

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ АНИЗОТРОПНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ В АТРИО-ВЕНТРИКУЛЯРНОМ СОЕДИНЕНИИ СЕРДЦА НИЗШИХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Кузьмин В.С., Воронина Я.А., Кархов А.М., Браже А.Р.<sup>1</sup>

МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра физиологии человека и животных;

<sup>1</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики

Большинство экзотермических животных не способны переносить резкие перепады температуры из-за гемодинамической недостаточности, желудочковой асистолии. Было высказано предположение, что СН возникает в результате блокады атриовентрикулярной (АВ) проводимости. Однако наземные бесхвостые животные являются хорошо известными пойкилотермными животными, демонстрирующими широкий диапазон температурной толерантности, а сердце сопротивляется острым суточным температурным воздействиям. Электрофизиологические механизмы, а также организация АВ-проводимости, лежащие в основе способности сердца бесхвостых животных переносить резкие изменения температуры, не выяснены.

В этом исследовании поверхностная ЭКГ использовалась для оценки задержки АВ частоты сердечных сокращений (ЧСС), нарушений АВ-проводимости и уязвимости миокарда желудочков к острым изменениям температуры у лягушки *Rana temporaria*. Интервалы RR, PQ, QT рассчитывали у животных, акклиматизированных к температуре 15°C, после предварительно вызванной двойной вегетативной блокады (ДАВ) при различных температурах (2-25°C, n=18). Метод оптического картирования, основанный на флуоресценции потенциалочувствительного кристалла ди-4-АНЕППС, был применен для оценки пространственно-временной картины проводимости в АВ-кольце и возбуждения миокарда желудочков в диапазоне температур 4-25°C. Оптические потенциалы действия (АР) из многоклеточных изолированных, перфузированных, обработанных блебистатином препаратов (n = 6), состоящих из предсердных и желудочковых областей с минимально манипулируемым АВ-кольцом, были получены с использованием высокоскоростной матрицы PDA (WuTech Inst.) и проанализированы с применением математических методов обработки данных, разработанных авторами.

Животные демонстрировали нормальную ЭКГ в ответ на температурное воздействие в диапазоне от 2 до 25°C и от 25 до 2°C. Кривые интервалов RR и PQ демонстрировали схожую температурную зависимость, а коэффициенты Q10, однако, демонстрировали значительный температурный гистерезис. Резкое изменение температуры ни разу не вызывало нарушений ЧСС, АВ-блокады, зубцы Р сопровождалась зубцами Т, что свидетельствовало о нормальном режиме возбуждения желудочков. Снижение температуры приводило к существенному увеличению АВ-задержки (210±22 против 740±102 мс при 2 и 25°C).

Картирование паттерна возбуждения выявило почти идентичные пути проведения в АВ-кольце при всех протестированных температурах, несмотря на значительные различия во времени и скорости проведения. Резкие изменения температуры в наших экспериментах не смогли подавить АВ-кольцевую проводимость. Установлено, что отдельные сегменты периметра АВ-кольца демонстрируют характерную анизотропию проводимости и изменчивость скорости проводимости (CV). При всех температурах в АВ-кольце выявляются зоны «прорыва», характеризующиеся наибольшим CV и преимущественным выходом возбуждения на миокард желудочков. Эти зоны прорыва связаны с трабекулированной тканью, примыкающей к гребням межпредсердной перегородки. Зоны прорыва АВ-кольца организуют асимметричный от основания к вершине рисунок возбуждения в желудочке.

Таким образом, поддержание возбудимости АВ-кольца и внутри-АВ-кольцевой проводимости лежит в основе термотолерантности сердца бесхвостых животных. Предположительно, сердечная ткань в зонах прорыва АВ-кольца характеризуется повышенной электрической связью, способствующей АВ-проведению при резких изменениях температуры и предотвращающей АВ-блокаду, способствующей сохранению гемодинамической функции желудочка сердца.