

<https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-08>

<https://elibrary.ru/hpixee>

СТИМУЛЯЦИОННЫЕ ПРИЕМЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ НАДЖЕЛУДОЧКОВЫХ
ТАХИКАРДИЙ: УЧАЩАЮЩАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ

М.В.Горев¹, Ш.Г.Нардая¹, Ф.Г.Рзаев^{1,2}

¹ГБУЗ «ГКБ им. И.В.Давыдовского ДЗМ», Россия, Москва, Яузская ул., д. 11;

²ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И.Евдокимова Минздрава России, Делегатская ул., д. 20/1.

Необходимым условием высокой эффективности и безопасности катетерной абляции наджелудочковых тахикардий является точная интраоперационная диагностика механизма тахикардии. Учащающая стимуляция желудочков - простой и полезный диагностический прием, часто используемый в диагностике наджелудочковых тахикардий. Условия для его применения, а также интерпретация ответа на него в стандартных и редких ситуациях описаны в настоящем обзоре.

Ключевые слова: наджелудочковая тахикардия; электрофизиологическое исследование; катетерная абляция; АВ узловая re-entry тахикардия; ортодромная тахикардия; предсердная тахикардия; учащающая желудочковая стимуляция

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов.

Финансирование: отсутствует.

Рукопись получена: 09.03.2022 **Исправленная версия получена:** 07.04.2022 **Принята к публикации:** 12.04.2022

Ответственный за переписку: Горев Максим Васильевич, E-mail: DrGorevMV@gmail.com

М.В.Горев - ORCID ID 0000-0003-1300-4986, Ш.Г.Нардая - ORCID ID 0000-0001-9921-1323, Ф.Г.Рзаев - ORCID ID 0000-0002-4094-7771

Для цитирования: Горев МВ, Нардая ШГ, Рзаев ФГ. Стимуляционные приемы в дифференциальной диагностике наджелудочковых тахикардий: учащающая стимуляция желудочков. *Вестник аритмологии*. 2022;29(3): 54-70. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-08>. <https://elibrary.ru/hpixee>.

PACING MANEUVERS FOR SUPRAVENTRICULAR TACHYCARDIA DIFFERENTIAL DIAGNOSIS:
VENTRICULAR OVERDRIVE PACING

M.V.Gorev¹, Sh.G.Nardaia¹, F.G.Rzaev^{1,2}

¹Clinical City Hospital named after I.V. Davydovsky, Russia, Moscow, 11 Yauzskaya 11;

²Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Russia, 20/1 Delegatskaya str.

The accurate tachycardia mechanism verification is the most important condition for high effectiveness and safety of the supraventricular tachycardia ablation. Ventricular overdrive pacing - is a simple and useful diagnostic maneuver, frequently used in the supraventricular tachycardia diagnosis. The conditions for its performance and interpretation in the standard and rare situations are described in this review.

Key words: supraventricular tachycardia; electrophysiological study; catheter ablation; AV nodal reentry tachycardia; orthodromic tachycardia; atrial tachycardia; ventricular overdrive pacing

Conflict of Interests: nothing to declare.

Funding: none.

Received: 09.03.2022 **Revision Received:** 07.04.2022 **Accepted:** 12.04.2022

Corresponding author: Maxim Gorev, E-mail: DrGorevMV@gmail.com

M.V.Gorev - ORCID ID 0000-0003-1300-4986, Sh.G.Nardaia - ORCID ID 0000-0001-9921-1323, F.G.Rzaev - ORCID ID 0000-0002-4094-7771

For citation: Gorev MV, Nardaia ShG, Rzaev FG. Pacing maneuvers for supraventricular tachycardia differential diagnosis: ventricular overdrive pacing. *Journal of Arrhythmology*. 2022;29(3): 54-70. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-3-08>.

Катетерная абляция является одним из наиболее распространенных и самым эффективным способом лечения наджелудочковых тахикардий (НЖТ). В связи с тем, что техника картирования и выбор инструментов для

катетерной абляции в значительной степени зависят от типа тахикардии, интраоперационная диагностика имеет первостепенное значение. При этом должны учитываться как базовые параметры НЖТ (длительность цикла, интер-

вал ВА и др.), так и ответы на различные стимуляционные приёмы. Выбор стимуляционного приёма и интерпретация ответа на него также зависят от исходных параметров тахикардии. Поскольку каждый стимуляционный приём имеет свои преимущества и ограничения, для успешной диагностики НЖТ электрофизиолог должен уверенно ориентироваться в их применении и интерпретации. Об этом и пойдет речь в настоящем обзоре.

Прежде всего, данный литературный обзор посвящен дифференциальной диагностике трёх наиболее частых типов НЖТ: атриовентрикулярной узловой реципрокной тахикардии (АВУРТ), атриовентрикулярной реципрокной тахикардии (АВРТ) с участием дополнительного пути проведения (ДПП) и предсердной тахикардии (ПТ). Сначала мы рассмотрим «перезапуск» и «энтрейнмент», как базовые электрофизиологические явления. Далее речь пойдет о роли учащающей (в англоязычной литературе - *overdrive*) желудочковой стимуляции (УЖС), которая в большинстве случаев позволяет определиться с диагнозом.

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТИМУЛЯЦИОННЫХ ПРИЕМОВ

Абсолютное большинство наджелудочковых тахикардий развивается по механизму *re-entry*, поэтому

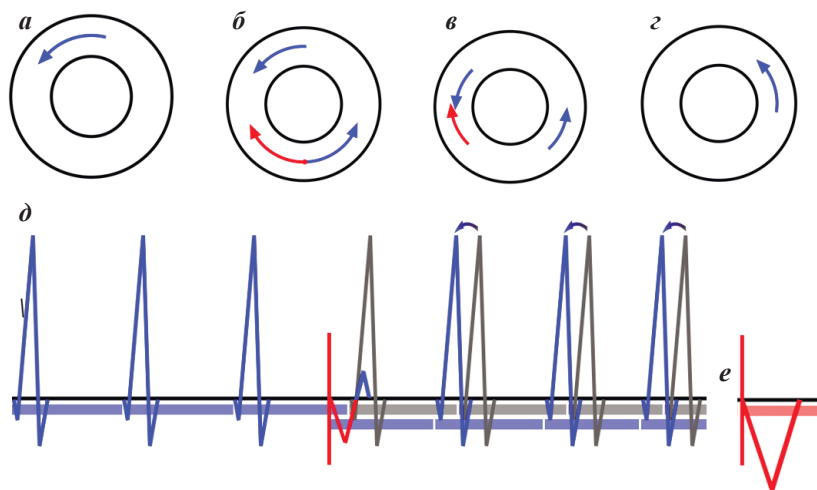


Рис. 1. Схематическое изображение феномена «перезапуска» *re-entry* тахикардии. а) Волна тахикардии, распространяющаяся по кругу *re-entry* обозначена синей стрелкой. Миокард вне стрелки находится в состоянии покоя, то есть способен к электрическому возбуждению. б) Экстрастимул, нанесенный в круге *re-entry*, вызывает образование еще двух волн возбуждения, помимо волны тахикардии: антеградной (синяя стрелка) и ретроградной (красная стрелка). в) Волна тахикардии сталкивается с ретроградной стимулированной волной, и они гасят друг друга. г) В круге *re-entry* сохраняется единственная волна возбуждения - антеградная стимулированная, которая становится новой волной тахикардии, которая может продолжать бесконечное круговое движение. д) Схематическое изображение ЭКГ при перезапуске *re-entry* тахикардии. Единственный экстрастимул вызывает возникновение преждевременного комплекса, имеющего сливную морфологию (имеет черты стимулированного и спонтанного комплексов). Первый возвратный комплекс тахикардии следует после стимулированного через интервал, равный длительности цикла тахикардии. Таким образом, все последующие комплексы (изображены синим) «сдвинуты влево» относительно их должного положения, которое наблюдалось бы без «перезапуска» (изображены серым). е) Схематическое изображение стимулированного комплекса.

значительная часть стимуляционных приемов основана на двух электрофизиологических явлениях: «перезапуске» и «энтрейнменте» тахикардии [1, 2]. С помощью этих феноменов можно не только определить механизм тахикардии, но и установить расположение круга *re-entry*, подтвердить или исключить наличие ДПП и его участие в поддержании аритмии. Перед тем, как переходить к частным вопросам дифференциальной диагностики НЖТ с помощью стимуляционных приемов, коротко опишем электрофизиологические основы перезапуска и энтрейнмента.

Перезапуск тахикардии («resetting»)

При нанесении одиночного электрического стимула в круге *re-entry* во время тахикардии возникают две новые волны возбуждения (два фронта возбуждения), движущиеся в противоположных направлениях от точки стимуляции (рис. 1а,б). Волна, распространяющаяся в направлении, противоположном движению волны тахикардии, называется ретроградной [3]. Стимулированная волна, распространяющаяся по ходу движения волны тахикардии, называется антеградной. После столкновения волны тахикардии и ретроградной волны (рис. 1в) они исчезают, и антеградный фронт возбуждения остается единственной волной, движущейся в круге *re-entry*. Таким образом, антеградная волна становится новой волной тахикардии, которая далее будет продолжать движение по кругу (рис. 1г). Так как скорость распространения импульса по миокарду и длина круга *re-entry* остаются неизменными, частота тахикардии останется прежней. Из-за того, что ретроградная стимулированная волна купирует тахикардию, а антеградная - одновременно дает начало новой тахикардии в том же круге, данный прием называется «перезапуском» тахикардии («resetting»). При перезапуске все комплексы, следующие за перезапускающим экстрастимулом, оказываются «сдвинутыми» на ЭКГ влево (рис. 1д).

Энтрейнмент (*entrainment*)

Если во время тахикардии в круге *re-entry* нанести не один, а серию импульсов, то каждый последующий стимул может купировать тахикардию, «перезапущенную» предыдущим стимулом, и заново «перезапускать» тахикардию. В этом случае, во время серии стимулов в круге *re-entry*, постоянно существуют три волны возбуждения: антеградная волна, ретроградная волна и волна тахикардии (или антеградная волна от предыдущего импульса) [2]. В конце стимуляции ретроградная волна от последнего импульса в очередной раз купирует запущенную предыдущим (предпоследним) импульсом тахикар-

дию, а антеградная волна перезапускает тахикардию и продолжает движение по кругу re-entry в связи с отсутствием следующего импульса. Из-за того, что в ходе серии импульсов волна тахикардии постоянно охвачена с двух сторон ретроградной и антеградной волнами, а тахикардия оказывается ускоренной до частоты стимуляции, данное явление носит название «энтрейнмент» (от англ. entrainment - включение, вовлечение, захват). При этом энтрейнмент представляет собой непрерывный перезапуск тахикардии в ходе серии стимулов. Одновременное возбуждение миокарда из двух источников (основная волна тахикардии и ретроградная волна) приводит к формированию на ЭКГ комплексов (QRS, зубцов Р или волн F) «сливной» морфологии, то есть промежуточной между морфологией во время тахикардии, и морфологией при стимуляции (рис. 2а). Необходимо отметить, что для оценки формы ЭКГ во время энтрейнмента, необходимо знать конфигурацию комплексов как во время тахикардии, так и во время стимуляции вне тахикардии.

Признаками энтрейнмента (захвата) тахикардии являются:

- стабильная сливная морфология комплексов, во время учащающейся стимуляции с продолжением тахикардии после прекращения стимуляции (устойчивое слияние, Stable fusion) (рис. 2а,в),
- изменение морфологии комплексов при стимуляции с постепенно возрастающей частотой с продолжением тахикардии после прекращения стимуляции (прогрессивное слияние, Progressive fusion) (рис. 2б,г),
- локальная блокада проведения в момент купирования тахикардии при учащающейся стимуляции с последующей более ранней локальной активацией этого участка при продолжении серии стимулов,
- изменение морфологии электрограмм (ЭГ) и относительного времени активации

какого-либо участка круга re-entry при изменении частоты стимуляции с продолжением тахикардии после

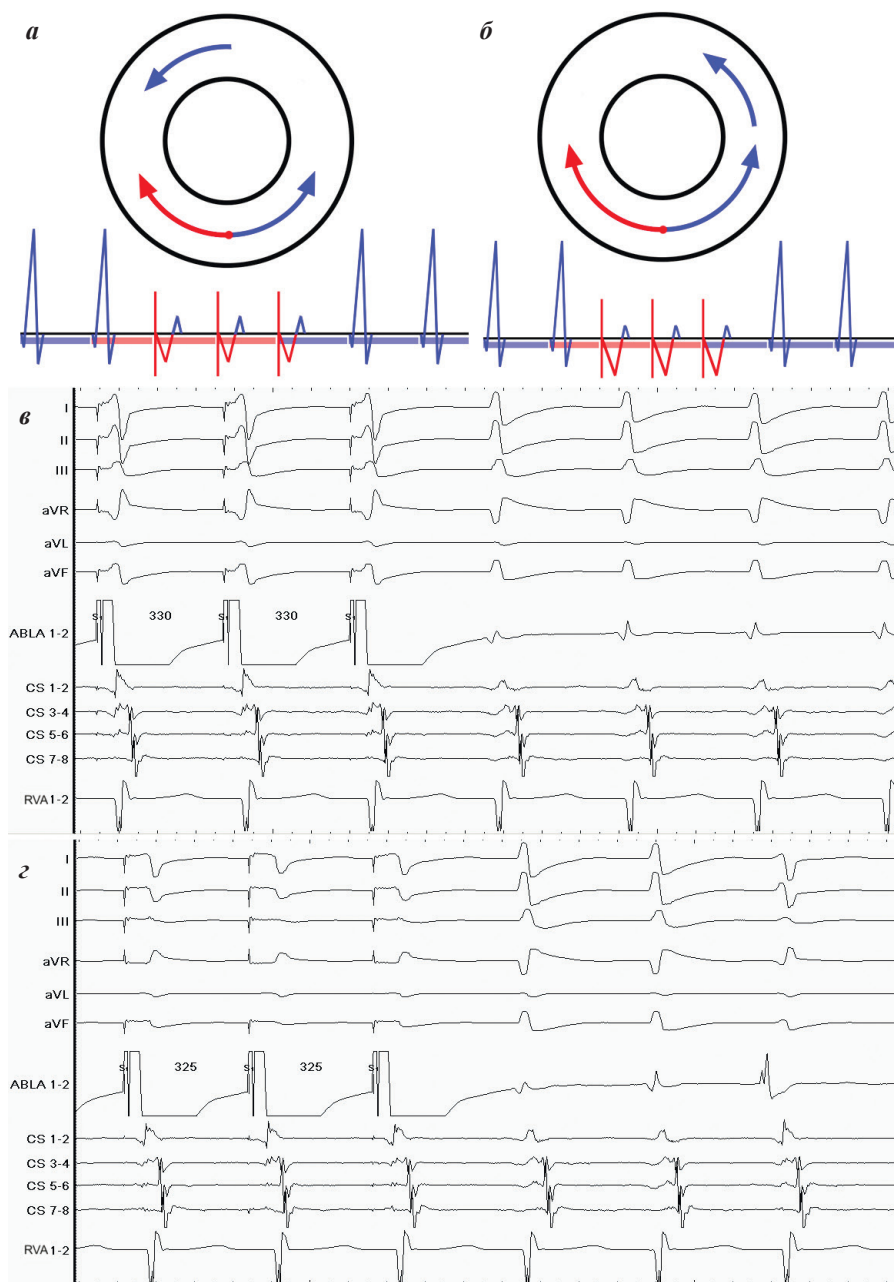


Рис. 2. Схематическое изображение распространения волн возбуждения в круге тахикардии при энтрейнменте. а) Во время серии стимулов с длительностью цикла, близкой к циклу тахикардии, отмечаются сливные комплексы со стабильной морфологией. После прекращения стимуляции тахикардия продолжается. б) При стимуляции с более коротким циклом сливные комплексы имеют иную морфологию (из-за большего объема миокарда, захваченного ретроградной волной), но морфология в рамках стимуляции стабильна. в, г) ЭКГ и ЭГ при стимуляции желудочков во время ортодромной АВ re-entry тахикардии. Отмечается изменение морфологии стимулированных (сливных) комплексов QRS при укорочении цикла стимуляции с 330 мс до 325 мс. в) При меньшей частоте стимуляции (длительность цикла стимуляции 330 мс) миокард желудочков в большей степени захватывается антеградной волной возбуждения, комплексы QRS имеют форму близкую к морфологии QRS во время тахикардии (последние 2 комплекса). г) При большей частоте стимуляции (длительность цикла 325 мс) ретроградная волна стала захватывать несколько больший объем миокарда желудочков. Сливные комплексы QRS имеют морфологию менее сходную с морфологией во время тахикардии, чем на рис. 2в.

прекращения стимуляции (локальное слияние, Local fusion) [4].

В зависимости от наличия признаков сливного характера возбуждения на поверхностной ЭКГ или локальных ЭГ, выделяют следующие основные варианты энтрейнмента.

- Энтрейнмент с «манифестным столкновением фронтов возбуждения» (манифестный энтрейнмент). Во время энтрейнмента поверхностная ЭКГ имеет промежуточную морфологию между собственной и навязанной от стимуляции (сливные комплексы). Степень слияния определяется объемом миокарда, деполаризованного ретроградной волной, который зависит

от расположения места стимуляции по отношению к основному кругу re-entry, частоты стимуляции и декрементной задержки проведения в круге re-entry. При манифестном энтрейнменте на ЭКГ отмечаются устойчивое «слияние» при стимуляции с определенной частотой и прогрессивное «слияние» при увеличении частоты стимуляции. После прекращения стимуляции тахикардия продолжается, а последний ускоренный до частоты стимуляции комплекс на ЭКГ уже имеет морфологию тахикардии без признаков слияния, то есть ту же морфологию, что и во время тахикардии (рис. 2а,б) [5].

- Энтрейнмент с «локальным столкновением фронтов».

Волна тахикардии (антеградная волна от предыдущего импульса) захватывает настолько малый объем миокарда, что не вызывает изменений на поверхностной ЭКГ. В связи с этим на ЭКГ регистрируются стимулированные комплексы, а сливной морфологии (в отличие от манифестного энтрейнмента) нет. Тем не менее, столкновение фронтов на небольшом участке миокарда можно распознать с помощью локальной внутрисердечной записи. Для этого необходимо зарегистрировать различные морфологию и интервал от стимула до локального возбуждения при двух сериях стимулов с разной частотой. При меньшей частоте возможно найти такую область, в которой интервал St-ЭГ будет длинным, а электрограмма будет вызвана антеградной волной от предыдущего стимула (Рис. 1а,в). При большей частоте интервал St-ЭГ будет значительно короче в связи с захватом ретроградной волной от последнего стимула (рис. 1б,г) [4, 5]

- Энтрейнмент с «полным ретроградным захватом». Когда частота стимуляции значительно превышает частоту тахикардии или точка стимуляции находится на большом удалении от круга re-entry, ретроградная волна захватывает всю стимулируемую камеру (желудочки или предсердия). В этом случае зарегистрировать признаки антеградной активации не получается ни на поверхностной ЭКГ, ни с помощью внутрисердечных ЭГ (рис. 3а и см. рис. 11б) [5].

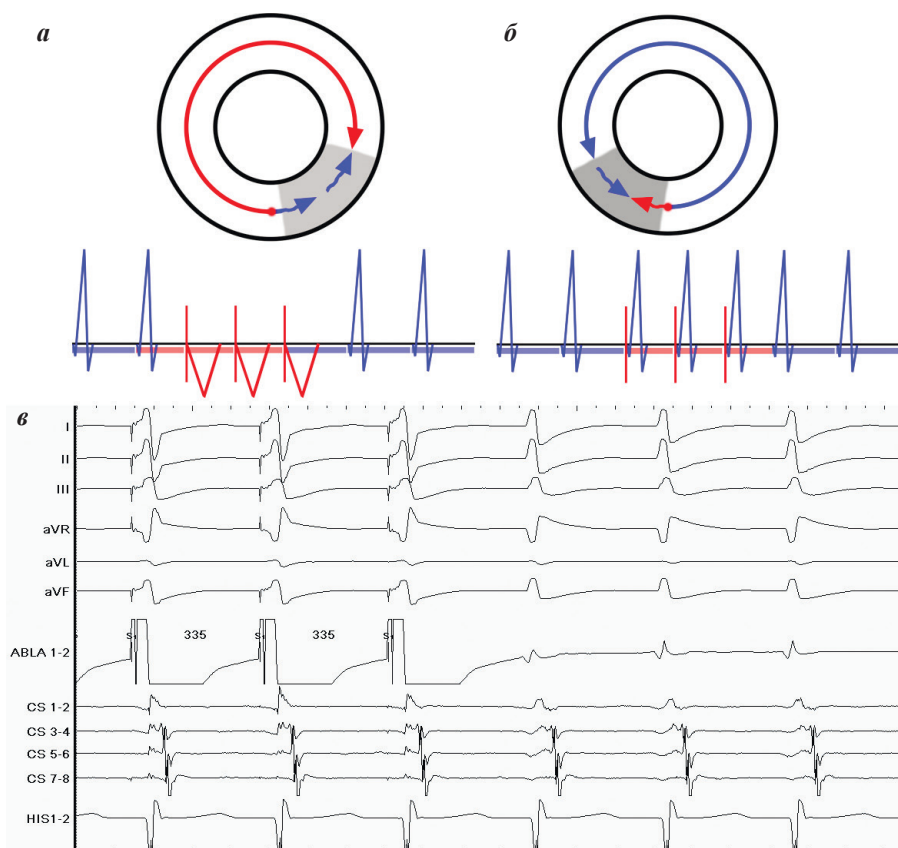


Рис. 3. Схемы, изображающие редкие варианты энтрейнмента. а) Энтрейнмент с полным ретроградным захватом. Из-за того, что точка стимуляции находится в круге re-entry в непосредственной близости от зоны замедленного проведения, антеградная волна возбуждения и волна тахикардии значительно задерживаются в указанной зоне. За это время ретроградная волна успевает охватить в ретроградном направлении весь или почти весь круг re-entry. Это приводит к формированию на ЭКГ полностью стимулированных комплексов без признаков сливной морфологии. Подтверждением наличия энтрейнмента является продолжение тахикардии после прекращения стимуляции. б) Ситуация, обратная изображенной на панели а. Зона замедленного возбуждения находится на пути ретроградной волны. Антеградная волна успевает полностью охватить круг re-entry и сформировать комплексы, идентичные комплексам тахикардии. Подтверждением энтрейнмента тахикардии является ускорение тахикардии во время стимуляции до частоты стимуляции и продолжение тахикардии с прежней частотой после прекращения стимуляции. в) ЭКГ и внутрисердечные ЭГ при скрытом энтрейнменте ортодромной АВ re-entry тахикардии с участием левого бокового ДПП со стимуляцией желудочков вблизи желудочкового конца ДПП. Морфология стимулированных (сливных) комплексов QRS почти идентична морфологии комплексов во время тахикардии.

• Энтреймент со «скрытым столкновением фронтов» (иногда его также называют скрытым энтрейментом) - представляет собой явление, противоположное полному ретроградному захвату. Тахикардия ускоряется до частоты стимуляции, но сливную морфологию не удастся зарегистрировать, ни по поверхностной ЭКГ, ни с помощью внутрисердечных записей. Морфология поверхностной ЭКГ и последовательность внутрисердечной активации такие же, как во время тахикардии. Антеградный фронт перезапускает тахикардию, а ретроградный фронт сталкивается с основным фронтом тахикардии вблизи точки стимуляции и не может захватить достаточного объема миокарда, чтобы вызвать изменения на ЭКГ. (рис. 3б,в) [5].

Постстимуляционный интервал

При расположении точки стимуляции непосредственно в круге re-entry, интервал времени от последнего стимула в серии, вызвавшей энтреймент тахикардии, до первой возвратной локальной электрограммы в этой точке (постстимуляционный интервал - ПСИ, Post-pacing interval - PPI) будет равен длительности цикла тахикардии. W.Stewenson с соавт. установили, что длительность ПСИ равная длине цикла тахикардии (ДЦТ)

или превышающая его не более, чем на 30 мс, является хорошим прогностическим фактором для выявления точек эффективной абляции желудочковой тахикардии [6]. Использование данного критерия описано также и для картирования предсердной тахикардии [7]. Увеличение длительности ПСИ по сравнению с ДЦТ отражает удаленность точки стимуляции от основного круга re-entry. Чем дальше точка стимуляции располагается от круга re-entry, тем большее расстояние необходимо преодолеть стимулированной волне возбуждения, чтобы достичь

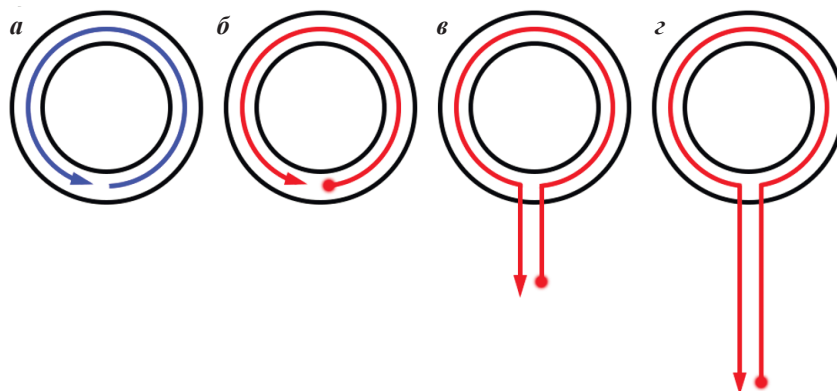


Рис. 4. Схема, изображающая зависимость между длительностью постстимуляционного интервала (ПСИ) и расстоянием от точки стимуляции при энтрейменте тахикардии до круга re-entry. а) Волна тахикардии в круге re-entry. б) Точка стимуляции расположена на круге re-entry: ПСИ=ДЦТ (0-30 мс). в) Точка стимуляции расположена недалеко от круга re-entry: ПСИ>ДЦТ (30-60 мс). г) Точка стимуляции находится вдалеке от круга тахикардии: ПСИ>>>ДЦТ (>60 мс).

Таблица 1.

Шесть основных параметров, которые необходимо оценить до выбора стимуляционного приема

	Параметр	Примечание	Механизм тахикардии
1.	Соотношение количества V:A	V=A	АВУРТ, АВРТ, ПТ
		V>A ± VA диссоциация	оНВРТ, оНФРТ, АВУРТ
		V<A ± AV диссоциация	АВУРТ, ПТ
2.	Интервал V-A	V-A > 80 мс	аАВУРТ, АВРТ, ПТ
		V-A ≤ 80 мс	тАВУРТ, ПТ
		V-A > A-V	аАВУРТ, ПТ, АВРТ с участием медленно-функционирующего ДПП
3.	Последовательность активации предсердий	Сверху вниз	ПТ
		Концентрическая	АВУРТ, АВРТ, ПТ
		Эксцентрическая	АВРТ, ПТ*
4.	Спонтанное купирование	Последний «спайк» - А	АВУРТ, АВРТ
		Последний «спайк» - V	АВУРТ, АВРТ, ПТ
5.	Изменения Н-Н интервала предшествуют изменениям А-А	Да	АВУРТ, АВРТ
		Нет	АВУРТ, АВРТ, ПТ
6.	Интервал V-A увеличивается более, чем на 30 мс при развитии функциональной блокады ножек пучка Гиса	Да	АВРТ с участием ДПП - со стороны заблокированной ножки пучка Гиса (ипсилатеральный блок)
		Нет	АВУРТ, АВРТ, ПТ

Примечание: АВУРТ - атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия; АВРТ - атриовентрикулярная реципрокная тахикардия; ПТ - предсердная тахикардия; тАВУРТ - типичная АВУРТ; аАВУРТ - атипичная АВУРТ; оНВРТ - ортодромная nodo-ventрикулярная реципрокная тахикардия; оНФРТ - ортодромная nodo-fascicularная реципрокная тахикардия; * - наиболее вероятна, АВУРТ с участием левопредсердного выхода из АВ узла - встречается редко, но АВУРТ и АВРТ теоретически возможны.

круга re-entry, и затем (после прохождения одного оборота в круге re-entry, который занимает время, равное ДЦТ) вернуться к точке стимуляции (рис. 4).

ПЕРВИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ НЖТ

При инвазивном электрофизиологическом исследовании (ЭФИ) НЖТ наиболее часто представляет собой тахикардию с узкими комплексами QRS и нормальным интервалом Н-V. Среди параметров, пред-

ставленных в табл. 1, первые три являются основными, их оценка необходима при анализе любой НЖТ, индуцированной во время ЭФИ:

- соотношение V:A (количественное соотношение желудочковых и предсердных сокращений) (рис. 5);
- интервал V-A (от начала наиболее ранней желудочковой активации до начала наиболее ранней предсердной активации в области пучка Гиса);
- последовательность активации предсердий: кон-

центрическая (от межпредсердной перегородки к боковым стенкам - см. рис. 8а) или эксцентрическая (от боковой стенки одного из предсердий к перегородке - рис. 2в,г, рис. 3в).

При возможности важную информацию о механизме НЖТ можно получить при оценке трех дополнительных параметров:

- спонтанное купирование НЖТ с регистрацией в конце пароксизма очередного (не преждевременного) предсердного сокращения без изменения последовательности активации предсердий (рис. 6);
- при небольших колебаниях в ДЦТ изменения интервалов Н-Н или V-V предшествуют изменениям интервалов А-А или наоборот изменяются следом за ними. Иными словами, обусловлены ли колебания в цикле тахикардии изменениями в длительности интервалов А-Н (А-V) или Н-А (V-A) (рис. 7).
- изменения в длительности интервала V-A, связанные с появлением и прекращением функциональной блокады одной из ножек пучка Гиса.

Чаще всего после оценки перечисленных параметров НЖТ диагноз становится ясным и можно переходить к абляции без применения дополнительных стимуляционных приемов. Например, если во время НЖТ в области пучка Гиса регистрируется V-A интервал <80 мс (исключается возможность АВРТ) и небольшие изменения интервала Н-Н (или V-V) точно предшествуют изменениям интервала А-А (исключается возможность ПТ), то может быть поставлен диагноз типичной АВУРТ (механизм slow-fast) и абляцию можно выполнять в области медленного пути (slow pathway) АВ соединения.



Рис. 5. Примеры ЭКГ и электрограмм пациентов с тахикардиями с узкими комплексами и соотношением V:A 1:1 (а), 2:1 (б).



Рис. 6. Купирование АВРТ при прекращении проведения очередного импульса по АВ узлу в желудочки. В конце пароксизма регистрируется последовательность Н-А.

В то же время не удивительно, что в литературе уделяется большое внимание дифференциальной диагностике НЖТ с отношением V:A=1:1, длительностью интервала V-A в области перегородки >80 мс и концентрической (от центра к периферии) последовательностью возбуждения предсердий, так как в такой ситуации может иметь место любой из типов НЖТ (рис. 5а). В подобных случаях прежде, чем переходить к абляции, нужно быть абсолютно уверенным в правильности своего диагноза. В частности, критически важно дифференцировать АВУРТ от септальной ПТ, или АВРТ с участием септального ДПП. При двух последних механизмах требуются картирование и поиск точки наиболее ранней предсердной активации. В случае с АВУРТ подобная тактика приведет к воздействиям в зоне быстрого пути АВ соединения, где риск развития АВ-блокады выше, чем при воздействии в медленных путях АВ узла (между устьем коронарного синуса и кольцом трехстворчатого клапана). Важно помнить, что нужный диагностический прием легче выбрать, если с помощью первичных параметров сузить круг механизмов НЖТ лишь до двух возможных вариантов (АВУРТ и ПТ или АВРТ и ПТ).

КАК БЫСТРО ИСКЛЮЧИТЬ ПРЕДСЕРДНУЮ ТАХИКАРДИЮ?

Так как при ПТ может регистрироваться любая длительность интервала V-A и почти любое соотношение A:V, в табл. 1 это нарушение ритма упоминается в 12 строках из 15 (80%). Быстрым способом, позволяющим подтвердить или исключить диагноз ПТ является УЖС из правого желудочка (ПЖ) с длиной цикла на 10-30 мс короче, чем ДЦТ [8]. Если во время УЖС, ДЦ в предсердиях ускоряется до ДЦ стимуляции, а после прекращения стимуляции тахикардия продолжается и последовательность спайков представляет собой ответ типа «V-A-A-V» - это подтверждает диагноз ПТ (рис. 8а). В случае,

если по окончании стимуляции регистрируется ответ типа «V-A-V», то диагноз ПТ можно исключить, и дальнейший дифференциальный диагноз следует проводить между АВУРТ и ортодромной АВРТ (см. рис. 10б) При этом первой предсердной ЭГ всегда

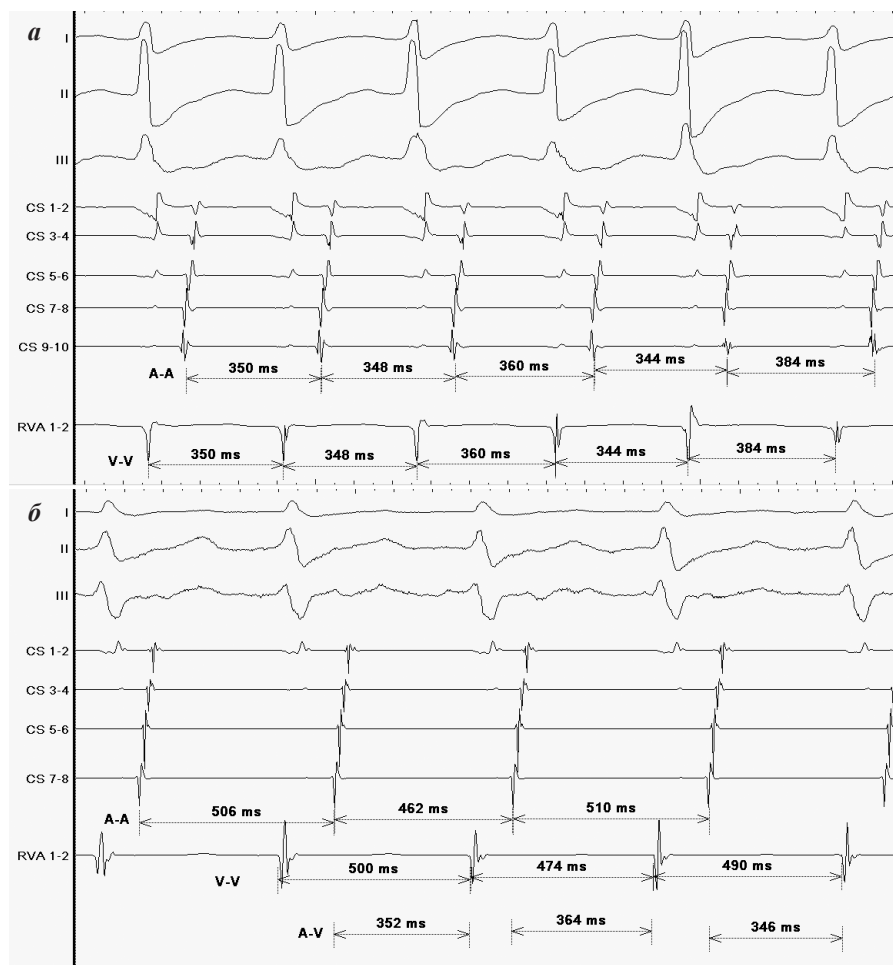


Рис. 7. Изменения в длительности цикла НЖТ, позволяющие провести дифференциальную диагностику. а) Колебания цикла при АВРТ. Изменения в длительности интервалов VV предшествуют изменениям интервалов AA. б) Колебания цикла при ПТ. Изменения интервалов AA предшествуют изменениям VV. Длительности интервалов VV не вполне соответствуют длительностям AA в связи с декрементным проведением через АВ узел: укорочение предшествующего AA приводит к удлинению последующего AV и наоборот, удлинение предшествующего AA вызывает укорочение интервала AV.

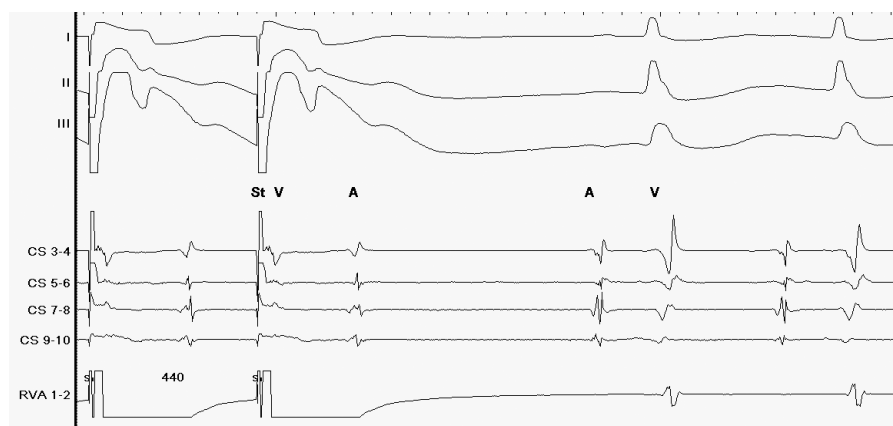


Рис. 8. Энтрейнмент НЖТ с помощью УЖС. Ответ V-A-A-V является патогномоничным для предсердной тахикардии.

считается последняя предсердная ЭГ, ускоренная до ДЦ стимуляции.

Понимание того, каким образом УЖС подтверждает или исключает диагноз ПТ, важно для выявления особых вариантов ответа, которые могут привести к неправильной интерпретации результата, неверному диагнозу и неблагоприятному исходу аблации. Рассмотрим последовательно варианты ответа на УЖС при каждой из НЖТ.

Предсердная тахикардия

При проведении УЖС во время ПТ, каждая волна возбуждения, ретроградно проведенная на предсердия,

будет ускорять (при триггерном механизме тахикардии) или подавлять (при автоматическом механизме тахикардии) очаг аритмии, или входить (энтрейнмент) в цикл re-entry, если ПТ имеет реципрокный механизм. Последняя ретроградно проведенная волна возбуждения (ответственная за предсердную ЭГ, которую мы считаем первой в ответе на прекращение УЖС) не может вернуться антеградно в желудочки в виде эхо-ответа, так как проводящая система сердца в это время еще находится в фазе рефрактерности - по ней только что провела эта же волна из желудочков на предсердия. Даже при наличии двойных путей АВ соединения или ДПП-«свидетеля» (bystander accessory pathway), повторное антеградное проведение волны возбуждения, только что пришедшей ретроградно из желудочков в предсердия, невозможно, так как эти пути одновременно деполаризуются параллельно друг другу в ретроградном направлении и будут в течение некоторого времени находиться в фазе рефрактерности (рис. 9а-в). Если в результате серии стимулов ПТ не купируется, то следующая предсердная ЭГ (то есть вторая по счету предсердная ЭГ после прекращения УЖС) будет результатом продолжения ПТ. Теперь проводящая система сердца уже выйдет из состояния рефрактерности и следующей за предсердной, будет ЭГ пучка Гиса (Н), а за ней желудочковая ЭГ (V2) (рис. 9г). Таким образом, ответ на УЖС будет иметь вид «St-V-A-A-H-V», или просто «V-A-A-V» (рис. 8, 9).

Рис. 9. Схема распространения импульсов при энтрейнменте предсердной re-entry тахикардии в процессе УЖС. Ретроградное проведение импульса (красная линия) из желудочков в предсердия может осуществляться через быстрый путь АВ соединения (а), медленный путь АВ соединения (б) или дополнительный проводящий путь (в). Возвратное возбуждение предсердий и желудочков (г) после прохождения одного круга (синяя линия) в петле re-entry.

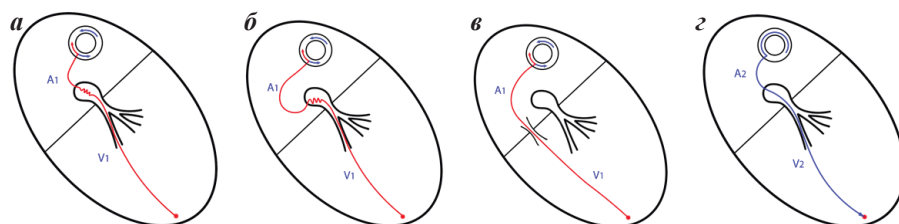


Рис. 9. Схема распространения импульсов при энтрейнменте предсердной re-entry тахикардии в процессе УЖС. Ретроградное проведение импульса (красная линия) из желудочков в предсердия может осуществляться через быстрый путь АВ соединения (а), медленный путь АВ соединения (б) или дополнительный проводящий путь (в). Возвратное возбуждение предсердий и желудочков (г) после прохождения одного круга (синяя линия) в петле re-entry.

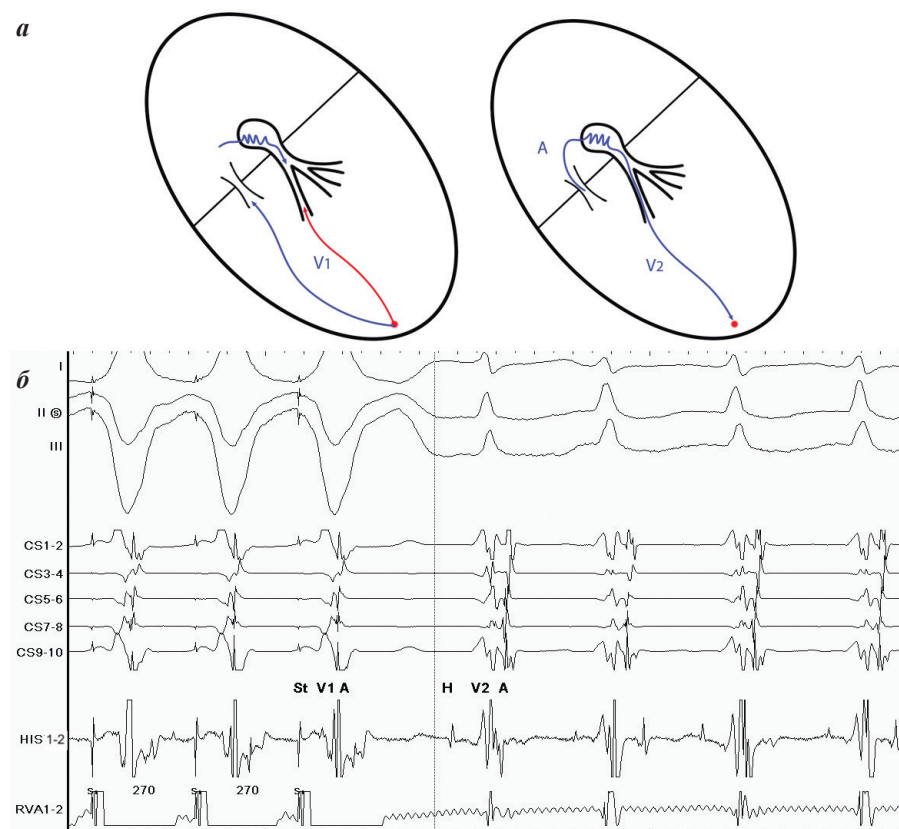


Рис. 10. Энтрейнмент при УЖС во время ортодромной АВРТ. а) Схемы распространения стимулированной волны возбуждения по кругу re-entry. б) ЭКГ и электрограммы при энтрейнменте ортодромной АВРТ. Во время стимуляции форма комплексов QRS (первые 3 комплекса) имеет сливной характер, средний между стимулированными (не показаны) и спонтанными (последние 4 комплекса). После прекращения стимуляции наблюдается последовательность V-A-H-V.

Ортодромная АВ re-entry тахикардия

При ортодромной АВРТ УЖС вызывает появление двух волн возбуждения, распространяющихся по кругу re-entry в противоположных направлениях, и приводит к энтрейнменту тахикардии. Антеградная волна вызывает возбуждение предсердий через ДПП, так что последовательность активации предсердий совпадает с последовательностью при АВРТ. Ретроградная волна распространяется по миокарду желудочков и проводящей системе сердца в направлении АВ узла и сталкивается на своем пути с волной тахикардии (после первого стимула) или антеградной

волной от предыдущего стимула (после следующих стимулов) (рис. 10а). Таким образом, осуществляется энтрейнмент тахикардии - тахикардия повторно перезапускается серией стимулов - «включается» или «погружается» в серию стимулов. Наилучшим подтверждением энтрейнмента является регистрация во время УЖС сливных комплексов QRS (манифестный энтрейнмент), которые сочетают в себе морфологию стимулированных желудочковых комплексов и узких комплексов, регистрирующихся во время АВРТ. Если во время серии стимулов наблюдалось ускорение активации предсердий до ДЦ стимуляции, а тахикардия продолжается после прекращения УЖС, то даже при отсутствии признаков сливного характера возбуждения по ЭКГ, разумно предположить, что вхождение в круг тахикардии имело место (в этом случае говорят об энтрейнменте с локальным столкновением фронтов возбуждения). После прекращения стимуляции последняя навязанная волна распространится ретроградно через ДПП на предсердия (при этом будет регистрироваться первая по счету предсердная ЭГ в ответе на УЖС), пройдет полный круг тахикардии в антеградном направлении, не столкнувшись с ретроградной волной в связи с отсутствием следующего стимула, и приведет к регистрации последовательно ЭГ пучка Гиса (H) и желудочковой (V), что будет представлять собой ответ на УЖС типа «St-V-A-H-V», или просто «V-A-V» (рис. 10б).

АВ узловая re-entry тахикардия

Похожим образом ситуация складывается, когда с помощью УЖС осуществляется энтрейнмент АВУРТ. Разница заключается лишь в том, что единая стимулированная волна возбуждения должна полностью охватить желудочки и пройти по проводящей системе до АВ узла. Затем антеградная волна, внедрившись в «быстрый» путь АВ соединения, перезапустит АВУРТ и также ускорит ритм предсердий до ДЦ стимуляции. В то же время ретроградная волна внедрится в «медленный» путь АВ соединения и столкнется там с антеградной волной от предыдущего стимула (рис. 11а). Последняя проведенная на предсердия в ретроградном направлении стимулированная волна приведет к регистрации первой (и единственной) по счету предсердной ЭГ в ответе на УЖС, пройдет по кругу тахикардии. Далее она через «медленный» путь АВ соединения и пучок Гиса вернется в желудочки, не столкнувшись с ретроградной волной (из-за

отсутствия следующего импульса). Таким образом, регистрируется ответ на УЖС типа «St-V-A-H-V», или просто «V-A-V» (рис. 11б). Необходимо отметить, что при энтрейнменте АВУРТ столкновение ретроградной волны возбуждения и антеградной волны от предыдущего стимула происходит внутри «медленного» пути АВ узла. Соответственно, морфология QRS комплекса всегда является стимулированной и не может носить сливного характера. Поэтому при АВУРТ энтрейнмент всегда характеризуется полным ретроградным захватом желудочков и никогда не является манифестным ни по поверхностной ЭКГ, ни по данным локальных ЭГ.

Таким образом, ответ на УЖС, имеющий вид «V-A-V», является признаком энтрейнмента при АВРТ или АВУРТ и исключает наличие ПТ. С другой стороны, ответ типа «V-A-A-V» подтверждает наличие ПТ, исключая возможность наличия АВУРТ или АВРТ. Основным недостатком этого приема является то, что в 50-80% случаев ускорение предсердий до частоты стимуляции желудочков невозможно. Иными словами, предсердия продолжают возбуждаться с частотой тахикардии, а желудочки - с частотой стимуляции, то есть несколько чаще, чем предсердия. Как правило, это явление обусловлено низкой проводимостью АВ узла в ретроградном направлении. Тем не менее, такой вариант

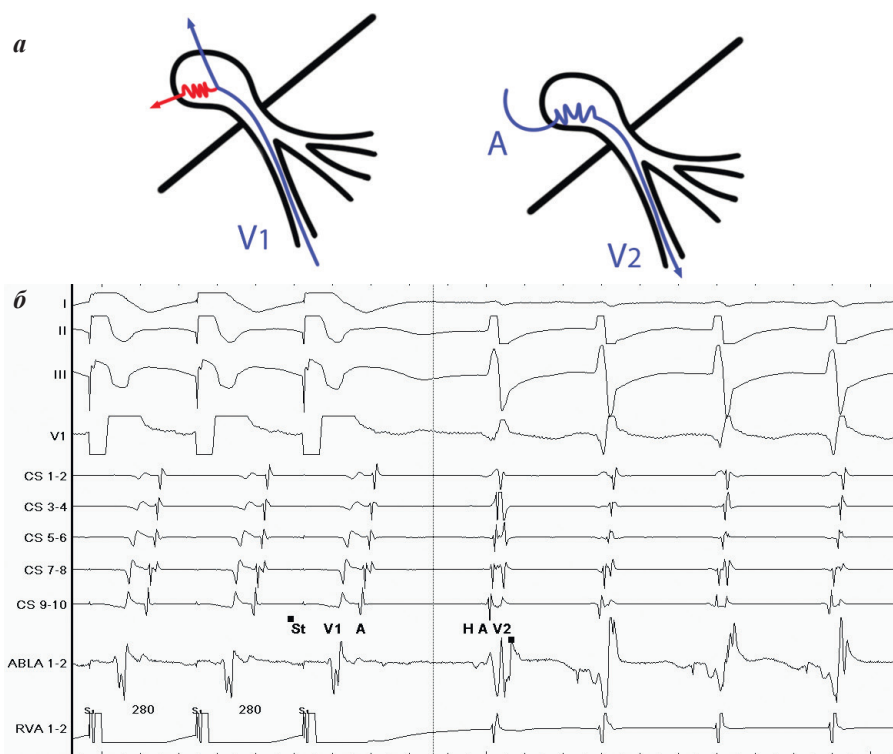


Рис. 11. Энтрейнмент при УЖС во время АВУРТ. а) Схема, изображающая распространение стимулированной волны возбуждения по кругу re-entry. Ретроградная волна (красная стрелка) проходит по медленному пути АВ соединения, сталкивается с волной тахикардии (не показана) и исчезает. Антеградная волна проводится в предсердия через быстрый путь АВ соединения и становится волной тахикардии после столкновения волны тахикардии и ретроградной. Это приводит к формированию ответа типа V-A-V. б) ЭКГ и электрограммы при энтрейнменте АВУРТ. Во время стимуляции форма комплексов QRS (первые 2 комплекса) имеет полностью стимулированную морфологию, а после стимуляции (последние 4 комплекса) - спонтанную. После прекращения стимуляции наблюдается последовательность V-A-V или V-A-H-V.

ответа показывает, что ритм в предсердиях не зависит от желудочковой активации (VA диссоциация), и позволяет исключить АВРТ [9-11]. Обычно, когда отмечается подобный ответ на УЖС, тахикардия оказывается предсердной, но, чтобы быть уверенным, что это именно ПТ [9, 11], а не АВРТ, необходимо проведение дополнительных стимуляционных приемов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ ПРИ КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ОТВЕТА НА УЖС

Ошибочная трактовка ответа на УЖС может наблюдаться в следующих ситуациях.

1. Во время стимуляции желудочков отсутствует проведение 1:1 из желудочков в предсердия, и отмечается вентрикуло-атриальная диссоциация

Ускорение активации предсердий до частоты стимуляции желудочков является критически важным при проведении УЖС. Если во время УЖС предсердия продолжают возбуждаться с частотой тахикардии, а не с частотой стимуляции, проба считается не информативной, а ее результат не подлежит трактовке. Чтобы подтвердить корректность проведения данного стимуляционного приема необходимо измерить несколько последовательных

интервалов А-А в конце серии стимулов и сразу после ее окончания. При правильном выполнении УЖС, во время стимуляции регистрируются интервалы А-А, равные ДЦ стимуляции, затем (после прекращения стимуляции) интервалы А-А увеличиваются до ДЦ тахикардии. Длительность уширенного первого интервала А-А может превышать ДЦ тахикардии за счет декрементного проведения в круге re-entry или временного угнетения эктопического очага. Вентрикуло-атриальная (VA) диссоциация при УЖС может наблюдаться, когда стимуляция желудочков является недостаточно частой или недостаточно долгой, а также если частота тахикардии учащается непосредственно перед началом или во время стимуляции. Решить подобную проблему можно повторной более длительной серией стимулов с укороченным на 10-20 мс циклом стимуляции (рис. 12а).

2. Ошибки при оценке первой предсердной электрограммы в ответе на УЖС

А. При атипичных АВУРТ («slow-slow» и «fast-slow»), а также при АВРТ с участием «медленно функционирующего» ДПП, интервал V-A после последнего стимула может быть больше, чем ДЦ стимуляции. Тогда первая предсердная ЭГ после последнего желудочкового

стимула будет отражать возбуждение предсердий импульсом от предпоследнего стимула. Вторая по счету после последнего стимула предсердная ЭГ будет вызвана последним стимулом. Интервал между первой и второй предсердными ЭГ (А-А) после последнего стимулированного желудочкового комплекса будет равен ДЦ стимуляции. Если на это не обратить внимания, подобный псевдо-«V-A-A-V»-ответ можно ошибочно интерпретировать, как признак, характерный для ПТ (рис. 12б). Б. Первая предсердная ЭГ, обусловленная возобновлением ПТ, может возникать через интервал, равный ДЦ стимуляции. Так как данное явление может происходить исключительно благодаря случайному стечению обстоятельств, нужно повторять УЖС несколько раз с разными ДЦ стимуляции, чтобы убедиться в повторяемости «V-A-A-V»-ответа.

3. Длительность интервала Н-V превышает длительность интервала Н-А

Иногда при АВУРТ интервал Н-V оказывается больше интервала Н-А. Удлинение интервала Н-V может быть связано со снижением скорости проведения по пучку Гиса или по «нижнему общему пути» внутри АВ узла



Рис. 12. а) Отсутствие захвата предсердий при УЖС предсердной тахикардии. б) Псевдо-VA-AV-ответ при УЖС атипичной АВУРТ. Интервалы St-A превышают по длительности интервалы St-St, в связи с чем последний ускоренный до частоты стимуляции интервал А-А целиком находится после последнего стимула. Если на это не обратить внимание во время электрофизиологического исследования, возможна ложно положительная диагностика предсердной тахикардии.

[13]. Такое соотношение интервалов Н-V и Н-А приводит к укорочению или даже формированию отрицательного интервала V-A. После последней стимулированной предсердной ЭГ, должна следовать ЭГ пучка Гиса, а затем желудочковая ЭГ. При замедлении проведения от АВ узла до желудочков, этой желудочковой ЭГ может предшествовать вторая предсердная ЭГ, обусловленная продолжением АВУРТ. Этот псевдо-«V-A-A-V»-ответ также может приводить к ошибкам, которых легко можно избежать, если оценивать ответ на УЖС, не как «V-A-A-V» или «V-A-V», а как «St-V-A-A-H-V» или «St-V-A-H-V» [14].

4. Блокирование проведения первой волны

тахикардии на желудочки выше уровня пучка Гиса

В теории, первая возвратная волна возбуждения после прекращения стимуляции может блокироваться выше пучка Гиса (на уровне «нижнего общего пути» в АВ узле). В этом случае потенциал пучка Гиса регистрироваться не будет, и при АВУРТ вместо ответа «St-V-A₁-(H₁-V₁)-A₂-H₂-V₂» возможно формирование ответа типа «St-V-A₁-A₂-H₂-V₂». Регистрацию такого ответа на УЖС можно ожидать, если во время НЖТ наблюдается преходящее спонтанное нарушение АВ проведения. В этой ситуации оценка ответа на УЖС может быть ненадежной, и требуется использование других диагностических приемов.

5. Наличие у пациента двух НЖТ.

Ответ типа «А-Н» свидетельствует о том, что пациент страдает АВУРТ или АВРТ. Тем не менее, это не исключает возможности запуска у данного пациента ПТ. Поэтому после устранения субстрата одной НЖТ, необходимо повторение диагностического протокола программной и учащающейся стимуляции для исключения других типов тахикардии.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АВУРТ И ОРТОДРОМНОЙ АВРТ. МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОТВЕТА НА УЖС

Если при УЖС диагностирована ПТ, можно переходить к картированию и абляции субстрата тахикардии. Если же в результате УЖС возможность наличия ПТ исключена, дифференциальную диагностику между АВУРТ и ортодромной

АВРТ легко провести с помощью параметров, представленных в табл. 1. Трудности могут возникнуть в ситуациях с концентрической активацией предсердий и длительностью интервала V-A более 80 мс. В таких случаях чтобы отличить АВРТ с участием септального ДПП от атипичной АВУРТ, необходима оценка дополнительных количественных параметров ответа на УЖС.

Оценка характера возбуждения желудочков при энтрейнменте

Как говорилось ранее, ответ на УЖС, имеющий тип «V-A-V», свидетельствует о наличии у пациента АВУРТ или АВРТ. Признаком, который с высокой специфичностью помогает диагностировать АВРТ, является формирование сливных комплексов QRS при энтрейнменте тахикардии с помощью УЖС. Так как

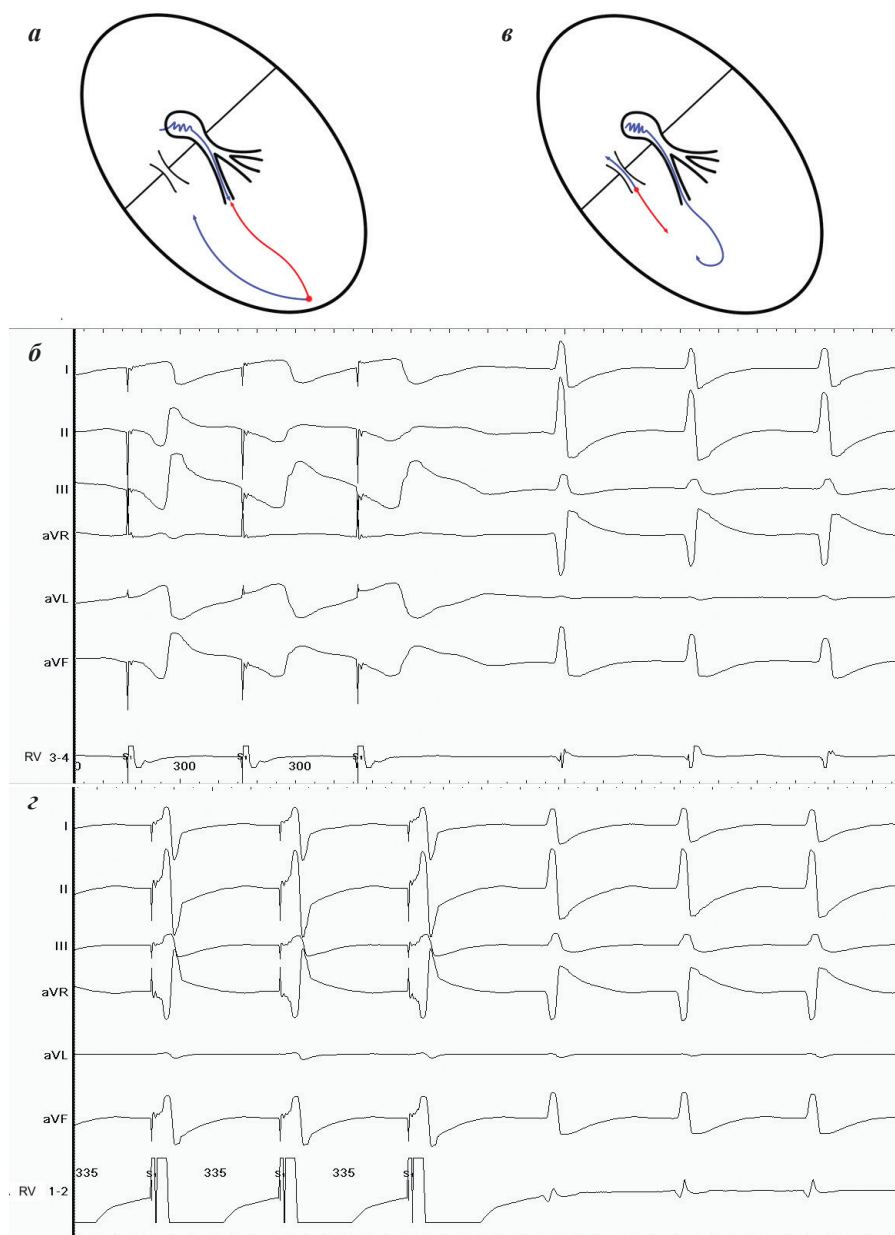


Рис. 13. Отличия в морфологии комплексов QRS при энтрейнменте ортодромной АВРТ из различных точек стимуляции в желудочках. а) Схема стимуляции из области верхушки. б) ЭКГ и электрограммы при стимуляции из верхушки ПЖ. в) Схема стимуляции желудочков напротив наиболее ранней активации предсердий. г) ЭКГ и электрограммы при стимуляции из базальных отделов желудочкового миокарда.

образование сливных комплексов QRS невозможно при АВУРТ, регистрация этого феномена во время энтрейнмента позволяет диагностировать ортодромную АВРТ (см. рис. 2). К сожалению, чувствительность данного признака сравнительно низка, так как чаще при энтрейнменте АВРТ столкновение фронтов возбуждения происходит внутри проводящей системы и комплексы QRS на поверхностной ЭКГ носят стимулированную морфологию, как и при АВУРТ (см. рис. 10б), то есть имеет место энтрейнмент с локальным столкновением фронтов возбуждения. Для выявления сливного характера возбуждения желудочков можно использовать следующие способы.

А. Изучение локального захвата проводящей системы антеградной стимулированной волной

Для того, чтобы облегчить выявление сливного характера возбуждения во время энтрейнмента АВРТ (то есть для повышения чувствительности этого способа диагностики), можно оценивать не только морфологию комплексов QRS на поверхностной ЭКГ, но и форму и последовательность возникновения внутрисердечных ЭГ. Последовательная регистрация ЭГ пучка Гиса и его правой ножки, захваченных антеградной волной возбуждения, свидетельствует о том, что предыдущий импульс прошел

через АВ узел и пучок Гиса и столкнулся со стимулированной ретроградной волной в более дистальных отделах проводящей системы или в рабочем миокарде желудочков (см. рис. 10б). Обращать внимание на эти нюансы очень важно: морфология QRS комплексов в этих случаях будет практически неотличимой от стимулированной.

Б. Выбор точки стимуляции желудочков

Очевидно, что вероятность выявления сливных комплексов QRS на поверхностной ЭКГ напрямую зависит от объема миокарда, который успеет захватить стимулированная антеградная волна до столкновения с ретроградной. Антеградная волна возбуждения начинает деполаризовать миокард желудочков только после выхода из проводящей системы. В то же время, ретроградная волна начинает возбуждать миокард сразу после нанесения очередного стимула и, чем быстрее она войдет в проводящую систему, тем меньше будет вероятность манифестного энтрейнмента. Поэтому наилучшей точкой стимуляции является та, которая как можно дальше отстоит от проводящей системы сердца, оставаясь как можно ближе к кругу АВРТ. Такая зона находится около желудочкового конца ДПП (на желудочковой стороне АВ борозды, напротив места наиболее ранней активации предсердий во время НЖТ) (рис. 13). Чем ближе точка

стимуляции располагается к желудочковому концу ДПП, тем с большей вероятностью можно будет зарегистрировать сливную морфологию QRS. Поэтому при АВРТ с участием септального или правостороннего ДПП манифестный энтрейнмент (сливные комплексы QRS) легче выявить при стимуляции верхушки или базальных отделов ПЖ. Соответственно, при АВРТ с участием левостороннего ДПП признаки манифестного энтрейнмента скорее будут получены, когда УЖС проводится из левого желудочка (ЛЖ) [11]. При максимально близком перемещении точки стимуляции к ДПП иногда можно добиться скрытого столкновения фронтов возбуждения. При этом морфология навязанного комплекса QRS будет идентичной НЖТ за счет полного захвата желудочков антеградной волной от предыдущего импульса (перезапущенной волной тахикардии). (см. рис. 3б,в).

В. Определение момента «сдвига» активации предсердий при УЖС

а. Форма комплексов QRS на поверхностной ЭКГ.

После начала УЖС обычно происходит постепенное изменение морфологии комплексов QRS от характерной для

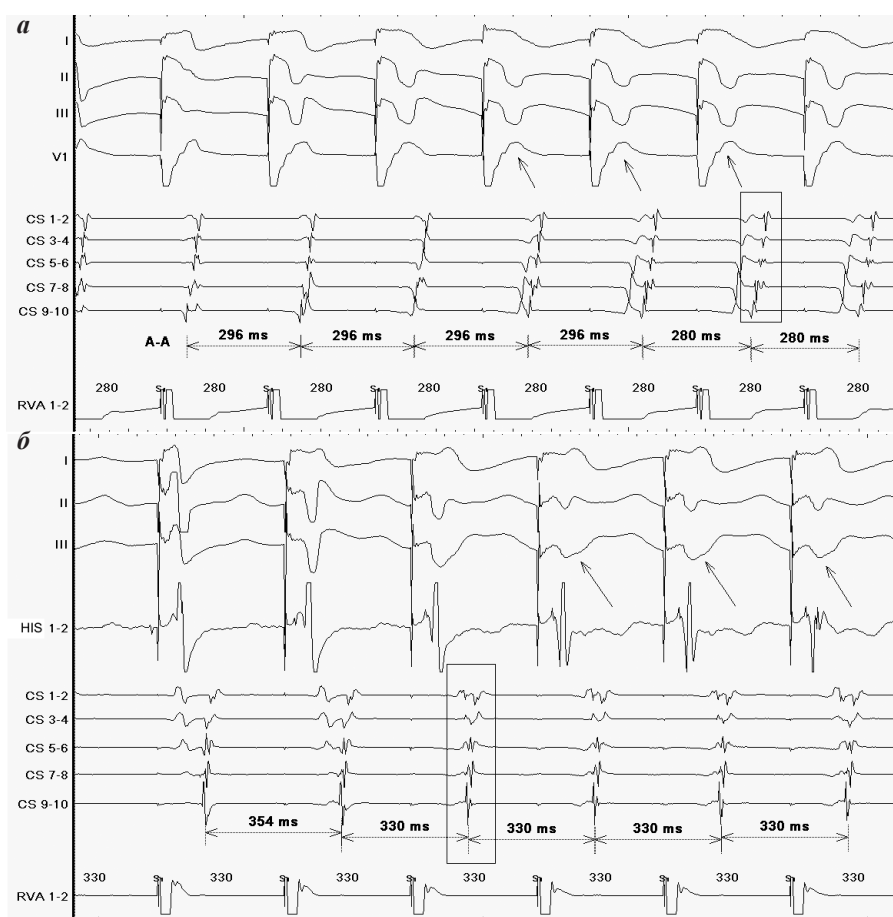


Рис. 14. Определение момента «сдвига» предсердной электрограммы. а) При АВУРТ длина цикла в предсердиях ускоряется до длины цикла стимуляции через 2 цикла после первого комплекса QRS со стабильной морфологией (первый комплекс, указанный стрелкой). б) При АВРТ длина цикла в предсердиях ускоряется (третий интервал А-А) за один цикл до стабилизации морфологии QRS (первый комплекс, указанный стрелкой). Кроме того, в случае с АВУРТ наблюдается удлинение интервала VA, а при АВРТ длительность интервал VA остается стабильной.

НЖТ, через промежуточные формы, отражающие различные степени столкновения фронтов возбуждения, к стабильной морфологии комплекса QRS (стимулированной или сливной) (рис. 14). Определение первого комплекса QRS со стабильной морфологией является центральным в этом алгоритме.

б. Момент ускорения предсердной активности до частоты стимуляции желудочков

При АВУРТ (в отсутствие ДПП) волна возбуждения из желудочков может достигнуть предсердий только через АВ узел. Для этого следующие друг за другом из желудочков стимулированные волны возбуждения опережают соответствующие волны тахикардии и захватывают все более высокие отделы проводящей системы. В связи с этим, захват предсердий происходит только после полного захвата миокарда желудочков стимуляцией (рис. 14а). При АВРТ, импульсы от УЖС достигнут предсердий сразу после того, как волна возбуждения из желудочков достигнет ДПП (рис. 14б). И в том, и в другом случае «сдвиг» активации предсердий может проявляться в более раннем возбуждении (укорочение очередного интервала А-А, наиболее частый вариант), в активации предсердий с небольшим запозданием (удлинение очередного интервала А-А, встречается достаточно редко - при декрементных ДПП) или в купировании тахикардии без очередной активации предсердий.

«Сдвиг» активации предсердий, наступивший до или одновременно с первым комплексом QRS, имеющим стабильную морфологию, обладает положительной предсказательной ценностью более 90% для диагностики АВРТ. Аналогично, если «сдвиг» активации предсердий наступает позже первого комплекса QRS, имеющего стабильную морфологию, то АВУРТ может быть диагностирована с положительной предсказательной ценностью более 90% [15-17]. Этот отличительный признак привлекателен тем, что не требует для своей оценки продолжения тахикардии после окончания УЖС. Тем не менее, важно помнить о возможных трудностях при использовании данного приема. К ним относятся:

- колебания длительности цикла тахикардии;
- быстрый захват предсердий при АВУРТ и ПТ, когда используется ДЦ стимуляции, который короче ДЦТ более, чем на 40 мс;
- отсроченный «сдвиг» активации предсердий при АВРТ с участием декрементного ДПП;
- быстрый захват предсердий при АВУРТ и ПТ через ДПП-«свидетель» (bystander AP),

- ошибки при определении первого комплекса QRS со стабильной морфологией, точность которого по мнению разных авторов составляет около 80% [17].

Чтобы увеличить диагностическую ценность данного приема можно сравнивать стимуляцию из верхушки и базальных отделов желудочков, как можно ближе к месту наиболее ранней активации предсердий. В сомнительных случаях это позволяет обеспечить более раннее ускорение возбуждения предсердий при АВРТ, и более позднее - при АВУРТ.

Технические трудности в оценке характера возбуждения желудочков при энтрейнменте

А. Скрытый захват пучка Гиса при стимуляции базальных отделов правого желудочка

Когда УЖС проводится из базальных отделов перегородки, случайный захват пучка Гиса (или проксимального отдела левой или правой ножки) может привести к регистрации относительно узких комплексов QRS. Псевдо-сливной характер возбуждения в этом случае может привести к гипердиагностике АВРТ. Этого можно избежать, если проводить стимуляцию выше или ниже уровня пучка Гиса и правой ножки, проверяя, носят ли стимулированные комплексы QRS, после купирования тахикардии, полностью навязанный или «сливной» характер.

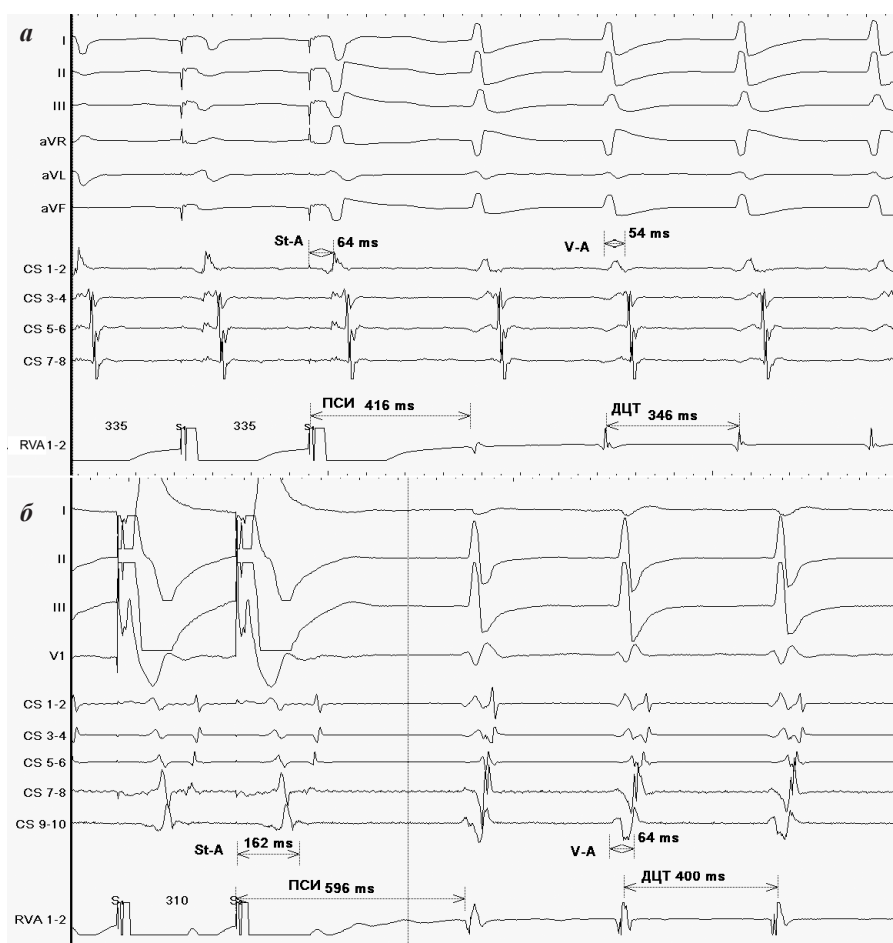


Рис. 15. Разница ПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) при АВРТ (А) и АВУРТ (Б). А. Разница ПСИ-ДЦТ составляет 416-346=70 мс. Разница (St-A)-(V-A)=64-54=10 мс. Эти значения являются диагностическими для АВРТ. Б. Разница ПСИ-ДЦТ составляет 596-400=196 мс. Разница (St-A)-(V-A)=162-64=98 мс. Эти значения являются диагностическими для АВУРТ.

Б. Энтрейнтмент ПТ или АВУРТ, при наличии ДПП-«свидетеля» (bystander AP)

Сливной характер возбуждения желудочков при энтрейнтменте НЖТ с помощью УЖС позволяет сделать три вывода:

- НЖТ развивается по механизму re-entry,
- импульсы, проведенные по ДПП, могут влиять на механизм НЖТ,
- желудочковые экстрасимюлы могут приводить к «перезапуску» re-entry.

Наиболее логичным и вероятным выводом из этих трех тезисов является то, что у пациента имеет место АВРТ. Тем не менее, теоретически, эти же признаки наблюдались бы при наличии ДПП-«свидетеля», предсерд-

ный конец которого располагается в круге re-entry другой тахикардии (ПТ или АВУРТ). Подобные исключительные обстоятельства сделали бы необходимым развитие во время стимуляции двух тахикардий, или тахикардии с двумя кругами, один из которых - это АВРТ. Поэтому такой ДПП уже не мог бы считаться «свидетелем», то есть пассивно активируемым, в полном смысле этого слова. Поэтому абляция ДПП являлась бы необходимой, как с клинической точки зрения, так и для выявления второго механизма тахикардии при повторном ЭФИ. Таким образом, энтрейнтмент НЖТ со сливным характером возбуждения желудочков при УЖС указывает на наличие АВРТ, независимо от того, есть ли у пациента вторая тахикардия с иным механизмом или нет [18].

Количественные параметры ответа на УЖС

Как было указано выше, выявление сливного характера возбуждения желудочков во время энтрейнтмента НЖТ при желудочковой стимуляции с высокой степенью надежности позволяет диагностировать АВРТ. Слабой стороной этого приема является необходимость дополнительных, подчас трудно выполнимых, манипуляций катетерами (для выбора оптимальной точки стимуляции или регистрации локальных ЭГ) и тщательного измерения внутрисердечных интервалов. В то же время, дифференциальная диагностика между АВРТ и АВУРТ может быть проведена с помощью простых и объективных количественных параметров: ПСИ и интервала от стимула до предсердной электрограммы (St-A).

1. Показатель ПСИ-ДЦТ («ПСИ минус ДЦТ»)

Под термином ПСИ понимают время, необходимое последней стимулированной антеградной волне возбуждения, чтобы пройти по кругу re-entry один оборот и вернуться к месту стимуляции. Соответственно, если точка стимуляции находится в круге re-entry, величина ПСИ будет практически равной ДЦ тахикардии, и разница

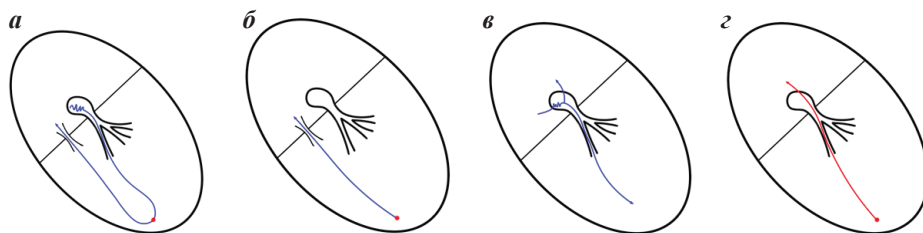


Рис. 16. Схематичное изображение различий в формировании интервалов St-A и V-A при АВРТ (а и б) и АВУРТ (в и г). а) Волна возбуждения при АВРТ распространяется от вершины (выход из волокон Пуркинье в рабочий миокард) до основания сердца. Формируется относительно длинный интервал V-A. б) Стимулированная волна возбуждения распространяется от вершины правого желудочка, как при тахикардии. Формируется относительно длинный интервал St-A. в) Волна возбуждения при АВУРТ распространяется одновременно по быстрому пути в предсердия и по проводящей системе - в желудочки. Формируется интервал V-A, величина которого стремится к нулю из-за почти одновременного возбуждения предсердий и желудочков. г) Стимулированная волна возбуждения распространяется на предсердия через проводящую систему. Формируется относительно длинный интервал St-A.

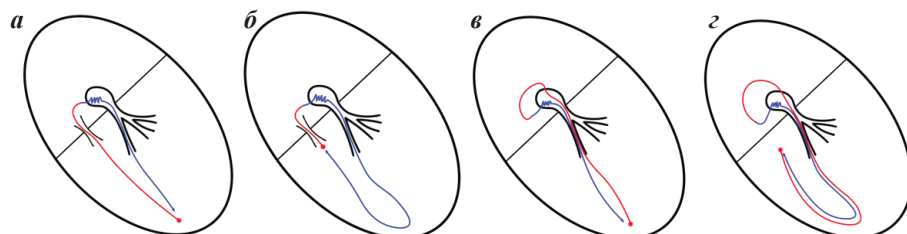


Рис. 17. Дифференциальный энтрейнтмент при АВРТ (а и б) и АВУРТ (в и г). а) Стимулированная волна возбуждения при АВРТ распространяется от вершины (выход из волокон Пуркинье в рабочий миокард) до основания сердца, а затем возвращается к точке стимуляции через проводящую систему. Постстимуляционный интервал близок по длительности циклу тахикардии. б) Стимулированная волна возбуждения распространяется от основания желудочков через дополнительный путь в предсердия, затем - через проводящую систему в желудочки, и далее - от волокон Пуркинье в верхушечном отделе желудочков к точке стимуляции. Постстимуляционный интервал близок по длительности циклу тахикардии. в) Стимулированная волна возбуждения при АВУРТ распространяется одновременно по быстрому пути в предсердия и по проводящей системе - в желудочки. Формируется интервал V-A, величина которого стремится к нулю из-за почти одновременного возбуждения предсердий и желудочков. г) Стимулированная волна возбуждения распространяется от базального отдела к верхушке желудочка, затем внедряется в проводящую систему и проводится на предсердия, делает один оборот в круге re-entry внутри АВ узла, возвращается через проводящую систему к верхушке желудочка и далее по рабочему миокарду к точке стимуляции в базальном отделе желудочка. Формируется относительно длинный интервал St-A.

между ними не будет превышать 30 мс [6, 7]. С увеличением расстояния от точки стимуляции до круга re-entry длительность ПСИ возрастает (см. рис. 4). При АВРТ часть желудочкового миокарда является компонентом круга re-entry (см. рис. 10а). Поэтому при энтрейнменте АВРТ импульс по миокарду желудочков достигает круга re-entry, проходит один раз по кругу тахикардии через ДПП, миокард предсердий и проводящую систему и возвращается по миокарду желудочков к точке стимуляции. Разница между ПСИ и ДЦТ невелика (как правило менее 100 мс) и зависит от взаимного расположения точки стимуляции и ДПП. При АВУРТ желудочковый миокард всегда находится на большом расстоянии от круга тахикардии (см. рис. 11а). Поэтому при энтрейнменте АВУРТ, прежде чем вернуться к точке стимуляции, импульс должен пройти проводящую систему в направлении от места стимуляции к кругу re-entry, совершить один оборот в круге тахикардии, и затем во второй раз пройти по проводящей системе в обратном направлении к миокарду желудочков. Поэтому при энтрейнменте АВУРТ с помощью УЖС разница ПСИ-ДЦТ намного больше (обычно более 150 мс), чем при энтрейнменте АВРТ (рис. 15) [19].

2. Корригированный показатель ПСИ-ДЦТ

Величина ПСИ может возрастать не только при увеличении расстояния от места стимуляции до круга тахикардии, но и при декрементном замедлении проведения во время УЖС (выраженность эффекта зависит от частоты сокращений). Этот феномен наиболее характерен для АВ узла. При проведении энтрейнмента АВРТ - частота предсердных сокращений увеличивается до ДЦ стимуляции. Волны возбуждения поступают в АВ узел также с большей частотой, чем во время тахикардии, и время проведения по АВ узлу декрементно возрастает. После прекращения стимуляции первый интервал А-Н (так как интервал Н-В является достаточно постоянным, возможно измерение интервала А-В) зачастую бывает длиннее, чем интервал А-Н (или А-В) во время тахикардии, что никак не связано с расстоянием от точки стимуляции до круга re-entry, которое мы стремимся оценить. Описанные изменения могут вносить в измерение определенную погрешность, поэтому в разницу ПСИ-ДЦТ можно внести поправку на декрементное проведение. Для этого из полученного результата ПСИ-ДЦТ необходимо вычесть величину возрастания длительности интервала А-Н (или интервала А-В) в первом возвратном цикле по сравнению с длительностью этого интервала во время АВРТ (рис. 15). При внесении поправки на декрементность этот критерий позволяет надежно дифференцировать АВУРТ (кПСИ-ДЦТ > 110 мс) и АВРТ с участием септального ДПП (кПСИ-ДЦТ < 110 мс) [20].

3. Разница между интервалами St-A и V-A

У пациентов с АВРТ, как во время тахикардии, так и при УЖС желудочки и предсердия возбуждаются последовательно. Как интервал V-A, так и интервал St-A, будут достаточно продолжительными, но сопоставимыми между собой. Поэтому разность между длительностями интервалов St-A и V-A будет стремиться к нулю (рис. 16а,б).

У пациентов с АВУРТ активация предсердий и желудочков во время тахикардии происходит одновременно, а при УЖС - последовательно. Поэтому длительность интервала V-A во время типичной АВУРТ стремится к нулю, а при стимуляции желудочков у пациента с АВУРТ интервал St-A будет достаточно продолжительным. Разница между интервалами St-A и V-A будет относительно большой (рис. 16в,г).

Соответственно, разница между значениями интервала V-A при энтрейнменте и во время тахикардии у пациентов с АВУРТ должна быть больше, чем у пациентов с АВРТ (Рис. 15, Рис. 16). При АВРТ обычно разность (St-A)-(V-A) < 85 мс, а при АВУРТ - (St-A)-(V-A) > 85 мс [19].

4. Дифференциальный энтрейнмент

Чтобы исключить возможность замедления антеградного проведения (из-за декрементности АВ узла или его «двойной физиологии») был предложен способ дифференцированной оценки описанных выше параметров кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) при стимуляции из базальных и верхушечных отделов ПЖ. Если значения этих параметров при базальной стимуляции превышают значения этих же параметров при верхушечной стимуляции на 20-30 мс - более вероятно наличие АВУРТ (при стимуляции ближе к АВ-узлу - декрементное проведение по нему более выраженное). Использование одной ДЦ для обеих точек стимуляции позволяет исключить декрементное удлинение интервала А-Н, упоминавшееся выше. Для описания данного феномена используется термин «дифференциальный энтрейнмент» [21]. Соответственно, и параметры кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) также называются дифференциальными.

Технические трудности при определении показателей разности ПСИ-ДЦТ, кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A)

1. Определение показателей разности ПСИ-ДЦТ, кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) у пациентов с левым боковым ДПП

Необходимо помнить, что кПСИ-ДЦТ может оказаться > 110 мс, а (St-A)-(V-A) > 85 мс, и при АВРТ, если точка стимуляции удалена от круга re-entry (энтрейнмент АВРТ с участием левостороннего ДПП проводится из верхушки правого желудочка. Этого легко избежать, если следовать описанному ранее алгоритму. Пациент с левосторонним ДПП будет иметь эксцентрическую последовательность активации предсердий во время АВРТ, поэтому сразу после запуска тахикардии и исключения ПТ при анализе типа ответа на УЖС (VAV или VAAV) возможен переход к картированию и абляции без проведения дополнительных стимуляционных приемов.

2. Определение показателей разности ПСИ-ДЦТ, кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) у пациентов с декрементным или медленным ДПП

У пациента с медленным или декрементным ДПП показатель разности кПСИ-ДЦТ также может оказаться > 110 мс, а (St-A)-(V-A) > 85 мс. Чтобы избежать гипердиагностики АВУРТ у этих пациентов необходимо обращать внимание на длительность интервала V-A. Если во время НЖТ наблюдается длинный интервал V-A (V-A > 1/2 R-R), проведение УЖС не уместно.

3. Определение показателей разности ПСИ-ДЦТ, кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) у пациентов с АВРТ и двойной физиологией проведения по АВ узлу

При энтрейнменте АВРТ, которая в качестве антеградного колена использовала «быстрый» путь АВ соединения, во время УЖС антеградное проведение может переключаться на «медленный» путь АВ соединения. В этом случае интервал А-Н в первом возвратном сокращении после прекращения стимуляции будет существенно удлинен, что может привести к гипердиагностике АВУРТ [22]. Внесение описанной выше поправки в показатель разности ПСИ-ДЦТ (замена его показателем кПСИ-ДЦТ) помогает избежать сложностей у пациентов с сочетанием «двойного проведения» по АВ узлу и АВРТ с участием септального ДПП. Использование параметра (St-A)-(V-A), в котором вообще отсутствует оценка проведения по антеградному колену, также позволяет избежать ошибок, связанных с декрементным или «двойным» проведением по АВ узлу [23].

4. Выбор точки стимуляции для определения кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A)

Стимуляция желудочков вблизи АВ борозды подразумевает расположение точки стимуляции более близкое к ДПП, участвующему в круге АВРТ (если осуществляется в области наиболее ранней ретроградной активации предсердий) и большую удаленность от круга АВУРТ (благодаря дополнительному расстоянию, которое необходимо пройти волне возбуждения по миокарду желудочков до входа в проводящую систему у верхушки сердца) (рис. 17). Поэтому по сравнению с верхушечной стимуляцией, стимуляция базальных отделов желудочков:

- увеличивает значения кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) при АВУРТ
- уменьшает кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) при АВРТ.

Таким образом, при проведении энтрейнмента из базальных отделов желудочков показатели кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) позволяют лучше дифференцировать АВУРТ от АВРТ вне зависимости от локализации ДПП. Кроме того, как уже говорилось ранее, базальная стимуляция желудочков, максимально приближенная к месту наиболее ранней ретроградной активации, помогает выявлять сливной характер возбуждения (см. рис. 10) и получить признаки манифестного энтрейнмента при АВРТ.

Стимуляция базальных отделов сопряжена с некоторыми техническими трудностями. К ним относятся менее устойчивое положение катетеров в этой зоне, возможность навязывания ритма на предсердия или пучок Гиса, что может усложнить интерпретацию результатов и привести к неправильным выводам. Поэтому УЖС из базальных отделов следует применять только в тех случаях, когда при верхушечной стимуляции регистрируется ответ типа «V-A-V», отмечается

энтрейнмент с полным ретроградным захватом желудочков, а показатели кПСИ-ДЦТ и (St-A)-(V-A) демонстрируют пограничные значения.

Что делать, если ответ на УЖС не подлежит интерпретации?

Таким образом, УЖС наиболее эффективна и полезна, когда относительно медленная тахикардия продолжается после прекращения стимуляции, а ретроградное проведение по АВ узлу позволяет ускориться активации предсердий до частоты стимуляции желудочков.

В то же время, существует два вида ответа на УЖС, которые зачастую считаются неподлежащими трактовке, но могут все же служить источником важной диагностической информации.

Предсердия не ускоряются до ДЦ стимуляции. Невозможность ускорить предсердия до ДЦ стимуляции в ходе нескольких попыток УЖС, позволяет исключить диагноз АВРТ и может с высокой долей вероятности говорить, что механизмом НЖТ является ПТ (см. рис. 12).

Предсердия ускоряются до ДЦ стимуляции, но НЖТ купируется после прекращения УЖС. Причиной купирования НЖТ в процессе стимуляции как правило является блокирование проведения очередной антеградной волны возбуждения через АВ узел и в последующем захват его ретроградной волной. После прекращения стимуляции последняя антеградная волна возбуждения не может вернуться на желудочки в виде эхо-ответа и продолжить тахикардию. В подобных ситуациях часто помогает искусственное укорочение рефрактерного периода АВ узла с помощью внутривенного введения атропина. Если все же не удастся преодолеть данную проблему, ответ на УЖС все равно может нести диагностическую ценность, например, при оценке времени «захвата» предсердий или проведении дифференциального энтрейнмента (хотя в ситуации, когда НЖТ купируется после прекращения УЖС, нельзя говорить об энтрейнменте, и термин «дифференциальный энтрейнмент» неприменим). Если НЖТ повторно купируется во время УЖС, полезным может быть применение частой стимуляции желудочков короткой серией импульсов (от 3 до 6) с ДЦ 200-250 мс. В 60% случаев желудочки будут диссоциированы от НЖТ (исключает АВРТ) или НЖТ будет купироваться без проведения на предсердия (исключает ПТ) [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведение УЖС является надежным и относительно простым способом дифференциальной диагностики устойчивой НЖТ. Данный стимуляционный прием дает электрофизиологу большой объем качественной и количественной информации, не сильно увеличивая продолжительность ЭФИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wellens HJ, Schuilenburg RM, Durrer D. Electrical Stimulation of The Heart In Patients With Ventricular Tachycardia. *Circulation*. 1972;46(2): 216-226.
2. Waldo AL, Maclean WAH, Karp RB, et al. Entrainment and interruption of atrial flutter with atrial pacing. *Circulation*. 1977;56: 737-44.
3. Almendral JM, Rosenthal ME, Stamato NJ, et al. Analysis of the resetting phenomenon in sustained uniform ventricular tachycardia: incidence and relation to termination. *J Am Coll Cardiol*. 1986;8: 294-300.

4. Henthorn RW, Okumura K, Olshansky B, et al. A fourth criterion for transient entrainment: the electrogram equivalent of progressive fusion. *Circulation*. 1988;77: 1003-12.
5. Issa ZF, Miller JM, Zipes DP. Clinical arrhythmology and electrophysiology. A companion to Braunwald's Heart Disease. 2nd ed. Elsevier Saunders, 2009.
6. Stevenson WG, Khan H, Sager P, et al. Identification of reentry circuit sites during catheter mapping and radiofrequency ablation of ventricular tachycardia late after myocardial infarction. *Circulation*. 1993;88: 1647- 1670.
7. Ikeguchi S, Peters SN. Novel use of postpacing interval mapping to guide radiofrequency ablation of focal atrial tachycardia with long intra-atrial conduction time. *Heart Rhythm*. 2004;1: 88-93.
8. Knight BP, Zivin A, Souza J, et al. A technique for the rapid diagnosis of atrial tachycardia in the electrophysiology laboratory. *J Am Coll Cardiol*. 1999;33: 775-781.
9. Knight BP, Ebinger M, Oral H, et al. Diagnostic value of tachycardia features and pacing maneuvers during paroxysmal supraventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36: 574-782.
10. Maruyama M, Kobayashi Y, Miyauchi Y, et al. The VA relationship after differential atrial overdrive pacing: A novel tool for the diagnosis of atrial tachycardia in the electrophysiologic laboratory. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007;18: 1127-1133.
11. Veenhuyzen GD, Coverett K, Quinn FR, et al. Single diagnostic pacing maneuver for supraventricular tachycardia. *Heart Rhythm*. 2008;5: 1152-1158.
12. Sticherling C, Knight BP. A long RP tachycardia. What is the tachycardia mechanism? *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2001;12: 115-117.
13. Josephson ME. Clinical cardiac electrophysiology, 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2008.
14. Vijayaraman P, Lee BP, Kalahasty G, et al. Reanalysis of the "pseudo A-A-V" response to ventricular entrainment of supraventricular tachycardia: Importance of hisbundle timing. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2006;17: 25-28.
15. Dandamudi G, Mokabberi R, Assal C, et al. A novel approach to differentiating orthodromic reciprocating tachycardia from atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *Heart Rhythm*. 2010;7: 1326-1329.
16. Almahameed ST, Buxton AE, Michaud GF. New criteria during right ventricular pacing to determine the mechanism of supraventricular tachycardia. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010;3: 578-584.
17. Rosman JZ, Roy MJ, Stevenson WG, et al. Resetting criteria during ventricular overdrive pacing successfully differentiate orthodromic reentrant tachycardia from atrioventricular nodal reentrant tachycardia despite interobserver disagreement concerning QRS fusion. *Heart Rhythm*. 2011;8: 2-7.
18. Veenhuyzen GD, Quinn FR, Wilton SB, et al. Diagnostic pacing maneuvers for supraventricular tachycardia: part 1. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2011;34(6): 767-82.
19. Michaud GF, Tada H, Chough S, et al. Differentiation of atypical atrioventricular node re-entrant tachycardia from orthodromic reciprocating tachycardia using a septal accessory pathway by the response to ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38: 1163-1167.
20. Gonzalez-Torrecilla E, Arenal A, Atienza F, et al. First postpacing interval after tachycardia entrainment with correction for atrioventricular node delay: A simple maneuver for differential diagnosis of atrioventricular nodal reentrant tachycardias versus orthodromic reciprocating tachycardias. *Heart Rhythm*. 2006;6: 674-679.
21. Platonov M, Schroeder K, Veenhuyzen GD. Differential entrainment: Beware from where you pace. *Heart Rhythm*. 2007;8: 1097-1099.
22. Veenhuyzen GD, Stuglin C, Zimola KG, Mitchell LB. A tale of two post pacing intervals. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2006;6: 687-689.