

## ПОВЕРХНОСТНОЕ КАРТИРОВАНИЕ СЕРДЦА С ПОМОЩЬЮ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭКГ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ АРИТМИИ

Пунщикова Е.<sup>1,2</sup>, Кнеппо П.<sup>1</sup>, Максименко В.<sup>2</sup>, Тишлер М.<sup>3</sup>, Сычик М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Чешский технический университет в Праге (Чехия, г. Прага)

<sup>2</sup> Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
(Украина, г. Киев)

<sup>3</sup> Институт метрологии Словацкой Академии наук (Словакия, г. Братислава)

Одной из важнейших проблем лечения сердечной аритмии является определение дефектов системы проводимости сердца и зон миокарда с измененной реполяризацией. Поверхностное картирование сердца с помощью многоканальной системы ЭКГ является новым методом неинвазивной диагностики нарушений сердечного ритма.

**Ключевые слова:** *поверхностное картирование, локализация аритмии, многоканальная система ЭКГ, неинвазивная диагностика.*

Процент смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 2009 году составлял 50% в Чехии и 65% в Украине. Эти цифры указывают на острую необходимость снижения сердечно-сосудистых заболеваний с помощью новых методов диагностики и лечения. Качественная запись ЭКГ является необходимым условием для современных методов диагностики различных сердечно-сосудистых заболеваний. Диагностическая информация, полученная с помощью системы поверхностного картирования, является более детальной по сравнению со стандартной системой ЭКГ в 12 отведениях или ВКГ Франка. Для качественного измерения необходимых сигналов ЭКГ была разработана специальная система многоканального электрокардиографа (ProCardio-8) [1].

**Цель.** Применение метода поверхностного картирования для определения локализации источника аритмии может расширить понимание электрофизиологических процессов в сердце при различных клинических ситуациях. Неинвазивность процедуры и отсутствие рентгеновского контроля во время ее выполнения может обеспечить высокую диагностическую информативность в сочетании с возможностью многократного повторения и необременительностью для пациента.

**Материал и методы исследования.** Система неинвазивного картирования сердца является передовым методом диагностики различных сердечно-сосудистых заболеваний. Метод заключается в записи поверхностных потенциалов тела с использованием многоканального массива электродов. Помимо высококачественных записей ЭКГ, правильного и точного расположения электродов, этот метод требует также наличие соответствующей геометрической функциональной модели пациента, которая извлекается из срезов индивидуальной КТ и МРТ. Это дает возможность более точной диагностики заболеваний сердца, таких как ишемия, WPW, желудочковая эктопия и другие аритмии [2].

Для того чтобы получить высококачественные записи многоканальной ЭКГ была разработана специальная система поверхностного картирования сердца ProCardio-8. Эта система состоит из набора активных электродов, системы сбора данных и персонального компьютера.

Система сбора данных размещается в коробке терминала пациента и подключается к USB порту главного персонального компьютера. Ее малые геометрические размеры (14 × 19 × 20 см) позволяют минимизировать емкостную связь с внешней средой. Система сбора данных настроена на запись ЭКГ сигналов одновременно от 64 отведений и имеет возможность расширения до 256 [3]. Система сбора данных является модульной и построена из нескольких измерительных плат, которые подключаются к материнской плате. Одна из плат является референтной и оснащена дополнительной схемой для общего электрода и электрода правой ноги. Она также используется для записи сигналов отведений от конечностей R, L и F. Потенциал центрального терминала Вильсона (ЦТВ), который вычисляется как среднее значение от электродов конечностей и, в общем, используется как референтный для всех униполярных отведений, генерируется от отведений конечностей с помощью набора сопротивлений. Этот способ обеспечивает ускорение расчета униполярных отведений в реальном времени. Модуль сбора данных системы, оборудованный микропроцессорным управлением и питанием от батареи, подключается через оптический кабель-удлиннитель к порту USB персонального компьютера с Microsoft Windows® и программным обеспечением для снятия и анализа данных [4].

**Результаты.** Для определения локализации сердечной патологии выполняется совмещение записей поверхностных потенциалов и модели объемного проводника, что представляет собой решение обратной задачи электрокардиографии, результатом которой являются изопотенциальные карты, содержащие информацию об активности миокарда. В данном исследовании было проанализировано две различные патологии: нарушение сердечного ритма (синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта (WPW) с одним путем проведения) и ишемическое поражение миокарда (при поражении ишемической болезнью сердца одного сосуда). Для нахождения локальных ишемических изменений в миокарде неинвазивным методом, в основе которого лежит дипольная модель электрического генератора сердца, были использованы реалистичная модель геометрии груди и электрические свойства неоднородного человеческого торса [4, 5]. После снятия потенциалов поверхности тела в нескольких грудных отведениях для группы больных, перенесших инфаркт миокарда, используя систему поверхностного картирования ProCardio-8, были созданы поверхностные интегральные карты QRST комплекса. Для того чтобы вычислить эквивалентный токовый диполь, представляющий область миокарда с измененной реполяризацией, были использованы неоднородная модель торса с легкими, реалистичная и аналитическая модели сердца. Интегральные карты были построены до и после чрескожного вмешательства на основе измеренных мультиканальных поверхностных ЭКГ. Анализ дифференциальных интегральных карт показал, что поверхностное картирование и интерпретация дифференциальных интегральных карт QRST комплекса на основе модели могут быть полезным инструментом для нахождения локализации ишемических поражений сердца [4].

Информация о структуре туловища значительно повышает качество и точность диагностики для неинвазивного определения электрических нарушений сердечной ткани. Такую информацию получают с помощью МРТ, КТ или УЗИ систем [4]. Именно поэтому для идентификации дополнительного пути проведения для пациента с синдромом WPW были использованы КТ срезы для вычисления формы грудной клетки с легкими и формы полостей желудочков. Локализация дополнительного пути проведения была определена с погрешностью до 0,8 см [5].

**Выводы.** Анализ базовой электрофизиологии сердца, механизмов возникновения аритмий и особенностей генеза ЭКГ показал, что совмещение данных картирования поверхностных потенциалов тела с геометрической функциональной моделью торса пациента является идеальным инструментом для обнаружения локализации аритмогенных субстратов с целью точной диагностики и лечения аритмий.

Обоснование физических и математических аспектов метода было положено в разработку и дальнейшее совершенствование аппаратного и программного обеспечения ProCardio-8 для измерения с высоким разрешением ЭКГ сигналов, вычисления и построения карт поверхностных потенциалов. Многоканальная система ЭКГ для поверхностного картирования сердца использует до 256 активных электродов для создания потенциальных карт поверхности тела.

Эффективность системы неинвазивного картирования сердца грудными электродами и ее возможности в определении источника локализации сердечной патологии показана на примере WPW синдрома и ишемии. Дальнейшее совершенствование программного обеспечения будет включать в себя определение локализации очагов желудочковой эктопии. Применение этого нового метода для диагностики аритмий может расширить понимание электрофизиологических процессов сердца в различных клинических ситуациях. Неинвазивность и отсутствие рентгеновского контроля во время выполнения процедуры обеспечит высокую диагностическую информативность в сочетании с возможностью многократного повторения и простотой для пациента.

### **Благодарности**

Эта работа была профинансирована Министерством здравоохранения Чешской Республики (грант IGA № NT/11532-5) и Чешским техническим университетом в Праге (грант SGS № SGS11/143/OHK5/2T/17).

### **Литература**

1. Karas S. Multichannel high-resolution electrocardiograph developed in Matlab / S. Karas, E. Hebláková, V. Rošík, M. Tyšler // Technical Computing Prague. 16th Annual Conference Proceedings. – Praha (Czech Republic), 2008. – P. 55.
2. Tyšler M. Multichannel ECG measurement for noninvasive identification of heart regions with changed repolarisation / M. Tyšler, V. Rošík, P. Kneppo // XVIII IMEKO World Congress. Metrology for a Sustainable Development. – Rio de Janeiro (Brasil), 2006.
3. Rošík V. Portable device for high resolution ECG mapping // V. Rošík, S. Karas, E. Hebláková, M. Tyšler, S. Filipová // Measurement science review. – 2007. – Vol. 7, № 6. – P. 57–61.
4. Tyšler M. Model-based method and instrumentation for noninvasive identification of local ischemic lesions in the heart / M. Tyšler, J. Svehlikova, V. Rošík, S. Karas, E. Hebláková, P. Kneppo, J. Muzik, M. Kania, R. Zaczek and M. Kobylecka // World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. IFMBE Proceedings. – Munich (Germany), 2009. – P.1403–1406.
5. Tyšler M. Use of body surface potencial maps for model-based assessment of local pathological changes in the heart / M. Tyšler, M. Turzová, M. Tinová, J. Švehlková, E. Hebláková, V. Szathmáry, S. Filipová // Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences. – 2005. – Vol. 53, № 3. – P. 207–215.

## ПОВЕРХНЕВЕ КАРТУВАННЯ СЕРЦЯ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКГ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ АРИТМІЇ

Пунщикова О., Кнеппо П., Максименко В., Тішлер М., Сичик М.

Однією з найважливіших проблем лікування серцевої аритмії є визначення дефектів системи провідності серця і зон міокарда зі зміненою реполяризацією. Поверхнєве картування серця за допомогою багатоканальної системи ЕКГ є новим методом неінвазивної діагностики порушень серцевого ритму.

**Ключові слова:** *поверхнєве картування, локалізація аритмії, багатоканальна система ЕКГ, неінвазивна діагностика.*

## SURFACE CARDIAC MAPPING USING MULTICHANNEL ECG FOR ARRHYTHMIA LOCALIZATION DETERMINATION

Punshchykova O., Kneppo P., Maksymenko V., Tysler M., Sychuk M.

Determination of the heart conduction system defects and areas of myocardium with altered repolarization is one of the major problems in cardiac arrhythmia treatment. Cardiac mapping of the heart with multichannel ECG is a new method of noninvasive diagnosis of cardiac arrhythmias.

**Key words:** *surface mapping, localization of arrhythmia, multichannel ECG, noninvasive diagnosis.*