

Научный обзор

УДК 616.1

DOI: 10.17816/pmj42546-57

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КАРДИОНЕЙРОАБЛЯЦИИ И ИМПЛАНТАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА ПРИ КАРДИОИНГИБИТОРНЫХ ВАЗОВАГАЛЬНЫХ ОБМОРОКАХ

**Б.К. Кадыралиев¹, Р.Д. Хузиахметов¹, Н.В. Кдралиева^{1,2*},
А.Г. Кучумов², Ч.З. Асанбаев³, Е.Н. Орехова⁴**

¹Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова, г. Пермь,

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Российская Федерация,

³Медицинский центр «Кардио Азия Плюс», г. Ош, Кыргызстан,

⁴Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,
Российская Федерация

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OUTCOMES OF CARDIONEUROABLATION AND PACEMAKER IMPLANTATION IN CARDIOINHIBITORY VASOVAGAL SYNCOPE

**B.K. Kadyraliev¹, R.D. Khuziakmetov¹, N.V. Kdraliev^{1,2*},
A.G. Kuchumov², Ch.Z. Asanbaev³, E.N. Orekhova⁴**

¹FCCS named after S.G. Sukhanov, Perm,

²Perm National Research Polytechnic University, Russian Federation,

³Cardio Asia Plus Medical Center, Osh, Kyrgyzstan,

⁴Ye.A. Vagner Perm State Medical University, Russian Federation

© Кадыралиев Б.К., Хузиахметов Р.Д., Кдралиева Н.В., Кучумов А.Г., Асанбаев Ч.З., Орехова Е.Н., 2025
e-mail: nurslu.kdraliev@mail.ru

[Кадыралиев Б.К. – доктор медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-4007-7665; Хузиахметов Р.Д. – сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0009-0001-2835-9571; Кдралиева Н.В. (*контактное лицо) – сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0009-0005-7617-2305; Кучумов А.Г. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики, заведующий лабораторией биожидкостей, ORCID: 0000-0002-0466-175X; Асанбаев Ч.З. – интервенционный кардиолог; Орехова Е.Н. – доктор медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и кардиологии, ORCID: 0000-0002-7097-8771].

© Kadyraliev B.K., Khuziakmetov R.D., Kdraliev N.V., Kuchumov A.G., Asanbaev Ch.Z., Orekhova E.N., 2025
e-mail: nurslu.kdraliev@mail.ru

[Kadyraliev B.K. – DSc (Medicine), Cardiovascular Surgeon, ORCID: 0000-0002-4007-7665; Khuziakmetov R.D. – Cardiovascular Surgeon, ORCID: 0009-0001-2835-9571; Kdraliev N.V. (*contact person) – Cardiovascular Surgeon, ORCID: 0009-0005-7617-2305; Kuchumov A.G. – DSc (Physics and Mathematics), Professor of the Department of Computational Mathematics, Mechanics and Biomechanics, Head of Biofluids Laboratory, ORCID: 0000-0002-0466-175X; Asanbaev Ch.Z. – Interventional Cardiologist; Orekhova E.N. – DSc (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital Therapy and Cardiology, ORCID: 0000-0002-7097-8771].

Провести сравнительный анализ результатов кардионейроабляции и имплантации электрокардиостимулятора при кардиоингибиторных вазовагальных обмороках на основании данных литературы.

Ключевые слова. Кардионейроабляция, электрокардиостимуляция, обмороки.

The objective of this review is to conduct a literature- based comparative analysis of the outcomes of cardioneuroablation and pacemaker implantation in cardioinhibitory vasovagal syncope.

Keywords. Cardioneuroablation, pacemaker implantation, syncope.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Вазовагальный обморок (ВВО) – распространенное состояние: к 60 годам у 42 % женщин и 32 % мужчин отмечается хотя бы один эпизод обморока [1]. Хотя исход обычно благоприятный, ВВО может приводить к травмам и снижению качества жизни [2; 3]. Патофизиология ВВО обусловлена рефлексаторной гипотонией и брадикардией вследствие избыточной активации блуждающего нерва [4]. Традиционные методы лечения ВВО часто неэффективны [5].

Кардионейроабляция (КНА), применяемая для лечения функциональных брадиаритмий и ВВО, позволяет подавлять чрезмерную вагусную активность и восстанавливать вегетативный баланс [7–9]. Данные по КНА обнадеживают, однако вопросы отбора пациентов и стандартизации протоколов ограничивают широкое применение метода [10–12].

КЛАССИФИКАЦИЯ ВАЗОВАГАЛЬНЫХ ОБМОРОКОВ

В зависимости от типа реакций сердечно-сосудистой системы выделяют три разновидности ВВО [13; 14]:

- кардиоингибиторные,
- вазодепрессорные,
- смешанные.

Кардиоингибиторная реакция характеризуется остановкой синусового узла, развитием АВ-блокады или длительной брадикар-

дией. Вазодепрессорная реакция проявляется в выраженном депонировании крови в венозном русле из-за снижения периферического венозного тонуса. При вазодепрессорной реакции артериальная гипотония обычно является основным симптомом и не всегда сопровождается брадикардией. У многих людей наблюдаются смешанные реакции, которые включают как кардиоингибиторные, так и вазодепрессорные компоненты.

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ВАЗОВАГАЛЬНЫХ ОБМОРОКОВ

Несмотря на то что постоянно разрабатываются новые методы лечения данного состояния, патогенез ВВО продолжает оставаться предметом дискуссий. Согласно широко распространенной теории, ВВО вызывается аномальным вегетативным барорефлексом, опосредованным вегетативной нервной системой, целью которого является постоянное поддержание гомеостаза. Например, когда человек встает, объем периферического кровообращения увеличивается на 500–800 мл, активируя симпатические нервы для предотвращения гипотензии [15]. Однако во время ВВО аномальная рефлексаторная реакция приводит к чрезмерному скоплению крови на периферии, вызывая чрезмерный симпатический отток и усиление сокращения желудочков, в результате парадоксальным образом увеличивается приток крови к центральной нервной системе, вследствие чего происходит стойкое повышение активности блуждающего нерва

и брадикардия, что в конечном счете приводит к потере сознания [14].

Принцип действия кардионейроабляции. Парасимпатическая гиперактивность – ключевой фактор брадиаритмий, что делает ее мишенью для лечения [16]. Автономная регуляция сердца осуществляется через сложную нейронную сеть, включающую эфферентные и афферентные нейроны, сосредоточенные в эпикардиальной жировой клетчатке [17]. Ганглиозные сплетения, состоящие из пре- и постганглионарных волокон, регулируют сердечную деятельность. КНА состоит в катетерной абляции этих сплетений, что обеспечивает парасимпатическую денервацию и улучшает состояние пациентов [8].

Расположение ганглионарных сплетений. Ганглионарные сплетения (ГС) сердца включают пять предсердных (3 в левом предсердии (ЛП), 2 в правом предсердии (ПП)) и пять желудочковых, не влияющих на эффективность КНА [18; 19]. Плотность и распределение ГС варьируемы у разных людей [20], что объясняет разночтения в их анатомической классификации [21]. В ПП выделяют верхнее и нижнее сплетения. В ЛП различают пять сплетений, расположенных вокруг устьев легочных вен и связки Маршалла. Вена Маршалла также содержит парасимпатические волокна, иннервирующие структуры ЛЖ и коронарный синус [22].

Методы определения ганглионарных сплетений. Для локализации ГС при КНА применяют три метода: спектральный анализ (СА), высокочастотную стимуляцию (ВЧС) и электроанатомическое картирование (ЭАК) [23]. Исследование Aksu et al. ($n = 20$) показало, что ЭАК сокращает время процедуры и рентгеноскопии при сопоставимой эффективности с комбинированным подходом (СА+ВЧС) [24]. Xu et al. ($n = 108$) продемонстрировали *comparable* эффективность ВЧС и ЭАК – у 83,7 % пациентов дос-

тигнуто прекращение обмороков [25]. Метаанализ Vandenberg et al. подтвердил отсутствие значимых различий в эффективности между методами [26].

Различные подходы к проведению КНА. Выделяют три типа КНА: правопредсердная (ПП-КНА), левопредсердная (ЛП-КНА) и биатриальная (БА-КНА). Debruyne et al. [27] показали 95%-ную эффективность ПП-КНА через 12 месяцев. Mesquita et al. [28] подтвердили эффективность изолированной правопредсердной абляции. Aksu et al. [29] разработали ступенчатый подход с успешностью 96,7 %. Debruyne et al. [30] предложили менее инвазивную методику частичной абляции ПП. Исследования Scanavacca [31] и Yao [7] демонстрируют эффективность ВЧС-контролируемой КНА и ЛП-абляции как альтернативы биатриальному подходу [8]. Все методики показывают сопоставимую эффективность.

КНА у ПАЦИЕНТОВ С ДИСФУНКЦИЕЙ СИНУСОВОГО УЗЛА

Zhao et al. [45] изучили эффективность и безопасность КНА у пациентов с симптоматической синусовой брадикардией (СБ). В исследование были включены одиннадцать пациентов (средний возраст $45,9 \pm 10,9$ года; из них 8 мужчин) с длительным течением СБ ($106,2 \pm 43,7$ месяца). Пять ганглиозных сплетений (ГС), идентифицированных при помощи анатомического картирования и высокочастотной стимуляции, были подвергнуты абляции. Конечной целью процедуры было устранение реакции блуждающего нерва в местах абляции. Наблюдения за симптомами СБ и ХМ-ЭКГ проводились через 3 дня, 6 и 12 месяцев, а затем в течение 18 месяцев. Испытуемые были разделены на две группы по возрасту: 6 пациентов были моложе 50 лет (группа I) и 5 – в возрасте от 50 до 60 лет (группа II). В течение $18,4 \pm 6,2$

месяца наблюдения все пациенты отмечали значительное улучшение симптомов, ЧСС значительно увеличилась. При этом, по сравнению с пациентами II группы, в I группе наблюдалось большее увеличение ЧСС.

Qin et al. [46] изучили эффективность электроанатомического картирования для абляции ГС с целью увеличения частоты сердечных сокращений и улучшения качества жизни у пациентов с симптоматической СБ. В работу были включены 62 пациента с симптоматической СБ: в группу А вошли пациенты в возрасте до 50 лет ($n = 40$); в группу В – пациенты в возрасте ≥ 50 лет ($n = 22$). Всем пациентам была выполнена кардионейроабляция, и в течение одного года наблюдения проводилось 24-часовое холтеровское мониторирование и оценка качества жизни по опроснику Medical Outcomes Study Short-Form 36 Health Survey. Хотя ЧСС значительно повысилась у всех пациентов после КНА, это увеличение было значительно больше у пациентов в возрасте до 50 лет, чем у лиц старше 50 лет ($19,3 \pm 9,9$ против $10,8 \pm 5,4$ уд./мин; $p = 0,001$). Значения ЧСС сохранялись повышенными в течение 12 месяцев только у пациентов группы А. Авторы пришли к выводу, что анатомическая абляция предсердных ГС эффективно увеличивала ЧСС и улучшала качество жизни у пациентов в возрасте до 50 лет.

Song et al. [47] сравнивали два подхода к абляции: тотальную (полную) абляцию всех ГС ($n = 46$) и упрощенную абляцию только нижних (задних) и верхних (передних) ПП-ГС ($n = 27$) у 73 пациентов с симптоматической брадикардией. В результате не было обнаружено значимых различий в увеличении ЧСС между двумя группами: $19,5 \pm 6,8$ уд./мин при тотальной абляции и $20,5 \pm 5,9$ уд./мин при упрощенной абляции ($p = 0,485$). Кроме того, в этом исследовании выявлена отрицательная корреляция между возрастом пациентов и увеличением ЧСС после абляции.

Chen et al. [48] опубликовали данные о 6 пациентах с симптоматической вагусиндуцированной дисфункцией синусового узла, перенесших в период с декабря 2020 г. по март 2022 г. биатриальную кардионейроабляцию при помощи экстракардиальной стимуляции блуждающего нерва (ЭСБН). Результаты показали, что абляция верхнего ПП-ГС приводила к значительному увеличению частоты сердечных сокращений и устранению синусовой остановки, вызванной ЭСБН. После процедуры ЧСС увеличилась до 64–86 % от максимальной ЧСС при тестировании на атропин в исходном состоянии. Медиана ЧСС при холтеровском мониторировании увеличилась с $52,8 \pm 2,1$ уд./мин исходно до $73,0 \pm 10,4$ уд./мин после процедуры ($p = 0,012$) и до $71,3 \pm 10,1$ уд./мин через 6 месяцев наблюдения ($p = 0,011$). Симптомы, связанные с брадикардией, исчезли у всех пациентов в течение 6 месяцев наблюдения. Эта серия случаев показывает целесообразность использования метода КНА с помощью ЭСБН.

КНА у пациентов с АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОЙ БЛОКАДОЙ

Aksu et al. [49] опубликовали свой опыт лечения пациентов с вагоиндуцированной атриовентрикулярной блокадой (ВИ-АВБ) при помощи КНА. В их исследовании группы из 241 пациента с симптоматической АВБ 12,9 % ($n = 31$) имели функциональную форму, из которых 59 % страдали от перманентной формы заболевания. Этим пациентам ($n = 31$) было проведено 3D-электроанатомическое картирование, в ходе которого были выявлены участки, соответствующие электрограммам ганглионарных сплетений. Целью процедуры было устранение положительного вагусного ответа во время радиочастотного воздействия. 24 пациентам была выполнена биатриальная КНА, четырем –

ЛП-КНА, троим – ПП-КНА. Непосредственный положительный эффект процедуры был отмечен у 96,7 % пациентов. В течение $19,5 \pm 15$ месяцев после проведения КНА ни у одного из пациентов не было зафиксировано повторных приступов обмороков.

Крупное исследование PIRECNA [50] было направлено изучить основные процедурные характеристики и среднесрочные результаты кардионейроабляции под электроанатомическим контролем у пациентов с ВИ-АВБ. Международный многоцентровый ретроспективный реестр включал данные, собранные из 20 центров. В исследование были включены пациенты с симптоматическими пароксизмальными или персистирующими ВИ-АВБ. Всем пациентам была проведена КНА ($n = 130$). Успех процедуры определялся быстрым купированием атрио-вентрикулярных блокад и полным прекращением реакции на атропин. Первичной точкой было возникновение обморока и АВБ-II или АВБ-III. Непосредственный процедурный успех достигнут в 96,2 % случаев. В течение периода наблюдения в среднем продолжительностью 300 дней (150; 496) первичная точка была достигнута в 17 из 125 (14 %) случаев с успешным проведением неотложных вмешательств. Наличие в анамнезе фибрилляции предсердий, артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца было связано с более высокой частотой первичных исходов. Только 4 пациентам с первичными исходами во время наблюдения потребовалась установка электрокардиостимулятора.

Долгосрочность эффекта КНА. Несмотря на относительную новизну метода, исследования демонстрируют устойчивый эффект КНА. Pachon et al. сообщают об ослаблении вагусного рефлекса в течение 45 месяцев [10]. Хотя некоторые исследования указывают на возможность реиннервации в первые 6 месяцев после абляции [51;

52], Pachon et al. не обнаружили ее через 2 года [53]. Отдаленные результаты требуют дальнейшего изучения, особенно учитывая возможность реиннервации даже после трансплантации сердца [54].

Безопасность КНА. КНА считается относительно безопасной процедурой. Scapavacca et al. [55] описали редкие случаи окклюзии артерии синусового узла, предложив меры профилактики. Процедура несет стандартные риски инвазивных вмешательств: сосудистые осложнения, тампонаду сердца, тромботические события.

Исследование Aksu et al. [56] ($n = 47$) продемонстрировало, что даже операторы-новички могут успешно выполнять КНА, хотя опытные хирурги добивались большего количества вагусных ответов ($90,3$ vs $62,5$ %; $p = 0,022$) и меньшего времени процедуры ($83,4 \pm 21$ vs $118,0 \pm 21$ мин; $p < 0,001$). При этом ни в одной группе не было рецидивов обмороков за 8 ± 3 месяца наблюдения.

Влияние возраста на эффективность КНА. Многоцентровое исследование ELEGANCE Francia et al. [62] ($n = 60$) показало, что КНА эффективна у пациентов всех возрастных групп (18–40; 41–60 лет, > 60 лет). Общий успех процедуры составил 93 % без значимых различий между группами ($p = 0,42$). После КНА отрицательная ортостатическая проба зарегистрирована у 53 % пациентов, без возрастных различий ($p = 0,59$). Через 8 месяцев наблюдения 88 % пациентов были бессимптомны. Прогностическая ценность отрицательной ортостатической пробы достигла 91,7 %. Авторы заключили, что КНА эффективна для лечения рефлекторных обмороков независимо от возраста.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КНА

В августе 2024 г. были опубликованы совместные рекомендации по кардионейроабляции четырех ведущих международных

аритмологических ассоциаций [64]. В данном документе содержится подробная информация о проведении процедуры кардионейроабляции, включая анатомическое и патофизиологическое обоснование, стратегию отбора пациентов, алгоритм предоперационного обследования, непосредственную технику самой процедуры, потенциальные риски, режим антикоагулянтной терапии.

Авторы рекомендаций отмечают, что доказательная база на сегодняшний день является недостаточной, сообщество ожидает исследования отдаленных результатов.

ДРУГИЕ ПОКАЗАНИЯ К КНА

Помимо ВВО, ВИ-ДСУ и ВИ-АВБ, ставших за последние два десятилетия «классическими» показаниями к КНА, существуют данные о применении данной процедуры при других нозологиях.

Благоприятные результаты КНА были недавно подтверждены при синдроме удлиненного интервала QT [65].

В дополнение к функциональным брадиаритмиям, КНА также может применяться в качестве вспомогательной терапии при ФП [66–68].

Neto et al. показали, что СНА может быть альтернативным методом лечения брадиаритмии, вызванной перетренированностью [69].

Аналогичным образом применение КНА может быть рассмотрено при синдроме гиперчувствительности каротидного синуса [70]. Однако конкретные механизмы и отдаленные результаты должны быть выяснены в будущих исследованиях.

СРАВНЕНИЕ КНА С ПОСТОЯННОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИЕЙ

Gopinathannair et al. [71] впервые сравнили эффективность и безопасность кардионейроабляции и постоянной электро-

кардиостимуляции при рецидивирующих кардиоингибиторных вазовагальных обмороках. В это многоцентровое исследование были включены 162 пациента (КНА = 61 и ЭКС = 101) в возрасте 36 ± 11 лет с частотой обмороков $6,7 \pm 3,9$ в год. В группе КНА для выявления и удаления ганглиозных сплетений использовался метод электроанатомического картирования. ЭКС были имплантированы по стандартной методике: двухкамерные кардиостимуляторы с функцией снижения частоты сердечных сокращений (RDR) или стимуляция по замкнутому контуру (CLS). Первичной конечной точкой исследования была свобода от рецидива обморока. В результате при наблюдении в течение года 97 % пациентов в группе КНА и 89 % пациентов в группе ЭКС достигли первичной конечной точки (скорректированное ОР = 0,27; 95 % ДИ 0,06–1,24; $p = 0,09$). Между группами не было отмечено существенных различий в частоте нежелательных явлений. Не было выявлено значимой связи между возрастом (ОР = 1,01; 95 % ДИ 0,96–1,06; $p = 0,655$), полом (ОР = 1,15; 95 % ДИ 0,38–3,51; $p = 0,809$) и частотой обмороков за последний год (ОР = 1,10; 95 % ДИ 0,97–1,25; $p = 0,122$).

На момент данного анализа исследование Gopinathannair et al. [71] по сравнению КНА и ЭКС было единственным в своем роде, что подчеркивает новизну и актуальность проводимой научной работы.

ПРЕКРАЩЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИИ ПОСЛЕ КНА

Безопасное прекращение постоянной электрокардиостимуляции при вагусно-опосредованной брадикардии является дилеммой. Stec et al. [72] провели исследование с целью представить результаты предлагаемого диагностического и терапевтического протокола, направленного на прекращение

постоянной электрокардиостимуляции у пациентов с вагусно-опосредованной брадикардией.

После первоначального клинического и электрофизиологического обследования 17 пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами были признаны подходящими для проведения КНА. В течение периода наблюдения после первоначального

КНА у всех 17 пациентов не было клинических симптомов. Было принято решение не проводить реимплантацию кардиостимуляторов у всех пациентов после КНА. Авторы пришли к заключению, что постоянная кардиостимуляция у пациентов с вагусно-опосредованной брадикардией может быть безопасно прекращена после проведения кардионейроабляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Serletis A., Rose S., Sheldon A.G., Sheldon R.S. Vasovagal syncope in medical students and their first-degree relatives. *Eur Heart J.* 2006; 27 (16): 1965–70. DOI: 10.1093/eurheartj/ehl147
2. Ganzeboom K.S., Colman N., Reitsma J.B. et al. Prevalence and triggers of syncope in medical students. *Am J Cardiol.* 2003; 91 (8): 1006–8. DOI: 10.1016/s0002-9149(03)00127-9
3. Rose M.S., Koskman M.L., Spreng S. et al. The relationship between health-related quality of life and frequency of spells in patients with syncope. *J Clin Epidemiol.* 2000; 53 (12): 1209–16. DOI: 10.1016/s0895-4356(00)00257-2
4. Alboni P., Holz A., Brignole M. Vagally mediated atrioventricular block: pathophysiology and diagnosis. *Heart.* 2013; 99 (13): 904–8. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-303220
5. Sheldon R.S., Grubb B.P. 2nd, Olsbansky B. et al. 2015 heart rhythm society expert consensus statement on the diagnosis and treatment of postural tachycardia syndrome, inappropriate sinus tachycardia, and vasovagal syncope. *Heart Rhythm.* 2015; 12 (6): e41–63. DOI: 10.1016/j.hrthm.2015.03.029
6. Pachon M.J.C., Pachon M.E.I., Pachon M.J.C. et al. A new treatment for atrial fibrillation based on spectral analysis to guide the catheter RF-ablation. *Europace.* 2004; 6 (6): 590–601. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.08.005. Erratum in: *Europace.* 2005; 7 (1): 92–3.
7. Yao Y., Shi R., Wong T., Zheng L. et al. Endocardial autonomic denervation of the left atrium to treat vasovagal syncope: an early experience in humans. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012; 5 (2): 279–86. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.966465
8. Pachon J.C., Pachon E.I., Pachon J.C. et al. "Cardioneuroablation" – new treatment for neurocardiogenic syncope, functional AV block and sinus dysfunction using catheter RF-ablation. *Europace* 2005; 7 (1): 1–13. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.10.003
9. Hou Y., Zhou Q., Po S.S. Neuromodulation for cardiac arrhythmia. *Heart Rhythm.* 2016; 13 (2): 584–92. DOI: 10.1016/j.hrthm.2015.10.001
10. Pachon J.C., Pachon E.I., Cunha Pachon M.Z. et al. Catheter ablation of severe neurally mediated reflex (neurocardiogenic or vasovagal) syncope: cardioneuroablation long-term results. *Europace* 2011; 13 (9): 1231–42. DOI: 10.1093/europace/eur163
11. Hu F., Zheng L., Liang E. et al. Right anterior ganglionated plexus: The primary target of cardioneuroablation? *Heart Rhythm.* 2019; 16 (10): 1545–1551. DOI: 10.1016/j.hrthm.2019.07.018
12. Sun W., Zheng L., Qiao Y. et al. Catheter ablation as a treatment for vasovagal syncope: long-term outcome of endocardial autonomic modification of the left atrium. *J Am Heart Assoc.* 2016 8; 5 (7): e003471. DOI: 10.1161/JAHA.116.003471

13. Горев М.В., Рзаев Ф.Г., Вахрушев А.Д. и др. Кардионейроабляция в лечении нейрокардиогенных обмороков и функциональных брадиаритмий. Обзор литературы. Российский кардиологический журнал 2024; 29 (S4): 109–120. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6206 / Gorev M.V., Rzaev F.G., Vakhrushev A.D., et al. Cardioneuroablation in the treatment of neurocardiogenic syncope and functional bradyarrhythmias. Literature review. *Russian Journal of Cardiology* 2024; 29 (S4): 109–120. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6206 (in Russian).
14. Jardine D.L., Wieling W., Brignole M. et al. The pathophysiology of the vasovagal response. *Heart Rhythm*. 2018; 15 (6): 921–929. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.12.013
15. Mosqueda-Garcia R., Furlan R., Tank J. et al. The elusive pathophysiology of neurally mediated syncope. *Circulation* 2000; 102 (23): 2898–906. DOI: 10.1161/01.cir.102.23.2898
16. Shrivkumar K., Ajjola O.A., Anand I. et al. Clinical neurocardiology defining the value of neuroscience-based cardiovascular therapeutics. *J Physiol*. 2016; 594 (14): 3911–54. DOI: 10.1113/JP271870
17. Aksu T., Gopinathannair R., Gupta D. et al. Intrinsic cardiac autonomic nervous system: What do clinical electrophysiologists need to know about the "heart brain"? *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2021; 32 (6): 1737–1747. DOI: 10.1111/jce.15058
18. Garcia A., Marquez M.F., Fierro E.F. et al. Cardioinhibitory syncope: from pathophysiology to treatment-should we think on cardioneuroablation? *J Interv Card Electrophysiol*. 2020; 59 (2): 441–461. DOI: 10.1007/s10840-020-00758-2
19. Armour J.A., Murphy D.A., Yuan B.X. et al. Gross and microscopic anatomy of the human intrinsic cardiac nervous system. *Anat Rec*. 1997; 247 (2): 289–98. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0185(199702)247:2<289::AID-AR15>3.0.CO;2-L
20. Armour J.A. Potential clinical relevance of the 'little brain' on the mammalian heart. *Exp Physiol*. 2008; 93 (2): 165–76. DOI: 10.1113/expphysiol.2007.041178
21. Pauza D.H., Skripka V., Pauziene N. et al. Morphology, distribution, and variability of the epicardiac neural ganglionated subplexuses in the human heart. *Anat Rec*. 2000; 259 (4): 353–82. DOI: 10.1002/1097-0185(20000801)259:4<353::AID-AR10>3.0.CO;2-R
22. Nakagawa H., Scherlag B.J., Patterson E. et al. Pathophysiologic basis of autonomic ganglionated plexus ablation in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2009; 6 (12): S26–34. DOI: 10.1016/j.hrthm.2009.07.029
23. Lemery R., Birnie D., Tang A.S. et al. Feasibility study of endocardial mapping of ganglionated plexuses during catheter ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2006; 3 (4): 387–96. DOI: 10.1016/j.hrthm.2006.01.009
24. Aksu T., Guler T.E., Mutluer F.O. et al. Electroanatomic-mapping-guided cardioneuroablation versus combined approach for vasovagal syncope: a cross-sectional observational study. *J Interv Card Electrophysiol*. 2019; 54 (2): 177–188. DOI: 10.1007/s10840-018-0421-4
25. Xu L., Zhao Y., Duan Y. et al. Clinical Efficacy of Catheter Ablation in the Treatment of Vasovagal Syncope. *J Clin Med*. 2022; 11 (18): 5371. DOI: 10.3390/jcm11185371
26. Vandenberk B., Lei L.Y., Ballantyne B. et al. Cardioneuroablation for vasovagal syncope: A systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm*. 2022; 19 (11): 1804–1812. DOI: 10.1016/j.hrthm.2022.06.017
27. Debruyne P., Rossenbacker T., Janssens L. et al. Durable physiological changes and decreased syncope burden 12 months after unifocal right-sided ablation under computed tomo-

graphic guidance in patients with neurally mediated syncope or functional sinus node dysfunction. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2021; 14 (6): e009747. DOI: 10.1161/CIRCEP.120.009747

28. Mesquita D., Parreira L., Carmo P. et al. Anatomic guided ablation of the atrial right ganglionated plexi is enough for cardiac autonomic modulation in patients with significant bradyarrhythmias. *Indian Pacing Electrophysiol J.* 2021; 21 (6): 327–334. DOI: 10.1016/j.ipej.2021.07.002

29. Aksu T., Golcuk E., Yalin K. et al. Simplified cardioneuroablation in the treatment of reflex syncope, functional AV block, and sinus node dysfunction. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2016; 39 (1): 42–53. DOI: 10.1111/pace.12756

30. Debruyne P., Rossenbacker T., Collienne C. et al. Unifocal right-sided ablation treatment for neurally mediated syncope and functional sinus node dysfunction under computed tomographic guidance. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2018; 11 (9): e006604. DOI: 10.1161/CIRCEP.118.006604

31. Scanavacca M., Hachul D., Pisani C., Sosa E. Selective vagal denervation of the sinus and atrioventricular nodes, guided by vagal reflexes induced by high frequency stimulation, to treat refractory neurally mediated syncope. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2009; 20 (5): 558–63. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2008.01385.x

32. Pachon-MEI, Pachon-Mateos J.C., Higuti C. et al. Relation of fractionated atrial potentials with the vagal innervation evaluated by extracardiac vagal stimulation during cardioneuroablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2020; 13 (4): e007900. DOI: 10.1161/CIRCEP.119.007900

33. Aksu T., Padmanabhan D., Shenthar J. et al. The benefit of cardioneuroablation to reduce syncope recurrence in vasovagal syncope patients: a case-control study. *J Interv Card Electrophysiol.* 2022; 63 (1): 77–86. DOI: 10.1007/s10840-020-00938-0

34. Piotrowski R., Baran J., Sikorska A. et al. Cardioneuroablation for Reflex Syncope: Efficacy and Effects on Autonomic Cardiac Regulation-A Prospective Randomized Trial. *JACC Clin Electrophysiol.* 2023; 9 (1): 85–95. DOI: 10.1016/j.jacep.2022.08.011

35. Рзаев Ф.Г., Сергеева О.А., Нардая Ш.Г. и др. Кардионейроабляция в лечении брадиаритмий, обсервационное исследование: отдаленные результаты. Кардиологический вестник 2023; 18 (2–2); 107. / Rzaev F.G., Sergeeva O.A., Nardaya Sh.G. et al. Cardioneuroablation in the treatment of bradyarrhythmias, an observational study: long-term results. *Cardiological Bulletin* 2023; 18 (2–2); 107 (in Russian).

36. Поляшов С.А., Гуляев Ю.Ю., Горев М.В. и др. Кардионейроабляция – метод лечения симптомных брадиаритмий. Российский кардиологический журнал 2024; 29 (S8): 16. / Polyashov S.A., Gulyaev Yu.Yu., Gorev M.V. et al. Cardiooneuroablation – a method for treating symptomatic bradyarrhythmias. *Russian Journal of Cardiology* 2024; 29 (S8): 16 (in Russian).

37. Baysal E., Muthuer F.O., Dagsali A.E. et al. Improved health-related quality of life after cardioneuroablation in patients with vasovagal syncope. *J Interv Card Electrophysiol.* 2025; 68 (2): 245–252. DOI: 10.1007/s10840-022-01420-9

38. Rivarola E.W., Hachul D., Wu T. et al. Targets and end points in cardiac autonomic denervation procedures. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2017; 10 (2): e004638. DOI: 10.1161/CIRCEP.116.004638

39. Calo L., Rebecchi M., Sette A. et al. Catheter ablation of right atrial ganglionated plexi to treat cardioinhibitory neurocardiogenic syncope: a long-term follow-up prospective study. *J Interv Card Electrophysiol.* 2021; 61 (3): 499–510. DOI: 10.1007/s10840-020-00840-9

40. Wileczek A., Stodolkiewicz-Nowarska E., Reichert A. et al. Reevaluation of indications for permanent pacemaker implantation after cardioneuroablation. *Kardiol Pol.* 2023; 81 (12): 1272–1275. DOI: 10.33963/v.kp.97828

41. Candemir B., Baskovski E., Beton O. *et al.* Procedural characteristics, safety, and follow-up of modified right-sided approach for cardioablation. *Anatol J Cardiol.* 2022; 26 (8): 629–636. DOI: 10.5152/AnatolJCardiol.2022.217
42. Rivarola E.W.R., Hachul D., Wu T.C. *et al.* Long-Term outcome of cardiac denervation procedures: the anatomically guided septal approach. *JACC Clin Electrophysiol.* 2023; 9 (8 Pt 1): 1344–1353. DOI: 10.1016/j.jacep.2023.01.032
43. Kulakowski P., Baran J., Sikorska A. *et al.* Cardioneuroablation for reflex asystolic syncope: Mid-term safety, efficacy, and patient's acceptance. *Heart Rhythm.* 2024; 21 (3): 282–291. DOI: 10.1016/j.hrthm.2023.11.022
44. Santos Silva G., Fonseca P. *et al.* Cardioneuroablation for severe neurocardiogenic syncope. *Rev Port Cardiol.* 2023; 42 (10): 821–829. English, Portuguese. DOI: 10.1016/j.repc.2023.02.012
45. Zhao L., Jiang W., Zhou L. *et al.* Atrial autonomic denervation for the treatment of long-standing symptomatic sinus bradycardia in non-elderly patients. *J Interv Card Electrophysiol.* 2015; 43 (2): 151–9. DOI: 10.1007/s10840-015-9981-8
46. Qin M., Zhang Y., Liu X. *et al.* Atrial ganglionated plexus modification: a novel approach to treat symptomatic sinus bradycardia. *JACC Clin Electrophysiol.* 2017; 3 (9): 950–959. DOI: 10.1016/j.jacep.2017.01.022
47. Song Z.L., Qin M., Liu X. Cardioneuroablation for the treatment of symptomatic bradycardia mediated by the cardiac autonomic nervous. *J Geriatr Cardiol.* 2023; 20 (9): 615–617. DOI: 10.26599/1671-5411.2023.09.001
48. Chen W., Liu Z., Xiao P. *et al.* Extracardiac vagal stimulation-assisted cardioneuroablation: dynamically evaluating the impact of sequential ganglionated plexus ablation on vagal control of SAN and AVN in patients with sinoatrial node dysfunction. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022; 9 (6): 188. DOI: 10.3390/jcdd9060188
49. Aksu T., Gopinathannair R., Bozyel S. *et al.* Cardioneuroablation for treatment of atrioventricular block. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2021; 14 (9): e010018. DOI: 10.1161/CIRCEP.121.010018
50. Aksu T., Piotrowski R., Tung R. *et al.* Procedural and intermediate-term results of the electroanatomical-guided cardioneuroablation for the treatment of supra-hisian second- or advanced-degree atrioventricular block: the PIRECNA multicentre registry. *Europace.* 2024; 26 (7): euae164. DOI: 10.1093/europace/euae164
51. Sakamoto S., Schuessler R.B., Lee A.M. *et al.* Vagal denervation and reinnervation after ablation of ganglionated plexi. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010; 139 (2): 444–52. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.04.056
52. Scanavacca M., Pisani C.F., Hachul D. *et al.* Selective atrial vagal denervation guided by evoked vagal reflex to treat patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation.* 2006; 114 (9): 876–85. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.633560
53. Pachon-MJC, Pachon-MEI, Pachon C.T.C. *et al.* Long-Term evaluation of the vagal denervation by cardioneuroablation using holter and heart rate variability. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2020; 13 (12): e008703. DOI: 10.1161/CIRCEP.120.008703
54. Uberfuhr P., Frey A.W., Reichart B. Vagal reinnervation in the long term after orthotopic heart transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2000; 19 (10): 946–50. DOI: 10.1016/S1053-2498(00)00181-9
55. Scanavacca M., Rivarola E.W.R., Torres R.V.A. *et al.* Sinus Node Artery Occlusion During Cardiac Denervation Procedures. *JACC Case Rep.* 2022; 4 (18): 1169–1175. DOI: 10.1016/j.jaccas.2022.04.021

56. Aksu T., De Potter T., John L. et al. Procedural and short-term results of electroanatomic-mapping-guided ganglionated plexus ablation by first-time operators: A multicenter study. *J Cardio-vasc Electrophysiol.* 2022; 33 (1): 117–122. DOI: 10.1111/jce.15278
57. Aksu T., Guler T.E., Bozyel S. et al. Usefulness of post-procedural heart rate response to predict syncope recurrence or positive head up tilt table testing after cardioneuroablation. *Europace.* 2020; 22 (9): 1320–1327. DOI: 10.1093/europace/euaa230
58. Tu B., Wu L., Hu F. et al. Cardiac deceleration capacity as an indicator for cardioneuroablation in patients with refractory vasovagal syncope. *Heart Rhythm.* 2022; 19 (4): 562–569. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.12.007
59. Jose A.D., Collison D. The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovasc Res.* 1970; 4 (2): 160–7. DOI: 10.1093/cvr/4.2.160. PMID: 4192616
60. Brignole M. Sick sinus syndrome. *Clin Geriatr Med.* 2002; 18 (2): 211–27. DOI: 10.1016/s0749-0690(02)00006-x
61. Brignole M., Aksu T., Calò L. et al. Clinical controversy: methodology and indications of cardioneuroablation for reflex syncope. *Europace* 2023; 25 (5): euad033. DOI: 10.1093/europace/euad033
62. Francia P., Viveros D., Falasconi G. et al. Clinical impact of aging on outcomes of cardioneuroablation for reflex syncope or functional bradycardia: Results from the cardionEuroabLa-tion: patiEnt selection, imaGe integrAtion and outComEs-The ELEGANCE multicenter study. *Heart Rhythm.* 2023; 20 (9): 1279–1286. DOI: 10.1016/j.hrthm.2023.06.007
63. Aksu T., Tung R., De Potter T. et al. Cardioneuroablation for the management of patients with recurrent vasovagal syncope and symptomatic bradyarrhythmias: the CNA-FWRD Registry. *J Interv Card Electrophysiol.* 2025; 68 (2): 183–191. DOI: 10.1007/s10840-024-01789-9
64. Aksu T., Brignole M., Calò L. et al. Cardioneuroablation for the treatment of reflex syncope and functional bradyarrhythmias: A Scientific Statement of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC, the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS) and the Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). *Europace* 2024; 26 (8): euae206. DOI: 10.1093/europace/euae206. Erratum in: *Europace.* 2025 Feb 5; 27 (2): euaf023. DOI: 10.1093/europace/euaf023
65. Aksu T., Guler T.E., Bozyel S., Yalin K., Gopinathannair R. Potential therapeutic effects of electrogram-guided cardioneuroablation in long QT syndrome: case series. *J Interv Card Electro-physiol.* 2021; 61 (2): 385–393. DOI: 10.1007/s10840-020-00831-w
66. Katritsis D.G., Pokushalov E., Romanov A. et al. Autonomic denervation added to pulmonary vein isolation for paroxysmal atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *J Am Coll Cardiol.* 2013; 62 (24): 2318–25. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.06.053
67. Pokushalov E., Romanov A., Katritsis D.G. et al. Ganglionated plexus ablation vs linear ablation in patients undergoing pulmonary vein isolation for persistent/long-standing persistent atrial fibrillation: a randomized comparison. *Heart Rhythm.* 2013; 10 (9): 1280–6. DOI: 10.1016/j.hrthm.2013.04.016
68. Kim M.Y., Coyle C., Tomlinson D.R. et al. Ectopy-triggering ganglionated plexuses ablation to prevent atrial fibrillation: GANGLIA-AF study. *Heart Rhythm.* 2022; 19 (4): 516–524. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.12.010
69. Neto M., Cavaco D., Lovatto C. et al. Bradyarrhythmia in a marathonist: Cardiac vagal denervation as alternative treatment. *Rev Port Cardiol.* 2023; 42 (3): 277.e1–277.e7. English, Portuguese. DOI: 10.1016/j.repc.2023.01.017

70. *Francia P., Viveros D., Falasconi G. et al.* Cardioneuroablation for carotid sinus syndrome: a case series. *Heart Rhythm*. 2023; 20 (4): 640–641. DOI: 10.1016/j.hrthm.2023.01.003

71. *Gopinathannair R., Olsbansky B., Turagam M.K. et al.* Permanent pacing versus cardioneuroablation for cardioinhibitory vasovagal syncope. *J Interv Card Electrophysiol*. 2025; 68 (2): 203–210. DOI: 10.1007/s10840-022-01456-x

72. *Stec S., Wileczek A., Reichert A. et al.* Shared decision making and cardioneuroablation allow discontinuation of permanent pacing in patients with vagally mediated bradycardia. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023; 10 (9): 392. DOI: 10.3390/jcdd10090392

Финансирование. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSNM-2024-0009).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов:

Асанбаев Ч.З., Орехова Е.Н. – определение концепции.

Асанбаев Ч.З., Хузиахметов Р.Д. – проведение исследования, работа с данными.

Асанбаев Ч.З., Кдралиева Н.В. – написание чернового текста статьи.

Орехова Е.Н., Кучумов А.Г., Кадыралиев Б.К. – пересмотр и редактирование рукописи.

Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Поступила: 08.09.2025

Одобрена: 25.09.2025

Принята к публикации: 09.10.2025

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Сравнительный анализ результатов кардионейроабляции и имплантации электрокардиостимулятора при кардиоингибиторных вазовагальных обмороках / Б.К. Кадыралиев, Р.Д. Хузиахметов, Н.В. Кдралиева, А.Г. Кучумов, Ч.З. Асанбаев, Е.Н. Орехова // Пермский медицинский журнал. – 2025. – Т. 42, № 5. – С. 46–57. DOI: 10.17816/pmj42546-57

Please cite this article in English as: Kadyraliev B.K., Khuziakhmetov R.D., Kdralieva N.V., Kuchumov A.G., Asanbaev Ch.Z., Orekhova E.N. Comparative analysis of the outcomes of cardioneuroablation and pacemaker implantation in cardioinhibitory vasovagal syncope. *Perm Medical Journal*, 2025, vol. 42, no. 5, pp. 46-57. DOI: 10.17816/pmj42546-57