

И.Д. Толкачѳв*
**ПЕРИОПЕРАЦИОННАЯ БРАДИКАРДИЯ
В РЕНТГЕНЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ ХИРУРГИИ: ПРИЧИНЫ, ПУТИ
КОРРЕКЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

Научный руководитель: ст. преп. А.А. Шматова
*Кафедра анестезиологии и реаниматологии с курсом повышения квалификации
и переподготовки
Белорусский государственный медицинский университет*

I.D. Tolkasov*
**PERIOPERATIVE BRADYCARDIA IN X-RAY ENDOVASCULAR SURGERY:
CAUSES, WAYS OF CORRECTION AND PROGNOSIS**

Tutor: senior lecturer A.A. Shmatova
*Department of Anesthesiology and Reanimatology with Advanced Training and Retraining
Course
Belarusian State Medical University, Minsk*

Резюме. Периоперационная брадикардия – нередкое осложнение. В рентгенэндоваскулярной хирургии это состояние особенно часто из-за работы с ишемизированными кардиомиоцитами и вагусными рефлексамн. Для прогнозирования и снижения вероятности развития брадикардии необходимо выявить причины, применить машинное обучение и создать модель для разработки шкалы, которая поможет предсказать это осложнение.

Ключевые слова: брадикардия; рентгенэндоваскулярная хирургия; коррекция; риск; анестезиология.

Resume. Perioperative bradycardia is a common complication. In X-ray endovascular surgery, this condition is especially common due to work with ischemic cardiomyocytes and vagal reflexes. To predict bradycardia and reduce its likelihood, it is necessary to identify the causes, apply machine learning and create a model to develop a scale that will help predict this complication and reduce the risk of its occurrence.

Keywords: bradycardia; X-ray endovascular surgery; correction; risk; anesthesiology.

Актуальность. Брадикардия – частое осложнение в рентгенэндоваскулярной хирургии (РЭХ), возникающее из-за многочисленных факторов, например: вазовагальных рефлексов (при баллонной дилатации или стентировании коронарных артерий), под влиянием анестезии, а также введении контрастных веществ. Резкое снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) может привести к гипоперфузии органов, вплоть до остановки кровообращения.

Основная опасность брадикардии связана с продлением диастолы и последующим снижением скорости коронарного кровотока. Это приводит к уменьшению градиента давления и недостаточной перфузии миокарда, что особенно критично у пациентов с атеросклеротическим поражением коронарных артерий. Дополнительным негативным фактором является повышение вагусного тонуса, сопровождающееся выделением ацетилхолина, который вызывает вазоконстрикцию коронарных сосудов. В условиях рентгенэндоваскулярных вмешательств эта проблема усугубляется исходным повреждением эндотелия и нарушением синтеза

оксида азота, что лишает коронарные сосуды возможности компенсаторного расширения.

Изучение данной проблемы позволит снизить риски интраоперационных осложнений и улучшить безопасность оперативных вмешательств.

Цель: выявить причины, предикторы и возможные методы коррекции периоперационной брадикардии у пациентов при проведении рентгенэндоваскулярных вмешательств.

Задачи:

1. Проанализировать частоту возникновения брадикардии во время рентгенэндоваскулярных вмешательств.
2. Определить основные этиологические факторы возникновения брадикардий при рентгенэндоваскулярных интервенциях.
3. Оценить эффективность различных методов коррекции брадиаритмий.
4. Разработать алгоритм прогнозирования брадикардии на основе предикторов.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ медицинские карты пациентов (n=200) с 1 января по 31 декабря 2024 года, перенесших плановые и экстренные операции под общей/регионарной анестезией в рентгенэндоваскулярном кабинете УЗ «2 ГКБ г.Минска».

Предметом исследования были частота развития брадикардии (<50 уд/мин) интраоперационно, связь с препаратами для проведения анестезии, видами оперативного вмешательства, исходами, данными лабораторно-инструментальных исследований. Все пациенты были разделены на две группы в зависимости от наличия периоперационной брадикардии. Статистический анализ проводился с помощью программ Statistica (версия 12) и Microsoft Excel 2022.

Результаты и их обсуждение. Проведенное исследование выявило ряд значимых факторов, ассоциированных с развитием интраоперационной брадикардии при рентгенэндоваскулярных вмешательствах

Пациенты обеих групп были рандомизированны по основным демографическим показателям, $p \leq 0,05$, таблица 1.

Табл. 1. Сравнение возраста, пола, количества смертей между группами, $M \pm SD$

Исследуемый показатель	Пациенты с периоперационной брадикардией (n=38)	Пациенты без периоперационной брадикардии (n=162)
Возраст, лет	72,632±3,947	68,827±3,744
Пол (n, %)		
мужчины	21 (55,26%)	109 (67,28%)
женщины	17 (44,74%)	53 (32,72%)
Летальность	5 (13,16%)	11 (6,79%)

Наиболее существенными предикторами были инфаркт нижней стенки миокарда левого желудочка ($p=0,01$), операции на правой коронарной артерии ($p=0,002$), возраст пациентов старше 72 лет ($p=0,046$), а также гипокалиемия (уровень калия менее $4,11 \pm 0,21$ ммоль/л, $p=0,027$) и повышенный уровень лактата (более $2,45 \pm 0,52$ ммоль/л), таблица 3.

Эти данные согласуются с известными патофизиологическими механизмами развития брадиаритмий, связанными как с прямым ишемическим повреждением проводящей системы сердца, так и с метаболическими нарушениями.

Анализ провоцирующих факторов позволил выделить три основных механизма развития брадиаритмий: ишемический (связанный с баллонной дилатацией, спазмом, расслоением артерии или воздушной эмболией), реперфузионный (обусловленный восстановлением коронарного кровотока) и вазовагальный (вызванный болью, страхом или гиповолемией). Особое клиническое значение имеет тот факт, что частота развития атрио-вентрикулярной блокады может достигать 16% в первые 10 минут после восстановления кровотока, хотя в большинстве случаев эти нарушения ритма носят транзиторный характер, таблица 2.

Критическим этапом операции, наиболее часто сопровождающимся развитием брадикардии, оказалась баллонная дилатация, особенно при вмешательствах на правой коронарной артерии. Это объясняется сочетанием нескольких патогенетических механизмов: механического раздражения вагусных рецепторов, ишемии проводящей системы и реперфузионного повреждения.

Табл. 2. Факторы развития брадикардии в зависимости от механизма

Механизм	Провоцирующий фактор
Ишемия	Баллонная дилатация, стентирование Спазм Расслоение (обструктивное) Коронарная эмболия воздухом Внутрикоронарные инфузии Катетеризация коронарной артерии Дистальная эмболизация Стенозирование устья
Реперфузия	Восстановление коронарного кровотока
Вазовагальная реакция	Боль Страх Обезвоживание, диуретики, нитраты Вмешательство на ПКА
Другое	Введение высокоосмолярных контрастов Фармакологические препараты Возраст старше 72 лет Калий ниже 4,1 ммоль/л Уровень лактата больше 2,45 ммоль/л

Особого внимания заслуживает выявленная группа риска, в которую вошли пациенты с синдромом слабости синусового узла, а также получающие препараты с брадикардическим действием - бета-блокаторы, блокаторы кальциевых каналов, дигоксин и амиодарон. Важно отметить, что сами препараты для анестезии, в частности пропофол и фентанил, также достоверно увеличивали вероятность развития брадиаритмий, особенно на фоне сопутствующего ацидоза ($pH < 7,31$) и сниженной фракции выброса левого желудочка ($< 50\%$), таблица 3.

Табл. 3. Сравнение клинико-лабораторных показателей

Исследуемый показатель M±SD	Пациенты периоперационной брадикардией (n=38)	Пациенты без периоперационной брадикардии (n=162)	
Уровень калия, ммоль/л	4,111±0,209	4,341±0,085	
Уровень натрия, ммоль/л	147,097±1,234	145,601±0,99	
Уровень хлора, ммоль/л	102,026±0,917	101,729±0,553	
Гликемия, ммоль/л	8,67±1,437	8,233±0,712	
Лактат, ммоль/л	2,447±0,52	1,899±0,204	
pH	7,326±0,023	7,351±0,011	
BE, ммоль/л	-2,397±1,250	-2,994±0,565	
ФВ, %	52,395±2,518	53,531±1,114	
ДЛА, мм.рт.ст.	31,053±1,97	30,019±0,984	
Длительность операции, мин.	100±11,357	98±2,811	
АД систолическое, мм.рт.ст.	122,99±6,796	125,36±1,10	
АД диастолическое, мм.рт.ст.	75,806±4,644	78,071±0,886	
ЧСС, уд. в мин.	67,026±4,237	70,545±0,898	
Падение ЧСС до	40,278±3,0	-	
Частота введения анестетиков:	21 (55,26%)	83 (52,24%)	
	введение пропофола	4 (10,52%)	4 (2,47%)
	введение фентанила	19 (50%)	67 (41,36%)
	введение мидазолама	6 (15,79%)	34 (20,99%)
Коррекция гемодинамических нарушений	13 (34,21%)	31 (18,45%)	
	Введение норадреналина	10 (26,32%)	17 (10,12%)
	Введение изосорбида динитрата		

Коррекция брадикардии потребовалась в 37 случаях, причем в подавляющем большинстве (36 случаев) эффективным оказалось введение атропина в дозе 0,01 мг/мл, и лишь в одном случае потребовалась чрескожная электро-нейростимуляция миокарда.

Полученные результаты подчеркивают важность тщательного предоперационного обследования пациентов с оценкой всех факторов риска, коррекции электролитных нарушений и кислотно-основного состояния, а также индивидуального подхода к выбору анестезиологического пособия.

Особое внимание следует уделять мониторингу сердечного ритма в критические моменты операции, прежде всего во время баллонной дилатации. При этом следует помнить, что синусовая брадикардия не всегда требует медикаментозной коррекции - вмешательство необходимо только при ЧСС менее 50 ударов в минуту с возникновением симптомной гипотензии (менее 90 мм рт. ст.).

Перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка прогностических алгоритмов на основе выявленных факторов риска, что позволит осуществлять персонализированный подход к профилактике интраоперационных брадиаритмий. Также требуют изучения вопросы оптимизации анестезиологического пособия и разработки новых протоколов коррекции гемодинамических нарушений у пациентов высокого риска, например

предварительная или интраоперационная коррекция электролитных расстройств, премедикация для снижения вагусных реакций, рисунок 1.

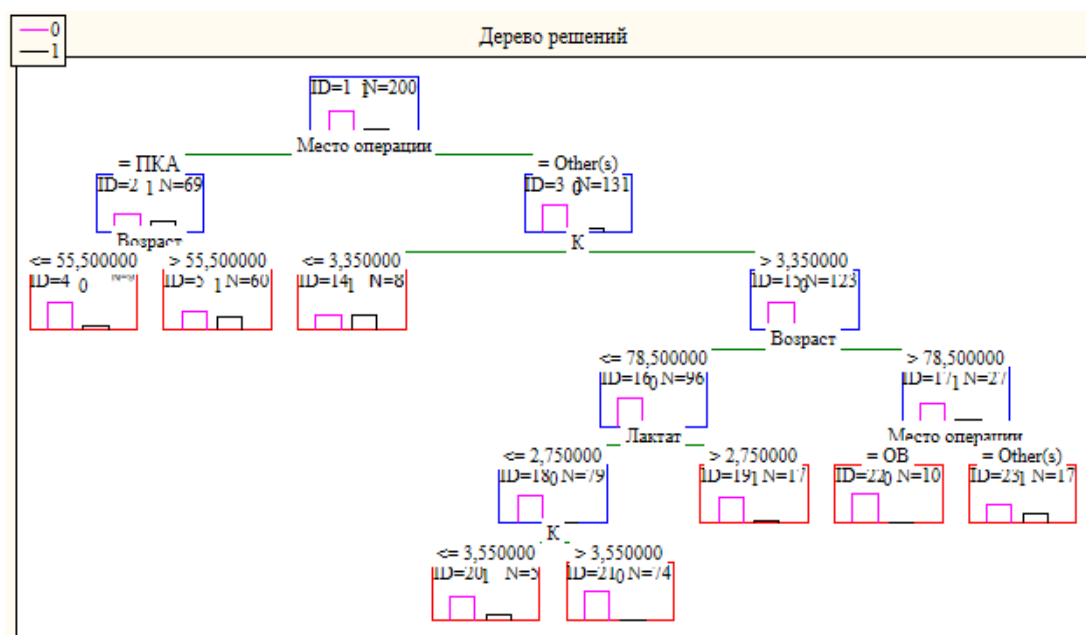


Рис. 1 – Дерево решений в управлении рисками развития брадикардии

Выводы:

1. Брадикардия во время проведения рентгенэндоваскулярных оперативных вмешательствах возникала в 19% (38 случаях из 200 наблюдений).

2. Наиболее значимыми факторами риска интраоперационной брадикардии являлись: инфаркт нижней стенки миокарда ($p=0,01$); вмешательства на правой коронарной артерии ($p=0,002$); возраст старше 72 лет ($p=0,046$); гипокалиемия ($<4,1$ ммоль/л) и повышенный уровень лактата ($>2,45$ ммоль/л).

3. Синусовая брадикардия не всегда требует медикаментозной коррекции - вмешательство необходимо только при ЧСС менее 50 ударов в минуту с возникновением гипотензии (менее 90 мм рт. ст.).

4. К пациентам с высоким риском развития брадикардии периоперационно относятся лица с четырьмя и более факторами риска.

Литература

1. Handbook of complications during percutaneous cardiovascular interventions / ed.: E. Eeckhout [et al.]. – Abington : Informa Healthcare [etc.], 2017. – 319 p.

2. Брадиаритмии и нарушения проводимости [Электронный ресурс]: клин. рекомендации, 2020 / разраб.: Рос. кардиол. о-во, Всерос. науч. о-во специалистов по клин. электрофизиологии, аритмологии и электростимуляции //Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии.–

Режим доступа: https://www.cardio.ru/files/Guidelines/minzdrav/Брадиаритмии_и_нарушения_проводимости_2020.pdf (дата обращения: 26.05.2025).

3. Рекомендации по оценке и коррекции сердечно-сосудистых рисков при несердечных операциях: 20 апр. 2023 г. / Рос. кардиол. о-во ; рабочая группа: А.Н. Сумин (пред.) [и др.]// Российское кардиологическое общество. – URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/Rekom_noncardsurgery2023.pdf (дата обращения: 26.05.2025).