



Стимуляционная пупиллометрия как предиктор ноцицептивного ответа и инструмент сравнения регионарных блокад при торакоскопических оперативных вмешательствах (рандомизированное исследование)

Ю. А. ИВАНИЩЕВА^{1*}, А. Ю. ЗАЙЦЕВ^{1,2}, А. А. КАВОЧКИН^{1,2}, М. А. ВЫЖИГИНА^{1,2}, К. В. ДУБРОВИН^{1,2}, Д. В. БАЗАРОВ¹, С. О. ПОПОВ¹, А. А. КУЗНЕЦОВА²

¹ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского ННЦ № 1, Москва, Российская Федерация

² Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 24.09.2025 г.; дата рецензирования 10.11.2025 г.

РЕЗЮМЕ

Введение. Для эффективного обезболивания при торакальных операциях необходим точный мониторинг анальгезии. Перспективным методом является пупиллометрия, оценивающая реакцию зрачка на боль быстрее и точнее традиционных показателей (АД, ЧСС). Сочетание пупиллометрии с электрокожной стимуляцией позволит объективно оценивать глубину анальгезии и оптимизировать анестезиологическое обеспечение при видеоассистированных торакоскопических операциях.

Цель – оценить, предсказывает ли стимуляционная пупиллометрия выраженность интраоперационного ноцицептивного ответа и позволяет ли объективно сравнить анальгетическую эффективность регионарных блокад при торакоскопических оперативных вмешательствах.

Материалы и методы. В слепое, плацебо-контролируемое, проспективное, одноцентровое, рандомизированное (метод конвертов) исследование для анализа эффективности сочетанной анестезии на основе паравerteбральной блокады, блокады пространства передней зубчатой мышцы, блокады пространства мышцы, разгибающей позвоночник, в интраоперационном периоде методом электрокожного раздражения и пупиллометрии были включены 120 пациентов, перенесших плановые торакоскопические операции. Все участники исследования были разделены на четыре группы: 1-я – комбинированная общая анестезия – контрольная группа (КОА); 2-я – сочетанная анестезия с паравerteбральной блокадой (ПВБ); 3 – сочетанная анестезия с блокадой пространства передней зубчатой мышцы (SAP-блок); 4 – сочетанная анестезия с блокадой пространства мышцы, разгибающей позвоночник (ESP-блок). С помощью электрокожного раздражения и пупиллометрии оценивали анальгетический эффект регионарных блокад на 4 этапах периоперационного периода.

Результаты. Анализ порогов болевой чувствительности не выявил значимых различий между группами ($p = 0,861$), медианные значения составили 7,0–8,0 мА. При оценке ноцицептивного ответа методом пупиллометрии зарегистрировано статистически значимое увеличение диаметра зрачка в ответ на электростимуляцию и хирургический разрез во всех группах ($p \leq 0,001$), с максимальным приростом в группе КОА по сравнению с регионарными блокадами (ПВБ, ESP, SAP). Гемодинамические показатели (АДср, ЧСС) демонстрировали одностороннюю динамику с умеренным повышением при ноцицептивной стимуляции. Наибольший прирост АДср отмечен в группе КОА, минимальный – при ESP-блоке ($p < 0,005$). Аналогичная закономерность наблюдалась для ЧСС с более выраженной реакцией в группах КОА и ESP-блока. Анализ потребности в опиоидных анальгетиках показал эквивалентные дозы фентанила во всех группах, однако уровень глюкозы был значимо выше при КОА и SAP-блоке ($p < 0,05$), что свидетельствует о более выраженном стресс-ответе.

Заключение. Регионарные методы анестезии обеспечивают более эффективное подавление ноцицептивной реакции по сравнению с комбинированной общей анестезией. Реакция организма на электрокожное раздражение может использоваться в качестве предиктора интенсивности болевой реакции.

Ключевые слова: анестезиология, регионарные блокады, пупиллометрия, ноцицепция, анальгезия, пороги боли, торакальная хирургия

Для цитирования: Иванищева Ю. А., Зайцев А. Ю., Кавочкин А. А., Выжигина М. А., Дубровин К. В., Базаров Д. В., Попов С. О., Кузнецова А. А. Стимуляционная пупиллометрия как предиктор ноцицептивного ответа и инструмент сравнения регионарных блокад при торакоскопических оперативных вмешательствах (рандомизированное исследование) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 6. – С. 14–22. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-14-22>.

Stimulation pupillometry as a predictor of the nociceptive response and a tool for comparing regional blockades during thoracoscopic operations (randomized trial)

YULYA A. IVANISHCHEVA^{1*}, ANDREY Y. ZAITSEV^{1,2}, ALEXEY A. KAVOCHKIN^{1,2}, MARGARITA A. VYZHIGINA^{1,2}, KIRILL V. DUBROVIN^{1,2}, DMITRY V. BAZAROV¹, SERGEY O. POPOV¹, ALEXANDRA A. KUZNETSOVA²

¹ Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky, Scientific and Clinical Center № 1, Moscow, Russian Federation

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Received 24.09.2025; review date 10.11.2025

ABSTRACT

Introduction. For effective pain relief in thoracic surgery, accurate monitoring of analgesia is essential. A promising method is pupillometry, which assesses the pupil's response to pain faster and more accurately than traditional indicators (blood pressure, heart rate). The combination of pupillometry with electrocutaneous stimulation will make it possible to objectively assess the depth of analgesia and optimize anesthesia support in video-assisted thoracoscopic surgeries.

The objective was to assess whether stimulation pupillometry predicts the severity of the intraoperative nociceptive response and allows an objective comparison of the analgesic effectiveness of regional blockades in thoracoscopic operations.

Materials and methods. A blinded, placebo-controlled, prospective, single-center, randomized (envelope method) study to analyze the efficacy of combined anesthesia based on paravertebral block, serratus anterior plane block, intraoperative erector spinae plane block by electrocutaneous stimulation and pupillometry included 120 patients who underwent elective thoracoscopic surgery. All study participants were divided into 4 groups: 1 – combined general anesthesia – control group (CGA); 2 – combined anesthesia with paravertebral block (PVB); 3 – combined anesthesia with serratus anterior plane block (SAP block); 4 – combined anesthesia with erector spinae plane block (ESP-block). Electrocutaneous irritation and pupillometry were used to assess the analgesic effect of regional blockades at 4 stages of the perioperative period.

Results. Analysis of pain sensitivity thresholds did not reveal significant differences between the groups ($p = 0.861$), the median values were 7.0–8.0 mA. Nociceptive response by pupillometry revealed a statistically significant increase in pupil diameter in response to electrical stimulation and surgical incision in all groups ($p \leq 0.001$), with the maximum increase in the CGA group compared to regional blockades (PVB, ESP, SAP). Hemodynamic parameters (mean BP, HR) showed unidirectional dynamics with a moderate increase in nociceptive stimulation. The largest increase in mean BP was noted in the CGA, the minimum – in the ESP block ($p < 0.005$). A similar pattern was observed for heart rate with a more pronounced response in the CGA and ESP block groups. An analysis of the need for opioid analgesics showed equivalent doses of fentanyl in all groups, but glucose levels were significantly higher with CGA and SAP block ($p < 0.05$), indicating a more pronounced stress response.

Conclusion. Regional methods of anesthesia provide more effective suppression of the nociceptive response compared to combined general anesthesia. The body's response to electrodermal irritation can be used as a predictor of the intensity of the pain response.

Keywords: anesthesiology, regional blockades, pupillometry, nociception, analgesia, pain thresholds, thoracic surgery

For citation: Ivanishcheva Yu. A., Zaitsev A. Y., Kavochkin A. A., Vyzhigina M. A., Dubrovin K. V., Bazarov D. V., Popov S. O., Kuznetsova A. A. Stimulation pupillometry as a predictor of the nociceptive response and a tool for comparing regional blockades during thoracoscopic operations (randomized trial). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, Vol. 22, № 6, P. 14–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-6-14-22>.

* Для корреспонденции:

Юлия Андреевна Иванищева
E-mail: Ivanishcheva_yulya@mail.ru

* Correspondence:

Yulia A. Ivanishcheva
E-mail: Ivanishcheva_yulya@mail.ru

Введение

Необходимым условием эффективной и безопасной аналгезии во время оперативных вмешательств на органах грудной клетки является своевременная точная количественная оценка боли. Однако единого стандарта обезболивания пациентов при видеоассистированных торакоскопических операциях (ВАТС) нет [9, 13], как и нет единого стандарта мониторинга аналгезии. В течение последних десяти лет значительное внимание уделяется разработке и внедрению различных систем мониторинга, позволяющих объективно оценивать уровень аналгезии во время оперативных вмешательств [4]. Наибольшее распространение получили методики, основанные на анализе изменений активности вегетативной нервной системы, возникающих в ответ на ноцицептивную стимуляцию. Это изменение вариабельности сердечного ритма и амплитуды пульсовой волны, кожной проводимости, а также реакции зрачка, которая оценивается с помощью пупиллометрии [16].

Пупиллометрия – метод объективного количественного определения ноцицепции. Считается, что данный способ позволяет оценить реакцию расширения зрачка (РРЗ) в ответ на ноцицептивную стимуляцию и обеспечивает более быстрый ответ на болевой стимул, чем параметры гемодинамики [8, 16].

Портативная пупиллометрия с 1990-х гг. применялась как инструмент для изучения реакции зрачка человека на лекарственные средства, так и на раздражающую стимуляцию [13]. Важным и практическим применением этого метода является оценка адекватности аналгезии у пациентов, в частности, после введения опиоидных анальгетиков (таких как фентанил), вызывающих миоз [14–17], и препаратов, провоцирующих мидриаз (например,

м-холиноблокаторы, альфа 2 – адренергический агонист) [3, 6]. Точность измерений прибором достигает 0,1 мм и позволяет фиксировать минимальные изменения диаметра зрачка.

Особый интерес представляет метод электрокожного раздражения, который используется для провокации ноцицептивного ответа. В сочетании с измерением реакции зрачка на болевой стимул данный подход позволит получить более точные данные о глубине аналгезии.

Эти методы открывают новые возможности для точного контроля аналгезии и оптимизации анестезиологического обеспечения при ВАТС.

Материалы и методы

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского» (протокол № 8 от 20 октября 2022 г.).

Проведено слепое, плацебо-контролируемое, проспективное, одноцентровое, рандомизированное (метод конвертов) исследование для анализа эффективности сочетанной анестезии на основе паравerteбральной блокады (ПВБ), блокады пространства передней зубчатой мышцы (serratus anterior plane block (SAP-блок), блокады пространства мышцы, разгибающей позвоночник (erector spinae plane block (ESP-блок)) в интраоперационном периоде методом электрокожного раздражения.

В исследование включены 120 пациентов, перенесших плановые торакоскопические операции в условиях сочетанной анестезии с регионарными блокадами. При рандомизации методом конвертов все участники исследования были разделены на четыре группы в соответствии методиками регионарного компонента анестезии: 1-я – комбинированная общая анестезия (контрольная группа); 2-я – сочетанная анестезия с ПВБ; 3-я – сочетанная

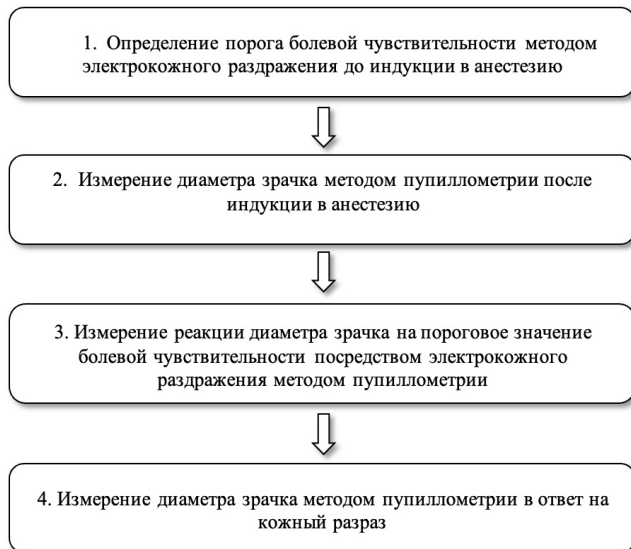


Рис. 1. Блок-схема. Этапы исследования
Fig. 1. Flowchart. Stages of research

анестезия с SAP-блоком; 4-я – сочетанная анестезия с ESP-блоком. С помощью пупиллометрии оценивали анагетический эффект регионарных блокад на четырех этапах периоперационного периода (рис. 1). Оценка диаметра зрачка и показателей гемодинамики (АД ср., ЧСС) проводилась врачами, ослепленными по отношению к применяемому препарату для регионарных блокад (РБ) (ропивакаин/NaCl). Все шприцы были маркированы как «ропивакаин».

Критерии включения в исследование: наличие добровольного информированного согласия на участие в исследовании, возраст старше 18 лет, плановое торакоскопическое оперативное вмешательство, отсутствие аллергической реакции на местные анестетики и индивидуальной непереносимости препарата (ропивакаин).

Критерии не включения: отказ от участия в исследовании, внеплановые операции, отказ от регионарного компонента анестезии, наличие у пациента кардиостимулятора, тяжелых нарушений ритма, сахарного диабета, сопутствующей патологии мышечной системы, воспалительных изменений кожного покрова в области планируемой блокады и месте прикрепления электродов, а также пациенты с такими заболеваниями в анамнезе, как птоз, катаракта, повреждение глазодвигательного нерва, анизокория, помутнение роговицы, афферентные и эфферентные зрачковые дефекты.

В соответствии с критериями включения первично отобрали 124 пациентов. Исключили 4 больных в связи с интраоперационным изменением хирургического доступа на торакотомию.

Пациентам всех групп проводили однотипную индукцию: пропофол 1,5–2 мг/кг; дисатракурия бесилат 0,15 мг/кг; фентанил 2–3 мкг/кг. Поддержание анестезии: севофлуран (0,7–1,5 МАК). На регионарный компонент использовали ропивакаин 0,375% 20 мл независимо от метода регионар-

ной блокады. Фентанил перед кожным разрезом не вводили.

Исследуемые группы. В группе сочетанной анестезии с ПВБ после индукции в анестезию и интубации трахеи в положении пациента на боку под УЗ-навигацией линейным датчиком осуществляли пункцию паравerteбрального пространства на уровне отростка Th₄ – Th₅ с помощью набора для эпидуральной анестезии. Под контролем ультразвуковой навигации вводили местный анестетик, после чего устанавливали катетер в паравerteбральное пространство.

Группе пациентов, которым проводили сочетанную анестезию с ESP-блоком после вводной анестезии с интубацией и поворота пациента на бок, осуществляли пункцию и катетеризацию нейрофасциального пространства под мышцей, разгибающей позвоночник, на уровне отростка Th₅ под контролем УЗИ.

Пункцию и катетеризацию пространства передней зубчатой мышцы пациентам в группе сочетанной анестезии с SAP-блоком осуществляли с помощью набора для эпидуральной анестезии в условиях ультразвуковой навигации. Во время процедуры положение пациента – на спине с отведенными руками. Линейный датчик УЗИ позиционировали в области 4–5-го межреберья по средней подмышечной линии. Через иглу эпидурального набора после небольшого болюса вводили местный анестетик в глубокий фасциальный слой передней зубчатой мышцы однократно.

До индукции в анестезию пациентам всех групп определяли пороги болевой чувствительности методом электрокожного раздражения.

Несмотря на то, что видеопупиллометр Algiscan обладает возможностью электрического стимула, минимальная сила разряда, запрограммированного в приборе, достаточно высока и зачастую отрицательно переносится пациентами. Нашей задачей было определить пороги болевой чувствительности пациентов, не доставляя им дискомфорт, что позволяло наиболее достоверно определить эти показатели.

В области срединного нерва на стороне операции накладывались электроды, к которым подключали нервно-мышечный мониторинг (ТОФ), с помощью которого осуществлялось электрокожное раздражение. Пациента предупреждали о том, что будет нанесен электрический стимул и, опираясь на субъективное восприятие обследуемого, просили сообщить, когда появятся какие-либо ощущения стимуляции, которые расценивали как сенсорную чувствительность, и когда эти ощущения будут восприниматься больным как «неприятные». Эти данные фиксировали как минимальный болевой порог. Стимуляцию начинали с наименьших разрядов мощностью в 1 мА.

После определения порогов болевой чувствительности осуществляли измерение диаметра зрачка методом пупиллометрии на следующих этапах:



Рис. 2. Динамические измерения пупиллометра
Fig. 2. Dynamic measurements of a pupillometer

I – после индукции в анестезию (эталонный размер); II – на электрокожную стимуляцию, равную пороговому значению болевой чувствительности; III – на кожный разрез.

Методика пупиллометрии. В основе пупиллометрии лежит передача изображения с помощью аналогового видеосигнала, осуществляемого без дополнительной подсветки глазного яблока. Предусмотрено два режима измерений прибором AlgiScan: дискретное измерение и динамическое измерение. Дискретные измерения представляют собой непосредственное считывание врачом в реальном времени размера зрачка на экране пупиллометра. Динамические измерения состоят из серии измерений с цифрами и кривой, представляющей вариацию размеров зрачка от эталонного (первого фиксированного измерения) (рис. 2).

В данном исследовании у всех пациентов после индукции в анестезию и интубации трахеи измеряли диаметр зрачка в динамическом режиме пупиллометра с ипсилатеральной операции стороны. Это первое значение принимали за эталонное, следующее измерение на раздражающий стимул интерпретировалось прибором от эталонного.

Для осуществления измерения у пациентов в анестезии врачу необходимо поднять веки больного так, чтобы зрачок, измерение которого осуществляется, был полностью ничем не заслонен, и переместить черную манжету-окуляр к глазу пациента, не создавая при этом давления. После чего зрачок пациента должен быть сцентрирован на экране и полностью окрашен в зеленый цвет, что свидетельствует о правильном позиционировании пупиллометра (рис. 3). На мониторе отобразятся как изображение глаза, так и диаметр зрачка в мм.

На всех этапах исследования фиксировали показатели АД ср. и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Уровень глюкозы крови оценивали в начале и конце операции. Также фиксировали расход опиоидных анальгетиков за все время оперативного вмешательства.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.7.1 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия

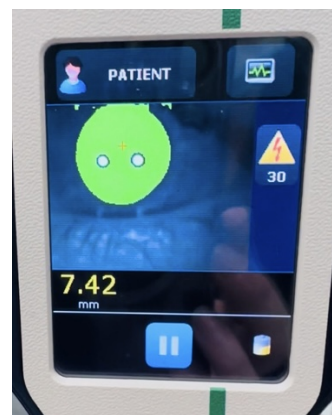


Рис. 3. Корректное позиционирование и обнаружение зрачка
Fig. 3. Correct positioning and pupil detection

нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативности для средних значений указывали границы 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей ($Q1-Q3$).

Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого в каждой из групп соответствовало нормальному, выполняли с помощью однофакторного дисперсионного анализа, апостериорные сравнения проводили с помощью критерия Тьюки (при условии равенства дисперсий).

Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью критерия Краскела – Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Для сравнения трех и более связанных групп по нормально распределенному количественному признаку применяли однофакторный дисперсионный

Таблица 1. Пороги болевой чувствительности
Table 1. Thresholds of pain sensitivity

Регионарная блокада	Порог болевой чувствительности (мА)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
ПВБ	7,0	6,25–8,75	30	0,861
ESP-блок	7,0	6,25–9,0	30	
SAP-блок	8,0	7,0–9,0	30	
КОА (контрольная группа)	7,0	7,0–9,0	30	

Таблица 2. Изменения диаметра зрачка на этапах исследования в зависимости от вида анестезии
Table 2. Changes in pupil diameter at the stages of the study depending on the type of anesthesia

Группа	Этапы наблюдения					
	Диаметр зрачка после индукции в анестезию		Диаметр зрачка на электрокожное раздражение (болевой порог)		Диаметр зрачка на кожный разрез	
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃
ПВБ	2,35	2,00–2,95	2,85 [#]	2,02–3,05	3,03**	2,38–3,42
ESP	2,25	1,90–2,68	2,38 [#]	2,01–3,01	2,90**	2,23–3,50
SAP	2,50	1,64–3,20	2,55 [#]	1,96–3,30	3,04**	2,11–3,76
КОА	2,56	1,85–3,02	3,79*	3,01–4,03	4,79*	4,31–5,33

* – $p < 0,005$ по сравнению с предыдущим этапом; * – $p < 0,005$ по сравнению с контрольной группой.

анализ с повторными измерениями. Статистическую значимость изменений показателя в динамике оценивали с помощью F Фишера. Апостериорный анализ проводили с помощью парного t-критерия Стьюдента с поправкой Холма.

При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах использовали критерий Уилкоксона. При сравнении трех и более зависимых совокупностей, распределение которых отличалось от нормального, использовали непараметрический критерий Фридмана с апостериорными сравнениями с помощью критерия Коновера – Имана с поправкой Холма.

Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

На первом этапе проведенного исследования всем пациентам были определены пороги боли, которые составили от 4 до 14 мА и не различались у пациентов между группами (табл. 1).

В дальнейшем на этапах исследования были зарегистрированы показатели диаметра зрачка, АДср и ЧСС. Как видно из табл. 2, исходные данные диаметра зрачка не различались между группами и составили от 1,2 до 4 мм.

После индукции в анестезию и выполнения регионарных блокад осуществляли электрокожное раздражение на уровне болевой порога. Было отмечено увеличение диаметра зрачка в ответ на электрокожное раздражение во всех группах исследования. При этом, если увеличение диаметра зрачка не различалось у пациентов в группах с регионарной анестезией, то в группе контроля имел место более значительный прирост по сравнению с 1-й, 2-й и 3-й группами ($p \leq 0,001$).

Схожая динамика диаметра зрачка отмечалась и при регистрации параметров на этапе кожного разреза. Однако диаметр зрачка был больше не только в сравнении с исходными данными, но и с приростом диаметра зрачка на электрокожное раздражение на уровне болевой порога. При этом в группе с КОА увеличение зрачка было выражено в большей степени, чем у пациентов с РА.

Динамика АДср отчасти подтверждает данные, полученные при помощи пупиллометрии (табл. 3). Во всех группах отмечался умеренный рост АДср в ответ на электрокожное раздражение и на хирургический разрез.

В то же время наиболее выраженный прирост АДср на кожный разрез отмечался в группе с КОА, а наименьший – в группе с ESP-блоком. В пользу более выраженного стресс-эффекта при выполнении ESP-блока свидетельствуют более низкие показатели АДср на этапе электрокожного раздражения ($p < 0,005$). Еще одним интересным наблюдением можно считать несколько более высокие цифры АДср в группе с SAP-блоком по сравнению с ESP-блоком как на электрокожное раздражение, так и на кожный разрез.

В целом закономерности динамики изменения ЧСС в ответ на электрокожное раздражение и на кожный разрез схожим образом укладываются в описание диаметра зрачка и пупиллометрии (табл. 3). Отмечается умеренное нарастание ЧСС при нанесении как электрического раздражения, так и кожного разреза с несколько преобладанием в группах с КОА и ESP-блоком ($p < 0,005$).

Как видно из данных табл. 4, дозы фентанила не различались между группами исследования. Однако во всех группах наблюдалась умеренная гипергликемия, которая была значимо выше у больных с КОА и SAP-блоком (табл. 5).

Таблица 3. Динамика диаметра зрачка, АДср. и ЧСС в зависимости от вида анестезии
Table 3. Pupil diameter dynamics, mean BP and heart rate depending on the type of anesthesia

Группы	Этапы наблюдения											
	индукция в анестезию				электрокожное раздражение				кожный разрез			
	АД ср		ЧСС		АД ср		ЧСС		АД ср		ЧСС	
	Me	Q ₁ –Q ₃	M±SD	95% ДИ	Me	Q ₁ –Q ₃	M±SD	95% ДИ	Me	Q ₁ –Q ₃	M±SD	95% ДИ
ПВБ	83,0	77,0–89,25	67,27 ± 10,23	63,44–71,09	84,5*	80,0–89,75	77,13 ± 10,17*	73,34 – 80,93	84,0#	73,5 – 89,75	70,17 ± 10,25**	66,34–73,99
ESP	81,5	73,00–85,75	72,07 ± 9,2	68,63–75,5	82,0#	74,25–85,75	80,2 ± 7,06*	77,56 – 82,84	80,0#	75,75 – 87,5	76,03 ± 8,84*	72,73–79,33
SAP	85,0	77,25–95,0	67,4 ± 11,71	63,03–71,77	87,0***	81,25–94,00	78,6 ± 11,2*	74,42 – 82,78	86,0***	78,5 – 96,0	70,7 ± 10,1**	66,93–74,47
КОА	85,50 (n=30)	83,25–93,75	70,13 ± 11,44	65,86–74,41	88,5* **	84,25–97,0	75,80 ± 9,63*	72,2– 79,4	90,5* **	88,0 – 96,25	78,83 ± 10,86*	74,78–82,89

* – $p < 0,005$ между этапами; ** – $p < 0,005$ по сравнению со 2-й группой; # – $p < 0,005$ по сравнению с контрольной группой.

Таблица 4. Общее количество фентанила в зависимости от вида анестезии
Table 4. Total amount of fentanyl depending on the type of anesthesia

Регионарный компонент	Общее количество фентанила (мкг · кг ⁻¹ · ч ⁻¹)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
ПВБ	3,09	2,15–4,61	30	0,737
ESP-блок	2,54	1,81–4,30	30	
SAP-блок	2,99	1,79–4,17	30	
КОА (группа-контроль)	3,03	2,24–3,75	30	

Таблица 5. Динамика глюкозы в зависимости от метода регионарной блокады
Table 5. Glucose dynamics depending on the method of regional blockade

Группы	Этапы наблюдения			
	Уровень глюкозы крови на начало операции		Уровень глюкозы крови на конец операции	
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃
ПВБ	4,90	4,00–5,70	7,10**	6,78–8,0
ESP-блок	4,75	3,82–5,78	7,10**	6,4–8,4
SAP-блок	4,65	3,80–5,57	7,75*	6,9–8,38
КОА	4,90	4,10–5,67	8,15*	7,33–9,0

* – различия показателей между этапами статистически значимы ($p < 0,001$); # – $p < 0,005$ по сравнению с контрольной группой.

Обсуждение

Традиционно для контроля адекватности анальгезии во время оперативных вмешательств врачи-анестезиологи-реаниматологи опираются на изменения таких параметров, как АД и ЧСС. Однако эта общепринятая практика остается весьма неточной [4]. Во-первых, изменения ЧСС и АД в ответ на болевое раздражение могут проявляться с задержкой, что снижает их ценность для оперативной оценки боли. Во-вторых, на эти параметры влияет множество факторов (прием лекарственных средств, гипертоническая болезнь, нарушения ритма сердца и др.), что значительно снижает их диагностическую ценность для определения потребности в обезболивании.

В этом контексте метод пупиллометрии представляет собой перспективную альтернативу традиционным подходам [4, 8, 16]. Наши данные подтверждают, что изменение диаметра зрачка является более чувствительным и ранним методом оценки

анальгезии по сравнению с гемодинамическими параметрами. АДср и ЧСС также отражали реакцию на болевые стимулы, однако их чувствительность оказалась ниже. В частности: АДср умеренно повышалось в ответ на ноцицептивный стимул, но без значимых различий между этапами. ЧСС демонстрировала схожую динамику, но с более выраженной вариабельностью.

Статистически значимое увеличение диаметра зрачка в ответ на болевые стимулы, наиболее выраженное в группе с комбинированной общей анестезией, согласуется с современными представлениями о патофизиологии операционного стресса и подтверждает эффективность регионарных методов анестезии в подавлении ноцицептивной импульсации [5, 7, 10]. Также на недостаточность общей анестезии при торакоскопических вмешательствах указывало значимое повышение уровня глюкозы крови к концу операции, что согласуется с более выраженной активацией контринсулярных гормонов на фоне недостаточной анальгезии.

Особого внимания заслуживает выявленная в нашем исследовании зависимость между данными электрокожного раздражения на уровне порога боли и выраженностью вегетативных реакций на хирургический разрез. Этот факт имеет важное клиническое значение, так как позволяет рассматривать реакцию на электрокожное раздражение в качестве предиктора интенсивности болевого ответа и, соответственно, оптимизировать план анестезиологического обеспечения.

Результаты исследования также подчеркивают различия в эффективности различных методов анестезии. Наименьшие изменения гемодинамических параметров и уровня гликемии в группе ESP-блока свидетельствуют о его преимуществах в контроле стресс-реакции при торакоскопических вмешательствах.

Конфликт интересов: Выжигина М. А. является членом редакционной коллегии журнала «Вестник анестезиологии и реаниматологии» с 2017 г., но к решению об опубликовании данной статьи отношения не имеет. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Conflict of Interests. Vyzhigina M. A. has been a member of the editorial board of the Messenger of Anesthesiology and Resuscitation since 2017, but has nothing to do with the decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Выводы

1. Электрокожная стимуляция на уровне порогов, определенных до операции, может служить методом, предугадывающим вегетативный ответ на хирургический разрез.

2. Пупиллометрия является более чувствительным и специфичным методом оценки ноцицепции в сравнении с параметрами гемодинамики.

3. Регионарные блокады обеспечивают более эффективную аналгезию при торакоскопических оперативных вмешательствах, нежели комбинированная общая анестезия.

4. Наибольшую аналгетическую эффективность продемонстрировал ESP-блок, что выражалось в минимальном расширении зрачка на болевые стимулы (2,90 мм vs 4,79 мм в группе КОА, $p < 0,005$).

ЛИТЕРАТУРА

- Александрович Л. П. Влияние регионарной анестезии на метаболические и воспалительные изменения при абдоминальных операциях // *Общая реаниматология*. – 2011. – Т. 7, № 2. – С. 31–34. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2011-2-31>.
- Базаров Д. В., Тонеев М. А., Выжигина М. А. и др. Мультидисциплинарный подход к терапии послеоперационной боли // *Российский журнал боли*. – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 14–19. <http://doi.org/10.25731/RASP.2019.02.15>.
- Иванищева Ю. А., Зайцев А. Ю., Кавочкин А. А. и др. Влияние атропина на точность пупиллометрии, как метода диагностики аналгетического компонента общей анестезии // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. – 2025. – Т. 22, № 5. – С. 15–20. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-5-15-20>.
- Тарасова Н. Ю., Шмигелевский А. В., Лубнин А. Ю., Куликов А. С. Количественный интраоперационный мониторинг аналгезии // *Анестезиология и реаниматология*. – 2020. № 3. – С. 27–36. <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology202003127>.
- Цветков Д. С., Чернышева Е. Д., Шин А. Р. Паравертебральная блокада в торакальной анестезиологии // *Российский журнал боли*. – 2013. – № 3. – С. 3–7.
- Achamallah N., Fried J., Sharma R. et al. Pupillary light reflex is not abolished by epinephrine and atropine given during advanced cardiac life support in patients who achieve return of spontaneous circulation // *Journal of intensive care medicine*. – 2020. – Vol. 36, № 4. – P. 459–465. <http://doi.org/10.1177/0885066620906802>.
- Baidya D. K., Khanna P., Maitra S. Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis // *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. – 2014. – Vol. 18, № 5. – P. 626–635. <http://doi.org/10.1093/icvts/ivt551>.

REFERENCES

- Aleksandrovich L. P. Influence of regional anesthesia on metabolic and inflammatory changes in abdominal operations. *General Reanimatology*, 2011, no 2, pp. 31–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2011-2-31>
- Bazarov D. V., Toneev M. A., Vyzhigina M. A. et al. Multidisciplinary approach to postoperative therapy. *Russian magazine of pain*, 2019, no 2, pp. 14–19. (In Russ.). <http://doi.org/10.25731/RASP.2019.02.15>.
- Ivanishcheva Yu. A., Zaitsev A. Yu., Kavochkin A. A. et al. The effect of atropine on the accuracy of pupillometry as a method of diagnosing the analgesic component of general anaesthesia. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2025, vol. 22, no. 5, pp. 15–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-5-15-20>.
- Tarasova N. Yu., Shmigelevsky A. V., Lubnin A. Yu., Kulikov A. S. Quantitative intraoperative monitoring of analgesia. *Anesthesiology and resuscitation*, 2020, no. 3, pp. 27–36. (In Russ.). <http://doi.org/10.17116/anaesthesiology202003127>
- Tsvetkov D. S., Chernysheva E. D., Shin A. R. Paravertebral blockade in thoracic anesthesiology. *Russian magazine of pain*, 2013, no 3, pp. 3–7. (In Russ.).
- Achamallah N., Fried J., Sharma R. et al. Pupillary light reflex is not abolished by epinephrine and atropine given during advanced cardiac life support in patients who achieve return of spontaneous circulation. *Journal of intensive care medicine*, 2020, vol. 36, no. 4, pp. 459–465. <http://doi.org/10.1177/0885066620906802>.
- Baidya D. K., Khanna P., Maitra S. Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2014, vol. 18, no. 5, pp. 626–635. <http://doi.org/10.1093/icvts/ivt551>.

8. Barvais L., Engelman E., Eba J. M. et al. Effect site concentrations of remifentanyl and pupil response to noxious stimulation // *Br J Anaesth.* – 2003. – Vol. 91, № 13. – P. 347–352. <http://doi.org/10.1093/bja/aeg178>.
9. Brodsky J. B., Cohen E. Video-assisted thoracoscopic surgery // *Current Opinion in Anesthesiology.* – 2000. – Vol. 13, № 1. – P. 41. <http://doi.org/10.1097/00001503-200002000-00007>.
10. Davies R. G., Myles P. S., Graham J. M. A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy // *Br J Anaesth.* – 2006. – Vol. 96, № 4. – P. 418–426. <http://doi.org/10.1093/bja/ael020>.
11. Finnerty D. T., McMahon A., McNamara J. R. al. Comparing erector spinae plane block with serratus anterior plane block for minimally invasive thoracic surgery // *Br J Anaesth.* – 2020. – Vol. 125, № 5. – P. 802–810. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.020>.
12. Gaballah K. M., Soltan W. A., Bahgat N. M. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30930141/> - full-view-affiliation-1 Ultrasound-guided serratus plane block versus erector spinae block for postoperative analgesia after VATS // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* – 2019. – Vol. 33, № 7. – P. 1946–1953. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.02.028>.
13. Kaplowitz J., Papadakis P. J. Acute pain management for video-assisted thoracoscopic surgery: an update // *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* – 2012. – Vol. 26, № 2. – P. 312–321. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2011.04.010>.
14. Kornilov E., Gehlen L., Yacobi D. et al. Pupillary pain index predicts postoperative pain but not the effect of peripheral regional anaesthesia in patients undergoing total hip or total knee arthroplasty: an observational study // *Medicina (Kaunas).* – 2023. – Vol. 59, № 5. – P. 826. <http://doi.org/10.1097/EJA.0b013e32835f0030>.
15. Larson M. D. Mechanism of opioid-induced pupillary effects // *Clin Neurophysiol.* – 2008. – Vol. 119, № 6. – P. 1358–1364. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.01.106>.
16. Larson M. D., Behrends M. Portable infrared pupillometry: a review // *Anesthesia & Analgesia.* – 2015. – Vol. 120, № 6. – P. 1242–1253. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000314>.
17. Larson M. D., Talke P. O. Effect of dexmedetomidine, an alpha2 – adrenoceptor agonist, on human pupillary reflexes during general anaesthesia // *Br J Clin Pharmacol.* – 2001. – Vol. 51, № 1. – P. 27–33. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2125.2001.01311.x>.
18. Taketa Y., Irisawa Y., Fujitani T. Comparison of ultrasound-guided erector spinae plane block and thoracic paravertebral block for postoperative analgesia after VATS // *Reg Anesth Pain Med.* – 2020. – Vol. 45. – P. 10–15. <http://doi.org/10.1136/rapm-2019-100827>.
8. Barvais L., Engelman E., Eba J. M. et al. Effect site concentrations of remifentanyl and pupil response to noxious stimulation. *Br J Anaesth*, 2003, vol. 91, no. 13, pp. 347–352. <http://doi.org/10.1093/bja/aeg178>.
9. Brodsky J. B., Cohen E. Video-assisted thoracoscopic surgery. *Current Opinion in Anesthesiology*, 2000, vol. 13, no. 1, pp. 41. <http://doi.org/10.1097/00001503-200002000-00007>.
10. Davies R. G., Myles P. S., Graham J. M. A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy. *Br J Anaesth*, 2006, vol. 96, no. 4, pp. 418–426. <http://doi.org/10.1093/bja/ael020>.
11. Finnerty D. T., McMahon A., McNamara J. R. al. Comparing erector spinae plane block with serratus anterior plane block for minimally invasive thoracic surgery. *Br J Anaesth*, 2020, vol. 125, no. 5, pp. 802–810. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.020>.
12. Gaballah K. M., Soltan W. A., Bahgat N. M. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30930141/> - full-view-affiliation-1 Ultrasound-guided serratus plane block versus erector spinae block for postoperative analgesia after VATS. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, vol. 33, no. 7, pp. 1946–1953. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.02.028>.
13. Kaplowitz J., Papadakis P. J. Acute pain management for video-assisted thoracoscopic surgery: an update. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 2012, vol. 26, no. 2, pp. 312–321. <http://doi.org/10.1053/j.jvca.2011.04.010>.
14. Kornilov E., Gehlen L., Yacobi D. et al. Pupillary pain index predicts postoperative pain but not the effect of peripheral regional anaesthesia in patients undergoing total hip or total knee arthroplasty: an observational study. *Medicina (Kaunas)*, 2023, vol. 59, no. 5, pp. 826. <http://doi.org/10.1097/EJA.0b013e32835f0030>.
15. Larson M. D. Mechanism of opioid-induced pupillary effects. *Clin Neurophysiol*, 2008, vol. 119, no. 6, pp. 1358–1364. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.01.106>.
16. Larson M. D., Behrends M. Portable infrared pupillometry: a review. *Anesthesia & Analgesia*, 2015, vol. 120, no. 6, pp. 1242–1253. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000314>.
17. Larson M. D., Talke P. O. Effect of dexmedetomidine, an alpha2 – adrenoceptor agonist, on human pupillary reflexes during general anaesthesia. *Br J Clin Pharmacol*, 2001, vol. 51, no. 1, pp. 27–33. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2125.2001.01311.x>.
18. Taketa Y., Irisawa Y., Fujitani T. Comparison of ultrasound-guided erector spinae plane block and thoracic paravertebral block for postoperative analgesia after VATS. *Reg Anesth Pain Med*, 2020, vol. 45, pp. 10–15. <http://doi.org/10.1136/rapm-2019-100827>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского» НКЦ № 1, 119991, Россия, Москва, Абрикосовский пер., д. 2

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» МЗ РФ (Сеченовский университет), 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Иванищева Юлия Андреевна

младший научный сотрудник, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации I НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского.
E-mail: ivanishcheva_yuulya@mail.ru

Зайцев Андрей Юрьевич

д-р мед. наук, зав. отделением анестезиологии-реанимации I НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского; профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ им. Н. В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.
E-mail: rabotaz1@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9425-202X, SPIN: 3013-9774 Author ID: 168722

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky, Scientific and Clinical Center № 1, Moscow, Russia 2, Abrikosovskiy str., Moscow, Russia, 119991

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8, Trubeckaya str., Moscow, Russia, 119991

Ivanishcheva Yulia A.

Junior Research Fellow, Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky.
E-mail: ivanishcheva_yuulya@mail.ru

Zaytsev Andrey Yu.

Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky; Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N. V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University.
E-mail: rabotaz1@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9425-202X, SPIN: 3013-9774, Author ID: 168722

Кавочкин Алексей Алексеевич

младший научный сотрудник, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации I НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского; ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ им. Н. В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.
E-mail: sprayker-med@mail.ru

Выжигина Маргарита Александровна

д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник отделения анестезиологии-реанимации I НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского.
E-mail: nauka_fppo@mail.ru

Дубровин Кирилл Викторович

канд. мед. наук, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации I НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского; доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ им. Н. В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.
E-mail: tts801@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4677-0508, SPIN: 3102-4356, Author ID: 701800

Базаров Дмитрий Владимирович

д-р мед. наук, зав. отделением торакальной хирургии и онкологии НКЦ 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского, ведущий научный сотрудник.
E-mail: dbazarov@rambler.ru

Попов Сергей Олегович

канд. мед. наук, главный врач НКЦ № 1 ГНЦ РФ, Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского, член ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России, член европейской ассоциации кардио-торакальных хирургов.
E-mail: Popov@med.ru

Кузнецова Александра Антоновна

студент, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.
E-mail: alexandria_kuznetsova@mail.ru

Kavochkin Aleksey A.

Junior Research Fellow, Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky; Assistant, Department of Anesthesiology and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University.
E-mail: sprayker-med@mail.ru

Vyzhigina Margarita A.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Chief Research Fellow of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky.
E-mail: nauka_fppo@mail.ru

Dubrovin Kirill V.

Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky; Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University.
E-mail: tts801@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4677-0508, SPIN: 3102-4356, Author ID: 701800

Bazarov Dmitry V.

Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Thoracic Surgery and Oncology, Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky.
E-mail: dbazarov@rambler.ru

Popov Sergey O.

Dr. of Sci. (Med.), Chief Physician of the Scientific and Clinical Center № 1, State Scientific Center of the Russian Federation, Russian Scientific Center for Surgery named after Acad. B. V. Petrovsky, Member of the Association of Cardiovascular Surgeons of Russia, Member of the European Association of Cardiothoracic Surgeons.
E-mail: Popov@med.ru

Kuznetsova Alexandra A.

Student, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University.
E-mail: alexandria_kuznetsova@mail.ru