

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ, ЗАСНОВАНИХ НА ВИВЧЕННІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ШЛУНКОВО-КИШКОВОГО ТРАКТУ

В даній роботі розглянуті основні групи методів та апаратури неінвазивних досліджень електричної активності шлунково-кишкового тракту. На основі проведених досліджень обґрунтовані параметри апаратури електроентерографії та вдосконалені характеристики апаратури електрогастрографії.

Ключові слова: електроентерографія, електрогастрографія, моторика.

В данной статье рассмотрены основные группы методов и аппаратуры неинвазивных исследований электрической активности желудочно-кишечного тракта. На основе проведенных исследований обоснованы параметры аппаратуры электроэнтерографии и усовершенствованы характеристики аппаратуры электрогастрографии.

Ключевые слова: электроэнтерография, электрогастрография, моторика.

This article discusses the basic methods and technique for noninvasive gastrointestinal electrical activity studies. The said explorations have also let one rationalize parameters for the equipment to be used in the above-mentioned method.

Keywords: motor activity, electroenterogram, electrogastrogram.

Дослідження останніх років виявляють чітку тенденцію до зростання захворюваності органів травлення. Шлунково-кишковий тракт (ШКТ) - це одна з найбільш складних поліфункціональних систем. Однією з основних функцій шлунково-кишкового тракту є евакуація переробленої їжі по кишечнику. Завдяки цьому відбувається механічна обробка їжі, змішування її з травними соками, ферментативна обробка, всмоктування поживних речовин. Порушення скорочувальної здатності шлунка і кишечнику, або розлади її координації, лежать в основі або є наслідком багатьох патологічних процесів, часто визначаючи тяжкість стану хворого і результат лікування захворювання. У зв'язку з цим, зміни моторно-евакуаторної функції (МЕФ) ШКТ доводиться враховувати як в процесі підбору консервативної терапії, прогнозування перебігу основного захворювання, так і при виборі методу операції, оптимальної для даного суб'єкта. Сучасні методи діагностики порушення моторноевакуаційної функції шлунково-кишкового тракту, а саме – рентгенологічні, ендоскопічні, ультразвукові та ін., не надають необхідних даних топічної та фізіологічної оцінки для функціонального стану конкретного органу. Сьогодні у медичній практиці після оперативних втручань в органи шлунково-кишкового тракту (ОШКТ) швидкість відновлення моторики контролюється за допомогою рентгенографічних та сцинтиграфічних методів діагностики. Однак наочність і можливість кількісної оцінки моторики цих методів супроводжується ризиком накопичування дози рентгенівського випромінювання у пацієнта та медперсоналу, що накладає обмеження на контингент, який обстежують та на частоту проведення діагностичних процедур, які самі по собі, у зв'язку із частим введенням контрастної речовини, травмують прооперований орган, погіршують стан хворого. Тому перспективними являються напрямки розробки методів та апаратури моніторингу моторики ОШКТ, що виключають цей ризик. Вивчення електрофізіології шлунково-кишкового тракту проводяться з початку минулого століття, однак дотепер відсутні відпрацьовані технічні рішення й уніфіковані методики реєстрації і аналізу біоелектричної активності органів ШКТ. В електрогастрографії, на відміну від електрокардіографії, неоднозначно трактується зв'язок між електричною активністю органу та його скороченнями, що зумовлюється мінливою конфігурацією та амплітудою електрогастрограм, залежністю від функціонального стану ШКТ, способу реєстрації, конструкції електродів, їх фіксації, орієнтації щодо проекції органу, що досліджується, та інше. Незважаючи на схожість електричних сигналів, різні органи мають істотні відмінності у формі, спектральному складі, місці реєстрації, що визначає особливість електрографічних досліджень. Крім того, існуючі апаратні комплекси для діагностики й реєстрації активності ШКТ, у більшості випадків, є недоступними для лікувальних установ України, характеризуються високою вартістю й низьким рівнем універсальності в застосуванні [1].

Досягнення електрофізіології призвели до революції в багатьох областях медицини. Створені на її основі прилади дали можливість кардинально змінити уявлення про роботу різноманітних органів та систем, що призвело до відкриття нових лікувальних та профілактичних методів впливу на людський організм. В той же час вивчення електричних явищ в ШКТ та прикладне значення теоретичних досягнень в значному ступені є недостатнім. Пояснюється це тим, що ШКТ представляє

собою складний комплекс органів, які складаються з ряду відділів, в яких переплетені структурні елементи різної функціональної приналежності, різноманітної будови та біологічного значення. Всі ці структурні елементи є джерелами генерації певних електричних потенціалів, інтерпретація яких на протязі тривалого часу була суперечливою через особливості методичного порядку та різних способів відведення електричних потенціалів. Ще в 50-х роках минулого століття фізіологи для з'ясування моторної функції гладеньком'язової клітини застосовували методи дослідження її електричної активності. Для цього використовували як внутрішньоклітинні, так і позаклітинні способи відведення сигналу. Проведені роботи виявили, що в стані спокою гладеньком'язові клітини мають градієнт концентрації іонів, що проникають через клітинну мембрану. Це визначає наявність, так званого, мембранного потенціалу спокою. Періодичні зміни мембранного потенціалу отримали назву повільних хвиль (ПХ) або базисний електричний ритм.

В експериментах *in vivo* та *in vitro* було зазначено, що ці зміни відбуваються автономно, вони не пов'язані з впливом нервової системи, гуморальних регуляторів, не пригнічуються при дії фармакологічних агентів. Періодичні зміни мембранного потенціалу гладеньком'язової клітини можна розглядати як наслідок коливань внутрішньоклітинних процесів метаболізму і проникності мембрани гладеньком'язових клітин. При виникненні скорочення гладеньком'язових тканини на плато ПХ реєструвалися групи швидких електричних осциляцій, які отримали назву потенціалів дії (ПД). Була виявлена висока кореляція між рівнем скорочувальної активності та кількістю ПД, їх амплітудою, частотою проходження. Більш потужні скорочення супроводжувалися утворенням груп ПД з високою амплітудою і, відповідно, навпаки, чим слабкіше було скорочення, тим менше було потенціалів дії і нижче їх амплітуда.

В результаті проведених робіт, до середини 70-х років було розроблено дві групи електрофізіологічних методів дослідження МЕФ ШКТ [3]. Першу групу склали методи запису біопотенціалів безпосередньо зі стінки шлунка або кишківника за допомогою імплантованих при операції (пряма міографія, імпедансографія) або присмоктуючих електродів на спеціальних зондах, що вводяться в шлунок, тонку або товсту кишку. Основними недоліками цих методів є інвазивність і обмеженість застосування у неоперованих хворих, неможливість оцінки біоелектричної активності всього шлунково-кишкового тракту, оскільки реєстровані дані характеризують лише стан ділянки кишки, локалізованої безпосередньо під електродом, складність розшифрування одержуваних сигналів. Враховуючи вищесказане, паралельно з розробкою перерахованих вище методів, був розроблений метод реєстрації електричних сигналів ШКТ з поверхні передньої черевної стінки. Оскільки в електрогастрографії неоднозначно трактується зв'язок між електричною активністю органа та його скороченнями, що зумовлюється мінливою конфігурацією та амплітудою електрогастрограм, залежністю від функціонального стану ШКТ, способу реєстрації, конструкції електродів, їх фіксації, орієнтації щодо проекції досліджуваного органу, в зв'язку з цим виникла необхідність постійного покращення існуючих методів діагностики, а також створення та розробки нових, раніше не використовуваних методів, які дозволять виявити захворювання на початкових стадіях, оцінити ступінь ураження органів, контролювати результати терапії, яка проводиться. Підсумком численних експериментальних та клінічних досліджень було створення неінвазивного методу реєстрації моторної активності практично всіх відділів шлунково-кишкового тракту з поверхні передньої черевної стінки (електрогастроентеро-і колографія).

Електрогастроентерографія неінвазивна, не має протипоказів і добре переноситься хворими. Це дозволяє обстежувати навіть важких пацієнтів, причому як до операції, так і з перших годин післяопераційного періоду. Враховуючи простоту та доступність методики, можливо проводити багаточисельні повторні дослідження для оцінки динаміки показників в процесі лікування. Дані, отримані при електрогастроентерографії не суперечать і досить часто випереджують результати рентгенологічного та ендоскопічного дослідження, що свідчить про більш високу чутливість методу для діагностики моторних порушень.

Як функціональні, так й органічні захворювання шлунково-кишкового тракту супроводжуються порушеннями його моторно-евакуаторної функції. Умовно методи дослідження моторно-евакуаторної функції (МЕФ) можна розділити на дві групи: методи, що дозволяють безпосередньо реєструвати скоротливу активність шлунково-кишкового тракту та методи оцінки моторної функції органів на основі даних, що характеризують їх електричну активність.

До першої групи належать методи, засновані на безпосередньому вимірі внутрішньопросвітного тиску ШКТ за допомогою балонів, мікродатчиків, радіокапсули, катетерів. Їх особливістю є введення чужорідного тіла безпосередньо в просвіт органа, що призводить до подразнення механорецепторів слизової і змінює його моторну активність.

До другої групи належать електрофізіологічні методи, засновані на вивченні електричної активності шлунково-кишкового тракту. Вони базуються на наявності тісних взаємозв'язків між

електричної та скорочувальної діяльністю шлунково-кишкового тракту. Ці методи включають в себе як безпосередню реєстрацію біопотенціалів гладком'язових стінок органів з фіксованих на них електродів - пряма електрогастроентерографія, так і їх реєстрацію з нашкірних електродів - периферична електрогастроентерографія.

Існуючі варіанти вирішення проблеми неінвазивної діагностики органів ШКТ не відповідають, повною мірою, вимогам практичної медицини. Це пояснюється специфічною електричною активністю різних органів ШКТ, які впливають на тонкі процеси регуляції й координації в травному тракті. Тому за пануючою точкою зору, електрична активність органів є важливим діагностичним і дослідницьким інструментом. Незважаючи на схожість електричних сигналів, різні органи мають істотні відмінності у формі, спектральному складі, місці реєстрації, що визначає особливість електрографічних досліджень.

У світовій практиці застосовуються, в основному, два способи дослідження електричної активності органів шлунково-кишкового тракту:

1) електрогастроентерографія (ЕГЕГ) - досліджується одночасно електрична активність і шлунку і кишечника. Метод реалізований у вигляді двох режимів - добової ЕГЕГ (вимірювальні електроди розташовані на поверхні передньої черевної стінки) і стандартної 40-хвилинної периферичної ЕГЕГ (електроди розташовані на кінцівках). Можливо також проведення дослідження довільної тривалості.

2) електрогастрографія (ЕГГ) - досліджується електрична активність тільки шлунку. В основі методу лежить дослідження сигналу з поверхні передньої черевної стінки і виявлення домінуючої частоти електричної активності шлунку [4].

Сучасні прилади, які використовують для діагностики та дослідження забезпечують прийом та реєстрацію сигналу з нашкірних електродів на протязі від 1 години до 24 годин, а також зберігання, обробку та документальне представлення отримуваної інформації. Встановлені фільтри приладу дозволяють одночасно оцінювати електричну активність шлунка, дванадцятипалої, тонкої, клубової та товстої кишки, в частотному діапазоні 0,01-0,25 Гц.

На сучасному етапі для дослідження функцій ШКТ: внутрішньошлункової рН-метрії, добової рН-метрії, езофаго-рН-моніторинга, гастрокардіографії, внутрішньопорожнинної манометрії, електрогастроентерографії найбільшого застосування набула група комп'ютерних приладів «Гастроскан» [2].

«Гастроскан-5М» – комп'ютерний прилад, призначений для виміру кислотності в 5 точках травного тракту, а також для проведення діагностичних тестів, що оцінюють функціональний стан верхніх відділів ШКТ.

«Гастроскан-24» – комп'ютерний прилад, призначений для проведення тривалої (більше трьох годин) рН-метрії. Найбільше застосовується для проведення 24-х годинної або добової рН-метрії. Реєструючий блок приладу пацієнт носить на ремені. До нього приєднаний трьохелектродний рН-зонд, введений в травний тракт людини. Щоб рН-зонд не заважав людині їсти, пити та спати його вводять трансназально. Моніторинг кислотності проводиться в трьох, заздалегідь вибраних лікарем, точках травного тракту.

«Гастроскан-Д» – комп'ютерний прилад, призначений для виміру тиску в травному тракті за допомогою 8-канального водно-перфузійного катетера. Застосовується для манометрії стравоходу, аноректальної манометрії, антродуоденальної манометрії, манометрії сфінктера Одді.

«Гастроскан-ЕКГ» – комп'ютерний прилад, призначений для одночасного тривалого моніторингу кислотності і електрокардіограми.

«Гастроскан-ГЕМ» – комп'ютерний прилад, призначений для одночасного тривалого дослідження електричної активності, а відповідно, й рухової активності шлунку, дванадцятипалої, тонкої, клубової та товстої кишок і кислотності. Гастромонітор-Гастроскан-ГЕМ призначений для периферичної неінвазивної діагностики МЕФ ШКТ та проведення добової рН-метрії одночасно трьох верхніх відділах ШКТ. Дослідження МЕФ проводиться для п'яти відділів: шлунка, дванадцятипалої, тонкої, клубової та товстої кишок шляхом реєстрації електричних сигналів від цих органів з трьох нашкірних AgCl неполяризованих електродів, які накладають на знежирені та покриті електродною пастою, кінцівки пацієнта [6]. Результати вимірювань безперервно запам'ятовуються в пам'яті реєструючого блоку. По закінченні дослідження результати передаються в персональний комп'ютер і запам'ятовуються в базі даних. Програмне забезпечення дозволяє переглянути на екрані монітору ПК безпосередньо рН-грами та електрогастроентерографічний сигнал та провести їх аналіз по заданих параметрах, протоколювати аналіз результатів, коментувати дослідження, роздруковувати результати. Прилад може працювати в різних режимах, які відрізняються характером та часом дослідження. На основі аналізу спектрально-часових характеристик сигналів з нашкірних електродів прилад дозволяє отримати інформацію про МЕФ різних відділів ШКТ, діагностувати патологічні

стани, які протікають з порушеннями скоротливої активності органів травлення, виявляти взаємозв'язок порушень різних відділів ШКТ та ін.

Сучасна електрофізіологічна апаратура для гастроентерологічних досліджень не може виділити із загальної біоелектричної активності організму сигнал одного відділу шлунково-кишкового тракту, який вивчається. Очевидно, що в інтегральних клініко-фізіологічних методах проблема виділення сигналів конкретного органу шлунково-кишкового тракту може бути вирішена за допомогою нового технічного устаткування, що стало можливим завдяки появі винаходу приладу, названого селективним електрогастроентерографом та набору стимуляторів, з допомогою яких стало можливим коригування порушень моторно-евакуаторної функції одночасно всіх відділів шлунково-кишкового тракту та окремо взятих органів (шлунок, дванадцятипала кишка, тонка кишка, товста кишка).

Селективний електрогастроентерограф (СЕГГ) дозволяє оцінити моторну діяльність по параметрах біоелектричної активності окремих органів шлунково-кишкового тракту, причому одночасно з гастроентерографією можливе проведення колонографії. Із загального інформаційного потоку біопотенціалів органів черевної порожнини прилад проводить селекцію тільки тих біопотенціалів, які характеризують рухову активність шлунка, дванадцятипалої, тонкої кишки, товстої кишки та роздільно реєструє їх графічне зображення.

Як відомо, у здорової людини частота основної реакції шлунка складає 0,05 Гц, в дванадцятипалій кишці ця частота рівна 0,2 Гц, в тонкій кишці – 0,15 Гц та в товстій кишці – 0,1 Гц. Таким чином, присутні різні канали біоелектричної активності органів та їх одночасна реєстрація значно розширює можливості нового методу діагностики.

За допомогою електростимулятора стає можливим цілеспрямовано впливати на моторику окремих органів шлунково-кишкового тракту або шляхом стимуляції зниженої біоелектричної активності, або шляхом погашення підвищеної та хаотичної амплітуди біопотенціалів з наступним відновленням нормальної амплітуди та ритму.

Щоб виключити вплив паразитних ланцюгів, які неминуче виникають при підключенні до хворого різних приладів з живленням від промислової мережі, із самого початку приходиться відмовлятися від стандартних стимуляторів з мережним живленням. Рекомендується використання нової моделі малогабаритного апарату з живленням від батареї або акумуляторів, частоту коливання на виходах яких можливо плавно або дискретно змінювати в межах від 0,01 до 0,06 Гц.

Таким чином, за допомогою такого приладу можливо резонансними способами в будь-якому порядку впливати на всі основні органи системи травлення. Основними інформаційними показниками отриманих даних стануть амплітуда, ритмічність та форма біопотенціалів, які реєструються графічно та оцінюються візуально.

Існують різні типи стимуляторів, які за параметрами електричного впливу найбільш фізіологічні частоті та амплітуді власних коливань органів ШКТ. Резонансна взаємодія, яка отримується між електричним струмом та біопотенціалами органу, який зазнає збудження, допускає як збудження, так і усунення аномально підвищеної біоелектричної активності, що дозволяє цілеспрямовано керувати функцією гладеньких м'язів шлунково-кишкового тракту.

Поява методики селективної електрогастроентерографії дозволяє оцінити моторну діяльність шлунково-кишкового тракту, однак отримана графічна інформація важка для інтерпретації клініцистами і ускладнює порівняльну оцінку при співставленні отриманих результатів. Тому намагання максимально підвищити візуалізацію даних об'єкта гастроентероколонографії шляхом перетворення графічної інформації в цифрову розширює діагностичні межі методу. З вище сказаного слідує, що при поєднаному застосуванні селективної електрогастроентероколонографії, низько амплітудної електростимуляції, аналого-цифрового перетворювача та портативного комп'ютера в діагностиці та лікуванні парезів кишківника в операційному та післяопераційному періоді в хворих з гострою хірургічною патологією можливо досягнути обнадійливих результатів.

Вирішуються наступні задачі:

- створення та впровадження програмного комп'ютерного забезпечення методики селективної електрогастроентероколонографії, трансформуючи дану методику з якісної в кількісну;
- отримання графічного зображення гастроентероколограм та цифрового значення основних показників;
- проведення цифрового селективного електрогастроентероколонографічного моніторингу функціональних порушень ШКТ в операційному та післяопераційному періодах в хворих з гострою хірургічною патологією;
- оцінка важкості ендогенної інтоксикації в залежності від ступеня парезу ШКТ в операційному та післяопераційному періодах в хворих гострою хірургічною патологією;

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

- проведення порівняльного аналізу методів об'єктивізації функціонального стану ШКТ в хворих з гострою хірургічною патологією по даних цифрової електрогастроентероколонографії. Крім того, за допомогою нового неінвазивного методу експрес діагностики можливо проводити, на відміну від раніше застосовуваних методик, безпосередньо біля ліжка хворого з гострою хірургічною патологією, об'єктивно оцінити функціональний стан різних відділів ШКТ. Також, стало можливим успішно контролювати процес терапії, яка проводиться в операційний та післяопераційний періодах в хворих цієї категорії. Методика досліджень підходить для таких захворювань, як гострий апендицит (деструктивні форми), гострий панкреатит (жировий, геморагічний, гнійно-некротичний, змішаний), гостра тонкокишкова непрохідність, розлитий перитоніт та ін.

1. Белоусова О.Ю., Зимницкая Т.В., Крук О.Я. Компьютерная электромиография в детской гастроэнтерологии // Актуальные проблемы медицины и биологии. - 2004. - №1, -С.146-149.

2. Карасиков Н.В., Михеев А.Г., Мишулин Л.Е., Ракитин Б.В., Трифонов М.М. Манометрия ЖКТ с помощью прибора "Гастроскан-Д" / Сб. докл., Майорка, Испания. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. С. 208–209.

3. Кузин А.И., Лагутин М.Ф. Аппаратура и методика неинвазивной электроэнтерогастрографии // Радиотехника. № 124, 2002, с. 203-208.

4. Ребров В.Г., Станковский Б.А., Куланина Г.И. Особенности регистрации электрической активности желудка и кишечника с поверхности тела пациента. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 1996, № 2, с. 48-52.

5. Ступин В.А., Смирнова Г.О., Баглаенко М.В., Силуянов С.В., Закиров Д.Б. Периферическая электрогастроэнтерография в диагностике нарушений моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта. Лечащий врач. - 2005. - № 2, с. 60-62.

6. Яковлев Г.А. Хлорсеребряные рН-зонды. Разработка и исследование параметров. - Электронная техника. Сер. СВЧ-техника, 1995, вып. 2(466), с. 40-44.