *Surg Endosc*. 2021;35(11):6201-6211. https://doi.org/10.1007/s00464-020-08117-y

65. Kennedy JS, Stranahan PL, Taylor KD. High-burst-strength, feedback-controlled bipolar vessel sealing. *Surg Endosc*. 1998;12(6):876-878. https://doi.org/10.1007/s004649900733

66. Kinoshita T, Kanehira E, Omura K, Kawakami K, Watanabe Y. Experimental study on heat production by a 23.5-kHz ultrasonically activated device for endoscopic surgery. *Surg Endosc*. 1999;13(6):621-625. https://doi.org/10.1007/s004649901055

67. Hoenig DM, Chrostek CA, Amaral JF. Laparosonic Coagulating Shears: Alternative Method of Hemostatic Control of Unsupported Tissue. *J Endourol*. 1996;10(5):431-433. https://doi.org/10.1089/end.1996.10.431

68. Rasmussen T, Fonnes S, Rosenberg J. Long-Term Complications of Appendectomy: A Systematic Review. *Scand J Surg*. 2018;107(3):189-196. https://doi.org/10.1177/1457496918772379

69. Di Saverio S, Podda M, De Simone B, Ceresoli M, Augustin G, Gori A, Boermeester M, Sartelli M, Coccolini F, Tarasconi A, de' Angelis N, Weber DG, Tolonen M, Birindelli A, Biffl W, Moore EE, Kelly M, Soreide K, Kashuk J, Ten Broek R, Catena F, et al. Diagnosis and treatment of acute appendicitis: 2020 update of the WSES Jerusalem guidelines. *World J Emerg Surg*. 2020;15(1):27. https://doi.org/10.1186/s13017-020-00306-3

70. Патент РФ на изобретение RU 2 732 208 C1 от 14.09.20. Сажин А.В., Нечай Т.В., Ивахов Г.Б., Петухов В.А., Страдымов Е.А., Мишакина Н.Ю., Мареев П.В. *Способ профилактики внутрибрюшных послеоперационных осложнений лапароскопической аппендэктомии при остром аппендиците.*
Patent RU 2 732 208 C1, 14.09.20. Sazhin A.V., Nechaj T.V., Ivahov G.B., Petuhov V.A., Stradymov E.A., Mishakina N.Ju., Mareev P.V. *Sposob profilaktiki vnutribrjushnyh posleoperacionnyh oslozhnenij laparoskopicheskoj appendjektomii pri ostrom appendicite.* (In Russ.).
https://patenton.ru/patent/RU2732208C1

71. Сажин А.В., Нечай Т.В., Титкова С.М., Петухов В.А., Тягунов А.Е., Страдымов Е.А., Ермаков И.В., Мишакина Н.Ю. Методика аппендэктомии: смена парадигм или хорошо забытое старое? Роль мезоаппендиксэктомии в профилактике инфекционных интраабдоминальных осложнений (анонс РКИ). *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;10:49-59.
Sazhin AV, Nechay TV, Titkova SM, Petukhov VA, Tyagunov AE, Stradymov EA, Ermakov IV, Mishakina NYu. Appendectomy technique: paradigm shift or a well-forgotten old one? The role of mesoappendectomy in prevention of infectious intra-abdominal complications (announcement of RCT). *Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2020;10:49-59. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia202010149

72. Nechay T, Sazhin A, Titkova S, Tyagunov A, Anurov M, Melnikov-Makarchuk K, Tyagunov A. Evaluation of enhanced recovery after surgery program components implemented in laparoscopic appendectomy: prospective randomized clinical study. *Sci Rep*. 2020;10(1):10749. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67591-5

73. Sauerland S, Jaschinski T, Neugebauer EAM. Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2010;6(10):CD001546. https://doi.org/10.1002/14651858.CD001546.pub3

74. Schentag JJ. C-Reactive Protein as an Indicator of Infection Relapse in Patients With Abdominal Sepsis. *Arch Surg*. 1984;119(3):300. https://doi.org/10.1001/archsurg.1984.01390150040010

75. Feng S, Lai XH, Lou Y, Liu W. Diagnostic value of procalcitonin and C-reactive protein level for predicting appendiceal perforation in children. *Hong Kong J Paediatr*. 2021;26(1):3-7.

76. Atema JJ, Gans SL, Beenen LF, Toorenvliet BR, Laurell H, Stoker J, Boermeester MA. Accuracy of White Blood Cell Count and C-reactive Protein Levels Related to Duration of Symptoms in Patients Suspected of Acute Appendicitis. *Acad Emerg Med*. 2015;22(9):1015-1024. https://doi.org/10.1111/acem.12746
77. Fan Z, Zhang Y, Pan J, Wang S. Acute Appendicitis and Mean Platelet Volume: A Systemic Review and Meta-analysis. *Ann Clin Lab* Sci. 2017;47(6):768-772.
78. Liu L, Shao Z, Yu H, Zhang W, Wang H, Mei Z. Is the platelet to lymphocyte ratio a promising biomarker to distinguish acute appendicitis? Evidence from a systematic review with meta-analysis. *PLoS One*. 2020;15(5):e0233470. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233470
79. Stewart D. *The management of acute appendicitis. Current surgical therapy.* Ed. J.L. Cameron, A.M. Cameron. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2014.
80. Zviedre A, Engelis A, Tretjakovs P, Jurka A, Zile I, Petersons A. Role of serum cytokines in acute appendicitis and acute mesenteric lymphadenitis among children. *Medicina (B. Aires)*. 2016;52(5):291-297. https://doi.org/10.1016/j.medici.2016.10.002
81. Shommu NS, Jenne CN, Blackwood J, Joffe AR, Martin D-A, Thompson GC, Vogel HJ. Metabolomic and inflammatory mediator based biomarker profiling as a potential novel method to aid pediatric appendicitis identification. *PLoS One*. 2018;13(3):e0193563. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193563
82. Tang J. Microbial Metabolomics. *Curr Genomics*. 2011;12(6):391-403. https://doi.org/10.2174/138920211797248619
83. Nicholson JK, Lindon JC, Holmes E. «Metabonomics»: understanding the metabolic responses of living systems to pathophysiological stimuli via multivariate statistical analysis of biological NMR spectroscopic data. *Xenobiotica*. 1999;29(11):1181-1189. https://doi.org/10.1080/004982599238047
84. Xia J, Sinelnikov IV, Han B, Wishart DS. MetaboAnalyst 3.0 — making metabolomics more meaningful. *Nucleic Acids Res*. 2015;43(W1):251-257. https://doi.org/10.1093/nar/gkv380
85. Allister L, Bachur R, Glickman J, Horwitz B. Serum Markers in Acute Appendicitis. *J Surg Res*. 2011;168(1):70-75. https://doi.org/10.1016/j.jss.2009.10.029
86. Mickiewicz B, Thompson GC, Blackwood J, Jenne CN, Winston BW, Vogel HJ, Joffe AR. Development of metabolic and inflammatory mediator biomarker phenotyping for early diagnosis and triage of pediatric sepsis. *Crit Care*. 2015;19(1):320. https://doi.org/10.1186/s13054-015-1026-2
87. Wang Y, Reen DJ, Puri P. Is a histologically normal appendix following emergency appendicectomy always normal? *Lancet*. 1996;347(9008):1076-1079. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)90279-2
88. Rafiq K, Charitidou L, Bullens DMA, Kasran A, Lorré K, Ceuppens JL, Van Gool SW. Regulation of the IL-10 Production by Human T Cells. *Scand J Immunol*. 2001;53(2):139-147. https://doi.org/10.1046/j.1365-3083.2001.00851.x
89. Smith PD, MacDonald TT, Blumberg RS, Society for Mucosal Immunology. *Principles of mucosal immunology.* 1st ed. New York: Garland Science, 2013.
90. Nahm CH, Choi JW, Lee J. Delta neutrophil index in automated immature granulocyte counts for assessing disease severity of patients with sepsis. *Ann Clin Lab Sci*. 2008;38(3):241-246.
91. Kratz A, Maloum K, O'Malley C, Zini G, Rocco V, Zelmanovic D, Kling G. Enumeration of Nucleated Red Blood Cells with the ADVIA 2120 Hematology System: An International Multicenter Clinical Trial. *Lab Hematol*. 2006;12(2):63-70.
92. Shin DH, Cho YS, Cho GC, Ahn HC, Park SM, Lim SW, Oh YT, Cho JW, Park SO, Lee YH. Delta neutrophil index as an early predictor of acute appendicitis and acute complicated appendicitis in adults. *World J Emerg Surg*. 2017;12(1):32. https://doi.org/10.1186/s13017-017-0140-7
93. Baumann LM, Williams K, Oyetunji TA, Grabowski J, Lautz TB. Optimal Timing of Postoperative Imaging for Complicated Appendicitis. *J Laparoendosc Adv Surg Tech*. 2018;28(10):1248-1252. https://doi.org/10.1089/lap.2018.0121
94. Atkinson P, Berry MV. Random noise in ultrasonic echoes diffracted by blood. *J Phys A Math Nucl Gen*. 1974;7(11):1293-1302. https://doi.org/10.1088/0305-4470/7/11/009
95. Wells PNT, Liang H-D. Medical ultrasound: imaging of soft tissue strain and elasticity. *J R Soc Interface*. 2011;8(64):1521-1549. https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0054
96. Manduca A, Oliphant TE, Dresner MA, Mahowald JL, Kruse SA, Amromin E, Felmlee JP, Greenleaf JF, Ehman RL. Magnetic resonance elastography: Non-invasive mapping of tissue elasticity. *Med Image Anal*. 2001;5(4):237-254. https://doi.org/10.1016/S1361-8415(00)00039-6
97. Mariappan YK, Glaser KJ, Ehman RL. Magnetic resonance elastography: A review. *Clin Anat*. 2010;23(5):497-511. https://doi.org/10.1002/ca.21006
98. Sarvazyan A, Hall JT, Urban WM, Fatemi M, Aglyamov RS, Garra SB. An Overview of Elastography-An Emerging Branch of Medical Imaging. *Curr Med Imaging Rev*. 2011;7(4):255-282. https://doi.org/10.2174/157340511798038684
99. Kapoor A, Kapoor A, Mahajan G. Real-time Elastography in Acute Appendicitis. *J Ultrasound Med*. 2010;29(6):871-877. https://doi.org/10.7863/jum.2010.29.6.871
100. Arslan H, Akdemir Z, Yavuz A, Gökçal F, Parlakgümüş C, İslamoglu N, Akdeniz H. Efficacy of Strain Elastography in Diagnosis and Staging of Acute Appendicitis in Pediatric Patients. *Med Sci Monit*. 2018;24:855-862. https://doi.org/10.12659/MSM.905927
101. Cha S-W, Kim IY, Kim YW. Quantitative Measurement of Elasticity of the Appendix Using Shear Wave Elastography in Patients with Suspected Acute Appendicitis. *PLoS One*. 2014;9(7):e101292. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101292
102. Gupta R, Sample C, Bamehriz F, Birch DW. Infectious complications following laparoscopic appendectomy. *Can J Surg*. 2006;49(6):397-400.
103. Tonolini M, Villa F, Ippolito S, Petullà M, Bianco R. Pictorial review of normal postoperative cross-sectional imaging findings and infectious complications following laparoscopic appendectomy. *Insights Imaging*. 2015;6(1):65-72. https://doi.org/10.1007/s13244-014-0369-6
104. Pinto Leite N, Pereira JM, Cunha R, Pinto P, Sirlin C. CT Evaluation of Appendicitis and Its Complications: Imaging Techniques and Key Diagnostic Findings. *Am J Roentgenol*. 2005;185(2):406-417. https://doi.org/10.2214/ajr.185.2.01850406
105. Singh A, Danrad R, Hahn PF, Blake MA, Mueller PR, Novelline RA. MR Imaging of the Acute Abdomen and Pelvis: Acute Appendicitis and Beyond. *RadioGraphics*. 2007;27(5):1419-1431. https://doi.org/10.1148/rg.275065021
106. Singh AK, Desai H, Novelline RA. Emergency MRI of acute pelvic pain: MR protocol with no oral contrast. *Emerg Radiol*. 2009;16(2):133-141. https://doi.org/10.1007/s10140-008-0748-8
107. Wang Y, Guo J, Xiong T, Wang F, Kou G, Ning H. The quality assessment of intraabdominal infection guidelines/consensuses in 2 decades — which are better and any changes? *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(50):e23643. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000023643

108. Giesen LJX, van den Boom AL, van Rossem CC, den Hoed PT, Wijnhoven BPL. Retrospective Multicenter Study on Risk Factors for Surgical Site Infections after Appendectomy for Acute Appendicitis. *Dig Surg*. 2017;34(2):103-107. https://doi.org/10.1159/000447647

109. Tsuji M, Puri P, Reen DJ. Characterisation of the Local Inflammatory Response in Appendicitis. *J Pediatr. Gastroenterol Nutr.* 1993;16(1):43-48. https://doi.org/10.1097/00005176-199301000-00008

110. Сажин А.В., Ивахов Г.Б., Страдымов Е.А., Петухов В.А. К вопросу о перитонеальной дисфункции при лапароскопической хирургии (сообщение 1). *Эндоскопическая хирургия*. 2019;25(1):61-68.
Sazhin AV, Ivakhov GB, Stradymov EA, Petukhov VA. To the question of peritoneal dysfunction in laparoscopic surgery (part 1). *Endoskopicheskaya khirurgiya*. 2019;25(1):61-68. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/endoskop20192501161

111. Сажин А.В., Ивахов Г.Б., Страдымов Е.А., Петухов В.А. К вопросу о перитонеальной дисфункции при лапароскопической хирургии (сообщение 2). *Эндоскопическая хирургия*. 2019;25(2):60-66.
Sazhin AV, Ivakhov GB, Stradymov EA, Petukhov VA. To the question of peritoneal dysfunction in laparoscopic surgery (part 2). *Endoskopicheskaya khirurgiya*. 2019;25(2):60-66. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/endoskop20192502160

112. Затевахин И.И., Сажин А.В., Кириенко А.И., Нечай Т.В., Тягунов А.Е., Титкова С.М., Ануров М.В., Федоров А.В., Ивахов Г.Б., Мельников-Макарчук К.Ю., Мареев П.В. Подходы к диагностике и лечению острого аппендицита в Российской Федерации. Результаты всероссийского опроса. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;8:5-16.
Zatevakhin II, Sazhin AV, Kirienko AI, Nechay TV, Tyagunov AE, Titkova SM, Anurov MV, Fedorov AV, Ivakhov GB, Melnikov-Makarchuk KYu, Mareev PV. Diagnostic and treatment approaches for acute appendicitis in the Russian Federation. Results of the all-Russian survey. *Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2020;8:5-16. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/hirurgia20200815

Поступила 19.01.2022
Received 19.01.2022
Принята к печати 02.03.2022
Accepted 02.03.2022