



Сравнение эффективности применения высокопоточной инсuffляции кислорода и постоянного положительного давления во время однолегочной вентиляции при видеоторакоскопических операциях

А. Г. ФАРШАТОВ^{1,2}, Е. Н. ЕРШОВ¹, А. В. ЩЕГОЛЕВ¹

¹ Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, РФ

² Городской клинический онкологический диспансер, Санкт-Петербург, РФ

РЕЗЮМЕ

Изоляция одного легкого приводит к нарушениям вентиляционно-перфузионных отношений, увеличению внутрилегочного шунтирования, что в ряде случаев приводит к клинически значимой гипоксемии.

Цель – сравнить эффективность коррекции гипоксемии и удобство работы хирургов в условиях однолегочной вентиляции при использовании высокопоточной инсuffляции кислорода и постоянного положительного давления (Continuous Positive Airway Pressure – CPAP) в невентируемом легком во время видеоторакоскопических операций.

Материалы и методы. В исследование включены 60 пациентов, перенесших видеоторакоскопическую лобэктомию. Все исследуемые были разделены и рандомизированы на 2 группы: в 1 группу вошли пациенты, которым для коррекции гипоксемии использовали высокопоточную инсuffляцию кислорода (ВПИ) в невентируемое легкое, а во 2 – CPAP в невентируемое легкое. Исследование было разделено на 4 этапа: I этап – двухлегочная вентиляция; II этап – однолегочная вентиляция. На III этапе для коррекции гипоксемии в 1 группе применяли ВПИ 60 л/мин ($FiO_2 = 0,5$) в невентируемое легкое, во 2 группе CPAP = 5 см водн. ст. в невентируемое легкое. На IV этапе для коррекции гипоксемии в 1 группе применяли ВПИ 30 л/мин ($FiO_2 = 0,5$) в невентируемое легкое, во 2 группе CPAP = 2 см водн. ст. в невентируемое легкое. На исследовательских этапах регистрировали следующие параметры: PaO_2 , $PaCO_2$, SpO_2 , Q_s/Q_t и степень удовлетворенности хирургической бригады коллапсом легкого по 10-балльной визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

Результаты. Исходно на I и II этапах между 2 группами не было выявлено статистически значимых различий по таким показателям, как PaO_2 , $PaCO_2$, SaO_2 , SpO_2 ($p > 0,05$). Начиная с III этапа выявлена статистически значимая разница между 2 группами по параметру PaO_2 (U 26,0; Z = -6,27; $p < 0,001$). В 1 группе он составил 134,5 (126,0; 141,75), во 2-й группе – 108,5 (104,0; 114,5). На IV этапе PaO_2 в 1 группе было выше: 118,5 (113,0; 122,25) против 92,5 (89,0; 98,25) во 2 группе (U 0,0; Z = -6,66; $p < 0,001$). При сравнении $PaCO_2$ между 2 группами не было выявлено статистически значимых различий на всех этапах ($p > 0,05$). При сравнении SaO_2 на I (U 450,0; Z = 0,0; $p = 1,0$), II (U 422,5; Z = -0,4; $p = 0,69$), III (U 339,0; Z = -1,8; $p = 0,69$) этапах не было выявлено статистически значимой разницы между 2 группами. Однако на IV этапе данная величина была выше (97 (96; 97)) в 1 группе, чем во 2 группе (94 (94; 95)), U 69,5; Z = -5,75; $p < 0,001$. При сравнении SpO_2 между 2 группами не было выявлено статистических различий на всех этапах ($p > 0,05$). При сравнении 2 групп по показателю Q_s/Q_t не было выявлено статистически значимых различий на первых 3 этапах ($p > 0,05$). При сравнении Q_s/Q_t на IV этапе были выявлены статистически значимые различия (U 69,0; Z = -5,6; $p < 0,001$). В 1 группе данный параметр составил 10,7 % (9,5; 15,7), во 2 группе – 21,3 % (18,4; 23,9). При оценке удовлетворенности хирургической бригадой визуализации операционного поля по ВАШ были выявлены статистически значимые различия между 1 и 2 группами на III этапе ($p < 0,001$) и IV этапе ($p < 0,001$). В 1 группе степень удовлетворенности была значимо выше.

Выводы. Применение высокопоточной инсuffляции кислорода при однолегочной вентиляции во время видеоторакоскопических операций позволяет эффективно корригировать гипоксемию так же, как и метод CPAP, но, в отличие CPAP, может обеспечить комфортные условия для выполнения хирургического вмешательства.

Ключевые слова: однолегочная вентиляция легких, гипоксемия, высокопоточная инсuffляция кислорода, постоянное положительное давление, ВТС

Для цитирования: Фаршатов А. Г., Ершов Е. Н., Щеголев А. В. Сравнение эффективности применения высокопоточной инсuffляции кислорода и постоянного положительного давления во время однолегочной вентиляции при видеоторакоскопических операциях // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 20–26. DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26.

Comparison of the efficacy of high-flow oxygen insufflations and continuous positive airway pressure during one-lung ventilation undergoing video-assisted thoracoscopic surgery

ALBERT G. FARSHATOV^{1,2}, EVGENIY N. ERSHOV¹, ALEKSEY V. SHCHEGOLEV¹

¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg City Clinical Oncology Center, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

Isolation of one-lung leads to ventilation-perfusion mismatch and increases intrapulmonary shunt, which in some cases may lead to clinically significant hypoxemia.

The **objective** was to compare the efficacy of hypoxemia correction and the convenience of surgical work during one-lung ventilation with the use of high-flow oxygen insufflation (HFI) and continuous positive airway pressure (CPAP) in the non-ventilated lung during video-assisted thoracoscopic surgery (VATS).

Materials and methods. The study included 60 patients who underwent surgical intervention in the form of VATS lobectomy. All studied patients were randomly divided into two groups: group 1 included patients who received HFI into non-ventilated lung to correct hypoxemia, and group 2 – CPAP into non-ventilated lung. The study was divided into four stages. Stage I – two-lung ventilation. Stage II – one-lung ventilation. At stage III, HFI of 60 L/min ($FiO_2 = 0,5$) into non-ventilated lung was used to correct hypoxemia in group 1, and CPAP of 5 cm H_2O into non-ventilated lung was used in group 2. At stage IV, HFI of 30 L/min ($FiO_2 = 0,5$) into non-ventilated lung was used to correct hypoxemia in group 1, and CPAP

of 2 cm H₂O into non-ventilated lung was used in group 2. The following parameters were recorded during the stages of the study: PaO₂, PaCO₂, SpO₂, Qs/Qt, and surgical team satisfaction with lung collapse by 10-point visual analogue scale (VAS).

Results. At stages I and II, there was no statistically significant difference between groups in such parameters as PaO₂, PaCO₂, SaO₂, and SpO₂ ($p > 0.05$). Starting from stage III, a statistically significant difference between the two groups was found for a parameter PaO₂ (U 26.0; Z = -6.27; $p < 0.001$). For group 1, it was equal to 134.5 (126.0; 141.75) and for group 2 – 108.5 (104.0; 114.5) correspondingly. At stage IV, the values of PaO₂ were higher in group 1: 118.5 (113.0; 122.25) vs 92.5 (89.0; 98.25) in group 2 (U 0.0; Z = -6.66; $p < 0.001$). When comparing PaCO₂ between the two groups, there were no statistically significant differences at all stages ($p > 0.35$). When comparing SaO₂ at stages I (U 450.0; Z = 0.0; $p = 1.0$), II (U 422.5; Z = -0.4; $p = 0.69$), III (U 339.0; Z = -1.8; $p = 0.69$), no statistically significant differences were indicated between the two groups. However, at stage IV, the value of SaO₂ was higher (97 (96; 97)) in group 1 than in group 2 (94 (94; 95)), U 69.5; Z = -5.75; $p < 0.001$. When comparing SpO₂ between the two groups, there was no statistical difference at all stages ($p > 0.69$). Comparing the two groups by such indicator as Qs/Qt, no statistically significant differences were found at the first three stages ($p > 0.4$). A comparison of Qs/Qt at stage IV revealed statistically significant differences (U 69.0; Z = -5.6; $p < 0.001$). This parameter was equal to 10.7% (9.5; 15.7) in group 1 and 21.3% (18.4; 23.9) in group 2 correspondingly. When assessing surgical team satisfaction levels with surgical field visualization by VAS, there were statistically significant differences between group 1 and group 2 at stage III ($p < 0.001$) and stage IV ($p < 0.001$). The satisfaction level was significantly higher in group 1.

Conclusions. The usage of high-flow oxygen insufflation during one-lung ventilation undergoing VATS allows to effectively correcting hypoxemia similar to the CPAP method, but as opposed to CPAP, it can provide comfortable conditions for carrying out the surgical procedures.

Key words: one-lung ventilation, hypoxemia, high-flow oxygen insufflation, continuous positive airway pressure, VATS

For citation: Farshatov A. G., Ershov E. N., Shchegolev A. V. Comparison of the efficacy of high-flow oxygen insufflations and continuous positive airway pressure during one-lung ventilation undergoing video-assisted thoracoscopic surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2023, Vol. 20, № 3, P. 20–26. (In Russ.). DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26.

Для корреспонденции:

Альберт Галимович Фаршатов
E-mail: albert.farshatov@gmail.com

Correspondence:

Albert G. Farshatov
E-mail: albert.farshatov@gmail.com

Введение

Однолегочная вентиляция (ОЛВ) является «золотым стандартом» при выполнении видеоторакоскопических (ВТС) оперативных вмешательств на органах грудной полости [17, 19]. При этом оптимальный хирургический доступ обеспечивается за счет коллапса легкого [4, 15]. Общепринятой методикой раздельной вентиляции легких является интубация двухпросветной эндотрахеальной трубкой [5]. Однако изоляция одного легкого приводит к нарушениям вентиляционно-перфузионных отношений, увеличению внутрилегочного шунтирования, что в ряде случаев приводит к клинически значимой гипоксемии. По данным некоторых исследователей, данное осложнение развивается в 5–10% случаев [12].

Гипоксемия, несмотря на относительно небольшой процент ее возникновения, может представлять существенную проблему, влияющую как на безопасность пациента во время анестезии, результаты операции, так и на частоту послеоперационных осложнений [9, 12, 17]. При гипоксемии во время ОЛВ снижается доставка кислорода, что может привести к повреждению жизненно важных органов, в том числе миокарда. Критические последствия могут проявиться у пациентов с ишемической болезнью сердца [12].

Для решения этой проблемы существует несколько методов, применение которых способствует улучшению вентиляционно-перфузионных отношений. Одним из первых методов в качестве дополнительной оксигенации была предложена инсуффляция увлажненного кислорода в невентилируемое легкое [15]. Несмотря на хорошие результаты, данный подход не получил широкого распространения, так как при его применении прежде всего невозможно контролировать фракцию подаваемой кислородной смеси [10].

В клинической практике устоявшимся способом обеспечения оксигенации при ОЛВ является подача

кислорода с постоянным положительным давлением в независимое легкое [1, 2]. Независимое легкое постепенно раздувается потоком кислорода, создавая в дыхательных путях постоянное положительное давление за счет клапана давления. В англоязычной литературе этот метод известен как СРАР (Continuous Positive Airway Pressure). Хотя данная методика широко применяется во многих клиниках, однозначного мнения относительно эффективности ее применения до сих пор нет. Ряд авторов предлагает использовать методику постоянного положительного давления независимого легкого в широких пределах давления от 5 до 20 см водн. ст. [13]. Однако, по мнению других авторов, использование высоких уровней постоянно положительного давления в независимом легком (15–20 см водн. ст.) для улучшения оксигенации не имеет преимуществ по сравнению с более низким уровнем (5–10 см водн. ст.). Применение положительного давления в 15–20 см водн. ст. приводит к сильному раздуванию независимого легкого и нарушает условия для выполнения хирургического вмешательства [14].

Альтернативным современным методом для коррекции гипоксемии при ОЛВ может являться высокопоточная инсуффляция кислорода (ВПИ). По мнению отечественных и зарубежных авторов, ВПИ хорошо зарекомендовала себя в лечении дыхательной недостаточности при пневмониях, отлучении от длительной респираторной поддержки, а также снижала риски повторной интубации после экстубации [3, 11, 16]. В феврале 2019 г. в *Journal of Anesthesia & Clinical Research* A. Duwat et al. [7] опубликовали клиническое наблюдение 11 пациентов, которым была применена ВПИ кислорода как средство коррекции гипоксемии во время ОЛВ. В журнале «Анестезиология и реаниматология» в октябре 2022 г. была опубликована работа об использовании ВПИ кислорода в невентилируемом

легкое при ОЛВ, которая показала эффективную коррекцию гипоксемии при видеоторакоскопических вмешательствах [6]. На основании вышеизложенного целесообразно определить место ВПИ для коррекции гипоксемии при ОЛВ и сравнить применение ВПИ с уже существующими методами.

Цель исследования – сравнить эффективность коррекции гипоксемии и удобство работы хирургов в условиях однологочной вентиляции при использовании высокопоточной инсуффляции кислорода и постоянного положительного давления в невентируемом легком во время видеоторакоскопических операций.

Материалы и методы

Исследование одобрено независимым этическим комитетом при ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ (выписка из протокола № 246 от 22 декабря 2020 г.) и проводилось на базе СПб ГБУЗ «Городской клинический онкологический диспансер».

Было выполнено 67 ВТС оперативных вмешательств. Возраст исследуемых – от 51 до 72 лет ($62,1 \pm 5,2$ лет). Пациентам выполняли ВТС лобэктомии по поводу злокачественных образований периферического бронха $T_{1-2}N_0M_0$. У кандидатов на участие в исследовании оценивали физиологический статус по классификации Американского общества анестезиологов, выполняли электрокардиографию, исследование функции внешнего дыхания.

Критерием включения в исследование служили: возраст старше 18 лет; оперативные вмешательства в виде ВТС лобэктомий; десатурация во время анестезии в течение 15 мин ОЛВ – менее 88% на фоне ИВЛ с FiO_2 1,0.

Критериями невключения считали: возраст старше 75 лет; функциональный статус больше II класса по шкале ASA; декомпенсированная дыхательная недостаточность в предоперационном периоде ($O_{FV_1}/F_{ЖЕЛ} < 25\%$); отказ пациента от участия в исследовании.

Критерии исключения: расширение оперативного вмешательства (билобэктомия/пневмонэктомия); нестабильность гемодинамики ($САД < 60$ мм рт. ст.); вынужденная двухлегочная вентиляция (продолжительная десатурация после 15 мин, несмотря на дополнительную оксигенацию).

В ходе исследования из-за расширения оперативного вмешательства были исключены 7 пациентов. Итоговое число пациентов, включенных в анализ, составило 60 (рис. 1).

Структура оперативных вмешательств:

- 1) левосторонняя верхняя лобэктомия – 6 (10%);
- 2) левосторонняя нижняя лобэктомия – 6 (10%);
- 3) правосторонняя верхняя лобэктомия – 16 (26,7%);
- 4) правосторонняя средняя и нижняя лобэктомии – по 16 (по 26,7%).

Всем пациентам осуществляли катетеризацию правой внутренней яремной вены интрадьюсером

7 Fr. Катетеризировали лучевую артерию с целью забора артериальной крови на исследование газового состава и инвазивного измерения артериального давления. Производили пункцию и катетеризацию эпидурального пространства на уровне Th_5-Th_6 . Катетер заводили на 4–5 см в краниальном направлении. Катетеризацию легочной артерии осуществляли с помощью катетера Swan – Ganz, который заводили через интрадьюсер в правой внутренней яремной вене под контролем кривой инвазивного давления по монитору Philips IntelliVue MP 30. Установку катетера Swan-Ganz осуществляли с целью забора смешанной венозной крови из легочной артерии для оценки фракции шунта в легких на исследуемых этапах. Индукцию анестезии проводили внутривенным введением пропофола в дозировке 2 мг/кг, фентанила 3,0 мкг/кг, рокурония бромидом 0,6 мг/кг. Выполняли прямую последовательную ларингоскопию и интубацию трахеи: а) установку двухпросветной трубки (ДПТ); б) верификацию правильности установки с применением видеобронхоскопа.

Подбор размера ДПТ осуществляли согласно представленной производителем рекомендации: женщинам с ростом ниже 160 см – 35 Fr; выше 160 см – 37 Fr; мужчинам ниже 170 см – 39 Fr, выше 170 см – 41 Fr. Поддержание анестезии: севофлуран 2–3 об. %. Искусственную вентиляцию проводили наркозно-дыхательным аппаратом Draeger Primus (Германия) в режиме VC-CMV. Дыхательный объем устанавливали из расчета 4–6 мл/кг, а частоту дыхания – для достижения $PetCO_2$ 35–45 мм рт. ст., постоянное положительное давление в конце выдоха 5 см водн. ст., FiO_2 в подаваемой воздушной смеси начинали с 0,5. Поддержание анальгезии: продленная эпидуральная блокада раствором ропивакаина в дозировке 12–20 мг/ч.

Все пациенты были разделены и рандомизированы на 2 группы: в 1 группу вошли пациенты, которым для коррекции гипоксемии использовали ВПИ в невентируемое легкое, а во 2 – СРАР в невентируемое легкое. Исследование было разделено на 4 этапа: I этап – двухлегочная вентиляция; II этап – однологочная вентиляция. На III этапе для коррекции гипоксемии: в 1 группе применяли ВПИ 60 л/мин (FiO_2 0,5) в невентируемое легкое; во 2 группе – СРАР 5 см водн. ст. (FiO_2 1,0, поток кислорода 6 л/мин) в невентируемое легкое.

На IV этапе для коррекции гипоксемии в 1 группе применяли ВПИ 30 л/мин (FiO_2 0,5) в невентируемое легкое; во 2 группе – СРАР 2 см водн. ст. (FiO_2 1,0, поток кислорода 6 л/мин) в невентируемое легкое (рис. 1).

В 1 группе ВПИ кислорода подавалась в контур ДПТ в независимое легкое через трахеостомический переходник ОРТ870 (рис. 2). После 15 мин ВПИ со скоростью 60 л/мин производили забор артериальной, венозной, смешанной венозной крови для анализа газового состава. Далее поток ВПИ снижался до 30 л/мин, и после 15 мин ВПИ производили забор артериальной, венозной, смешанной венозной крови для анализа газового состава.



Рис. 1. Схема рандомизации и формирования групп исследования
 Fig. 1. Scheme of randomization and formation of study groups

Во 2 группе CPAP применяли в виде дыхательного мешка CPAP ASSEMBLY 85006 X5 (Medtronic, COVIDIEN) в невентилируемое легкое через трахеальный конец ДПТ (рис. 3). После 15 мин CPAP 5 см H₂O производили забор артериальной, венозной, смешанной венозной крови для анализа газового состава. Далее CPAP уменьшали до 2 см H₂O и после 15 мин CPAP, производили забор артериальной, венозной, смешанной венозной крови для анализа газового состава.

На всех исследовательских этапах в 1 и во 2 группах регистрировали и вычисляли следующие показатели:

- 1) парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO₂);
- 2) парциальное давление углекислого газа в артериальной крови (PaCO₂);
- 3) сатурацию артериальной крови (SaO₂);
- 4) данные пульсоксиметрии (SpO₂);
- 5) парциальное давление кислорода в венозной крови (PcvO₂);
- 6) парциальное давление углекислого газа в венозной крови (PcvCO₂);
- 7) сатурацию центральной венозной крови (ScvO₂);
- 8) парциальное давление кислорода смешанной венозной крови (PvO₂);
- 9) парциальное давление углекислого газа смешанной венозной крови (PvCO₂);
- 10) сатурацию смешанной венозной крови (SvO₂);
- 11) фракцию внутрилегочного шунтирования (Qs/Qt).

Фракцию внутрилегочного шунтирования (Qs/Qt) рассчитывали на основании полученных данных по формуле: $Qs/Qt = (CcO_2 - CaO_2) / (CcO_2 - CvO_2) \cdot 100\%$, где CaO₂ – содержание кислорода в артериальной крови; CvO₂ – содержание кислорода



Рис. 2. Применение ВПИ через ДПТ при проведении ОЛВ с помощью трахеостомического переходника
 Fig. 2. Application of HFI through a DLT for OLV with a tracheostomy adapter

в смешанной венозной крови; CcO₂ – содержание кислорода в легочной капиллярной крови; Qt – сердечный выброс; Qs – фракция шунта.

Иные расчеты осуществляли следующим образом:
 $CaO_2 = 1,34 \cdot Hb \cdot SaO_2 + 0,0031 \cdot PaO_2$,
 где 1,34 – коэффициент Гюфнера; Hb – содержание гемоглобина в 100 мл крови; SaO₂ – сатурация артериальной крови; показатель 0,0031 – свободный растворенный кислород в плазме крови; PaO₂ – парциальное напряжение кислорода в артериальной крови.

$CvO_2 = 1,34 \cdot Hb \cdot SvO_2 + 0,0031 \cdot PvO_2$,
 где SvO₂ – сатурация смешанной венозной крови; PvO₂ – парциальное напряжение кислорода в смешанной крови.

$$CvO_2 = (1,34 \cdot Hb) + (0,0031 \cdot PaO_2),$$



Рис. 3. Применение дыхательного мешка CPAP через ДЛТ при проведении ОЛВ

Fig. 3. Application of CPAP breathing bag through a DLT for OLV

где SaO_2 – сатурация легочной капиллярной крови; PaO_2 – парциальное напряжение кислорода в легочной капиллярной крови.

Поскольку специфических шкал для оценки удовлетворенности хирургом визуализации операционного поля не существует, оперирующей бригаде было предложено оценивать «степень раздутия легкого» по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) в диапазоне от «0» – «идеальные условия для проведения видеоторакоскопического вмешательства», до «10» – «невозможно выполнить видеоторакоскопию». Оценку по ВАШ осуществляли в 1 и 2 группах на III и IV этапах исследования.

Статистический анализ произведен с помощью программы статистической обработки данных SPSS 23. Все пациенты были рандомизированы на 2 группы методом конвертов. При оценке характера распределения в совокупности по выборочным данным применяли тест Колмогорова – Смирнова. Для сравнения исследуемых показателей 1 и 2 групп на всех этапах применяли непараметрический метод Манна – Уитни для несвязанных выборок. Данные представлены в виде медианы 1 и 3 квартилей. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

Исходно на I и II этапах между группами не было выявлено статистических значимых различий по таким показателям как PaO_2 , $PaCO_2$, SaO_2 , SpO_2 ($p > 0,05$).

Начиная с III этапа обнаружена статистически значимая разница между группами по PaO_2 ($U 26,0$; $Z = -6,27$; $p < 0,001$). В 1 группе (с применением ВПИ) он составил 134,5 (126,0; 141,75), во 2 группе (с применением CPAP) – 108,5 (104,0; 114,5).

На IV этапе PaO_2 в 1-й группе было выше: 118,5 (113,0; 122,25) против 92,5 (89,0; 98,25) во 2 группе ($U 0,0$; $Z = -6,66$; $p < 0,001$).

При сравнении $PaCO_2$ между 2 группами не было выявлено статистических значимых различий на всех этапах исследования ($p > 0,05$).

При сравнении SaO_2 на I ($U 450,0$; $Z = 0,0$; $p = 1,0$), II ($U 422,5$; $Z = -0,4$; $p = 0,69$), III ($U 339,0$; $Z = -1,8$; $p = 0,69$) этапах не было выявлено статистически значимых различий между группами. Однако на IV этапе данная величина была выше (97 (96; 97)) в 1 группе, чем во 2 группе (94 (94; 95)), $U 69,5$; $Z = -5,75$; $p < 0,001$.

При сравнении SpO_2 между группами не было выявлено статистических различий на всех этапах ($p > 0,05$).

Сравнение 1 и 2 групп по такому показателю, как Q_s/Q_t , на I, II и III этапах исследования не показало наличия статистически значимых различий ($p > 0,05$). При сравнении Q_s/Q_t на IV этапе были выявлены статистически значимые различия между 2 группами ($U 69,0$; $Z = -5,6$; $p < 0,001$). В 1 группе данный параметр составил 10,7 (9,5; 15,7), во 2 группе – 21,3 (18,4; 23,9).

Сравнение удовлетворенности хирургической бригадой визуализации операционного поля между 1 и 2 группами показало наличие статистически значимых различий на III этапе ($U 0,0$; $Z = -6,6$; $p < 0,001$) и IV этапе ($U 2,0$; $Z = -6,7$; $p < 0,001$). На III этапе ВАШ в 1 группе составил 2,5 (2; 3), а во 2 группе 9 (8; 9). На IV этапе ВАШ в 1 группе составил 1 (0; 1), во 2 группе – 5 (4; 5).

Обсуждение

Результаты проведенного исследования показали, что при возникновении гипоксемии во время торакальных вмешательств использование ВПИ и CPAP в невентилируемое легкое являются эффективными способами поддержания уровня газообмена на основании газового состава артериальной крови и фракции внутрилегочного шунтирования. Тем не менее, имеются некоторые особенности. Подключение ВПИ происходит через переходник для трахеостом ОРТIFLOW в контур изолируемого легкого. Подключение CPAP происходит путем применения дыхательного мешка CPAP через трахеальный конец двухпросветной трубки. Уровень подаваемого давления регулируется клапаном.

Использование ВПИ в невентилируемое легкое с потоком 60 и 30 л/мин показало свою эффективность для коррекции гипоксемии и фракции внутрилегочного шунтирования. Причем ВПИ с потоком 30 л/мин показало большую эффективность в сравнении с CPAP 2 см H_2O как по данным газового состава крови, так и по фракции внутрилегочного шунтирования. По-видимому, это связано с уменьшением объема мертвого пространства при использовании высокого потока инсuffляции, как отмечают некоторые авторы [4]. Сравнение ВПИ

с потоком 60 л/мин и СРАР 5 см водн. ст. по SaO_2 , SpO_2 , PaCO_2 и фракции внутрилегочного шунтирования показало отсутствие значимых различий.

Многие авторы рекомендуют использовать методику СРАР в невентилируемое легкое при возникновении гипоксемии из-за ее простоты и эффективности [18]. Стоит отметить, что в нашем исследовании применение СРАР 5 см водн. ст. сильно ограничивало операционное поле «перераздутым легким». А это, в свою очередь, является важным условием при выполнении видеоторакоскопических вмешательств. Ряд авторов отмечает невозможность проведения видеоторакоскопических операций из-за «перераздутия» оперируемого легкого при использовании высоких уровней давления СРАР [8]. При применении СРАР 2 см водн. ст. полноценного эффекта «перераздутия легкого» не наблюдалось, отмечалось ограничение визуализации, при этом хирургическая бригада смогла продолжать вмешательство. Использование ВПИ с потоком 60 и 30 л/мин не вызывало эффекта «перераздутия» оперируемого легкого и обеспечивало комфортные условия для выполнения оперативного вмешательства. Вероятно, это связано с меньшим давлением в дыхательных путях за счет использования ВПИ в невентилируемое легкое по полуоткрытому контуру, что может стать предметом дальнейшего исследования.

Одним из преимуществ применения ВПИ, в отличие от СРАР, является подача увлажненной и подогретой до физиологического уровня кислородно-воздушной смеси с невысокой (0,21–0,5) концентрацией кислорода. Исследования показали, что использование 100% кислорода приводит к развитию кислородной интоксикации, увеличению уровня окислительного стресса и патологическим изменениям, сходным с синдромом острого повреждения легких [4, 19]. Спорным остается вопрос, какой уровень FiO_2 является безопасным. При критической гипоксемии вопрос безопасного уровня FiO_2 не ставится.

Вывод

Применение высокопоточной инсuffляции кислорода в условиях однологочной вентиляции во время видеоторакоскопических операций позволяет эффективно корректировать гипоксемию так же, как и метод СРАР, но, в отличие от СРАР, обеспечивает комфортные условия для выполнения хирургического вмешательства.

Посвящается светлой памяти Халикова Азама Джаулановича.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко А. В., Корякин А. Г., Евдокимов Е. А. Применение высокопоточной оксигенотерапии при манифестации острой дыхательной недостаточности различного генеза // Медицинский алфавит. – 2018. – Т. 2, № 18. – С. 58–58.
2. Выжигина М. А., Мизиков В. М., Сандриков В. А. и др. Современные особенности респираторного обеспечения в торакальной хирургии. Традиционные проблемы и инновационные решения (опыт более 2 тыс. анестезий) // Анестезиология и реаниматология. – 2013. – № 2. – С. 34–41. Doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-6-41-47.
3. Грачев И. Н., Шаталов В. И., Климов А. Г. и др. Сравнительный анализ использования высокопоточной и традиционной оксигенотерапии у пациентов с тяжелой внебольничной пневмонией // Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. – 2020. – № 3. – С. 95–103. Doi: 10.21320/1818-474X-2020-3-95-103.
4. Кавочкин А. А., Выжигина М. А., Кабаков Д. Г. и др. Анестезиологическое обеспечение торакалоскопических операций на легких и органах средостения // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 113–122. Doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-113-122.
5. Кассиль В. Л., Выжигина М. А., Хапий Х. Х. Механическая вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии. – М.: Медпресс-информ, 2009. – С. 34–45.
6. Фаршатов А. Г., Халиков А. Д., Ершов Е. Н. и др. Оценка эффективности применения высокопоточной инсuffляции кислорода во время однологочной вентиляции // Анестезиология и реаниматология. – 2022. – № 5. – С. 18–22. Doi: 10.17116/anaesthesiology202205118.
7. Duwat A., Courivaud P., Dusart E. et al. High-flow oxygen therapy for perioperative hypoxemia during one-lung ventilation // Journal of Anesthesia & Clinical Research. – 2019. – Vol. 10, Issue 2. – P. 9–11. Doi: 10.4172/2155-6148.1000880.
8. Fujiwara M., Abe K., Mashimo T. The effect of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia // Journal of Clinical Anesthesia. – 2001. – Vol. 13 (7). – P. 473–477. Doi: 10.1016/s0952-8180(01)00310-5.

REFERENCES

1. Vlasenko A.V., Koryakin A.G., Evdokimov E.A. The use of high-flow oxygen therapy in the manifestation of acute respiratory failure of various genesis. *Medical Alphabet*, 2018, vol. 2, no. 18, pp. 58–58. (In Russ.).
2. Vyzhigina M.A., Mizikov V.M., Sandrikov V.A. et al. Modern features of respiratory support in thoracic surgery. Traditional problems and innovative solutions (experience of more than 2 thousand anesthetics). *Anesthesiology and resuscitation*, 2013, no. 2, pp. 34–41. (In Russ.). Doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-6-41-47.
3. Grachev I.N., Shatalov V.I., Klimov A.G. et al. Comparative analysis of the use of high-flow and traditional oxygen therapy in patients with severe community-acquired pneumonia. *Bulletin of Intensive Care named after A.I. Saltanov*, 2020, no. 3, pp. 95–103. (In Russ.). Doi: 10.21320/1818-474X-2020-3-95-103.
4. Kavochkin A.A., Vyzhigina M.A., Kabakov D.G. et al. Anesthetic support of thoracoscopic operations on lungs and mediastinal organs. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2020, vol. 17, no. 4, pp. 113–122. (In Russ.). Doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-113-122.
5. Kassil V.L., Vyzhigina M.A., Khapiy H.H. Mechanical ventilation in anesthesiology and intensive care, Moscow, Medpress-inform, 2009, pp. 34–45. (In Russ.).
6. Farshatov A.G., Khalikov A.D., Ershov E.N. et al. Evaluation of the effectiveness of high-flow oxygen insufflation during single-lung ventilation. *Anesthesiology and resuscitation*, 2022, no. 5, pp. 18–22. (In Russ.). Doi: 10.17116/anaesthesiology202205118.
7. Duwat A., Courivaud P., Dusart E. et al. High-flow oxygen therapy for perioperative hypoxemia during one-lung ventilation. *Journal of Anesthesia & Clinical Research*, 2019, vol. 10, issue 2, pp. 9–11. Doi: 10.4172/2155-6148.1000880.
8. Fujiwara M., Abe K., Mashimo T. The effect of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia. *Journal of Clinical Anesthesia*, 2001, vol. 13, no. 7, pp. 473–477. Doi: 10.1016/s0952-8180(01)00310-5.

9. Guenoun T., Journois D., Silleran-Chassany J. et al. Prediction of arterial oxygen tension during one-lung ventilation: Analysis of preoperative and intraoperative variables // *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. – 2002. – Vol. 16, № 2. – P. 199–203. Doi: 10.1053/jcan.2002.31067
10. Helmerhorst H. J. F., Schultz M. J., van der Voort P. H. J. Bench-to-bedside review: the effects of hyperoxia during critical illness // *Crit Care*. – 2015. – № 19. – P. 284. Doi: 10.1186/s13054-015-0996-4.
11. Lewis S. R., Baker P. E., Parker R. et al. High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2021. – № 3. Doi: 10.1002/14651858.CD010172.pub3.
12. Karzai W., Schwarzkopf K. Hypoxemia during one-lung ventilation: prediction, prevention, and treatment // *Anesthesiology*. – 2009. – № 6. – P. 1402–1411. Doi: 10.1097/ALN.0b013e31819fb15d.
13. Miller R. D. *Anesthesia*. Philadelphia // 2020. – Vol. 2. – Chapter 53. – P. 1648–1716.
14. Pavlík M., Ctvrtěcková D., Zvoníček V. et al. The improvement of arterial oxygenation during one-lung ventilation – effect of different CPAP levels // *Acta Chir Hung*. – 1999. – Vol. 38, № 1. – P. 103–105. PMID: 10439108.
15. Rees D. I., Wansbrough S. R. One-lung anesthesia: percent shunt and arterial oxygen tension during continuous insufflation of oxygen to the nonventilated lung // *Anesthesia & Analgesia*. – 1982. – Vol. 61, № 6. – P. 507–512. PMID: 7200740.
16. Roca O., Hernández G., Díaz-Lobato S. et al. Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure // *Crit Care*. – 2016. – Vol. 28, № 1. – P. 109. Doi: 10.1186/s13054-016-1263-z.
17. Slinger P., Suissa S., Triplet W. Predicting arterial oxygenation during one-lung anaesthesia // *Canadian Journal Anaesthesia*. – 1992. – Vol. 39, № 10. – P. 1030–1035. Doi: 10.1007/BF03008370.
18. Slinger P. D., Campos J. H. *Anesthesia for thoracic surgery* // Miller's anesthesia. 7th ed. – Philadelphia. – 2010. – P. 1852–1853.
19. Umari M., Falini S., Segat M. et al. Anesthesia and fast track in Anesthesia and fast-track in video-assisted thoracic surgery (VATS): from evidence to practice: from evidence to practice // *Journal of Thoracic Disease*. – 2018. – Vol. 10, № 4. – P. 542–554. Doi: 10.21037/jtd.2017.12.83.
9. Guenoun T., Journois D., Silleran-Chassany J. et al. Prediction of arterial oxygen tension during one-lung ventilation: Analysis of preoperative and intraoperative variables. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 2002, vol. 16, no. 2, pp. 199–203. Doi: 10.1053/jcan.2002.31067.
10. Helmerhorst H.J.F., Schultz M.J., van der Voort P.H.J. Bench-to-bedside review: the effects of hyperoxia during critical illness. *Crit Care*, 2015, no. 19, pp. 284. Doi: 10.1186/s13054-015-0996-4.
11. Lewis S.R., Baker P.E., Parker R. et al. High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021, no. 3. Doi: 10.1002/14651858.CD010172.pub3.
12. Karzai W., Schwarzkopf K. Hypoxemia during one-lung ventilation: prediction, prevention, and treatment. *Anesthesiology*, 2009, no. 6, pp. 1402–1411. Doi: 10.1097/ALN.0b013e31819fb15d.
13. Miller R.D. *Anesthesia*. Philadelphia, 2020, vol. 2, chapter 53, pp. 1648–1716.
14. Pavlík M., Ctvrtěcková D., Zvoníček V. et al. The improvement of arterial oxygenation during one-lung ventilation – effect of different CPAP levels. *Acta Chir Hung*, 1999, vol. 38, no. 1, pp. 103–105. PMID: 10439108.
15. Rees D.I., Wansbrough S.R. One-lung anesthesia: percent shunt and arterial oxygen tension during continuous insufflation of oxygen to the nonventilated lung. *Anesthesia & Analgesia*, 1982, vol. 61, no. 15, pp. 507–512. PMID: 7200740.
16. Roca O., Hernández G., Díaz-Lobato S. et al. Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure. *Crit Care*, 2016, vol. 28, no. 1, pp. 109. Doi: 10.1186/s13054-016-1263-z.
17. Slinger P., Suissa S., Triplet W. Predicting arterial oxygenation during one-lung anaesthesia. *Canadian Journal Anaesthesia*, 1992, vol. 39, no. 10, pp. 1030–1035. Doi: 10.1007/BF03008370.
18. Slinger P.D., Campos J.H. *Anesthesia for thoracic surgery*. Miller's anesthesia, 7th ed., Philadelphia, 2010, pp. 1852–1853.
19. Umari M., Falini S., Segat M. et al. Anesthesia and fast track in Anesthesia and fast-track in video-assisted thoracic surgery (VATS): from evidence to practice: from evidence to practice. *Journal of Thoracic Disease*, 2018, vol. 10, no. 4, pp. 542–554. Doi: 10.21037/jtd.2017.12.83.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, тел.: 8 (812) 329–71–21.

СПб ГБУЗ «Городской клинический онкологический диспансер», 198255, Россия, Санкт-Петербург, пр. Ветеранов, д. 56, тел.: 8 (812) 607-03-03.

Фаршатов Альберт Галимович

аспирант кафедры военной анестезиологии и реаниматологии, ВМА им. С. М. Кирова, врач отделения анестезиологии и реанимации, СПб ГБУЗ «ГКОД».

E-mail: albert.farshatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6867-3098; SPIN: 9103-9970

Ершов Евгений Николаевич

канд. мед. наук, преподаватель кафедры военной анестезиологии и реаниматологии, ВМА им. С. М. Кирова. E-mail: erшов.en@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9572-6802, SPIN: 1837-5183

Щеголев Алексей Валерианович

д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры военной (начальник клиники) анестезиологии и реаниматологии, ВМА им. С. М. Кирова.

E-mail: alekseischegolev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6431-439, SPIN: 4107-6860

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Military Medical Academy, 6, Academica Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia, phone: +7 (812) 329-71-21.

Saint-Petersburg City Clinical Oncology Center, 56, Veteranov str., Saint Petersburg, 198255, Russia, phone: +7 (812) 607-03-03.

Farshatov Albert G.

Postgraduate Student of Military Anesthesiology and Intensive Care Department, Military Medical Academy, Doctor of Anesthesiology and Intensive Care Department, Saint-Petersburg City Clinical Oncology Center.

E-mail: albert.farshatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6867-3098, SPIN: 9103-9970

Ershov Evgeniy N.

Cand. of Sci. (Med.), Teacher of Military Anesthesiology and Intensive Care Department, Military Medical Academy. E-mail: erшов.en@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9572-6802, SPIN: 1837-5183

Shchegolev Aleksey V.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Military Anesthesiology and Intensive Care Department (Head of the Clinic), Military Medical Academy.

E-mail: alekseischegolev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6431-439, SPIN: 4107-6860