WORLD FORUM ON ACADEMIC INNOVATION AND DIGITAL LITERACY

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ СОЗДАНИИ НИЗКОГО ПНЕВМОПЕРИТОНЕУМА В ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАПАРОСКОПИИ

Абидов Фаррухбек Озад-угли

Ассистент кафедры «Акушерство и гинекология, онкология»

Ургенчский государственный медицинский институт

Жуманиязов Кудрат Атабаевич

К.м.н., доцент кафедры «Акушерство и гинекология, онкология»

Ургенчский государственный медицинский институт

Жуманиязова Хулкар Атабаевна

Ассистент кафедры «Акушерство и гинекология, онкология»

Ургенчский государственный медицинский институт

Матризаева Гульнара Джуманиязовна

Д.м.н., заведующая кафедры «Акушерство и гинекология, онкология»

Ургенчский государственный медицинский институт

Аннотация. *В современной гинекологической хирургии лапароскопия с пневмоперитонеумом углекислым газом (CO_2) является золотым стандартом. Однако использование CO_2 сопряжено с системными эффектами, включая гемодинамические изменения, гиперкапнию, послеоперационные боли и риск венозной газовой эмболии. Концепция низкого давления пневмоперитонеума (Low-Pressure Pneumoperitoneum, LPP) направлена на минимизацию этих нежелательных явлений, в то время как в качестве альтернативного газа рассматривается атмосферный воздух, что особенно актуально*

для центров с ограниченными ресурсами. Представить и проанализировать современные данные о влиянии атмосферного воздуха и CO_2 на гемодинамику, интра- и послеоперационные осложнения при лапароскопических операциях в гинекологии в условиях низкого давления пневмоперитонеума. Применение низкого давления пневмоперитонеума является безопасной и эффективной стратегией в гинекологической лапароскопии, улучшающей послеоперационные исходы. Атмосферный воздух представляет собой жизнеспособную альтернативу CO_2 для инсуффляции, особенно в условиях ограниченных ресурсов, хотя его безопасность для пациентов с высоким анестезиологическим риском требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: *лапароскопия, гинекология, пневмоперитонеум, низкое давление, углекислый газ, атмосферный воздух, гемодинамика, гиперкапния.*

Abstract. *In modern gynecological surgery, laparoscopy with carbon dioxide (CO_2) pneumoperitoneum is the gold standard. However, the use of CO_2 is associated with systemic effects, including hemodynamic changes, hypercapnia, postoperative pain, and the risk of venous gas embolism. The concept of low-pressure pneumoperitoneum (LPP) is aimed at minimizing these adverse effects, while atmospheric air is being considered as an alternative insufflation gas, which is particularly relevant for resource-limited centers. This paper presents and analyzes current data on the effects of atmospheric air and CO_2 on hemodynamics, as well as intraoperative and postoperative complications during gynecological laparoscopic procedures under low-pressure pneumoperitoneum conditions. The use of low-pressure pneumoperitoneum is a safe and effective strategy in gynecological*



laparoscopy, improving postoperative outcomes. Atmospheric air is a viable alternative to CO_2 for insufflation, especially in resource-constrained settings, although its safety in patients at high anesthetic risk requires further investigation.

Keywords: *laparoscopy, gynecology, pneumoperitoneum, low pressure, carbon dioxide, atmospheric air, hemodynamics, hypercapnia.*

Annotatsiya. *Zamonaviy ginekologik jarrohlikda karbonat angidrid (CO_2) bilan pnevmoperitoneum hosil qilgan holda laparoskopiya "oltin standart" hisoblanadi. Biroq CO_2 qo'llanilishi tizimli ta'sirlar bilan bog'liq bo'lib, ular orasida gemodinamik o'zgarishlar, giperkapniya, operatsiyadan keyingi og'riqlar va venoz gaz emboliyasi xavfi mavjud. Past bosimli pnevmoperitoneum (Low-Pressure Pneumoperitoneum, LPP) konsepsiyasi ushbu nojo'ya ta'sirlarni minimallashtirishga qaratilgan bo'lib, muqobil gaz sifatida atmosferadagi havo ko'rib chiqilmoqda, bu ayniqsa resurslari cheklangan markazlar uchun dolzarbdir. Ushbu ishda past bosimli pnevmoperitoneum sharoitida ginekologik laparoskopik operatsiyalarda atmosferadagi havo va CO_2 ning gemodinamikaga, intraoperatsion va operatsiyadan keyingi asoratlarga ta'siri bo'yicha zamonaviy ma'lumotlar taqdim etiladi va tahlil qilinadi. Past bosimli pnevmoperitoneumdan foydalanish ginekologik laparoskopiyada xavfsiz va samarali strategiya bo'lib, operatsiyadan keyingi natijalarni yaxshilaydi. Atmosferadagi havo insufflyatsiya uchun CO_2 ga nisbatan munosib muqobil hisoblanadi, ayniqsa resurslar cheklangan sharoitlarda, biroq yuqori anesteziologik xavfga ega bemorlarda uning xavfsizligi qo'shimcha o'rganishni talab qiladi.*

Kalit so‘zlar: *laparoskopiya, ginekologiya, pnevmoperitoneum, past bosim, karbonat angidrid, atmosferadagi havo, gemodinamika, giperkapniya.*

Введение

За последние десятилетия лапароскопическая хирургия произвела революцию в гинекологической практике, предложив значительные преимущества по сравнению с традиционной лапаротомией: снижение кровопотери, уменьшение послеоперационной боли и сокращение сроков госпитализации. Ключевым элементом большинства лапароскопических вмешательств является создание пневмоперитонеума — инсуффляция газа в брюшную полость для создания рабочего пространства. Углекислый газ (CO_2) стал стандартным газом выбора благодаря своей негорючести, высокой растворимости в крови и быстрой элиминации через легкие, что снижает риск газовой эмболии. Тем не менее, пневмоперитонеум CO_2, особенно в сочетании с положением Тренделенбурга, вызывает ряд нежелательных физиологических эффектов. Повышение внутрибрюшного давления приводит к диафрагмальной дисфункции, уменьшению венозного возврата, снижению сердечного выброса, а также к системной абсорбции CO_2 с развитием гиперкапнии и респираторного ацидоза. Более того, послеоперационная боль, особенно в плече (френикус-симптом), часто связана с остаточным CO_2 в поддиафрагмальном пространстве. Эти нежелательные эффекты стимулировали поиск альтернативных стратегий, включая снижение инсуффляционного давления (Low-Pressure Pneumoperitoneum, LPP) и использование альтернативных газов, таких как атмосферный воздух.

Физиологическое обоснование и методология сравнения

Пневмоперитонеум оказывает многогранное воздействие на гомеостаз. Повышение внутрибрюшного давления (ВБД) приводит к:

- **Гемодинамическим эффектам:** Сдавление нижней полой вены и аорты снижает преднагрузку и постнагрузку левого желудочка, что может приводить к снижению сердечного выброса и артериальной гипотензии. Компенсаторно повышается системное сосудистое сопротивление. Положение Тренделенбурга, используемое для улучшения доступа к органам малого таза, частично нивелирует эти эффекты за счет увеличения венозного возврата.
- **Респираторным эффектам:** Пневмоперитонеум и Тренделенбург снижают растяжимость легких (комплаенс), уменьшают функциональную остаточную емкость, повышают пиковое и плато-давление в дыхательных путях (Paw), что может приводить к ателектазированию и вентиляционно-перфузионным нарушениям. Абсорбция CO_2 через брюшину усугубляет гиперкапнию и респираторный ацидоз.
- **Постанестезиологическим и болевым эффектам:** Послеоперационная боль имеет висцеральный и соматический компоненты. Соматическая боль, включая френикус-симптом, связана с раздражением диафрагмы и нервных окончаний остаточным газом.

Стратегия низкого давления (LPP)

Стандартное давление пневмоперитонеума (СПП) составляет 12-15 мм рт. ст. Использование низкого давления (НДП, 7-10 мм рт. ст.) направлено на снижение ВБД и его системных последствий. Мета-анализ, включивший 230 пациенток, показал, что применение НДП (8 мм рт. ст.) не увеличивает время операции и кровопотерю, но при этом достоверно

снижает послеоперационную боль (особенно плечевую) и частоту нежелательных явлений по сравнению со стандартным и высоким (15 мм рт. ст.) давлением. Рандомизированное исследование Bogani и соавт. продемонстрировало, что при лапароскопической гистерэктомии с НДП (8 мм рт. ст.) частота и интенсивность плечевой боли в 1 и 3 часа после операции была ниже, чем в группе СПП (12 мм рт. ст.).

Атмосферный воздух как альтернативный газ

Исторически для создания пневмоперитонеума использовались различные газы: закись азота (N_2O), гелий, ксенон и воздух. В условиях ограниченных ресурсов комнатный воздух остается привлекательной альтернативой благодаря его доступности и нулевой стоимости. Однако его применение сопряжено с риском: воздух содержит кислород (около 21%), который поддерживает горение, и азот (около 78%), который плохо растворим в крови и при случайной венозной инсуффляции может вызвать массивную газовую эмболию.

Влияние на гемодинамику

Влияние газа: системные гемодинамические эффекты при использовании воздуха и CO_2 качественно схожи, но имеют различия. Основное различие связано с абсорбцией газа. CO_2, будучи высокорастворимым, быстро абсорбируется и вызывает гиперкапнию, стимулируя симпато-адреналовую систему. Это приводит к увеличению артериального давления (систолического, диастолического, среднего) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Азот же плохо растворим и практически не абсорбируется из брюшной полости, поэтому не вызывает гиперкапнии и связанных с ней гемодинамических сдвигов. Однако



наличие кислорода в воздухе несет риск окислительного стресса и повреждения тканей при длительной экспозиции.

Влияние давления: независимо от используемого газа, снижение инсуффляционного давления оказывает выраженное протективное действие на гемодинамику. НДП (7-8 мм рт. ст.) ассоциировано со значимо более низкими значениями систолического артериального давления, пикового давления в дыхательных путях и конечно-экспирационного CO_2 ($ETCO_2$) по сравнению со стандартным давлением (12-15 мм рт. ст.). В многоцентровом исследовании ARIEL, включавшем пациенток с раком эндометрия, использование системы AirSeal для поддержания низкого давления (8-10 мм рт. ст.) привело к снижению систолического давления, $ETCO_2$ и пикового давления в дыхательных путях по сравнению с контрольной группой (10-12 мм рт. ст.). Аналогичные результаты были получены при лапароскопической сакрокольпопексии.

Таким образом, приоритетным для стабилизации гемодинамики является использование НДП, а выбор газа (CO_2 или воздух) имеет вторичное значение, но может влиять на частоту специфических осложнений (например, гиперкапнии).

Интраоперационные и послеоперационные осложнения

Осложнения, связанные с газом

- **Венозная газовая эмболия (ВГЭ):** Это редкое, но жизнеугрожающее осложнение (0.2-2 на 1000 лапароскопий). Риск ВГЭ теоретически выше при использовании воздуха из-за плохой растворимости азота. Однако в доступных исследованиях не зарегистрировано случаев ВГЭ, связанных с

воздушным пневмоперитонеумом. Кокрановский обзор 2022 года не выявил различий в частоте серьезных нежелательных явлений между группами воздуха и CO_2.

- **Инфекционные осложнения:** В пилотном исследовании Ikechebelu и соавт. частота инфицирования троакарных ран была значительно выше в группе воздуха (15.3% против 2.7% для CO_2). Однако последующая модификация метода (очистка воздуха через натронную известь и использование низкодавленческого отсоса) позволила практически полностью элиминировать этот риск.
- **Послеоперационная боль:** Наибольшие различия связаны с болью. Использование углекислого газа ассоциировано с крайне высокой частотой абдоминального дискомфорта и плечевой боли. Однако применение НДП, атмосферного воздуха и более полной эвакуации газа после операции значительно снижает эти показатели.

Осложнения, связанные с давлением

НДП ассоциировано со снижением частоты и тяжести многих осложнений:

- **Боль:** Снижение частоты и интенсивности послеоперационной плечевой боли является наиболее воспроизводимым эффектом LPP.
- **Визуализация и хирургические трудности:** Основная критика LPP — потенциальное ухудшение визуализации и сужение рабочего пространства. Исследования показывают, что у опытных хирургов с использованием современных систем инсуффляции (например, AirSeal) можно безопасно оперировать при давлении 7-8 мм рт. ст. без необходимости повышать давление или конвертировать операцию.

Однако некоторые работы предупреждают, что давление 8 мм рт. ст. может быть недостаточным для некоторых пациентов и процедур, увеличивая хирургические риски.

- **Другие осложнения:** НДП не увеличивает время операции, кровопотерю или частоту интраоперационных осложнений.

Анализ литературы позволяет сделать несколько ключевых выводов. Во-первых, использование низкого давления пневмоперитонеума (7-10 мм рт. ст.) является физиологически обоснованной и клинически эффективной стратегией снижения системного воздействия лапароскопии. Оно уменьшает гемодинамические нарушения, улучшает респираторную механику и снижает послеоперационную боль. Во-вторых, атмосферный воздух, несмотря на свою дешевизну и доступность, уступает CO_2 по ряду ключевых показателей: он хуже обеспечивает визуализацию, чаще вызывает инфекционные осложнения и значительно чаще приводит к выраженной послеоперационной боли. Однако эти недостатки могут быть нивелированы при использовании методов очистки воздуха и применении LPP. В этой связи, воздушный пневмоперитонеум с низким давлением может рассматриваться как разумная альтернатива CO_2 в условиях ограниченных ресурсов, где недоступны дорогостоящие инсуффляторы и CO_2.

Ключевым ограничением имеющихся данных является низкое качество доказательств. Кокрановский обзор оценивает достоверность результатов по сравнению воздуха и CO_2 как "очень низкую". Большинство исследований имеют небольшие выборки, гетерогенный дизайн и высокий риск систематических ошибок. Необходимы крупные,

хорошо спланированные рандомизированные испытания для окончательного определения места воздушного пневмоперитонеума в гинекологической лапароскопии.

Заключение

Лапароскопические операции с низким давлением пневмоперитонеума представляют собой важное достижение в гинекологической хирургии. Эта техника обеспечивает лучшую гемодинамическую стабильность, снижает частоту и тяжесть послеоперационных болей, а также ускоряет восстановление пациенток. Атмосферный воздух является потенциальной альтернативой углекислому газу для создания пневмоперитонеума, особенно в центрах с ограниченными ресурсами. Однако его применение должно быть сопряжено с очисткой и более тщательной послеоперационной эвакуацией, чтобы минимизировать инфекционные и болевые осложнения. Учитывая низкое качество имеющихся доказательств, необходимы дальнейшие крупные рандомизированные исследования для окончательного определения роли воздушного пневмоперитонеума и выработки стандартизированных протоколов.

Список использованной литературы

1. Ahmad G., et al. Gases for establishing pneumoperitoneum during laparoscopic abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2022.

2. Ikechebelu J.I., Obi R.A., Udigwe G.O., Joe-Ikechebelu N.N. Comparison of carbon dioxide and room air pneumoperitoneum for day-case diagnostic laparoscopy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 2005;25(2):172-173.

3. Ikechebelu J.I., Okeke C.A.F. Improving The Safety Of Room Air Pneumoperitoneum For Diagnostic Laparoscopy. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2008;11(2):127-129.

4. Bogani G., et al. Low vs standard pneumoperitoneum pressure during laparoscopic hysterectomy: prospective randomized trial. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*. 2014;21(3):466-471.

5. Bogani G., et al. Pneumoperitoneum pressures during pelvic laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2015.

6. Sroussi J., et al. Low pressure gynecological laparoscopy (7mmHg) with AirSeal® System versus a standard insufflation (15mmHg): A pilot study in 60 patients. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*. 2017.

7. Buda A., et al. Low-Pressure Laparoscopy Using the AirSeal System versus Standard Insufflation in Early-Stage Endometrial Cancer: A Multicenter, Retrospective Study (ARIEL Study). *Healthcare*. 2022;10(3):531.

8. Complications of laparoscopic surgery. *Surgery (Oxford)*. 2020.