

Роль цифрових стетоскопів у сучасній клінічній практиці: нові можливості аускультації серця

Автори: Ю.В. Тесленко, к.мед.н., доцент, завідувач відділення реабілітації та планової кардіології; Б.О. Писана, лікарка-інтернка, КП «Полтавський обласний клінічний медичний кардіоваскулярний центр Полтавської обласної ради», м. Полтава
12.09.2023

Стаття у форматі PDF

Фізикальне обстеження (англ. physical examination, medical examination, clinical examination, походить від лат. physician – лікар) – це комплекс заходів, спрямованих на виявлення лікарем будь-яких можливих медичних ознак або симптомів захворювання. Велику роль за фізикального обстеження відіграє аускультация, особливо в разі обстеження серцево-судинної системи, що пов'язано з високою інформативністю звуку серця, формування якого залежить від анатомії та його функції. Однак так було не завжди.

Як зазначив Валентин Фустер, доктор медицини та головний редактор журналу Американського коледжу кардіології (JACC): «Твердження про те, що “стетоскоп мертвий” абсолютно неправдиве. Насправді з його новими цифровими можливостями стетоскоп здоровіший, ніж будь-коли» [1]. Такий висновок він зробив після прийому амбулаторних пацієнтів, коли впродовж 48 годин аускультивне обстеження допомогло йому встановити діагноз у шести пацієнтів, тоді як ехокардіографія (ЕхоКГ) була діагностично неінформативною [1].

На жаль, за понад дві тисячі років від епохи Гіппократа (IV ст. до н.е.) та Рене Лаеннека (XIX ст.н.е.) не приділяли належної уваги дослідженню різноманітних звуків тіла як діагностичному методу. Але приблизно ще за два століття до відкриття стетоскопа, 1616 року Вільям Гарвей, прикладаючи вухо до грудної клітки хворих під час обстеження, описав перший і другий серцеві тони.

Наприкінці XVII ст. асистент Роберта Бойля Роберт Гук, доповідаючи на одному із зібрань у Королівській медичній спільноті, зазначив, що чітко чув звуки серцебиття. За його припущеннями, ці звуки виникали внаслідок діяльності серця. Але найбільший прорив в аускультации серця зробив Рене Лаеннек, учень Корвізара, популяризатора перкусії як діагностичного методу. Лаеннек не приділяв особливої уваги аускультации аж до 1816 року [2]. Того року на прийом до Рене Лаеннека потрапила жінка молодого віку з досить великими грудьми, і лікар зіткнувся з проблемою безпосередньої аускультации серця. Тоді він згадав про дитячу гру, суть якої полягала в прикладанні вуха до однієї частини дерев'яної колоди, де можна було почути звуки дряпання голкою, які робили на іншому її боці, і які потрібно було підрахувати. Лаеннек узяв декілька аркушів паперу, згорнув їх у щільний циліндр, приклав один його кінець до грудної клітки в ділянці серця, а другий – до власного вуха. На той момент він був одночасно здивований і задоволений, бо почув удари серця так ясно і чітко, як ніколи раніше. А вже 1819 року Лаеннек виготовив циліндричний інструмент із дерева, схожий на флейту та запропонував для нього назву «стетоскоп» (грец. *stethoscope* – інспектор грудної клітки).

А вже 1861 року лікар Меш із Цинциннаті (США) винайшов «двовушний» стетоскоп і вперше запропонував застосовувати в ньому мембрану, яку прикладали до грудної клітки. Упродовж наступного століття після винаходу Рене Лаеннеком стетоскопа клініцисти описали більшість кардіологічних симптомів. Лікарі порівнювали клінічну картину та результати розтинів, у такий спосіб вони розвивали власні навички у встановленні діагнозу. До 1903 року не існувало електрокардіограми (ЕКГ), аж поки фізіолог Вільям Ейнтховен із Нідерландів не виготовив струнний гальванометр, який дав змогу реєструвати зміни електричних потенціалів, що виникають внаслідок збудження серцевого м'яза. Так, 1906 року він уперше застосував ЕКГ для медичної діагностики. Приблизно тоді серед лікарів і дослідників зародилися перші спроби візуалізувати звуки роботи серця завдяки мікрофона, які були майже ідентичними до тих, що використовували в перших телефонах. Однак селективно обирати частоти для візуалізації звуків на той час було неможливо, тож отримувані графічні зображення не корелювали зі слуховим сприйняттям звуку. Через це метод візуалізації серцевих звуків не набув широкого використання в клінічній практиці на той час.

Із середини XX ст. досить швидко почали розвиватися кардіохірургія та катетеризація серця, що значно поглибило знання патофізіології серцево-судинної системи. Саме тоді навчилися записувати звуки серця у вигляді лінійних графіків – фонокардіограм. Це стало можливим завдяки використанню звукових фільтрів. Було суттєво переоцінено та поглиблено розуміння звукових явищ, що виникають внаслідок діяльності серця: детальніше вивчення фокусувалось на розщепленні тонів, оцінюванні ступеня тяжкості клапанних вад і патофізіологічного значення багатьох звукових симптомів. Методи аускультации досягли апогею у власному розвитку.

За останнє століття класичні стетоскопи зупинились у своєму технічному розвитку, досягнувши вже можливого максимуму щодо діагностичних можливостей. Власне, змінювався лише їх дизайн та ергономічність. Приблизно

з 1980 року почали розвиватися ультразвукові методи, які дали можливість побачити серце у розрізі. Після цього звуки серця досліджували не так інтенсивно. Хоча з часів Лаеннека і до тепер майже кожен лікар користується стетоскопом. Упродовж останніх 20 років розроблено високотехнологічні цифрові прилади для аускультатії, візуалізації, архівування та аналізу звуків серця [3]. У цьому сегменті медичних приладів постійно з'являються нові моделі та простежується швидкий прогрес. Із кожним новим поколінням розробки таких приладів вони стають зручнішими у використанні, забезпечуючи майже миттєву візуалізацію звуку, що перевищує інформативність найкращих традиційних фонокардіографів, та надаючи можливість для інформативної частотної - фільтрації звуків серця, а також зберігання записів для повторного відтворення з різною швидкістю [4, 5]. До того ж за останні декілька років активно розвиваються автоматичні системи інтерпретації звуків на основі штучного інтелекту.

Мета цієї статті – охарактеризувати можливості сучасних технологій фіксації й аналізу звуку людського тіла для клініки та надати огляд найсучасніших моделей, зокрема нового цифрового стетоскопа, нещодавно зареєстрованого в Україні.

Останнім часом спостерігається тенденція до втрати клініцистами навичок якісного фізикального обстеження, наприклад під час аускультативного обстеження серця. Значною мірою це зумовлено недостатньо якісною підготовкою майбутніх лікарів на етапі навчання в університетах (особливо за умов дистанційного навчання через пандемію SARS-CoV-2 та повномасштабне вторгнення РФ на територію України), широкою поширеністю та відносною доступністю апаратів ультразвукового дослідження, що суттєво збільшує забезпечення доступу до - ЕхоКГ та інших інструментальних методів дослідження. Доступність ЕхоКГ у практиці клініцистів, на жаль, призвела до хибної думки, що «стетоскоп мертвий» [1]. Втім, не завжди ЕхоКГ є точним методом для остаточного встановлення діагнозу. Кількість і доступність тренінгів з ЕхоКГ нині зростає в геометричній прогресії, але навіть у коментарях журналу *New England Journal of Medicine*, де йдеться про аргументи на користь ультразвукового дослідження на місці надання медичної допомоги, лікарі С.Д. Соломон та Ф. Салдана визнали: «Ризик помилкового діагнозу є високим, коли ультразвукову діагностику використовують недосвідчені фахівці. Обсяг підготовки, необхідний для виконання компетентного ультразвукового дослідження не є тривіальним. Мінімальна діагностика за невідкладних станів – визначення нормальної чи зниженої функції шлуночків серця, розміру порожнистої вени або виявлення каменів у жовчному міхурі. Однак доволі складне та точне оцінювання стану пацієнта потребує значно більшої підготовки лікаря ультразвукової діагностики» [6]. Соломон та Салдана зазначають, що хибно позитивні результати можуть призвести до додаткових і нерідко непотрібних тестів, а хибнонегативні дані можуть надавати невиправдану впевненість та призвести до недодіагностики [6].

Широке застосування нині ультразвукової діагностики та раннє «відкриття» таких функціональних можливостей для студентів-медиків і клініцистів-початківців відволікають увагу останніх від основних, дешевих, доступних і простих у використанні, а іноді значно інформативніших методів обстеження, як-от аускультатія [7].

Із моменту відкриття стетоскопа минуло понад двісті років, закономірним є розвиток і спроби розроблення електроакустичних і електронних стетоскопів. Досить тривалий час застосування таких пристроїв було обмежене виключно дослідницькими проектами, зацікавленість лікарів-клініцистів лишалася на низькому рівні. Пояснювалось це декількома чинниками, зокрема певними технічними недоліками та консервативністю медиків. Так, першим електронним стетоскопом, який доступний для широкого загалу, став Pentax ST-1A, випущений на ринок 1977 року [8].

За останні 20 років розвиток ринку електронних стетоскопів набув надзвичайної продуктивності. Комп'ютерасоційована аускультатія з використанням електронного стетоскопа є перспективною новою технологією, що допомагає підвищити інформативність традиційного вислуховування звукових процесів, пов'язаних із діяльністю внутрішніх органів. Власне, за габаритами, акустичними характеристиками та принципом роботи цифрові (електронні) стетоскопи значно зручніші та кращі, ніж стандартні. До складу електронних стетоскопів входить мікрофон, мікропроцесор (забезпечує активне зниження шуму, фільтрацію частот, підсилення і запис звуку на внутрішній носій) та навушники.

Як відомо, цифрові стетоскопи залежно від виробника та моделі можуть мати різні додаткові функції та кращі акустичні якості порівняно з традиційними медичними приладами, які використовують для прослуховування вібрацій і шумів серця, а саме: підсилення якості звуку, кращі результати частотної фільтрації (можливість селективного підсилення тихих звукових феноменів), функцію збереження та передавання записів звуку дистанційно, можливість записати та представити його в графічному вигляді (портативний фонокардіограф), наявність штучного інтелекту, який виконує сегментацію звуків серця на тони, визначає частоту серцевих скорочень, виявляє шуми (ця функція доступна здебільшого тільки на території США), можливість передавання записів дистанційно іншим лікарям для аналізу тощо [9].

Спеціальні комп'ютерні програми, що входять до стандартної комплектації деяких моделей цифрових стетоскопів, дають змогу аналізувати отримані під час аускультатії звуки в режимі «традиційної» осциляційної та спектральної фонокардіограми. Так, за традиційної осциляційної фонокардіографії горизонтальна вісь відображає час, а вертикальна – гучність звуку. Спектральна фонокардіограма є інформативнішою. За спектральної фонокардіографії горизонтальна вісь відображає час, вертикальна – частоту звуку, а його гучність кодується кольором.

Осциляційна фонокардіографія має певні недоліки: суттєва залежність від зовнішнього шуму, що суттєво ускладнює дослідження в організаційному плані, оскільки потребує тихого приміщення, та спрощене відображення частотної характеристики звуку.

Спектральна фонокардіографія порівняно з традиційною наочніше характеризує частоту звуку та краще сприяє ментальному сприйняттю звукових процесів. За спектральної фонокардіографії зовнішній шум має значно

менший вплив на інформативність запису, оскільки спектру шуму притаманна певна частотна ділянка в графічному зображенні, тоді як серцевий шум часто знаходиться в іншому частотному діапазоні. Тож за таких умов навіть у разі накладання звуку серця на гучні сторонні ефекти цінний сигнал залишається добре помітним. Хоча аускультация з використанням цифрових стетоскопів набирає популярності та збільшує кількість її прихильників, не треба забувати і про фінансовий аспект питання. Ціна цифрових стетоскопів у середньому становить 400-500 американських доларів, що іноді може стати вирішальним чинником під час вибору клініцистом інструменту для аускультации. Терміни служби цифрових стетоскопів менші за традиційні. Давайте розглянемо декілька найпопулярніших моделей цифрових стетоскопів.

Стетоскоп DUO виробництва Eko Devices (США) поєднує в собі цифровий стетоскоп і портативний електрокардіограф, який може підсилювати звуки серця у 60 разів із можливістю синхронного записування одноканальної ЕКГ [10]. Для цього потрібен смартфон із програмним забезпеченням Eko, за допомогою якого виконується потокове відтворення звуку, візуалізація звуків серця (фонокардіограма) та ЕКГ у реальному часі. Зокрема, доступний запис звуку та ЕКГ різної тривалості. Вартість самого девайса становить близько 350-400 американських доларів.

Електронний стетоскоп eKuore Pro – це цифровий стетоскоп, який підключається до смартфона за допомогою Wi-Fi (потрібно встановити спеціальний застосунок для eKuore Pro) [11]. Такий стетоскоп дає змогу виконувати аускультацию, зберігати звук на мобільному пристрої, візуалізувати його у вигляді традиційної для фонокардіографії осцилограми. Стетоскоп eKuore Pro підсилює звук у 20 разів, заряду акумулятора вистачає приблизно на 8 - годин. Орієнтовна вартість становить 490-550 американських доларів.

Цифровий стетоскоп Thinklabs One від компанії Thinklabs Medical LLC за принципом роботи аналогічний до eKuore Pro, але на відміну від нього має дисплей з інформацією про заряд акумулятора, індикатор підсилення та частотної фільтрації. Заряду акумулятора вистачає на 100-125 оглядів. Його вартість становить до 500 американських доларів [12].

Ri-Sonic e-stethoscope виробництва Riester (США) – телемедичний стетоскоп, який з'єднується з персональним комп'ютером. Фактично це спеціалізований мікрофон та аналогово-цифровий перетворювач, який для роботи потребує стаціонарний комп'ютер [13]. Він не має жодних кнопок чи дисплеїв. За допомогою додаткового програмного забезпечення є можливість запису та подальшого передавання запису спеціалісту для аналізу. Його вартість – близько 500 американських доларів.

Новим в індустрії цифрових стетоскопів став мобільний застосунок Stethophone виробництва канадської компанії Sparrow Acoustics Inc [14]. Сьогодні Stethophone визнаний медичним виробом в Україні. Його відповідність вимогам Технічного регламенту щодо медичних виробів підтверджена Сертифікатом відповідності. Це простий та доступний спосіб для лікарів за допомогою мобільного застосунку виконувати аускультацию серця без використання традиційного стетоскопа чи додаткових цифрових пристроїв. Цей медичний виріб можна завжди носити із собою. Для повноцінного використання Stethophone знадобиться iPhone певної моделі та певної версії IOS, а також bluetooth-навушники. Для використання цього стетоскопа необхідно встановити застосунок Stethophone UA на iPhone, записати звук серця та надіслати запис кардіологу. Назва застосунку «Стетофон» у TestFlight – Stethophone UA. Крім того, потрібно встановити спочатку TestFlight, а потім Stethophone UA.

У разі використання смартфона як стетоскопа можливо отримати: підсилення звуку, три частотні фільтри, орієнтовані на звук грудної клітки (фільтр «Діафрагма» та «Колокіл», які є стандартними та «Старлінг-фільтр» для кардіологічних симптомів, галопів і низькочастотних шумів серця), візуалізацію звуків у двох режимах (осциляційна та спектральна фонокардіографія), створення архіву досліджень та швидкого надсилання даних дослідження іншим користувачам на будь-яку відстань. Імовірно, Stethophone має найдетальнішу серед цифрових стетоскопів візуалізацію звукових явищ, що виникають внаслідок діяльності серця.

Відчуваючи якісь зміни у власному стані, завдяки застосунку Stethophone, не виходячи з дому, можна за допомогою смартфона зробити запис звуку грудної клітки. Цей застосунок має приємний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, підказки щодо використання (точки прикладання смартфона до грудної клітки, положення тіла під час запису, 20-секундний таймер запису в кожній точці, можливість перезапису) (рис. 1). Особливо актуальним він є не лише за мирного, а й воєнного часу, коли немає змоги негайно звернутися по допомогу до лікаря. Своєю чергою, для лікарів це також надзвичайна можливість виконувати скринінг та діагностику патології серця та легень дистанційно.



Рис. 1. Інтерфейс застосунку Stethophone

На час написання статті мобільний застосунок Stethophone перебуває у вільному доступі. Його використання на території України безкоштовне, але його використання у межах пілотного запуску буде здійснюватися в обмін на відгук, що важливо для подальшого розвитку продукту.

Розглянемо приклади використання застосунку Stethophone та його можливості. Так, на рисунку 2 представлено порівняння традиційної осцилографічної візуалізації звуку та спектрограми, отриманої завдяки Stethophone. На обох зображеннях один і той самий серцевий цикл здорової людини, серцеві тони (перший і другий) у межах норми. На рисунку 2А зображено їх осциляційну фонокардіограму, а на рисунку 2В – ці самі тони в режимі спектральної фонокардіограми (перший і другий тони позначено T1 та T2 відповідно).

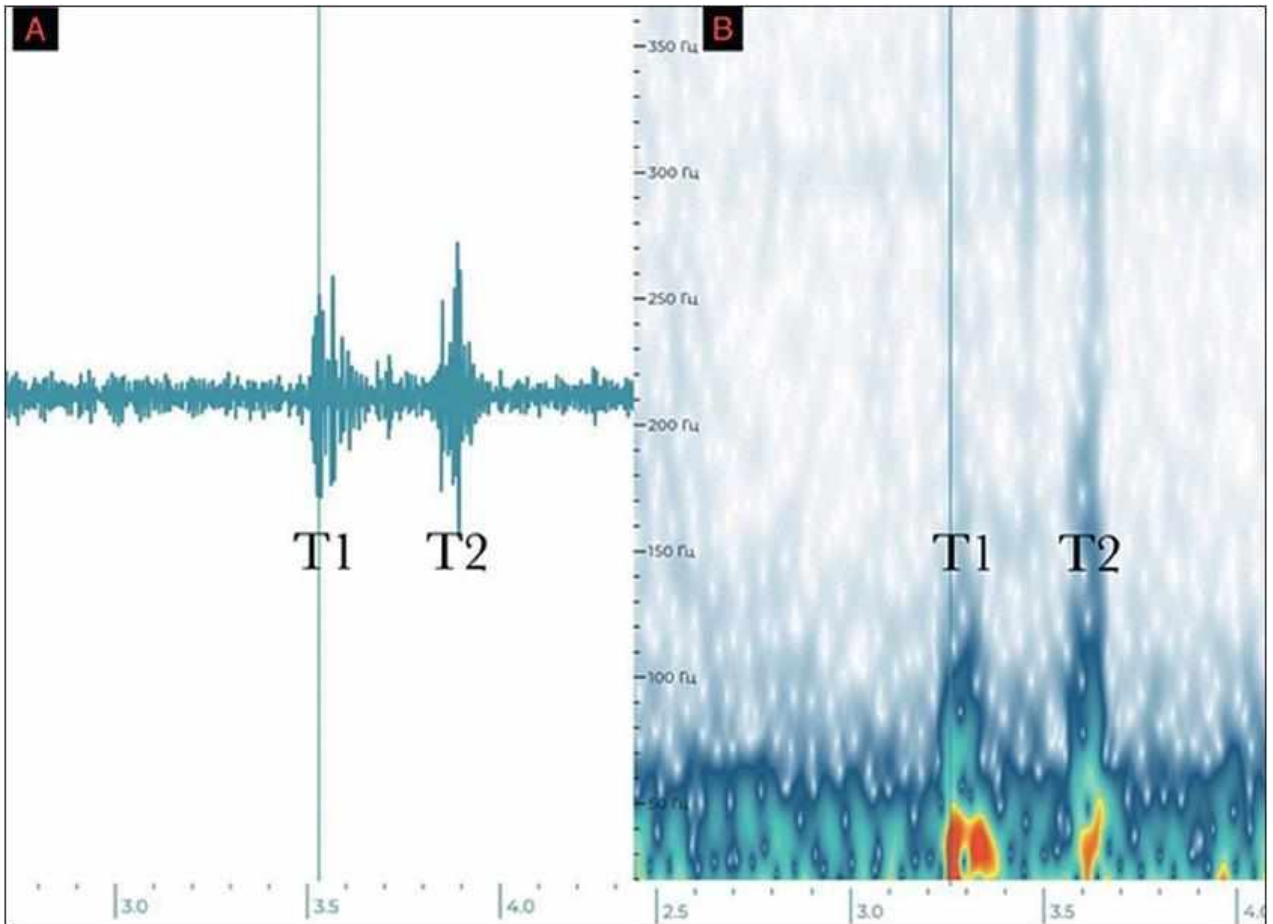


Рис. 2. Нормальні тони, порівняння двох способів візуалізації звуку: А – осциляційна фонокардіограма, В – спектрограма

Примітки: T_1 – перший тон, T_2 – другий тон. На обох графіках добре видно розщеплення обох тонів. На рисунку 3 представлено візуалізацію звуку, записаного на ділянці передньолатеральної поверхні шиї ліворуч (зокрема, над лівою загальною сонною артерією). Стрілками позначено виявлений судинний шум, який був чутний лікареві-клініцисту під час аускультатії та візуалізований на спектральній фонокардіограмі в застосунку. Подальше ультразвукове дослідження екстракраніальних судин підтвердило наявність гемодинамічно суттєвого стенозу лівої внутрішньої сонної артерії.

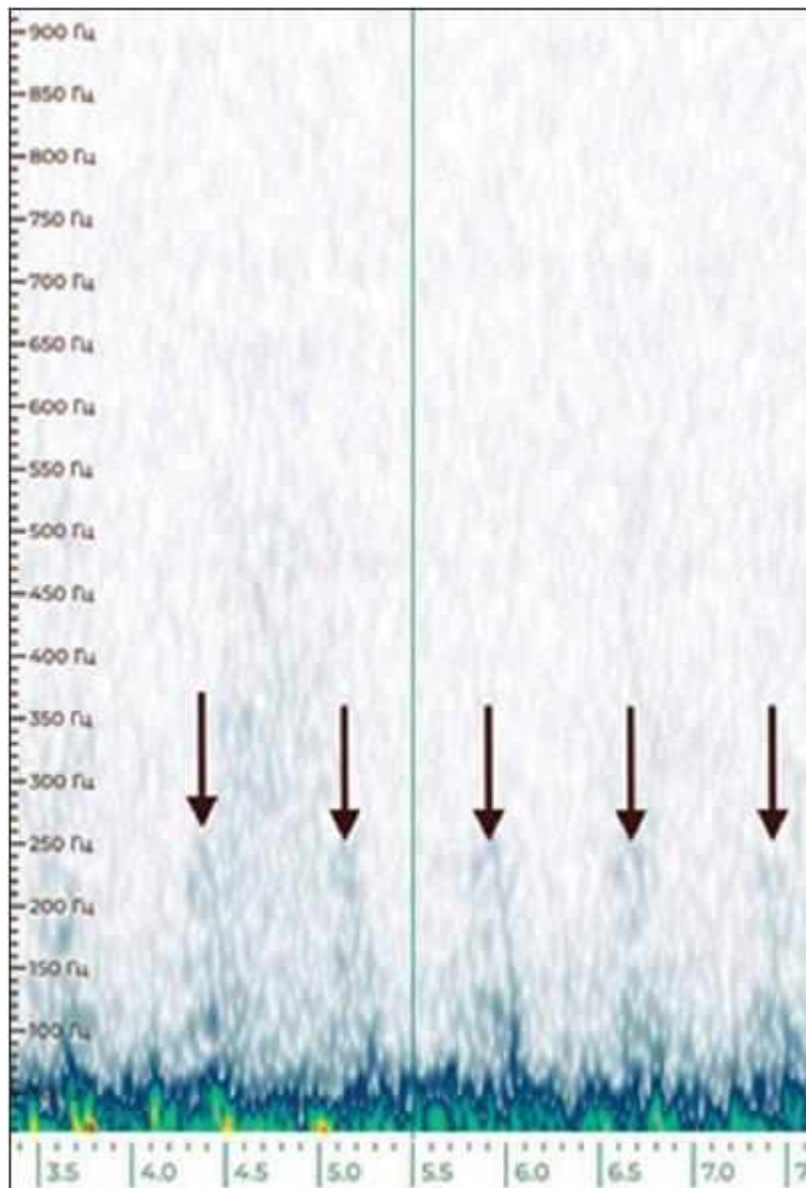


Рис. 3. Судинний шум (позначено стрілками) на спектрограмі звуку, записаного над лівою загальною сонною артерією

Примітка. Подальше обстеження виявило гемодинамічно суттєвий стеноз лівої внутрішньої сонної артерії. На рисунку 4 зображено спектрограму систолічного шуму, спричиненого стенозом аортального клапана. Запис виконано в прекардіальній ділянці. Спектрограма звуку є надзвичайно інформативною.

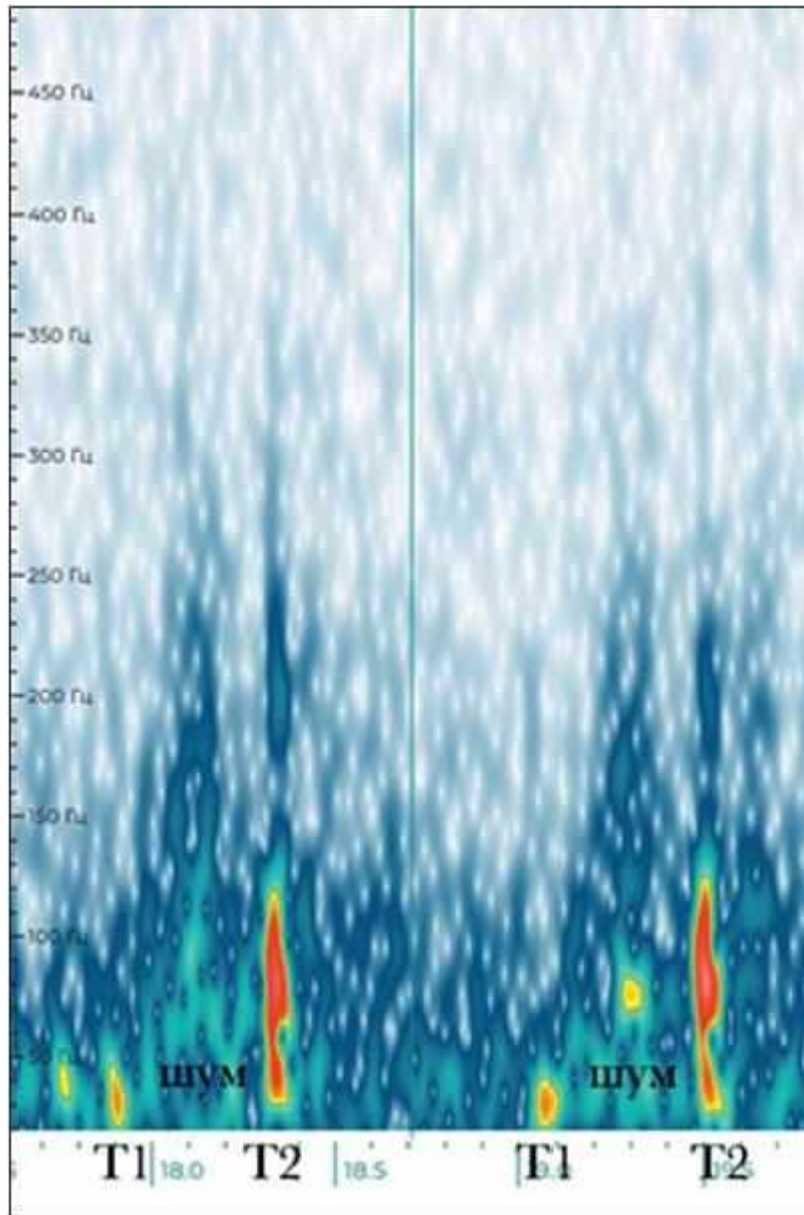


Рис. 4. Спектрограма звуку серця пацієнта з аортальним стенозом: T₁ – перший тон, T₂ – другий тон, шум – систолічний шум, спричинений аортальним стенозом

Як приклад на рисунку 5 представлено спектрограму звуку серця пацієнта з фібриляцією передсердь і помірним аортальним стенозом та доплерографію трансаортального кровоплину. Зверніть увагу на ідентичність контурів систолічного аортального кровоплину «§» на доплерограмі та спектрограмі шуму аортального стенозу, зумовленого тим самим кровоплином, а також на підсилення шуму після подовженої діастолі, що має діагностичне значення.

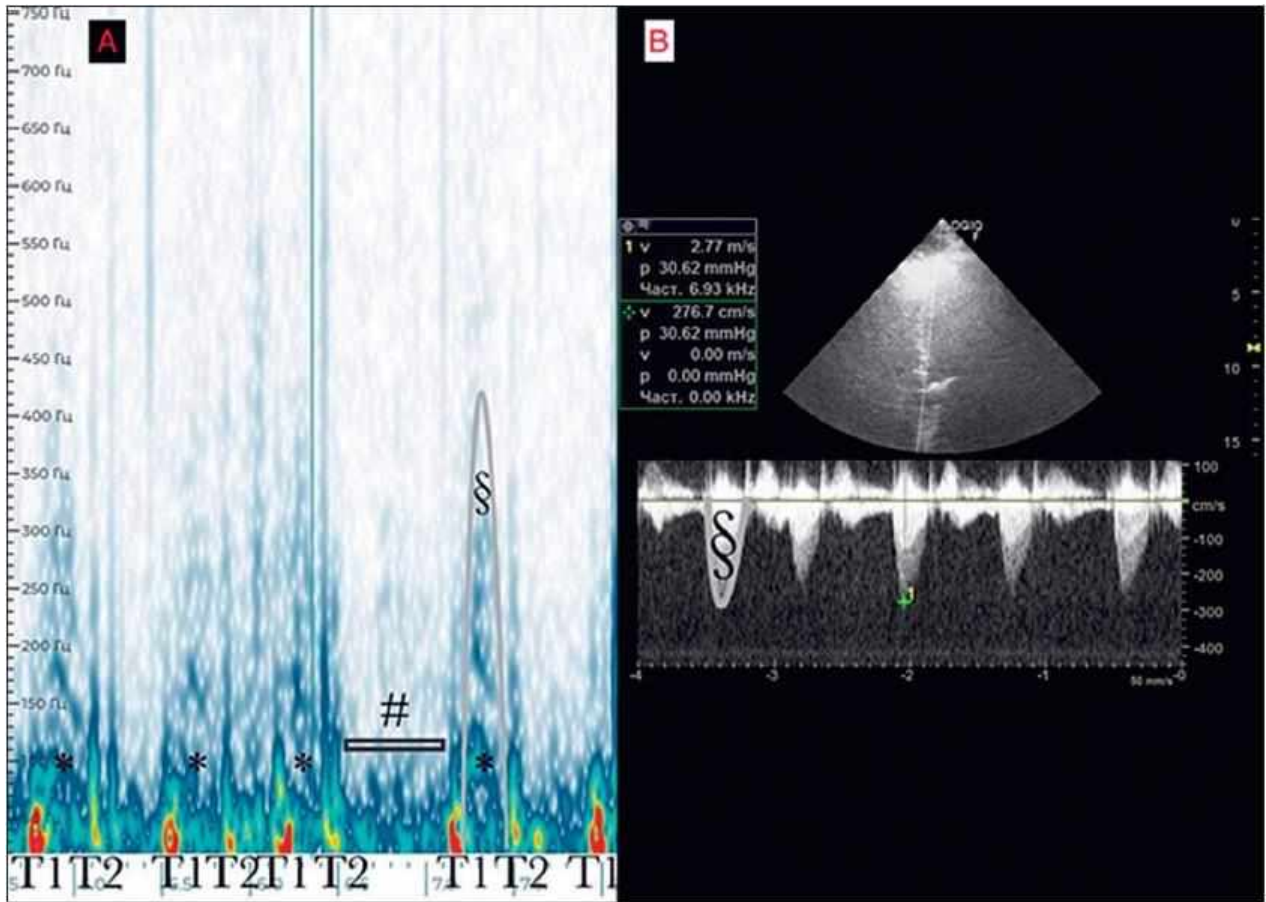


Рис. 5. Пацієнт із фібриляцією передсердь і помірним аортальним стенозом: спектрограма звуку серця (А) та безперервно хвильова доплерографія аортального клапана з апікального доступу в п'ятикамерній позиції (В)

Примітки: Т₁ – перший тон, Т₂ – другий тон, «*» систолічний шум помірного аортального стенозу, «#» – подовжена діастола, після якої систолічний шум «*» посилюється, «§» – контури спектра шуму вигнання на спектрограмі звуку та систолічного кровоплину через аортальний клапан на ультразвуковій доплерограмі.

Сьогодні аускультация залишається важливим швидким, рентабельним і широкодоступним інструментом діагностування як досвідченого лікаря-кардіолога, так і інтерна. Цифрові стетоскопи мають додаткові функції, які роблять метод аускультации інформативнішим і доступнішим: візуалізація звуку, архівація досліджень та ефективні методи частотної фільтрації. Можливість передавати миттєво на відстань звук, записаний пацієнтом самостійно, створює нові можливості для лікаря. Новий цифровий стетоскоп Stethophone, який є медичним виробом і мобільним застосунком для смартфонів iPhone, має високу доступність і водночас функції ідентичні наявним найкращим «залізним» моделям. Його портативність тотожна до смартфона, тому він може бути завжди з лікарем або з пацієнтом.

Ваш iPhone може слухати серце!

Канадська компанія "Sparrow Acoustics" запрошує вас взяти участь у пілотному запуску мобільного додатку **Стетофон**.

[Детальніше >>](#)

Література

1. Fuster V. The Stethoscope's Prognosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2016. Vol. 67, № 9. P. 1118-1119. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.01.005> [in English].
2. Sakula A. R T H laennec 1781-1826 his life and work: a bicentenary appreciation. *Thorax*. 1981. Vol. 36, № 2. P. 81-90. URL: <https://doi.org/10.1136/thx.36.2.81> [in English].
3. Tourtier J.P. et al. Auscultation in Flight: Comparison of Conventional and Electronic Stethoscopes. *Air Medical Journal*. 2011. Vol. 30, № . 3. P. 158-160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.amj.2010.11.009> [in English].
4. Chao C.-T., Maneetien N., Wang C.-J. On the construction of an electronic stethoscope with real-time heart sound de-noising feature.: 35th international conference on telecommunications and signal processing (TSP), Prague, Czech Republic, 3-4 July 2012. URL: <https://doi.org/10.1109/tsp.2012.6256349> [in English].
5. Leng S. et al. The electronic stethoscope *BioMedical Engineering OnLine*. 2015. Vol. 14, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12938-015-0056-y> [in English].

6. Solomon S.D., Saldana F. Point-of-Care ultrasound in medical education – stop listening and look. *New england journal of medicine*. 2014. Vol. 370, № 12. P. 1083-1085. URL: <https://doi.org/10.1056/nejmp1311944> [in English].
7. Tavel M.E. Cardiac auscultation. *Circulation*. 2006. Vol. 113, № 9. P. 1255-1259. URL: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.105.591149> [in English].
8. Bishop P.J. Evolution of the stethoscope. *Journal of the royal society of medicine*. 1980. Vol. 73, № 6. P. 448-456. URL: <https://doi.org/10.1177/014107688007300611> [in English].
9. Bernstein L. Heart doctors are listening for clues to the future of their stethoscopes. The Washington Post. Available at: URL: https://www.washingtonpost.com/national/health-science/heart-doctors-are-listening-for-clues-to-the-future-of-their-stethoscopes/2016/01/02/bd73b000-a98d-11e5-8058-480b572b4aae_story.html [in English].
10. Eko Devices. URL: <https://www.ekohealth.com>.
11. eKuore Pro. URL: <https://ekuore.com/human-health>.
12. Thinklabs. URL: <https://www.thinklabs.com/stethoscope-app>.
13. Ri-Sonic e-stethoscope. URL: <https://riester.de/products/stethoscopes/ri-sonic-electronic-stethoscope>.
14. Stethophone. URL: <https://sparrowbioacoustics.com>.