

С. В. Курсов

*Харківський національний
медичний університет*

© С. В. Курсов

**МОЖЛИВОСТІ ІМПЕДАНСМЕТРИЧНОГО
МОНІТОРИНГУ В ДІАГНОСТИЦІ НАКОПИЧЕННЯ
РІДИНИ В ОКРЕМИХ ОРГАНАХ ТА ПОРОЖНИНАХ
ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ**

Резюме. У статті доводиться можливість своєчасної діагностики формування набряку окремих органів при гострій хірургічній та іншій патології, а також ефективного контролю лікування за допомогою імпедансметричного моніторингу.

Ключові слова: біоелектричний імпеданс, набряк, водні простори та сектори організму.

Вступ

Згідно з 16-м положенням Конвенції про захист прав і гідності людини у зв'язку із використанням досягнень біології та медицини, що прийнята Європейською спільнотою у 1997 р. в Ов'єдо та вступила в силу 1999 р., ризик, якого може зазнати людина (хворий), що бере участь у дослідженні, повинний не перевищувати потенційної вигоди від проведення зазначеного дослідження, а конкретне дослідження може бути застосовано тільки за умови відсутності інших методів, що є більш безпечними та рівними за своєю ефективністю [4].

На початку ХХІ ст. положення Конвенції додатково спонукали вчених шукати нових ефективних методів дослідження, що мають бути малоінвазивними та безпечними для організму хворих. На сучасному етапі активно розвиваються методи діагностики, що ґрунтуються на вивченні біоелектричного імпедансу [9, 10, 11]. Як відомо, електрична провідність біологічних тканин визначається рідкими середовищами з електролітами, що в них розчинені. Встановлено, що електричний перемінний струм з частотою менш за 40 кГц розповсюджується переважно у позаклітинному просторі, тому що електричний опір клітинних мембран є значно вищим за опір позаклітинної рідини. На частотах, більших за 200 кГц, ємкісний опір клітинних мембран значно зменшується та шунтує активний опір мембран, унаслідок чого щільність струму поза клітинами та у внутрішньоклітинному просторі зрівнюється.

На підставі вивчення електричного імпедансу різних ділянок організму людини з'являється можливість об'єктивної оцінки значення серцевого викиду, кровонаповнення судин, об'ємів водних просторів та секторів тощо. Імпедансні методи дослідження є безпечними, малокоштовними, легко відтворюваними та можуть бути застосовані в будь-яких складних умовах, що визначаються тяжкістю стану хворого [2]. Нас привабила можливість своєчасного діагностування формування накопичення рідини в окремих органах та порожнинах організму хворих (що складно виявляються) та контролю за ефектом методів терапії на основі застосування методів імпедансметричного моніторингу.

Мета роботи — провести аналіз ефективності імпедансметричного моніторингу в діагностиці накопичення рідини в окремих органах і порожнинах організму хворих та адекватності методів інтенсивної терапії.

Матеріали і методи

До дослідження включено 80 оперованих пацієнтів із гострою хірургічною патологією органів черевної порожнини та позачеревного простору, які мали ознаки абдомінального сепсису, 106 — із тяжкою черепно-мозковою травмою (ТЧМТ), 92 — планово оперованих хворих на рак шлунка. У пацієнтів із гострою хірургічною патологією органів черевної порожнини вивчали динаміку вмісту рідини у грудній порожнині. У постраждалих із ТЧМТ досліджували динаміку інтракраніального вмісту рідини. У хворих на рак шлунка вивчали динаміку формування та регресії післяопераційного набрякового панкреатиту. Для оцінки вмісту рідини в органах та порожнинах були застосовані реоплетизмографія та імпедансметрія з частотою зондуючого струму 30 і 500 кГц. Використані реограф Р4-02 та вимірювач співвідношення гідратації тканин ИСГТ-01.

Трансторакальний імпеданс вимірювали при розташуванні електродів, що накладають на нижню частину шиї та нижню частину грудної клітини [12]. Тотальний імпеданс тіла визначали під час проведення інтегральної реографії, коли електроди розташовують на дистальних ділянках чотирьох кінцівок [7]. У постраждалих із ТЧМТ краніальний мозковий імпеданс вимірювали при фронто-мастоїдальному розташуванні електродів реоенцефалографа. Для цього два округлих електрода площею від 1,5 до 2,0 см² розташовували з боку вогнища пошкодження головного мозку. Один із електродів поміщали на лобний бугор, а інший — на сосцеподібний відросток [8]. Тотальний імпеданс тіла визначали під час проведення інтегральної реографії, коли електроди площею 3—5 см розташовуються на дистальних ділянках кінцівок [7]. У хворих на рак шлунка під час операції до капсули підшлункової залози фіксували позолочені електроди розміром 2×0,5 см. Кінці електродів, вкритих тефлоновою оболонкою, виводили через контрапертуру на-



зовні. Періодично проводили пряме реографічне дослідження залози, реєстрували показники імпедансу. На 5—7-му добу після операції електроди без труднощів витягали [3]. *Повторні дослідження проводилися завжди на однакових частотах зондуючого струму!* Для контролю за об'єктивністю імпедансметричного моніторингу застосували рентгенографічні дослідження та ядерно-магнітну резонансну та комп'ютерну томографію.

Результати дослідження та їх обговорення

Дослідження показали, що, як і слід було чекати, накопичення рідини в окремих органах та порожнинах організму хворих звичайно сполучалося із зниженням відповідного показника імпедансу як на низьких, так і на високих частотах зондуючого струму. Набряк органів супроводжувався погіршенням клінічної картини захворювання, а його усунення сприяло покращенню стану хворих. Проте в усіх групах хворих, які брали участь у дослідженні, було виявлено, що в певних серіях спостережень зниження біоелектричного імпедансу на окремих ділянках тіла далеко не завжди сполучалося із клінічною картиною набряку органа. З'ясувати причину такого феномену нескладно. Хворі, що потребують вживання заходів діагностики інтерстиціального набряку легенів, набряку головного мозку або іншої патології, звично одержують терапію, яка містить внутрішньовенне крапельне введення різноманітних медикаментів. Найчастіше, це комбіновані сольові розчини, розчини глюкози, що містять електроліти, оскільки успішне лікування тяжкого хірургічного хворого неможливе без невпинної корекції вмісту електролітів в організмі. Пацієнти з ознаками гострої ниркової недостатності щоденно одержують внутрішньовенно 1,0—1,5 ммоль/кг іонів калію, 2,0—4,0 ммоль/кг іонів натрію та інші електроліти. Використання осмотичних діуретиків також передбачає розчинення останніх у дистильованій воді, 5% водному розчині глюкози або у 0,9% водному розчині натрію хлориду. Під час здійснення інфузійної терапії показники імпедансу усіх частин тіла людини закономірно зменшуються. Це особливо помітно при використанні гіпертонічних сольових розчинів, які в теперішній час дуже широко застосовуються в анестезіології. Факт зменшення показників імпедансу, що має місце в процесі невпинної інфузійної терапії, суттєво впливає на точність визначення стану гідратації тканини органа, для з'ясування стану якого проводиться дослідження. З іншого боку, при протинабряковій терапії з використанням діуретиків і обмеженням уведення до організму рідини показник імпедансу може закономірно зменшуватися через зменшення кількості рідини у судинах організму. Тому для точності діагностики, що проводиться за допомогою імпедансметричного моніторингу, ми розробили своєрідну діагностичну ознаку. Наявність набряку

органа або накопичення рідини у порожнині доцільно діагностувати лише тоді, коли на фоні зменшення загальної води в організмі відбувається її накопичення в певному органі або на окремій ділянці тіла. У такому разі спостерігається зростання інтегрального (тотального) імпедансу тіла, тоді як локальний імпеданс зменшується. Таким чином, можна констатувати наявність так званого симптому «імпедансних ножиців». Зазначений симптом супроводжується наявністю відповідної клінічної картини майже в 90% випадків та часто їй передує. Клінічну ефективність застосування імпедансметричного моніторингу демонструють такі клінічні приклади.

Хворий І., 74 роки (історія хвороби №10019 в ХМКЛШНМД ім. О.І. Мещанінова), оперований 24. 03. 2008 з приводу жовчнокам'яної хвороби, гострого гангренозного перфоративного холецистити. Пацієнту виконано серединну лапаротомію із холецистектомією, дренажуванням холедоку та дренажуванням черевної порожнини із 4-х точок. 25.03. 2008 після однієї доби лікування після операції у відділенні інтенсивної терапії, протягом якої було припинено штучну вентиляцію легенів та пацієнта було переведено на самостійне дихання, виникли симптоми, що вказували на зростання напруги механізмів компенсації серцево-судинної системи. У хворого констатовано наявність помірної ядухи (навіть в умовах застосування інгаляцій зволоженого кисню) — частоту дихання 24—26 за хвилину, тахікардію із коливаннями частоти серцевих скорочень від 100 до 120 ударів за хвилину, артеріальну гіпотензію із значенням системного артеріального тиску 110/70 мм рт. ст. Центральний венозний тиск був підвищеним до 150 мм вод. ст. Рентгенографічне дослідження органів грудної клітини, що проведено 25. 03. 2008 ознак формування інтерстиціального набряку легенів не виявило. При імпедансметричному дослідженні величина трансторакального імпедансу становила 114 Ом, а величина тотального імпедансу — 212 Ом. Зважаючи на наявність формування симптоматики серцевої слабкості, хворому було уповільнено темп внутрішньовенної інфузійної терапії, застосовано шприцеве насосне введення дофаміну для зростання серцевого викиду. Через 6 годин, протягом яких артеріальний тиск сягав 120/70 мм рт. ст., об'єм інфузійної терапії склав 300 мл та з організму вивелося близько 580 мл сечі, з урахуванням втрат рідини шляхом перспірації можна було чекати формування у хворого негативного водного балансу. Зростання величини тотального імпедансу тіла до значення 221 Ом підтвердило факт зменшення кількості води в організмі. Проте величина трансторакального імпедансу не зросла, а зменшилася до 108 Ом, що вказувало на накопичення рідини у грудній клітині. У даному разі — у тканині легенів. Наступне рентгенографічне дослідження органів грудної клітини, що було виконано

26. 03. 2008, виявило ознаки наявності запальної інфільтрації тканини легенів та їх інтерстиціального набряку. Однак раніше були вжиті заходи проти набрякової терапії, що включали внутрішньовенне введення дексаметазону і фуросеміду. У результаті протягом 4 годин із організму пацієнта виділилося додатково 650 мл сечі. Це супроводжувалося подальшим зростанням значення тотального імпедансу тіла до 224 Ом, у той час як значення трансторакального імпедансу зросло до 112 Ом, що свідчило про зменшення вмісту рідини у грудній клітині. Клінічно в цей час у хворого спостерігали зменшення ядухи, тахікардії та зростання показника насичення капілярної крові киснем. Подальша інтенсивна терапія очікуваного ефекту не дала. Наступної доби перед повторним погіршенням стану хворого виявлено зменшення показника трансторакального імпедансу до 109 Ом при незмінності значення тотального імпедансу тіла. Методи інтенсивної терапії, що включали в тому числі і штучну вентиляцію легенів успіху не принесли. Наприкінці 3-ї доби після операції хворий помер. Патологоанатомічне дослідження підтвердило наявність набряку легенів та двобічної пневмонії.

Хворий А., 72 роки (історія хвороби №24343), був доставлений в нейрохірургічне відділення ХМКЛШНД 05. 10. 2004 із скаргами на короткочасну непритомність, головний біль і запаморочення, загальну слабкість і слабкість у правих кінцівках. Відомо, що при падінні зі сходів отримав травму голови. Стан хворого при надходженні до клініки розцінено як тяжкий. Констатоване швидке погіршення свідомості. При проведенні комп'ютерної магнітно-резонансної томографії встановлено діагноз «закрита тяжка черепно-мозкова травма, забій головного мозку тяжкого ступеня з вогнищами контузії лівої лобової і потиличної часток». Пацієнту проведено хірургічну корекцію з видаленням вогнищ контузії. Проте в післяопераційному періоді стан хворого не поліпшувався. Свідомість була відсутня. Пацієнт перебував у стані помірної коми. Йому проводили постійну штучну вентиляцію легенів. Були застосовані нейропротектори, обмеження введення рідини до організму. При проведенні реоенцефалографічного дослідження 06. 10. 2004 мозковий імпеданс у лівому фронто-мастоїдальному відведенні становив 226 Ом. Тотальний імпеданс тіла, що був визначений за допомогою інтегральної тетраполярної реографії, — 251 Ом. Незважаючи на продовження методів інтенсивної терапії, стан хворого не поліпшився, навпаки, 07. 10. 2004 констатовано відсутність свідомості, погіршення рефлексів із зиниць, збільшення тонуусу очних яблук, зменшення рухової активності, зростання артеріального тиску, уповільнення частоти серцевих скорочень. Мозковий імпеданс у лівому фронто-мастоїдальному відведенні реоенцефалограми зменшився до 198 Ом, а тотальний імпеданс

тіла виріс до 262 Ом. Клінічна картина і дані кондуктометрії чітко вказували на формування у постраждалого посттравматичного набряку головного мозку, що 08. 10. 2004 було підтверджено при проведенні комп'ютерної магнітно-резонансної томографії. На жаль, посилення методів інтенсивної терапії не призвело до покращення стану пацієнта і 13. 10. 2004 він помер, не опритомнюючи. Патологоанатомічне дослідження підтвердило наявність набряку головного мозку.

Хворий С., 50 років (історія хвороби №25226 в ХКЛШНД), 14. 10. 2004 був оперований з діагнозом ТЧМТ, забою головного мозку з формуванням вогнища контузії правої лобової частки. На час надходження до операційного блоку перебував у стані сопору. Після хірургічної корекції був доставлений до відділення інтенсивної терапії, де йому продовжували проведення штучної вентиляції легенів. При першому дослідженні краніальний мозковий імпеданс у правому фронто-мастоїдальному відведенні становив 278 Ом, а тотальний імпеданс тіла — 236 Ом. Через 6 годин інтенсивної терапії мозковий імпеданс зменшився до 273 Ом, а тотальний — до 228 Ом. При цьому появи ознак свідомості у постраждалого не виявляли. Через 12 годин інтенсивної терапії показник мозкового імпедансу становив 276 Ом, а тотального імпедансу — 224 Ом. У хворого констатовано погравлення рефлексів, підвищення рухової активності, наявність чіткого локалізування їм больових подразників, що вказувало на можливе скоре відновлення свідомості. Ще через 3 години у пацієнта мали місце чіткі ознаки свідомості. Незабаром штучна вентиляція легенів була припинена. Стан хворого швидко поліпшувався, і 15. 10. 2004 його було переведено до нейрохірургічного відділення. На основі досліджень краніального та інтегрального імпедансу тіла розроблено корисну модель діагностики набряку головного мозку [16].

Характерним виявився симптом «імпедансних ножиців» для хворих з післяопераційним набряковим панкреатитом. При цьому значення панкреатичного імпедансу зменшувалося, в той час як значення інтегрального імпедансу тіла зростало або залишалось незмінним. Це віддзеркалювало наявність процесу локальної секвестрації рідини. Знайдено, що поява зазначеного симптому на 12—24 години випереджала такі реографічні ознаки порушення панкреатичного кровообігу, як сповільнення часу підйому анакоти, зниження амплітудних показників артеріального притоку — реографічного систолічного індексу, показників інтенсивності магістрального та термінального кровообігу, зростання реографічного діастолічного індексу, що відбиває наявність венозного застою. Підвищення активності сироваткової амілази, як правило, також виявляли наступної доби [1, 5].

Хвора С., 63 роки, історія хвороби №315 в Харківському обласному клінічному диспан-



сері, 09. 02. 1993 було проведено гастректомію з нагоди раку шлунка. Під час операції до капсули підшлункової залози прикріплені електроди. На 1-шу добу після операції величина імпедансу підшлункової залози становила 82 Ом, а інтегральний опір тіла — 166 Ом. Протягом 2-ї доби післяопераційного періоду у хворої констатували зниження показника панкреатичного імпедансу до 73 Ом, у той час як значення інтегрального імпедансу тіла становило 206 Ом. Клінічно відзначали посилення больового синдрому, появу нудоти, рясне виділення вмісту кишки по стравохідно-кишковому зонду, появу ціанозу слизових оболонок, артеріальну гіпотензію, прогресування тахікардії. Рівень сироваткової амілази за Каравеем становив 40 мг/л×с, наступної доби — 17,3 мг/л×с. Загальний лейкоцитоз у крові — $21,7 \times 10^9$ /л. У пацієнтки констатували розвиток гострого післяопераційного панкреатиту, який лікували консервативно. На 6-ту добу панкреатичний імпеданс склав 92 Ом, а інтегральний імпеданс — 198 Ом, тобто виявлено позитивну динаміку, яка наступної доби підтверджена клінічною картиною. В подальшому хвору було переведено до загальної палати хірургічного відділення, та скоро вона (без електродів) була виписана з лікарні додому. Треба відзначити, що дослідження кровообігу та накопичення рідини в тканини підшлункової залози методом прямої реографії проводилися суворо за згодою хворих раніше за прийняття Конвенції про захист прав і гідності людини у зв'язку із використанням досягнень біології та медицини. Серед 25 із 92 пацієнтів, яким проведено пряму реопанкреатографію, та при проведенні в них імпедансметричного моніторингу виявлено ознаки набряку підшлункової залози. Наявність

набряку визначена при появі ознак затримки рідини між панкреатичними електродами. У цих 25 хворих виявлено низку симптомів, що підтверджували діагноз ускладнення. Посилення больового синдрому виявлено в 52% випадків, нудота та зростання патологічних втрат рідини по зонду — у 72%, пригнічення перистальтики — 84%, тахікардія понад 100 ударів за хвилину — 68%, фебрильна лихоманка — 40%, лейкоцитоз вище за 12×10^9 /л — 80%, зростання активності сироваткової амілази — 100%, зростання активності АлТ — 64%, зростання активності АсТ — 80%, гіперглікемія — 100%, підвищення концентрації прямої фракції білірубину — 8%.

Наведені приклади демонструють спроможність методів імпедансметричного моніторингу вже на сучасному етапі. Враховуючи безупинний процес удосконалення медичної техніки, можна чекати, що імпедансметричний моніторинг свого часу посяде одне з провідних місць в анестезіологічному забезпеченні та інтенсивній терапії.

Висновки

1. Імпедансметричні методики є перспективними заходами сучасного та майбутнього моніторингу в хірургії, анестезіології та інтенсивній терапії, оскільки є неінвазивними, мало коштовними, легко відтворюваними, та їх результати відбивають клінічну картину захворювання і ефекти лікування.

2. При дослідженні накопичення рідини в окремих органах та порожнинах організму важливе значення має симптом «імпедансних ножиців», що полягає у зниженні в динаміці імпедансу певного органа при одночасному зростанні інтегрального імпедансу тіла.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с. № 10215, Україна. Спосіб діагностики набрякового післяопераційного панкреатиту / Вінник Ю.О., Курсов С.В. — 94107417; Заявл. 31.10.1994; Опубл. 25.12.1996, Бюл. № 4.
2. *Импедансографический мониторинг: аспекты техники и методики* / Лебединский К.М., Волков Н.Ю., Николаева И.П. [и др.]//2001 — [електронний ресурс]:Режим доступа: <http://www.lebedinski.com / Works / Work85.htm>
3. *Изменение кровотока в поджелудочной железе у больных раком желудка после операции* / Хижняк А.А., Курсов С.В., Винник Ю.А.//Клінічна хірургія. — 1995. — № 5. — С. 15 — 17.
4. *Конвенция о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины: Конвенция о правах человека и биомедицине.*//[Електронний ресурс]: Режим доступа: <http://www.mph.pu.ru / ForUsers / Files / Bioethics / EuroConvBiomedRus.doc>
5. *Курсов С.В.* Оценка эффективности профилактики послеоперационного панкреатита у больных раком желудка при применении изоптина и длительной перидуральной блокады лидокаином / Курсов С.В., Хижняк А.А.//Анестезиология и реаниматология. — 1998. — № 4. — С.52 — 56.
6. *Патент* на корисну модель № 8283, Україна. Спосіб діагностики набряку головного мозку / Курсов С.В., Скоро-

- пліт С.М. — 200502416; Заявл. 17.03.2005; Опубл. 15.07.2005, Бюл.№ 7.
7. *Тищенко М.И.* Характеристика и клиническое применение интегральной реографии — нового метода измерения ударного объема / Тищенко М.И.//Кардиология. — 1973. — № 11. — С 52 — 54.
8. *Яруллин Х.Х.* Клиническая реоэнцефалография / Яруллин Х.Х. — М.: Медицина, 1983. — 272 с.
9. *Accurate, noninvasive continuous monitoring of cardiac output by whole-body electrical bioimpedance* / Cotter G., Moshkovitz Y., Kaluski E. [et al.]//Chest. — 2004. — Vol. 125. — P.1431.
10. *Bench to bedside: electrophysiologic and clinical principles of noninvasive hemodynamic monitoring using impedance cardiography* / Summers R.L., Shoemaker W.C., Peacock W.F. [et al.]// Academic Emergency Medicine. — 2003. — Vol.10. — P. 669.
11. *Recent developments in cardiac output determination by bioimpedance: comparison with invasive cardiac output and potential cardiovascular applications* / Moshkovitz Y., Kaluski E., Milo O. [et al.]//Current Opinion in Cardiology. — 2004. — Vol.19. — P.229.
12. *The Minnesoz impedance cardiograph theory and applications* / Kubichek W.Q., Kottke F.J., Bamos T.V. [et al.]//Biomedical Engineering. — 1974. — Vol. 9. — P. 410.

ВОЗМОЖНОСТИ
ИМПЕДАНСМЕТРИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА
В ДИАГНОСТИКЕ
НАКОПЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ
В ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ
И ПОЛОСТЯХ ОРГАНИЗМА
ЧЕЛОВЕКА

C. B. Курсов

POSSIBILITIES OF
IMPEDANCE MONITORING
IN DIAGNOSTICS OF
LIQUID ACCUMULATION
IN DEFINITE ORGANS AND
CAVITIES OF A HUMAN
BODY

S. V. Kursov

Резюме. В статье доказывается возможность своевременной диагностики формирования отека отдельных органов при острой хирургической и другой патологии, а также эффективного контроля лечения с помощью методов импедансметрического мониторинга.

Ключевые слова: *биоэлектрический импеданс, отек, водные пространства и сектора организма.*

Summary. The article proves the possibility of a well-timed diagnostics of definite organs edema formation in view of severe surgical and other pathologies, as well as effective monitoring of treatment methods by means of impedance monitoring methods.

Key words: *bio-electric impedance, edema, water areas and sectors of organism.*