

оценки состояния организма на основе использования корреляционной функции (статистической связи) шумовых высокочастотных сигналов между двумя биологически активными точками человека путем снятия сигналов с электродов, контактирующих с поверхностью кожи пациента.

Ключевые слова: ионный ток, биологически активная точка, шумовой сигнал, корреляционный метод.

К. Л. Shevchenko, O. P. Yanenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

EVALUATION OF THE HUMAN BODY CELL NOISE LEVEL

The article considers the possibility of estimating state of the human body under the influence of external factors. The analysis of methods for assessing state of the human body at the cellular level of noise is offered. It is shown that the main disadvantage of this diagnosis there is a need traumatic removal of the measurement information by implanting electrodes in the soft tissue of the patient. The authors conducted a theoretical study and simulation of the occurrence of ionic currents. It is shown that ion current can be separated from the background thermal current. The possibility of removing the measuring diagnostic information without injury to the patient's skin is substantiated. A method for quantifying the body experimental condition based on the use of the correlation function (statistical link) noise of high frequency signals between two points of biologically active human by removing the signals from the electrodes in contact with the patient's skin surface.

Keywords: ionic current, the biologically active point, the noise signal, correlation method.

*Надійшла до редакції
20 жовтня 2016 року*

*Рецензовано
03 жовтня 2016 року*

© Шевченко К. Л., Яненко О. П., 2016

УДК 536.3:617-7

ОРИГІНАЛЬНА МЕТОДИКА БІПОЛЯРНОЇ ТРАНСКАТЕТЕРНОЇ РАДІОЧАСТОТНОЇ АБЛЯЦІЇ АРИТМОГЕННИХ ДІЛЯНОК СЕРЦЯ

^{1,2)}Сичик М. М., ³⁾Романенко Р. В., ²⁾Кравчук Б. Б., ³⁾Карпенко Ю. І., ^{1,2)}Максименко В. Б.

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна; ²⁾ Державна установа «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна; ³⁾ Комунальна установа «Одеська обласна клінічна лікарня», м. Одеса, Україна

Робота присвячена дослідженню оригінальної методики біполярної транскатетерної радіочастотної абляції (РЧА) джерел патологічного збудження, локалізованих у товщині м'язових масивів серця 15-20 мм, коли необхідна глибина деструкції не може бути досягнута за допомогою монополярного способу РЧА. Розроблено спеціальну «розпайку» пасивного роз'єму РЧ генератора для застосування двох катетерів і активних електродів, розміщених один навпроти одного в серці, для деструкції тканини міокарда між ними. Визначено, що біполярна методика дозволяє збільшити вдвічі глибину деструкції товстої стінки міокарда при незмінній потужності струму, безпечних значеннях температурного впливу і меншій тривалості експозиції, порівняно з монополярним способом. Підтверджена клінічна ефективність впровадженої методики при деструкції додаткового шляху проведення імпульсу в пірамідальному просторі міжпередсердної перетинки, ендо-епікардіальній абляції субстрату шлуночкової тахікардії з вільної стінки лівого шлуночка та для редукції міжшлуночкової перетинки у 26 пацієнтів з 27 (96 %).

Ключові слова: біполярна радіочастотна абляція, потужність, тривалість впливу, температура тканини міокарда.

Розгляд проблеми

Методика транскатетерної радіочастотної абляції (РЧА) джерел патологічного збудження міокарда вже давно вийшла з ланки «експериментальної медицини» і на сьогоднішній день є стандартизованою асоціацією європейської ради аритмологів і америки процедурою у лікуванні тахікардій [1]. Розвиток інструментальних засобів для виконання РЧА відбувався паралельно з технологічним прогресом і ростом розуміння механізмів аритмій.

Проте проблема відновлення провідності через ділянку серця після РЧА широко обговорюється у світовій літературі [2] як важливий напрямок оптимізації вибору параметрів електричного впливу для ефективної деструкції.

Дослідження зосереджені на розробці нових інженерно-технічних рішень методів і інструментів для здійснення РЧА при розташуванні джерел патологічного збудження у глибині м'язових масивів серця. Це актуально для деструкції субстрату шлуночкової тахікардії (ШТ) у хворих з структурними хворобами серця, коли товщина міжшлуночкової перетинки становить 15-20 мм [3], та РЧА додаткових шляхів проведення імпульсу в ділянці пірамідального простору міжпередсердної перетинки. Також увагу дослідників і виробників медичного обладнання привертає епікардіальна електрофізіологія через перикардіальну пункцію, яка є відносно новим підходом до лікування ШТ при неішемічній кардіоміопатії, РЧА яких не може бути досягнута з ендокарда і потребує розробки спеціальних технічних засобів [4].

Постановка задачі

Задачею дослідження стала розробка способу транскатетерної радіочастотної абляції товстих тканин міокарда у пацієнтів зі структурними хворобами серця, що дозволить збільшити глибину деструкції, порівняно з існуючими методами; та може застосовуватися при ендо-епікардіальній РЧА.

Матеріали та методи

В основу розробки покладені принципи монополярної радіочастотної абляції аритмогенної ділянки серця (рис. 1), яка традиційно застосовується при катетерних процедурах під рентгенологічним контролем. При даному способі використовується активний електрод для деструкції, що заводиться через стегнову вену/артерію в серце, підводиться до ділянки міокарда, на яку здійснює радіочастотний вплив. Під спиною пацієнта розміщується пасивна пластина для замикання кола електричного струму [2].

Оскільки площа поверхні пасивного електроду достатньо велика (150-300 см²) і в багато разів більша від площі поверхні робочої частини активного електроду ($\approx 20-80$ мм²), то в місці розташування пластины тепловиділення практично відсутнє. Найбільша густина струму зосереджується в ділянці активного електроду, де і

відбувається точкова абляція тканини міокарда.

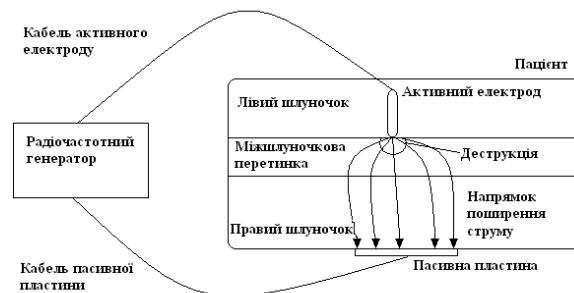


Рис. 1. Монополярна транскатетерна радіочастотна абляція

В попередніх експериментальних дослідженнях на серці тварин [5] та клінічних процедурах монополярної РЧА [6] отримано, що регулювання глибини деструкції в різних ділянках серця здійснюється шляхом вибору типорозміру електроду для абляції, оптимальної потужності струму, тривалості аплікації та визначається параметрами тепловідведення в середовищі взаємодії. Роботи [7], в яких виконувалося моделювання термодинамічних процесів в тканині міокарда від дії електричного струму (програмне середовище Comsol Multiphysics) показали, що при максимальних безпечних параметрах РЧ струму, глибина деструкції досягає 10 мм, що дозволяє створити ефективне руйнування субстрату аритмії.

Проте, в окремих клінічних випадках, таких як гіпертрофічна кардіоміопатія, товщина міжшлуночкової перетинки, передсердно-шлуночкової борозни може становити більше 14 мм, або джерело патологічного імпульсу може мати епікардіальну локалізацію на вільній стінці лівого шлуночка товщиною біля 20 мм. Тоді необхідно досягнути глибини радіочастотної деструкції тканини міокарда близько 15-20 мм [3, 4]. Підвищення потужності РЧ струму і тривалості впливу не вирішить даного питання, оскільки тільки збільшить температуру в ділянці взаємодії до небезпечного рівня та ризику надмірного некрозу і ризику тканини міокарда.

За мету поставлена розробка способу транскатетерної радіочастотної абляції в біполярному режимі (рис. 2), в якому б застосовувалися два активні електроди, розміщені один навпроти одного. Оскільки розміри обох електродів однакові, то при проходженні змінного радіочастотного струму, між ними відбуватиметься повернення його в зворотному напрямку.

Деструкція відбуватиметься біля обох електродів одночасно, оскільки біля них зосереджується однакова щільність струму. Це дозволить збільшити вдвічі безпечну і ефективну глибину радіочастотної абляції в тканині, не підвищуючи тривалість впливу і потужність струму порівняно з монополярним способом.

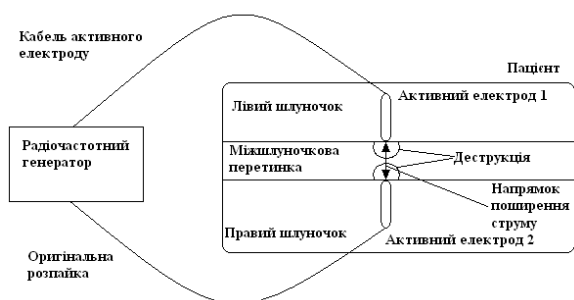


Рис. 2. Біполярна транскатетерна радіочастотна абляція

Для реалізації біполярної РЧА було виконано оригінальну розпайку для РЧ генератора Irvine (St. Jude medical, США), яка зображена на рис. 3 і використовується наступним чином. З індиферентного роз'єму генератора відключається пасивна пластина (рис. 3, а). Замість неї підключається оригінальна розпайка (рис. 3, б). Інший кінець цієї розпайки містить два роз'єми: один – «пін-роз'єм» для підключення до блоку реєстрації внутрішньо-серцевої ендोगрами електрофізіологічної станції; другий – роз'єм для підключення катетерного електроду, який заміняє пасивну пластину (рис. 3, в). Електрод підключається через чотирьохпіновий подовжувач таким чином, щоб дистальний пін під'єднався до роз'єму розпайки для замикання кола електричного струму, а інші три до блоку реєстрації ендोगрами (рис. 3, г).

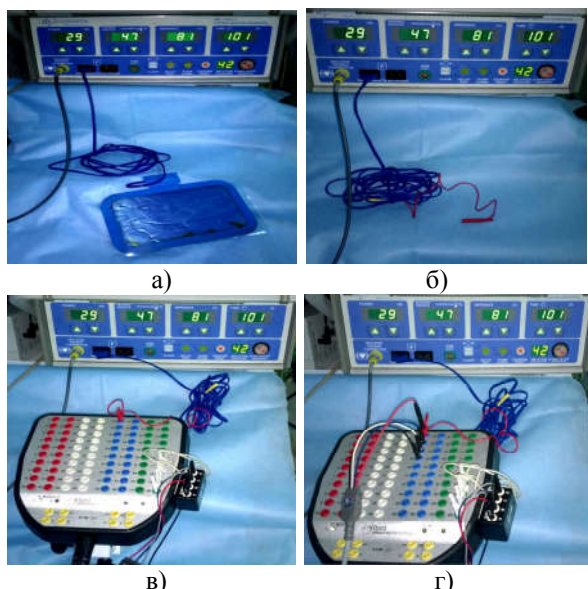


Рис. 3. Розроблена оригінальна розпайка для біполярної транскатетерної радіочастотної абляції згідно запропонованого способу застосування

Було проведено порівняльне експериментальне дослідження радіочастотної абляції монополярної і біполярної методик в лабораторних умовах на серці свині для вивчення морфо-метричних харак-

теристик деструкції, параметрів електричного впливу та гістологічного аналізу механізмів

Результати та обговорення

Експериментальне дослідження показало наступні результати радіочастотної абляції в монополярному (рис. 4, а) та біполярному (рис. 4, б) режимах. При застосуванні абляційного електроду 4 мм, потужності струму 10 Вт, тривалості впливу 20 с і температурі електроду 64 ± 3 °С, було отримано середні глибини деструкції $8,7 \pm 0,4$ мм для монополярної та $17 \pm 0,3$ мм для біполярної РЧА. Спроби отримати більший розмір деструкції в монополярному режимі при вищій потужності і тривалості впливу (10 Вт, 30 с та 15 Вт, 15 с відповідно) зумовлювали розриви поверхні тканини міокарда при температурі 87 ± 4 °С і глибині деструкції $10 \pm 0,2$ мм (рис. 4, в).

Порівнювалися патоморфологічні зміни в міокарді даних зразків від дії електричного струму. При застосуванні монополярного режиму спостерігалася точкова деструкція, локалізована чітко під електродом і поглиблена в товщину міокарда з різним ступенем змін стану цитоплазми кардіоміоцитів (рис. 5, а). При мікроскопії експериментального зразка, що піддавався дії електричного струму в біполярному режимі, спостерігалася повна деструкція тканини міокарда, розташованої між двома електродами (рис. 5, б). Дослідження зразка міокарда з розривом поверхні тканини показало кипіння міжклітинної речовини (рис. 5, в) за рахунок високої температури в ділянці, що в результаті і зумовлювало мікровибухи.

Спосіб використання даної методики здійснюється наступним чином.

Через стегнові вени чи артерії заводяться два абляційні катетери з електродами одного розміру (рис. 6, а) і позиціонуються в необхідних камерах серця по обидві сторони міжшлуночкової або міжпередсердної перетинки (рис. 6, б) один навпроти одного (рис. 6, в) під рентгенологічним контролем.

В режимі реального часу електроди реєструють електричну активність серця (рис. 6, г) для контролю за надійністю дотику електроду до тканини міокарда, точної локалізації субстрату аритмії і оцінки ефективності нанесення деструкції.

Характеристики радіочастотного струму, який подається на електроди, відповідають стандартній методиці монополярної абляції одним електродом. Таким чином при незмінній потужності струму деструкційний ефект подвоюється, при безпечних значеннях температурного впливу і меншій тривалості експозиції.

Методику біполярної радіочастотної абляції було апробовано в клінічній практиці Державної установи «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М. М. Амосова НАМ України» та Комунальній установі «Одеська обласна клінічна лікарня» при радіочастотній деструкції

додаткового шляху проведення імпульсу в пірамідальному просторі міжпередсердної перетинки, ендо-епікардіальній абляції субстрату шлуночкової тахікардії з вільної стінки лівого шлуночка та

для редукції міжшлуночкової перетинки у 26 пацієнтів з 27 (96 %), що підтверджувалося відновленням синусового ритму в операційній.

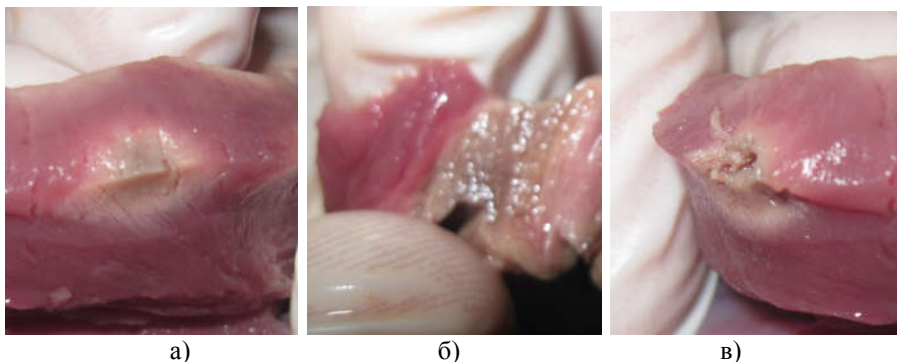


Рис. 4. Експериментальні зразки деструкції міокарда свині в перерізі: при безпечних параметрах РЧ впливу в монополярному (а), біполярному режимах (б); при критичних параметрах – в монополярному способі РЧА

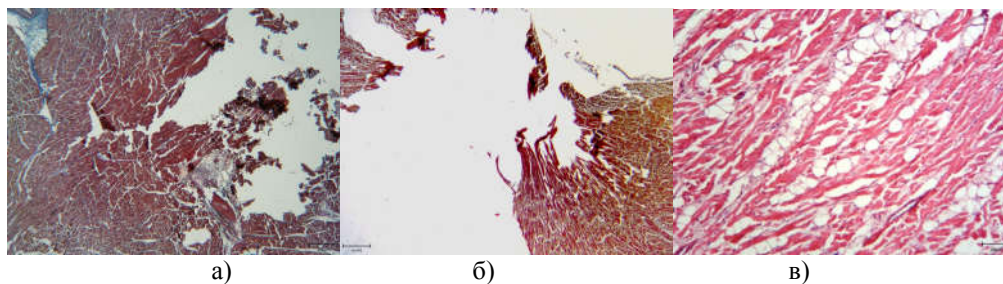


Рис. 5. Препарат міокарда в зоні деструкції електричним струмом: а) в монополярному, б) біполярному режимах, в) при критичних параметрах електричного впливу в монополярному способі РЧА. Збільшення: x20

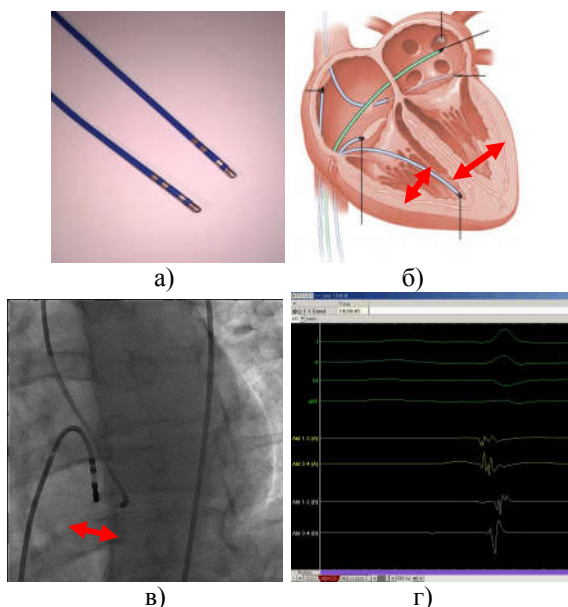


Рис. 6. Спосіб застосування біполярної радіочастотної абляції (клінічна апробація в ДУ «НІССХ ім. М.М. Амосова НАМН України

могених зон серця із застосуванням двох активних електродів, що дозволяє збільшити вдвічі глибину деструкції товстої стінки міокарда при незмінній потужності струму, безпечних значеннях температурного впливу і меншій тривалості експозиції.

2. Біполярна РЧА рекомендується до використання при товщині міжшлуночкової перетинки, передсердно-шлуночкової борозни більше 14 мм, або при епікардіальній локалізації джерела патологічного імпульсу для виконання ендо-епікардіальної абляції, коли необхідна глибина деструкції не може бути досягнута за допомогою монополярного способу РЧА.

3. Клінічна ефективність впровадженої методики при деструкції додаткового шляху проведення імпульсу в пірамідальному просторі міжпередсердної перетинки, ендо-епікардіальній абляції субстрату шлуночкової тахікардії з вільної стінки лівого шлуночка та для редукції міжшлуночкової перетинки підтверджена повним усуненням тахікардії і відновленням синусового ритму в операційній у 26 пацієнтів з 27 (96 %).

Висновки

1. Розроблена оригінальна методика біполярної транскатетерної радіочастотної абляції арит-

Література

1. Andrade J. G. The Past, the Present, and the Future of Cardiac Arrhythmia Ablation / J. G. Andrade, L.

Rivard, L. Macle // *Canadian Journal of Cardiology*. – 2014. – Vol. 30, Issue 12. – P. 431 – 441.

2. Hocini M. Predictability of lesion durability for AF ablation using phased radiofrequency: Power, temperature, and duration impact creation of transmural lesions. / M. Hocini, C. Condie, M.T. Stewart, N. Kirchhof, J.D. Foell // *Heart Rhythm* – 2016. – Vol. 13, Issue 7. – P. 1521 – 1526.

3. Havranek S. Arrhythmogenic substrate at the interventricular septum as a target site for radiofrequency catheter ablation of recurrent ventricular tachycardia in left dominant arrhythmogenic cardiomyopathy. / S. Havranek, T. Palecek, T. Kovarnik, I. Vitkova, M. Psenicka, A. Linhart, D. Wichterle // *BMC Cardiovascular Disorders*. – 2015. – Vol. 15, Issue 18. – P. 1 – 6.

4. Izquierdo M. Endo-Epicardial versus Only-Endocardial Ablation as a First Line Strategy for the Treatment of Ventricular Tachycardia in Patients with Ischemic Heart Disease / M. Izquierdo, J.M. Sanchez-Gomez, A.F. de Loma-Osorio, A. Martínez, A. Bellver, A. Pelaez, J. Núñez, C. Nuñez, F.J. Chorro, R. Ruiz-Granell // *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology* – 2015. – Vol. 8. – P. 882 – 889.

5. Sychyk M. M. Dependence of destruction from the characteristics of radiofrequency impact and length of the electrode / M. M. Sychyk, V. B. Maksymenko, E. O. Perepeka, B. B. Kravchuk, B. V. Batsak // 2015 IEEE 35th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – April 21-24, 2015, Kyiv, Ukraine. – P. 314 – 316.

6. Кнышов Г. В. Анализ и оценка термодинамических свойств миокарда сердца как инновационный подход к выбору параметров катетерной радиочастотной абляции / Г. В. Кнышов, М. М. Сычик, В. Б. Максименко, Б. Б. Кравчук // *Инновационные технологии в медицине*. – 2013. – Выпуск 1 (01). – С. 24 – 28.

7. Сичик М. М. Моделювання електричного та термодинамічного впливу радіочастотної абляції на міокард в програмі Comsol Multiphysics 4.3a. / М. М. Сичик, В. Б. Максименко, Ю. П. Стасюк, Є. Г. Сорочан, М. В. Савкіна // *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – 2015. – Випуск 5/2015 (94). – С. 72 – 78.

УДК 536.3:617-7

^{1,2)}М. М. Сычик, ³⁾Р. В. Романенко, ²⁾Б. Б. Кравчук, ³⁾Ю. И. Карпенко,

^{1,2)}В. Б. Максименко

¹⁾ *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського», г. Київ, Україна;* ²⁾ *Государственное учреждение «Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии им. Н. М. Амосова НАМН Украины», г. Киев, Украина;* ³⁾ *Коммунальное учреждение «Одесская областная клиническая больница», г. Одесса, Украина*

ОРИГИНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА БИПОЛЯРНОЙ ТРАНСКАТЕТЕРНОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛЯЦИИ АРИТМОГЕННЫХ УЧАСТКОВ СЕРДЦА

Работа посвящена исследованию оригинальной методики биполярной транскатетерной радиочастотной абляции (РЧА) источников патологического возбуждения, локализованных в толщине мышечных массивов сердца 15-20 мм, когда необходимая глубина деструкции не может быть достигнута с помощью монополярного способа РЧА. Разработана специальная «распайка» пассивного разъема РЧ генератора для применения двух катетеров и активных электродов, размещенных друг напротив друга в сердце, для деструкции ткани миокарда между ними. Определено, что биполярная методика позволяет увеличить вдвое глубину деструкции толстой стенки миокарда при неизменной мощности тока, безопасных значениях температурного воздействия и меньшей продолжительности экспозиции по сравнению с монополярным способом. Подтверждена клиническая эффективность внедренной методики при деструкции дополнительного пути проведения импульса в пирамидальном пространстве межпредсердной перегородки, эндо-эпикардальной абляции субстрата желудочковой тахикардии со свободной стенки левого желудочка и для редукции межжелудочковой перегородки у 26 пациентов из 27 (96%).

Ключевые слова: биполярная радиочастотная абляция, мощность, длительность воздействия, температура ткани миокарда.

^{1,2)}M. Sychyk, ³⁾R. Romanenko, ²⁾B. Kravchuk, ³⁾Y. Karpenko, ^{1,2)}V. Maksymenko

¹⁾ *National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine;* ²⁾ *State Institution «M. M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery Ukraine NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine;* ³⁾ *Public Institution «Odessa regional hospital», Kyiv, Ukraine*

ORIGINAL TECHNIQUE OF BIPOLAR TRANSCATHETER RADIOFREQUENCY ABLATION OF ARRHYTHMOGENIC HEART AREA

This work is devoted to the study of original methodology of the bipolar transcatheter radiofrequency ablation (RFA) of the pathological excitation sources, which are localized in the heart muscle areas with thickness 15-20 mm, when the necessary depth of destruction can not be achieved by way of a monopolar RFA. A special "pinout" for passive connector of RF generator was developed in order to use two catheters and active electrodes, which are placed opposite each other in the heart, for the destruction of myocardial tissue between them. It was determined that bipolar technique allows to double the destruction depth of the thick wall of the myocardium at a constant current power, safe values of the temperature effects and shorter duration of exposure compared with the unipolar method. Clinical efficacy of the implemented methodology for accessory pathway destruction in a pyramidal space of atrial septum, endo-epicardial ablation of ventricular tachycardia substrate in left ventricular free wall, and for the interventricular septum reduction were confirmed in 26 patients out of 27 (96%).

Keywords: bipolar radiofrequency ablation, power, duration of exposure, myocardial tissue temperature.

*Надійшла до редакції
26 вересня 2016 року*

*Рецензовано
10 жовтня 2016 року*

© Сичик М. М., Романенко Р. В., Кравчук Б. Б., Карпенко Ю. І., Максименко В. Б., 2016

УДК 621: 616.858-008.6-079.4

ANALYTICAL MODELS OF THE INITIAL SIGNS OF PARKINSON'S DISEASE

Skytsiouk V. I., Klotchko T. R., Kovalenko J. A.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Kyiv, Ukraine*

E-mail: klotchko@psf.ntu-kpi.kiev.ua

The work contains the results of research on creating theoretical foundations of modern condition monitoring biotechnological facilities, including those medicines that allow initial prediction of disease dynamics vibration characteristics, which can be used to create new methods and tools in medical diagnostic systems. In the offered article covers the basics of formation imaginary area, tangent to the real surface. Currently it is the continuation of the theme to the accuracy of motion biological and technical objects [1, 2].

A formalized analytical models of definition and registration violations vibration characteristics of the system biotechnical object (BTO) of its configuration, which reflect the dynamics of normal mobility object and possible violations of the kinematics of the object are offered. They models are provide analysis of objects that correspond to its current state on the basis of multi information signals from the integrated TONTOR sensors [3, 4]. Received formal models provide features determining vibration characteristics limbs and a decision at their further development. The basis of the model are TONTOR technology thesis on the kinematics motion BTO dynamics of the spatial and temporal characteristics of BTO Pandan zone existence.

Theoretical foundations of registered primary vibration characteristics violations of the physiological BTO condition can be the basis of theoretical foundations of modern information technology research, diagnosis and treatment of the patient, and sensors for monitoring spatial and temporal parameters of BTO limb movements.

Keywords: *Parkinson's disease, parkinsonism, dimensions of the touch volume, imaginary area, real surface, tangent surface.*

Introduction

The movement of objects in space requires some coordination and guidance in order to obtain the final result, but any movement requires a number of coordinate systems are oriented of relative to the

entire system's movement. In nature biological objects produce and use these coordinates that are convenient in terms of its existence. For technical objects, this problem is somewhat different, that the principles of the movement are set with special programs. In both