



ВЛИЯНИЕ БЛОКАДЫ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ НА ЧАСТОТУ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПОТОНИИ И БРАДИКАРДИИ ПРИ АРТРОСКОПИИ ПЛЕЧА У ПОДРОСТКОВ

© К.С. Трухин¹, Д.В. Заболотский^{2, 3}, В.А. Корячкин², О.В. Кулешов¹, К.И. Захаров¹, А.А. Чердниченко¹, А.Ю. Куликов¹

¹ Клиника высоких медицинских технологий имени Н.И. Пирогова, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

■ Для цитирования: Трухин К.С., Заболотский Д.В., Корячкин В.А., и др. Влияние блокады плечевого сплетения на частоту артериальной гипотонии и брадикардии при артроскопии плеча у подростков // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 35–42. <https://doi.org/10.17816/PTORS17538>

Поступила: 25.10.2019

Одобрена: 18.02.2020

Принята: 10.03.2020

Обоснование. При артроскопических операциях на плечевом суставе в положении полусидя не определена роль технических аспектов выполнения межлестничной блокады плечевого сплетения, предрасполагающих к развитию внезапных эпизодов артериальной гипотонии и брадикардии.

Цель — оценить влияние блокады плечевого сплетения межлестничным доступом на развитие эпизодов гипотонии-брадикардии при артроскопических операциях на плечевом суставе в положении полусидя у подростков.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ анестезий у 288 пациентов, которым выполняли артроскопические операции на плечевом суставе в положении полусидя в условиях блокады плечевого сплетения межлестничным доступом. В первой группе ($n = 23$) регионарные блокады проводили с помощью нейростимуляции, во второй ($n = 70$) — с помощью нейростимуляции и ультразвуковой навигации без репозиционирования иглы, в третьей ($n = 195$) — с помощью нейростимуляции и ультразвука с многократным прецизионным репозиционированием иглы.

Результаты. Эпизоды гипотонии-брадикардии выявлены у 26 (9 %) пациентов из 288. Отмечено статистически значимое различие по частоте данных осложнений во всех группах: в первой — 10 (43,48 %), во второй — 15 (21,43 %), в третьей — 1 (0,51 %) ($p = 0,000$). Обнаружена прямая корреляционная зависимость эпизодов гипотонии-брадикардии от объема местного анестетика ($r = 0,405$; $p < 0,05$) и от синдрома Горнера ($r = 0,684$; $p < 0,05$).

Заключение. Блокада плечевого сплетения межлестничным доступом с двойной навигацией и целевой доставкой малых объемов локальных анестетиков снижает риск возникновения эпизодов гипотонии-брадикардии. Ранним предиктором развития гипотонии-брадикардии можно считать синдром Горнера.

Ключевые слова: гипотония-брадикардия; блокада плечевого сплетения межлестничным доступом; артроскопические операции на плечевом суставе; синдром Горнера.

EFFECT OF BRACHIAL PLEXUS BLOCK ON THE INCIDENCE OF ARTERIAL HYPOTENSION AND BRADYCARDIA EVENTS DURING SHOULDER ARTHROSCOPY IN ADOLESCENTS

© K.S. Trukhin¹, D.V. Zabolotskii^{2, 3}, V.A. Koriachkin², O.V. Kuleshov¹, K.I. Zakharov¹, A.A. Cherednichenko¹, A.Yu. Kulikov¹

¹ Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia;

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia;

³ H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

■ For citation: Trukhin KS, Zabolotskii DV, Koriachkin VA, et al. Effect of brachial plexus block on the incidence of arterial hypotension and bradycardia events during shoulder arthroscopy in adolescents. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(1):35-42. <https://doi.org/10.17816/PTORS17538>

Received: 25.10.2019

Revised: 18.02.2020

Accepted: 10.03.2020

Background. The role and significance of the technical aspects of interscalene brachial plexus block in the occurrence of sudden arterial hypotension and bradycardia events during shoulder arthroscopy in a semi-sitting position are ambiguous.

Aim. The study aimed to assess the effect of interscalene brachial plexus block on the incidence of hypotension-bradycardia events during shoulder arthroscopic surgery in adolescents in a semi-sitting position.

Materials and methods. This retrospective analysis of anesthesia protocols included 288 patients who underwent arthroscopic shoulder surgery in a semi-sitting position under the interscalene brachial plexus block. Regional blockades were performed with neurostimulation in Group 1 ($n = 23$), neurostimulation and ultrasound navigation without repositioning the needle in Group 2 ($n = 70$), and neurostimulation and ultrasound navigation with multiple precision repositioning the needle in Group 3 ($n = 195$).

Results. Hypotension-bradycardia events were detected in 26 patients out of 288 (9%). There was a statistically significant difference in the frequency of hypotension-bradycardia in all groups: 10 (43.48%) in Group 1, 15 (21.43%) in Group 2, and 1 (0.51%) in Group 3 ($p = 0.000$). A direct correlation between hypotension-bradycardia episodes and local anesthetic volume ($r = 0.405$; $p < 0.05$), and Horner's syndrome ($r = 0.684$, $p < 0.05$) was found.

Conclusions. Interscalene brachial plexus block with a target delivery of low volume of local anesthetic and dual navigation reduces the risk of hypotension-bradycardia. Horner's syndrome can be considered an early predictor of hypotension-bradycardia events.

Keywords: hypotension-bradycardia events; interscalene brachial plexus block; arthroscopic shoulder surgery; Horner's syndrome.

Интраоперационная стабильность гемодинамических показателей является одним из факторов безопасности пациента во время анестезии. При артроскопических вмешательствах на плече у пациента, находящегося в положении полусидя или «шезлонга» (подъем головного конца операционного стола на 45–80° и сгибание бедер и коленей), в условиях блокады плечевого сплетения межлестничным доступом (МБПС) существует высокая вероятность развития эпизодов артериальной гипотонии-брадикардии (АГБ), частота которых, по данным литературы, составляет 13–28 % [1–3]. В ряде случаев АГБ может привести к остановке кровообращения. Основной причиной развития АГБ в положении пациента «шезлонга» считают развитие рефлекса Бецо́льда – Яриша, обусловленного перераспределением крови в нижние конечности, стимуляцией рецепторов «пустого» левого желудочка, сосудодвигательного центра и ядра блуждающего нерва [4]. В настоящее время однозначное представление о предрасполагающих факторах данного осложнения отсутствует [5]. В частности, известно, что синдром АГБ развивается на фоне избыточной седации и использования фентанила [6, 7], при добавлении адреналина в раствор местного анестетика или в ирригационный раствор [2, 8, 9], при выполнении блокады с правой стороны [6]. Многие авторы при МБПС использовали метод парестезий, либо фасцикуляций, в ответ на нейростимуляцию и применяли значительные (от 30,0 до 50,0 мл) объемы местных анестетиков [3, 10, 11]. Нам известно только одно исследование, в кото-

ром нейростимуляцию сочетали с ультразвуковой (УЗ) навигацией и при этом объем местных анестетиков составлял 13–18 мл [2]. Доказано, что УЗ-контроль при выполнении периферических регионарных блокад позволяет сократить объемы местных анестетиков [12, 13], но остается неясно, смогут ли меньшие объемы анестетика снизить частоту возникновения АГБ [5].

Таким образом, в доступной литературе роль и значение технических аспектов выполнения МБПС в предупреждении АГБ не описаны.

Цель — оценить влияние техники выполнения блокады плечевого сплетения межлестничным доступом на частоту возникновения АГБ при операциях на плечевом суставе.

Материалы и методы

После одобрения локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России проведен ретроспективный анализ протоколов анестезии 288 пациентов подросткового возраста, которым в период с 2011 по 2019 г. выполнены артроскопические операции на плечевом суставе.

Критерии включения в исследование: операция в условиях МБПС у пациентов в сознании или с поверхностной седацией (не более 3 баллов по шкале Ramsay), положение полусидя («шезлонг»). Критерии исключения: патология брахиоцефальных сосудов, мозгового кровообращения, водителей ритма и проводящей системы сердца, синкопальные состояния в анамнезе, хронические заболевания органов дыхания с дыхательной не-

Общая характеристика пациентов

Характеристика	Первая группа (n = 23)	Вторая группа (n = 70)	Третья группа (n = 195)	p
Возраст, лет	18 [17; 18]	18 [17; 18]	18 [17; 18]	0,97
Пол, м/ж, n, %	16/7 (70/30)	49/21 (70/30)	127/68 (65/34)	0,72
Рост, м	1,74 [1,68; 1,78]	1,74 [1,62; 1,8]	1,75 [1,66; 1,8]	0,74
Масса тела, кг	64 [59; 70]	64 [56; 74]	65 [59; 73]	0,69
Индекс массы тела	21,6 [20,9; 22,5]	21,6 [20,9; 22,8]	21,8 [21,1; 22,8]	0,67
ASA, I/II, n	19/4	59/11	170/25	0,74

Примечание. ASA (от англ. American Society of Anesthesiologist) — периоперационная шкала риска Американского общества анестезиологов.

достаточностью I–II степеней, интраоперационная управляемая гипотония, глубокая медикаментозная седация (4 балла и более по Ramsay).

В исследование включены 288 пациентов 16–18 лет, которым после преинфузии (500 мл кристаллоидного раствора) и премедикации (фентанил в дозе 50–100 мкг, 0,5–1 мкг/кг, диазепам в дозе 5–10 мг, кетопрофен в дозе 100 мг внутривенно) выполняли МБПС. В зависимости от метода выполнения МБПС пациенты были разделены на три группы (табл. 1).

Пациентам первой группы МБПС выполняли с помощью нейростимулятора (Stimuplex HNS12, B. Braun, Германия: 1–0,5 мА, 1 Гц, 0,1 мс) по методу G. Meier [14] с использованием 20–30 мл 0,5 % ропивакаина для блокады плечевого и 10–15 мл 0,2 % ропивакаина для блокады поверхностных ветвей шейного сплетения. Для определения общего количества анестетика ориентировались на расчетную дозу ропивакаина 3 мг/кг.

Во второй группе МБПС выполняли под УЗ-контролем (Sonosite M-Turbo, Sonosite, США: линейный датчик 12 МГц, поперечное сканирование на уровне позвонков C₆–C₇ с латеральным доступом и длинно-осевой визуализацией иглы) и с применением нейростимуляции (Stimuplex HNS12, B. Braun, Германия: 0,5 мА, 1 Гц, 0,1 мс). Иглу подводили к среднему стволу и, получив нейромышечный ответ (сокращение двуглавой мышцы плеча), без дальнейшего репозиционирования вводили 20–30 мл 0,5 % ропивакаина, контролируя с помощью УЗ-навигации его распространение

ко всем элементам плечевого сплетения субфасциально в межлестничном пространстве. Затем выполняли блокаду поверхностных ветвей шейного сплетения 10 мл 0,2 % ропивакаина. Для определения общего количества анестетика ориентировались на УЗ-критерии распространения раствора ко всем элементам плечевого и шейного сплетения, но не превышали общую дозу — 3 мг/кг ропивакаина.

В третьей группе МБПС выполняли в условиях УЗ-навигации (Sonosite M-Turbo, Sonosite, США: линейный датчик 12 МГц, поперечное сканирование на уровне позвонков C₆–C₇ с латеральным доступом и длинно-осевой визуализацией иглы) и нейростимуляции (Stimuplex HNS12, B. Braun, Германия: 0,5 мА, 1 Гц, 0,1 мс) с селективной блокадой стволов плечевого сплетения. Этого достигали путем многократного репозиционирования иглы и введения отдельных болюсов местного анестетика, не превышающих 0,5–1 мл, из каждого положения. Добивались распространения раствора вокруг каждого ствола плечевого сплетения, что определяло необходимый объем местного анестетика. Всего использовали 7–10 мл 0,5 % ропивакаина для блокады плечевого сплетения (см. рис. 1) и 5–7 мл 0,2 % ропивакаина для блокады поверхностных ветвей шейного сплетения [15].

Качество симпатического компонента блока определяли по приросту индекса перфузии, измеряемого пульсоксиметром на ногтевой фаланге II пальца кисти оперируемой конечности до и через 15 мин после выполнения блокады. Качество моторного компонента блока оценивали через 15 мин

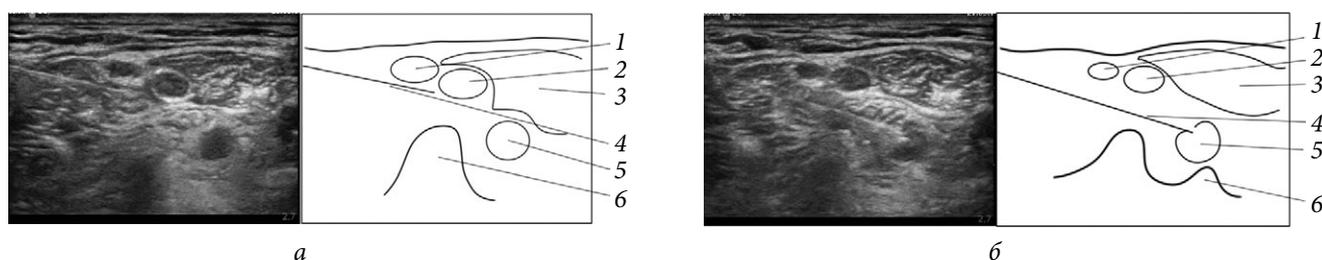


Рис. 1. Блокада верхнего, среднего (а) и нижнего (б) стволов плечевого сплетения латеральным доступом: 1 — верхний ствол плечевого сплетения; 2 — средний ствол плечевого сплетения; 3 — передняя лестничная мышца; 4 — игла; 5 — нижний ствол плечевого сплетения; 6 — позвонок C₇

после выполнения блокады: возможность активных движений в дельтовидной, двуглавой и трехглавой мышцах плеча (0 — есть, 1 — нет). Степень глубины сенсорного блока определяли методом pin prick в дерматомах C₄-Th₁ через 15 мин после блокады: 0 — полное сохранение чувствительности, 1 — умеренное снижение чувствительности, 2 — полная анестезия. Регистрировали развитие синдрома Горнера: 0 — отсутствие, 1 — наличие.

После блокады пациента переводили в положение «шезлонга». Ингаляцию кислорода обеспечивали через носовые канюли. Уровень глубины седации оценивали по шкале Ramsay. У эмоционально лабильных пациентов для достижения уровня седации 2–3 балла внутривенно вводили пропофол со скоростью 0,5–1 мг/кг в час. Учитывали использованный объем раствора местного анестетика, интраоперационное введение седативных препаратов, наркотических анальгетиков и их дозировки.

Частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление измеряли каждые 5 мин с помощью полифункционального монитора (IntelliVue MP50, Philips, Германия). Эпизоды АГБ фиксировали согласно диагностическим критериям S.Y. Song et al. (2012): снижение ЧСС не менее чем на 30 в минуту в течение пятиминутного интервала; или снижение ЧСС менее 50 в минуту; и/или снижение систолического артериального давления более чем на 30 мм рт. ст. в течение пятиминутного интервала; или снижение систолического артериального давления ниже 90 мм рт. ст. [5].

Статистическую обработку проводили с помощью программного пакета Statistica 10 (StatSoft, США). Проверку на нормальность распределения осуществляли с помощью критерия Шапиро – Уил-

ка. Количественные переменные представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили — [Q₁; Q₃]), средней величины и доверительного интервала. Количественные переменные сравнивали с помощью критерия Краскела – Уоллиса. Для сравнения категориальных переменных использовали критерий χ^2 . Точный критерий Фишера применяли для сравнения двоичных переменных и при ограничениях применения критерия χ^2 . Показатели повторных измерений сравнивали с использованием дисперсионного анализа (ANOVA). С помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена оценивали связи между переменными. Значение $p < 0,05$ считали статистически значимым. Апостериорное (post-hoc) попарное сравнение проводили с помощью *U*-критерия Манна – Уитни с уровнем значимости $p < 0,017$.

Результаты

После перевода в положение «шезлонга» АГБ возникла через 13,2 ± 3,7 мин у 26 (9 %) пациентов. При этом АГБ в третьей группе развивалась достоверно ($p = 0,000$) реже по сравнению с первой и второй группами. При анализе зависимости появления АГБ от использования УЗ-навигации по общей выборке получена слабая положительная корреляция ($r = 0,354$; $p < 0,05$) (табл. 2).

Отмечено статистически значимое различие между группами по степени сенсорной блокады в дерматомах C₈ и Th₁ ($p = 0,000$) при отсутствии достоверной разницы в сегментах C₄–C₇. В общей выборке установлены слабые корреляционные взаимосвязи между АГБ и сенсорной блокадой на уровнях C₈ ($r = 0,365$), Th₁ ($r = 0,381$; $p < 0,05$),

Таблица 2

Артериальная гипотония-брадикардия и анестезиологические характеристики

Показатели	Первая группа (<i>n</i> = 23)	Вторая группа (<i>n</i> = 70)	Третья группа (<i>n</i> = 195)	<i>p</i>
Артериальная гипотония-брадикардия, <i>n</i> (%)	10 (43,48)	15 (21,43)*	1 (0,51)* [†]	0,000
МБПС справа, <i>n</i> (%)	13 (56,52)	46 (65,71)	124 (63,59)	0,73
Объем местного анестетика, мл	30 [30; 35]	30 [28; 34]	15 [15; 18]* [†]	0,000
Фентанил, мкг (50/100)	17/6	60/10	172/23	0,164
Индекс перфузии исходно	1,0 [0,8; 1,8]	1 [0,7; 1,6]	0,9 [0,7; 1,5]	0,33
Δ ИП после блока	15 [8,3; 18,3]	11 [6,6; 15,8]	8,2 [6,1; 10,3]* [†]	0,002
Степень глубины сенсорного блока: дерматом C ₈ (0/1/2) дерматом Th ₁ (0/1/2)	0/0/23 0/0/23	0/0/70 1/0/70*	85/106/4* [†] 98/97/0* [†]	0,000 0,000
Длительность сенсорного блока, ч	14 [13; 17]	13 [11; 15]*	12 [10; 14]* [†]	0,000
Синдром Горнера	17 (73,91)	24 (34,29)*	2 (1,03)* [†]	0,000

Примечание. МБПС — межлестничная блокада плечевого сплетения; Δ ИП — прирост индекса перфузии; * $p < 0,017$ в сравнении с первой группой; [†] $p < 0,017$ в сравнении со второй группой.

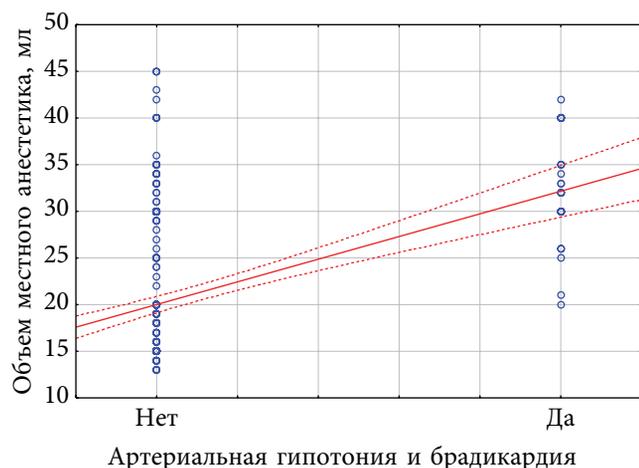


Рис. 2. Корреляция между объемом местного анестетика и эпизодами артериальной гипотонии и брадикардии ($r = 0,435$; $p < 0,05$; 95 % ДИ)

а также взаимосвязь между АГБ и методом анестезии ($r = -0,456$; $p < 0,05$), объемом местного анестетика ($r = 0,435$; $p < 0,05$) (рис. 2).

Отмечена слабая прямая взаимосвязь между АГБ и приростом индекса перфузии после выполненной блокады ($r = 0,448$; $p < 0,05$), а также между объемом местного анестетика и индексом перфузии ($r = 0,428$; $p < 0,05$).

Выявлена статистически значимая ($p = 0,000$) разница между группами в использованных объемах местного анестетика для блокады плечевого сплетения с максимальными объемами в первой группе (рис. 3). При апостериорном анализе различия были статистически значимы между первой и третьей и между второй и третьей группами ($p < 0,017$).

Достоверной разницы между группами по глубине седации ($p = 0,45$), объему инфузии ($p = 0,16$), использованию фентанила ($p = 0,16$), диазепама ($p = 0,13$) и пропофола не установлено ($p = 0,077$).

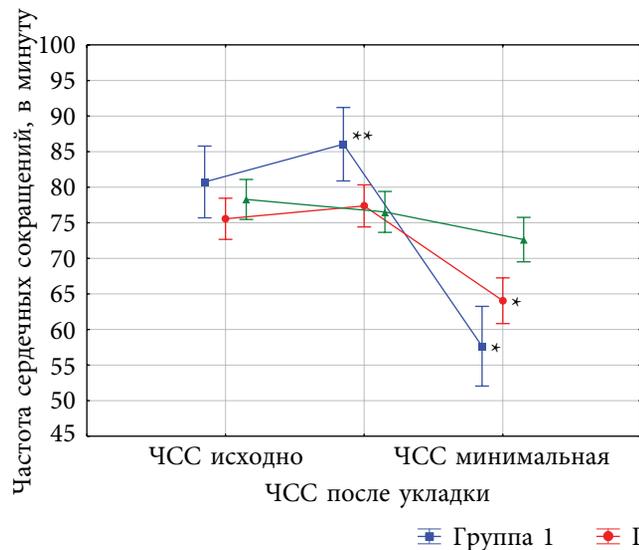


Рис. 5. Анализ изменения частоты сердечных сокращений и среднего артериального давления в группах (данные представлены как среднее и 95 % ДИ). * $p < 0,05$ в сравнении с третьей группой; ** $p < 0,05$ в сравнении с исходными показателями. ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — среднее артериальное давление

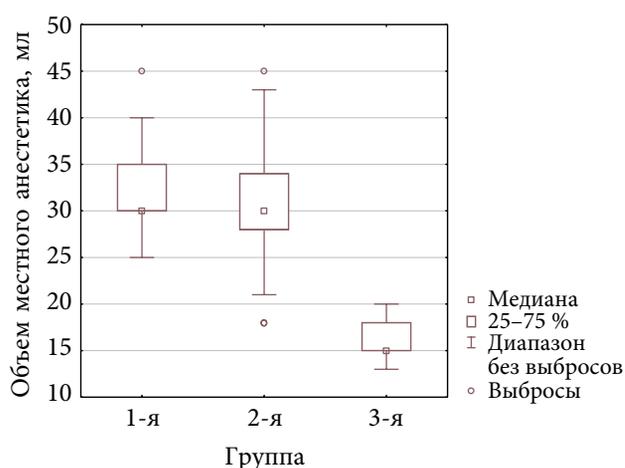


Рис. 3. Объемы растворов местного анестетика для блокады плечевого сплетения ($p < 0,05$)

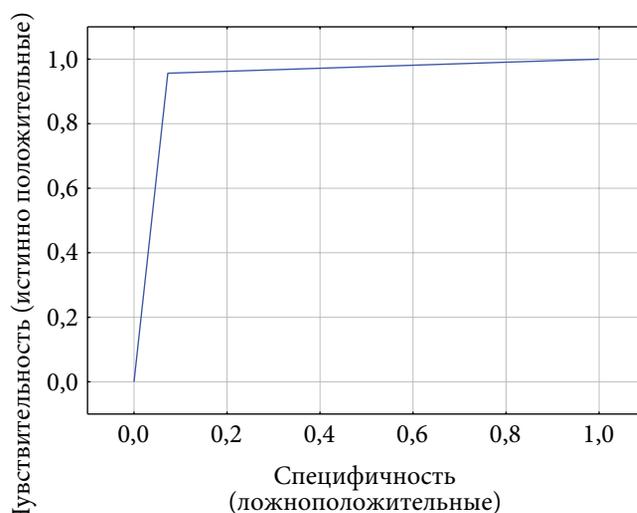
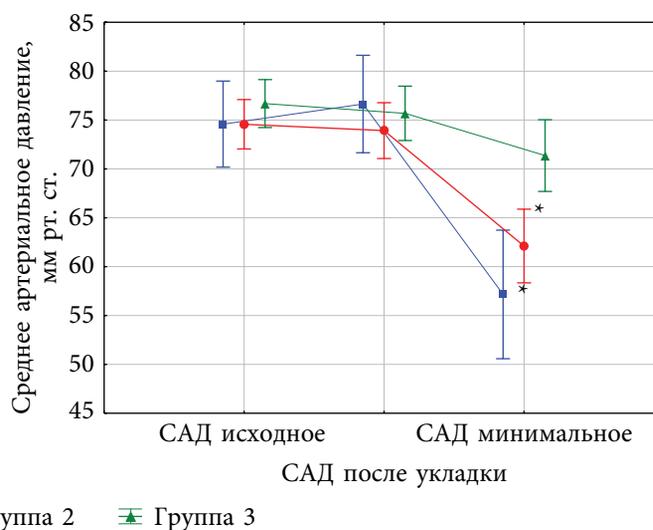


Рис. 4. ROC-анализ прогноза возникновения артериальной гипотонии-брадикардии при наличии синдрома Горнера



Синдром Горнера выявлен у 44 (15,28 %) пациентов, при этом развитие синдрома было зарегистрировано в первой группе у 18 (78,26 %), во второй — у 24 (34,29 %), в третьей — у двух (1,03 %) больных ($p = 0,000$). Наблюдалась прямая средняя связь между АГБ с синдромом Горнера ($r = 0,684$; $p < 0,05$). При оценке синдрома Горнера, как предиктора развития АГБ, чувствительность составила 92,3 %, специфичность — 92,7 %, а абсолютный риск положительного результата — 55,8 %. При отсутствии синдрома Горнера шанс развития АГБ был равен 0,078, отношение шансов — 153,5; 95 % ДИ [33,7; 69,9].

При ROC-анализе оказалось, что AUC составила 0,925 (рис. 4), что показывает отличное прогностическое качество модели для оценки диагностической значимости синдрома Горнера при прогнозировании возникновения АГБ.

При оценке гемодинамических показателей отмечена достоверная разница между минимальными значениями ЧСС и среднего артериального давления в первой и во второй группах по сравнению с третьей группой ($p < 0,05$). Кроме этого, в первой группе выявлено статистически значимое различие с положительным трендом между исходным ЧСС и ЧСС после укладки в положение «шезлонга» ($p < 0,05$) (рис. 5).

Обсуждение

В нашем исследовании частота АГБ составила 9 % в общей выборке, что в 1,5–3 раза меньше, чем по данным литературы, в соответствии с которыми частота этого осложнения составляла от 13 до 28 % [3, 5, 8]. По нашему мнению, это связано со снижением объема местного анестетика, а также с использованием УЗ-навигации и нейростимуляции. Частота АГБ в первой группе составляла 43,48 %, что в 1,5 раза больше, чем в исследованиях G.A. Liguori et al. (1998) и J.H. Kim et al. (2015) [3, 10]. В третьей группе АГБ зарегистрирована только в 0,51 %.

Использование одансетрона, по данным S. Nallam (2015), позволило снизить АГБ с 22,44 до 6,1 % [11], а профилактическое назначение β -блокаторов (5 мг метопролола), по данным G.A. Liguori (1998), — с 28 до 5 % ($p = 0,004$) [10].

Одним из пусковых механизмов рефлекса Бецольда – Яриша считают исходную гиперсократимость «пустого» сердца, профилактику которой можно осуществлять β -блокаторами [4, 8, 10]. Однако желаемый эффект достигается не всегда [1]. По данным A. Chierichini et al. (2015), замена адреналина на норадреналин в ирригационной жидкости позволяет снизить АГБ с 28,4 до 8,3 % [2]. При этом в работе применяли схожие объемы местных анестетиков (13,0–18,0 мл) в комбинации

с ультразвуковой и нейростимуляцией. Анестетик вводили в область верхнего ствола плечевого сплетения или корешков C_5 – C_6 , добиваясь диффузии анестетика ко всем стволам. Интраоперационное введение фентанила, по нашим данным, не влияло на частоту развития АГБ. Такие же результаты получили S. Nallam и S. Dara (2015) [11]. Мы не отметили статистической разницы между правосторонним и левосторонним доступами к плечевому сплетению в отличие от K. Seo et al. (2010) [6] и M. Simeoforidou et al. (2013) [16].

В результате проведенного нами анализа была выявлена зависимость частоты развития синдрома Горнера от объема местного анестетика, что подтверждает мнение R. Sukhani (1994) о прямой корреляции объемов местного анестетика и частоты блокады звездчатого ганглия [17]. Данные литературы по частоте синдрома Горнера неоднозначны, и ряд авторов не обнаружили разницы при использовании для МБПС 20 и 40 мл местного анестетика [18]. В эксперименте на трупах G. Feigl et al. (2006) [19] установили, что 30 мл красителя, введенного по методике Винни в межлестничной борозде, распространялись вентральнее и дорсальнее передней лестничной мышцы с окрашиванием симпатического ствола. Вероятно, этот объем можно считать критическим для развития блокады симпатических ганглиев. Однако следует учитывать и место введения. Так, по данным B. Kim et al. (2017), при использовании 20,0 мл анестетика, введенного межлестничным доступом, синдром Горнера отсутствовал, а при 20,0 мл, введенных надключичным доступом, развился у 2 (8,3 %) из 24 пациентов [20].

Представлены данные о том, что развитие синдрома Горнера не зависит от применения УЗ-навигации, нейростимулятора или их сочетания в случае введения 20,0 мл местного анестетика [21], но при этом существует зависимость от возраста. Авторы пришли к выводу о перспективности сочетания УЗ-контроля и нейростимуляции, при этом за счет точности введения можно снизить как объем анестетика, так и частоту развития синдрома Горнера. Полученные нами данные в третьей группе с использованием двойной навигации и целевой селективной доставки местного анестетика подтверждают эти предположения.

Дальнейшее снижение объема местного анестетика считаем нецелесообразным из-за уменьшения длительности блокады [22]. В нашей работе мы не выявили корреляции между синдромом Горнера и возрастом ($r = 0,017$; $p < 0,05$). В то время как прямая связь синдрома Горнера с АГБ ($r = 0,684$; $p < 0,05$) подтверждает предположение K. Seo et al. (2010) и S. Song et al. (2012) о том, что блокада звездчатого ганглия может приводить к АГБ [6, 5].

Заключение

Выполнение блокады плечевого сплетения межлестничным доступом под УЗ-навигацией и с применением нейростимуляции позволяет уменьшить объем местного анестетика, обеспечив его селективную целевую доставку, и снизить частоту развития артериальной гипотонии-брадикардии. Синдром Горнера необходимо считать ранним предиктором развития эпизодов артериальной гипотонии-брадикардии.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава России и одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России (протокол № 12/1 от 10.12.2018). Представители пациентов подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию данных без идентификации личности.

Вклад авторов

К.С. Трухин — разработка методологии и дизайна исследования. Написание всех разделов статьи. Сбор и анализ данных, анализ литературы.

Д.В. Заболотский — разработка методологии и дизайна исследования, этапное редактирование статьи.

В.А. Корячкин — этапное редактирование статьи.

О.В. Кулешов — разработка методологии и дизайна исследования.

К.И. Захаров, А.А. Чередниченко, А.Ю. Куликов — сбор и анализ данных.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература

1. Kahn RL, Hargett MJ. Beta-adrenergic blockers and vasovagal episodes during shoulder surgery in the sitting position under interscalene block. *Anesth Analg Analgesia*. 1999;88(2):378-381. <https://doi.org/10.1097/00000539-199902000-00029>.
2. Chierichini A, Frassanito L, Vergari A, et al. The effect of norepinephrine versus epinephrine in irrigation fluid on the incidence of hypotensive/bradycardic events during arthroscopic rotator cuff repair with interscalene block in the sitting position. *Arthroscopy*. 2015;31(5):800-806. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.02.030>.
3. Kim JH, Song SY, Ryu T, et al. Changes in heart rate variability after sitting following interscalene block. *Clin Auton Res*. 2015;25(5):327-333. <https://doi.org/10.1007/s10286-015-0312-z>.
4. Tetzlaff JE. Cousins and Bridenbaugh's neural blockade in clinical anesthesia and pain medicine. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(7):e51. <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0230>.
5. Song SY, Roh WS. Hypotensive bradycardic events during shoulder arthroscopic surgery under interscalene brachial plexus blocks. *Korean J Anesthesiol*. 2012;62(3):209. <https://doi.org/10.4097/kjae.2012.62.3.209>.
6. Seo KC, Park JS, Roh WS. Factors contributing to episodes of bradycardia hypotension during shoulder arthroscopic surgery in the sitting position after interscalene block. *Korean J Anesthesiol*. 2010;58(1):38-44. <https://doi.org/10.4097/kjae.2010.58.1.38>.
7. Song SY, Son SH, Kim SO, Roh WS. Intravenous fentanyl during shoulder arthroscopic surgery in the sitting position after interscalene block increases the incidence of episodes of bradycardia hypotension. *Korean J Anesthesiol*. 2011;60(5):344-350. <https://doi.org/10.4097/kjae.2011.60.5.344>.
8. D'Alessio JG, Weller RS, Rosenblum M. Activation of the Bezold-Jarisch reflex in the sitting position for shoulder arthroscopy using interscalene block. *Anesth Analg*. 1995;80(6):1158-1162. <https://doi.org/10.1097/00000539-199506000-00016>.
9. Sia S, Sarro F, Lepri A, Bartoli M. The effect of exogenous epinephrine on the incidence of hypotensive/bradycardic events during shoulder surgery in the sitting position during interscalene block. *Anesth Analg*. 2003;97(2):583-588, table of contents. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000070232.06352.48>.
10. Liguori GA, Kahn RL, Gordon J, et al. The use of metoprolol and glycopyrrolate to prevent hypotensive/bradycardic events during shoulder arthroscopy in the sitting position under interscalene block. *Anesth Analg*. 1998;87(6):1320-1325. <https://doi.org/10.1213/00000539-199812000-00020>.
11. Nallam SR, Dara S. Effect of intravenous ondansetron on reducing the incidence of hypotension and bradycardia events during shoulder arthroscopy in sitting position under interscalene brachial plexus block: A prospective randomized trial. *Indian J Anaesth*. 2015;59(6):353-358. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.158739>.
12. Conroy PH, Awad IT. Ultrasound-guided blocks for shoulder surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2011;24(6):638-643. <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e32834c155f>.
13. Gautier P, Vandepitte C, Ramquet C, et al. The minimum effective anesthetic volume of 0.75% ropivacaine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2011;113(4):951-955. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31822b876f>.
14. Майер Г, Бюттнер Й. Периферическая регионарная анестезия: атлас / под ред. П.Р. Камчатнова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 260 с. [Mayer G, Byuttner J. Perifericheskaya regionalnaya anesteziya: atlas. Ed. by P.R. Kamchatnova. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy; 2010. 260 p. (In Russ.)]
15. Патент РФ на изобретение № 2610883/17.02.2017. Бюл. № 5. Трухин К.С., Кулешов О.В., Заболотский Д.В., и др. Способ межлестничной анестезии.

- зии при артроскопических оперативных вмешательствах на плечевом суставе. [Patent RUS No. 2610883/17.02.2017. Byul. No. 5. Trukhin KS, Kuleshov OV, Zabolotskiy DV, et al. Sposob mezhlstnichnoy anestezii pri artroskopicheskikh operativnykh vmeshatel'stvakh na plechevom sustave. (In Russ.)]
16. Simeforidou M, Vretzakis G, Chantzi E, et al. Effect of interscalene brachial plexus block on heart rate variability. *Korean J Anesthesiol.* 2013;64(5):432-438. <https://doi.org/10.4097/kjae.2013.64.5.432>.
 17. Sukhani R, Barclay J, Aasen M. Prolonged Horner's syndrome after interscalene block: a management dilemma. *Anesth Analg.* 1994;79(3):601-603. <https://doi.org/10.1213/00000539-199409000-00038>.
 18. Maalouf DB, Dorman SM, Sebeo J, et al. Prospective, randomized double-blind study: does decreasing interscalene nerve block volume for surgical anesthesia in ambulatory shoulder surgery offer same-day patient recovery advantages? *Reg Anesth Pain Med.* 2016;41(4):438-444. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000418>.
 19. Feigl G, Fuchs A, Gries M, et al. A supraomohyoid plexus block designed to avoid complications. *Surg Radiol Anat.* 2006;28(4):403-408. <https://doi.org/10.1007/s00276-006-0113-0>.
 20. Kim BG, Han JU, Song JH, et al. A comparison of ultrasound-guided interscalene and supraclavicular blocks for post-operative analgesia after shoulder surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2017;61(4):427-435. <https://doi.org/10.1111/aas.12864>.
 21. Stasiowski M, Zuber M, Marciniak R, et al. Risk factors for the development of Horner's syndrome following interscalene brachial plexus block using ropivacaine for shoulder arthroscopy: a randomised trial. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2018;50(3):215-220. <https://doi.org/10.5603/AIT.a2018.0013>.
 22. Fredrickson MJ, Abeysekera A, White R. Randomized study of the effect of local anesthetic volume and concentration on the duration of peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(5):495-501. <https://doi.org/10.1097/AAP.0b013e3182580fd0>.

Сведения об авторах

Константин Сергеевич Трухин* — врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-5410-0467>. E-mail: k_truhin_dok@mail.ru.

Дмитрий Владиславович Заболотский — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии им. В.И. Гордеева, ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России; старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-6127-0798>.

Виктор Анатольевич Корячкин — д-р мед. наук, профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии им. В.И. Гордеева, ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>.

Олег Владимирович Кулешов — канд. мед. наук, заведующий отделением анестезиологии и реанимации, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-5177-2527>.

Кирилл Игоревич Захаров — врач-травматолог отделения травматологии, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-1440-4308>.

Андрей Александрович Чередниченко — врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4290-4206>.

Алексей Юрьевич Куликов — канд. мед. наук, врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-0130-253X>.

Konstantin S. Trukhin* — MD, anesthesiologist and intensive care specialist, Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5410-0467>. E-mail: k_truhin_dok@mail.ru.

Dmitrii V. Zabolotskii — MD, PhD, D.Sc., Professor, Head of the Chair of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Saint Petersburg State Pediatric Medical University; Senior Research Associate of the Department of Spine Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6127-0798>.

Viktor A. Koriachkin — MD, PhD, D.Sc., Professor, Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Pediatrics, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>.

Oleg V. Kuleshov — MD, PhD, Head of the Anesthesiology and Intensive Care Department, Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University; Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Reanimatology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5177-2527>.

Kirill I. Zakharov — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Traumatology Department, Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-1440-4308>.

Andrei A. Cherednichenko — MD, anesthesiologist and intensive care specialist, Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-4290-4206>.

Aleksei Yu. Kulikov — MD, PhD, anesthesiologist and intensive care specialist, Clinic of High Medical Technologies named after N.I. Pirogov, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-0130-253X>.