

АУСКУЛЬТАЦІЯ СЕРЦЯ: ПАРАДИГМА МОЖЛИВОСТЕЙ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ)

І.П. Катеренчук, С.Т. Рустамян

Полтавський державний медичний університет

Резюме. У публікації проведено аналіз наукових медичних джерел, у яких відображені основні етапи впровадження аускультатії серця в історичному аспекті. Проаналізовано зміни парадигми та визначення ролі аускультатії серця в можливостях розпізнавання різноманітних захворювань.

Аргументовано ренесанс аускультатії серця з використанням досягнень телемедицини та використання цифрових стетоскопів. На прикладі використання цифрової технології «Стетофон» продемонстровано спектрограми пацієнтів із клапанними вадами та порушеннями ритму серця.

Обговорюються можливості використання цифрової технології аускультатії серця «Стетофон» у лікувально-діагностичному та навчальному процесі, а також при проведенні наукових досліджень у клініці.

Ключові слова: аускультатія серця, стетоскоп, цифрові технології, стетофон.

Heart auscultation: a paradigm of possibilities and perspectives in use (literature review and results of own research)

I.P. Katerenchuk, S.T. Rustamian

Poltava State Medical University

Abstract. The publication analyzes the scientific medical sources, which reflect the main stages of the implementation of heart auscultation in a historical aspect. Paradigm changes and the definition of the role of heart auscultation in the possibilities of recognizing various diseases were analyzed.

The renaissance of cardiac auscultation using the advances in telemedicine and digital stethoscopes is argued. Spectrograms of patients with valvular defects and heart rhythm disorders are demonstrated on the example of using digital technology «Stethophone».

The possibilities of using the digital heart auscultation technology «Stethophone» in the medical and diagnostic, educational process, as well as during scientific research in the clinic are discussed.

Keywords: auscultation of the heart, stethoscope, digital technologies, stethophone.



Фізичне обстеження пацієнта в усі часи було наріжним каменем діагностичної та лікувальної допомоги, а в нинішніх умовах спостереження за загальним станом з одночасною аускультатцією серця з допомогою стетоскопа є загальноприйнятною технологією обстеження пацієнтів кардіологічного профілю [1-3].

Стетоскопи спочатку були розроблені для аускультатції грудної клітки пацієнта з метою прослуховування легеневих і серцевих тонів. Їх використання дозволяло провести ретельну оцінку серцево-судинної системи та встановити правильний діагноз [4].

Із часом завдяки впровадженню сучасних високоінформативних технологій обстеження пацієнтів (ехокардіоскопія, комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія) аускультатція серця почала втрачати своє значення. Лікарі рідше почали використовувати стетоскоп, менше уваги почали надавати набуттю навички вислуховування серця під час підготовки майбутніх лікарів у вищих медичних закладах освіти.

Однак розвиток телемедицини, з одного боку, і пандемія коронавірусної інфекції, з іншого боку, змусили переглянути ставлення до можливостей аускультатції серця і по-новому оцінити діагностичні можливості цього методу.

Впровадження телемедицини без прямого фізичного контакту, яке клініцисти вважають «святим Граалем» медичного спілкування, створило унікальні можливості дистанційного вислуховування серця, можливостей запису й аналізу звукових феноменів у серці та можливості передачі їх дистанційно.

Розуміючи специфіку різних доступних стетоскопів, медичні працівники можуть скористатися їхніми корисними властивостями для клінічних і освітніх цілей.

Пандемія COVID-19 також висвітлила унікальне застосування цифрових стетоскопів для телемедицини, що диктує доцільність обговорення можливостей використання сучасних цифрових стетоскопів, про що активно наголошується в низці зарубіжних публікацій із даної проблеми [5].

Обговорюється можливість використання цифрових стетоскопів для телемедицини на тлі постійного технологічного прогресу у сфері переносних датчиків і сучасних комунікаційних засобів, таких як 5G, а також можливість використання штучного інтелекту в аналізі спектрограм [6].

З огляду на постійну тенденцію розвитку технологій, розуміння переваг і обмежень, використання цифрового стетоскопа є важливою складовою діагностики, особливо в розпал пандемії і, що важливіше, для імовірних майбутніх криз у сфері охорони здоров'я, коли мобільність людей і ресурсів може бути обмеженою.

Мета роботи

Провести аналіз літератури щодо впровадження методики аускультатції серця в історичному аспекті та визначити переваги цифрового стетоскопа як сучасної технології аускультатції серця з можливостями запису й аналізу спектрограм.

Матеріал і методи дослідження

Проведено аналіз літературних джерел, наявних у вітчизняних та зарубіжних наукових виданнях із визначеної проблеми, а також проаналізовано можливості використання технології «Стетофон» у практичній діяльності.

Результати дослідження та їх обговорення

I. Аускультатція серця до створення стетоскопа. Аускультатція серця в нинішніх умовах є загальноприйнятим методом обстеження, який надає важливу клініко-діагностичну і прогностичну інформацію, одночасно оптимізуючи подальший вибір найбільш доцільних сучасних дороговартісних методів, особливо лікарями загальної практики.

Доступність нових діагностичних методів візуалізації серця (зокрема, доплерівської ехокардіографії, магнітно-резонансної томографії) останніми роками дещо зменшили важливість діагностичної цінності аускультатції. Інколи в повсякденній практичній діяльності сучасні лікарі, які ще під час навчання недостатньо засвоїли методику аускультатції серця, нехтують цією методикою, виконують її неналежним чином, що призводить до неточних і неповних оцінок змін у серці пацієнтів [7]. Однак, навіть за цих умов, аускультатція серця залишається важливим, економічно ефективним і поширеним підходом до попередньої клінічної оцінки змін у серці і встановлення правильного діагнозу.

Методика вислуховування змін у серці сягає ще до нашої ери. З часів Гіппократа (близько 460 – близько 370 р. до н. е.) лікарі виконували аускультатцію легеневих і серцевих тонів, прикладавши вухо безпосередньо до грудей пацієнта, ця техніка називалась «негайна аускультатція». Аускультативні феномени при гідропневмотораксі були одним із перших торакальних звуків, описаних Гіппократом. Він також описав шум тертя плеври («скрип, як нова шкіра») та інші типи аускультативних феноменів.

Римський лікар Целій Авреліан (V ст. н. е.), Леонардо да Вінчі (1452–1519), Амбруаз Паре (1510–1590), Джован Баттіста Морганьї (1682–1771), Герхард Ван Світен (1700–1772) та інші зацікавились аускультатцією серця.

Починаючи з XVII сторіччя аускультация все ширше починає використовуватись у повсякденній практичній діяльності (табл.).

II. Створення стетоскопа Лаеннеком – новий етап аускультации серця. «Негайна аускультация», яку використовували ще з часів Гіппократа, тривалий час була досить зручним методом дослідження дихальної системи, оскільки пряме прикладання вуха до грудної клітки дозволяло вислуховувати значну ділянку легень.

Технологія аускультации серця була далека від ідеальної з декількох причин. По-перше, існували певні проблеми при вислуховуванні тонів і шумів із невеликих прекардіальних зон, а по друге, важко було сприймати та інтерпретувати парафонічні звуки в пацієнтів з ожирінням. До того ж потрібно було дотримуватись пристойності, етичних та гігієнічних норм, особливо в молодих пацієнток, прикладаючи вуха до грудей.

Згідно з однією з версій, геніальна ідея створення приладу для вислуховування серця прийшла Лаеннеку під час медичного огляду молодої жінки, у якої були загальні симптоми захворювання серця. Щоб уникнути прикладання власного вуха до грудей пацієнтки, він щільно згорнув аркуш паперу в циліндр і приклав один кінець до грудей жінки, а інший – до свого вуха. За його словами, «був не мало здивований і радий, виявивши, що завдяки цьому я можу сприймати роботу серця набагато більш чітко й виразно, ніж я міг це зробити, безпосередньо приклавши вуха».

Протягом наступних трьох років Лаеннек експериментував із різними матеріалами, щоб зробити трубку, і нарешті вирішив створити порожнистий дерев'яний циліндр розміром 25 на 2,5 см. Згодом цей інструмент був вдосконалений у більш функціональний портативний пристрій із трьома знімними циліндрами. Так народився стетоскоп, перший медичний інструмент, який дозволяв проводити «опосередковану аускультацию».

Винахід Лаеннека ознаменував епохальний поворот, значно покращивши діагностичні можливості при клінічному обстеженні. На його відкриття значно вплинув французький клінічний емпіризм, дослідження Іпполіто Франческо Альбертіні, Джована Баттіста Моргані, Леопольда Ауенбруггера та Жана-Ніколя Корвізара, і це була природна еволюція нового клініко-патологічного методу, який вони запровадили, заснованого на обстеженні біля ліжка і патологічної анатомії та всупереч спекулятивній клінічній філософії.

Слово «стетоскоп» походить від грецького «stethos» – грудна клітка і «scopēin» – досліджувати; «аускультация» – слово, придумане самим Лаеннеком, походить від латинського «auscultare», що означає уважно слухати, а не просто слухати; «посередній» означав, що аускультация була не прямою, а опосередкована трубкою.

Лаеннек вивчав за допомогою свого стетоскопа серцеві та легеневі звуки приблизно 3000 пацієнтів, співвідносячи свої передсмертні спостереження з результатами розтину.

Таблиця.

Етапи впровадження аускультации серця

Автор	Заслуга
 Вільям Гарвей (1578–1657)	Уперше описав тони серця в <i>De Motu Cordis</i> : «З кожним рухом серця, коли відбувається доставка певної кількості крові з вен до артерій, виникає пульс», також порівнював серцеві тони з «двома стуками водяного міха, щоб підняти воду»
 Роберт Гук (1635–1703)	Секретар Лондонського королівського товариства, найбільш відомий завдяки закону Гука – був знайомий із звуками серця та передбачив корисність аускультации
 Джеймс Дуглас (1675–1742)	Співробітник Лондонського королівського товариства, почув сильний шум аортальної регургітації на деякій відстані від ліжка пацієнта
 Вільям Хантер (1718–1783)	Професор анатомії Королівської академії в Лондоні, описав хвилювання («особливий вібраційний рух») і шум («посиніння») артеріовенозної фістули
 Жан-Ніколя Корвізар (1755–1821)	Один із вчителів Лаеннека та лікар Наполеона, припустив можливість використання звуків, що виходять із внутрішніх органів, для діагностики захворювань
 Аллан Бернс (1781–1813)	Кардіолог і викладач анатомії та хірургії в Глазго, чітко й докладно описав серцеві шуми
 Гаспар-Лоран Бейль (1774–1816)	Навчив Лаеннека прямої аускультации, але учень вважав цю техніку незручною та часто соромною, особливо для жінок

У лютому 1818 року він представив результати свого дослідження в Académie de médecine, а в 1819 році опублікував перше видання свого шедевр у двох томах «De l'auscultation médiate ou Traité du Diagnostic des Maladies des Poumon et du Coeur», яких було надруковано понад 3500 примірників.

Джон Форбс (1787–1861) опублікував англійський переклад трактату в Лондоні в 1821 році та у Філадельфії в 1823 році. Німецький переклад твору було зроблено в 1822 році, а італійський переклад – у 1833 році. У 1826 році було випущено друге переглянуте видання трактату. Воно було опубліковано з майстерним обговоренням кореляції між стетоакустичними результатами та даними розтину.

Лаеннек ввів терміни, які з'явилися вперше в його роботі та використовуються досі: хрипи, крепітація, бронхофонія, щоб описати результати звукової симптоматики при аускультатії.

Аускультатія серця, якої навчав Лаеннек, мала великий успіх і в наступні роки стала вирішальним компонентом фізикального обстеження серця, особливо в часи значного поширення ревматичних вальвулопатій. Таким чином, вивчення особливостей тонів серця стало надзвичайно важливим для правильного діагнозу та клініко-патологічних кореляцій серцевих захворювань. Як і всі основні інновації, які передбачають радикальні зміни в повсякденній клінічній практиці, стетоскоп спочатку сприймався скептично науковою спільнотою того часу, і його широке використання відбулося лише пізніше. Численні паризькі студенти-медики поширювали новий інструмент скрізь, тому що багато лікарів приїхали до Парижа з усього світу, щоб навчитися аускультатії безпосередньо в Лаеннека.

У наступні роки стетоскоп Лаеннека був значно вдосконалений, завжди базуючись на оригінальних принципах його інструменту. У 1851 році Артур Ліред (1822–1879) винайшов бінауральний стетоскоп із двома навушниками, а в 1852 році Джордж Філіп Камманн (1804–1863) удосконалив конструкцію стетоскопа для комерційного виробництва, який потім став стандартом.

Кілька стетоскопів згодом було реалізовано зі зменшеною вагою та покращеним дизайном (із використанням гнучких гумових трубок) і оснащено дзвінком для аускультатії звуків низького тону та діафрагмою, щоб краще слухати гострі звуки.

Згодом простий стетоскоп перетвориться на складний цифровий пристрій.

III. Сьогодення аускультатії. Аускультатія серця – це техніка, при якій надійність інтерпретації досягається лише після тривалого, терплячого та ретельного клінічного тренування: результат аускультатії слід прослухати сотні разів, перш ніж його можна буде розпізнати та запам'ятати.

Однак компетентність цієї клінічної навички була значно знижена в останні десятиліття. Ще в 1963 році Гарольд Натан Сігал (1897–1990) припустив, що у 2016 році, після 200 років клінічного використання, класичний стетоскоп застаріє та буде замінений на нові електронні системи [8].

Покладання на технологію серцево-судинної діагностики, здається, зменшило важливість ретельного фізичного огляду біля ліжка, оскільки більш точну діагностичну інформацію можна отримати за допомогою новітніх інструментальних методів. Крім того, зараз менше ресурсів виділяється на навчання та практику цієї техніки.

Кілька робіт показали, що поточні навички фізичного обстеження, особливо аускультатії серця, студентів і практикуючих клініцистів є напрочуд недостатніми, що має значні наслідки для безпеки пацієнтів, прийняття медичних рішень і економічно ефективного лікування; крім того, набуті аускультативні здібності зменшуються, якщо їх недостатньо тренувати. Це означає необхідність вдосконалення викладання та практики цього важливого клінічного методу [9, 10].

Існує глобальне зниження загального рівня знань у фізичній діагностиці, як показало дослідження лікарів-терапевтів у Сполучених Штатах, Канаді та Англії, де правильна оцінка при аускультатії була зроблена лише у 22, 26 та 20% пацієнтів відповідно [11].

З іншого боку, важливим технологічним нововведенням стало впровадження кишенькових портативних ультразвукових пристроїв, здатних забезпечувати більш точний діагноз, ніж аускультатія серця, у пацієнтів із підозрою на захворювання серця. По суті, кілька досліджень продемонстрували перевагу такої практики, визначеної як «ультразвукове обстеження на місці». Цей підхід був би корисним для студентів-медиків, лікарів, які навчаються, лікарів загальної практики та лікарів невідкладної допомоги, які могли б якісно виконувати візуалізацію серця за менших витрат, зменшуючи додаткові тести [12–14]. Це ще раз підтвердило б важливість діагностики біля ліжка, хоча б і без стетоскопа, принаймні для обстеження серця.

Незважаючи на перевагу портативної ехокардіографії для виявлення багатьох аномалій серця та її потенційне використання різними операторами, досвід у цій галузі потребує спеціальної підготовки як для виконання, так і для інтерпретації [15]. Крім того, контрольоване рандомізоване паралельне групове дослідження з кишеньковим ультразвуком як допоміжним засобом для фізичної діагностики не показало більшої діагностичної точності, ніж традиційне фізичне обстеження серед лікарів-ординаторів, після 3-годинного тренінгу та 1 місяця незалежної практики, що свідчить про потребу в більш тривалому або більш інтенсивному навчанні для використання діагностичного потенціалу

таких пристроїв [16]. Подібним чином нещодавній систематичний огляд портативних ультразвукових сканерів у медичній освіті показав відсутність консенсусу щодо протоколів, які найкраще відповідають навчальним потребам студентів-медиків, відносно довгострокового впливу та погіршення навичок.

Оцінку серцево-судинної системи за допомогою кишенькових візуалізаційних пристроїв слід розглядати як невід'ємну частину фізичного огляду пацієнта, не замінюючи аускультативні інструменти слід використовувати для скринінгу або для доповнення та покращення аускультативних можливостей, оскільки вони самі по собі не дозволяють виконати повне ехокардіографічне дослідження [17]. УЗД і фізикальне обстеження є додатковими. Особлива і обов'язкова мета аускультативної серця полягає в тому, щоб поставити пацієнта в клінічну обстановку, у якій також повинні враховуватися результати ехокардіографії.

Нові методи навчання, такі як тренування слуху та повторне прослуховування, полегшують дійсну ідентифікацію шуму й діагностичне навчання, а портативний ультразвук може бути корисною підтримкою для навчання аускультативної [18].

IV. Майбутнє аускультативної. Розробка електронних і цифрових стетоскопів започаткувала нову еру комп'ютерної аускультативної. Цифровий стетоскоп, що складається з трьох різних модулів, які називаються збором даних, попередньою обробкою та обробкою сигналів, перетворює акустичні звуки в електронні сигнали, які можна додатково посилити для оптимізації аускультативної. Подальша оцифровка електронних сигналів дозволяє передавати звуки серця на персональний комп'ютер або ноутбук для автоматизованого аналізу, графічної візуалізації, зберігання та архівування. Крім того, кілька цифрових стетоскопів можуть через з'єднання Bluetooth бездротово передавати звуки серця до мережі віддаленої обробки, сприяючи розвитку та потенційним застосуванням телемедицини [19].

Останні дослідження свідчать про доцільність аускультативної серця на догоспітальному етапі з високою діагностичною точністю за допомогою смартфонів, хоча використовувані програми потребують подальшого вдосконалення [20].

Це використання має бути додатково підтверджено більш глибокими дослідженнями.

Цифровий стетоскоп, пригнічуючи навколишній шум і тертя, дозволяє лікарю вислуховувати серцеві та легеневі звуки максимально точно до оригіналу; це сприяє точнішій діагностиці на основі клінічної оцінки, що піддається кількісному вимірюванню, і тим самим кращому медичному обслуговуванню. Можливість автоматичної акустичної інтерпретації відкриває інтригуючі майбутні сценарії не лише в діагностиці серцево-судинної

системи, але й у покращенні клінічного навчання біля ліжка.

Нарешті, лікарі з втратою слуху – майже 100% практикуючих лікарів старше за 60 років – можуть отримати користь від електронних стетоскопів [21]. Нові інтелектуальні системи комп'ютерної діагностики (інтелектуальна фонокардіографія), що ґрунтуються на аналізі звукових сигналів серця, використовуються для діагностики різних захворювань серця (фібриляція передсердь, аортальна регургітація, мітральна регургітація, нормальний звук, легеневий стеноз, дефект міжшлуночкової перегородки, дитячі захворювання серця та оцінка стенозу аортального клапана) [22-24].

Акустична кардіографія, неінвазивний і менш залежний від оператора метод, дозволяє отримати детальну інформацію про систолічну та діастолічну функцію лівого шлуночка з комп'ютеризованою інтерпретацією. Може застосовуватися в пацієнтів із серцевою недостатністю, ішемією, аритміями. Її застосування включає інші захворювання, такі як апное уві сні, констриктивний перикардит і гіпертрофія лівого шлуночка. Це також економічно ефективний інструмент для спостереження за серцевою недостатністю як вдома, так і в лікарні [25-27].

Інноваційні репрезентації звуків за допомогою фоно- та спектрограм надають важливу допомогу не лише в діагностиці, а й у педагогічній практиці і педагогіці.

V. Стетофон – нова інноваційна технологія аускультативної серця. Ми на підставі Меморандуму про спільну роботу з корпорацією SPARROW ACOUSTICS INC щодо популяризації впровадження сучасної телемедицинської технології та використання медичного виробу «Стетофон» (Stethophone) в освітній і науковій діяльності впровадили цифрову технологію аускультативної серця.

Завдяки потенціалу широкомасштабного впровадження Stethophone має здатність революціонізувати діагностичні практики та покращити результати лікування пацієнтів. Компанія Sparrow BioAcoustics отримала дозвіл від Управління харчових продуктів і медикаментів США на запуск програми Stethophone. Це інноваційне програмне забезпечення перетворює звичайні смартфони на високочутливі медичні стетоскопи, революціонізуючи спосіб виявлення серцевих і легневих симптомів. Використовуючи вдосконалену акустичну обробку, Stethophone відкриває нові можливості для широкомасштабної швидкої діагностики, незалежно від місця розташування чи медичних ресурсів. Розкриваючи потужність звуку, Stethophone використовує передові алгоритми обробки звуку, щоб оснастити смартфони чудовими можливостями прослуховування серця та легенів. Його відмінність полягає в

простоті – немає додаткових пристроїв для підключення та заряджання. Просто приклавши смартфон до грудей пацієнта, медичні працівники можуть вловити складні звуки серця

та легенів, отримуючи важливу діагностичну інформацію без особливих зусиль.

На рис. 1-4 відображено сканограми звукової характеристики серця при ураженнях клапанного апарату серця та порушеннях серцевого ритму.

Рисунок 1.

Систолічний шум та екстрасистола в пацієнта з набутою аортальною вадою серця



Рисунок 2.

Сканограма цього самого пацієнта після протезування аортального клапана



Рисунок 3.

Сканограма пацієнта з гіпертрофічною кардіоміопатією

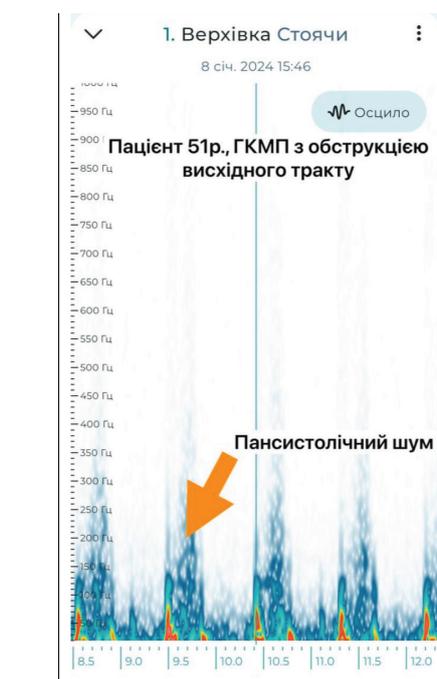


Рисунок 4.

Сканограма пацієнта з відновленим синусовим ритмом після електроімпульсної терапії



Що дає використання стетосфону?

Сімейному лікарю:

- можливість правильно оцінити особливості звукової симптоматики в серці і легенях;
- можливість безпечного для лікаря обстеження пацієнта при масових інфекційних захворюваннях;
- можливість проконсультувати характер звукової симптоматики у висококваліфікованих спеціалістів;
- можливість порівнювати зміни звукової симптоматики в часовому режимі;
- оптимізувати ефективність лікувально-профілактичних заходів.

Пацієнту:

- у будь-який час доби записати мелодію власного серця і направити її сімейному лікарю;
- ефективно відстежувати ритм серцевої діяльності та його зміни і за потреби терміново надавати інформацію сімейному лікарю;
- відстежувати часові зміни звукової симптоматики для прийняття оптимальних рекомендацій;
- можливість надавати цінну інформацію лікарю без відвідування лікувального закладу (особливо в період масових інфекційних захворювань).

Викладачу закладу медичної освіти:

- можливість повторно багаторазово прослуховувати особливості звукової симптоматики та демонструвати здобувачам освіти;
- проводити спектральний аналіз звукової симптоматики в наукових дослідженнях;
- покращити якість освітнього процесу завдяки впровадженню нової інноваційної технології.

Висновки

Клінічна аускультация, незважаючи на її обмеження, залишається важливою та економічно ефективною методикою скринінгу для діагностики серцево-судинних захворювань і все ще є важливою для лікаря. Правильно проведене фізикальне обстеження дозволяє належним чином виявити більшість структурних аномалій серця або оцінити їх у диференційній діагностиці.

Результати аускультации надають важливу прогностичну інформацію та скеровують лікарів у рекомендаціях відповідних обстежень, обмежуючи подальші дорогі тести. Часто надмірна спеціалізація призводить до того, що студенти та молоді лікарі не помічають важливості клінічних навичок і надмірно наголошують на використанні дорогих високотехнологічних методів діагностики, зменшуючи їхню клінічну спроможність, яка натомість має залишатися однією з найважливіших цінностей, отриманих під час навчання. Відсутність органічного викладання аускультации та її неадекватна практика негативно впливають на клінічну компетентність лікарів у навчанні, також відображаючи знижений академічний інтерес до фізичної семіотики. Медичне моделювання може бути ефективним навчальним інструментом у навчанні та поглибленні аускультации.

Нааявність інноваційних зображень звуків за допомогою фоно- та спектрограм є важливою підмогою в діагностиці, у педагогічній практиці й педагогіці.

Технологічні інновації, незважаючи на їх безсумнівну цінність, повинні доповнювати, а не витіснити повне медичне обстеження; клінічна аускультация залишається важливим і економічно ефективним методом скринінгу для лікарів у кардіореспіраторній діагностиці. В аускультации серця є майбутнє, а стетоскоп же не став медичною реліквією.

Список використаної літератури

1. Dornbush S, Turnquest AE. *Physiology, Heart Sounds*. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541010/>
2. Montinari MR, Minelli S. *The first 200 years of cardiac auscultation and future perspectives*. *J Multidiscip Healthc*. 2019 Mar 6;12:183-189. doi: 10.2147/JMDH.S193904. PMID: 30881010; PMCID: PMC6408918.
3. Davidsen AH, Andersen S, Halvorsen PA, et al. *Diagnostic accuracy of heart auscultation for detecting valve disease: a systematic review* *BMJ Open* 2023;13:e068121. doi: 10.1136/bmjopen-2022-068121.
4. Swarup S, Makaryus AN. *Digital stethoscope: technology update*. *Med Devices (Auckl)*. 2018 Jan 4;11:29-36. doi: 10.2147/MDER.S135882. PMID: 29379321; PMCID: PMC5757962.
5. Or Haskel, Edward Itelman, Eyal Zilber, Galia Barkai, Gad Segal. *Remote Auscultation of Heart and Lungs as an Acceptable Alternative to Legacy Measures in Quarantined COVID-19 Patients – Prospective Evaluation of 250 Examinations*. *Sensors*. 2022;22(9):3165; <https://doi.org/10.3390/s22093165/>
6. Arjoun Y, Nguyen TN, Doroshov RW, Shekhar R. *Technical characterisation of digital stethoscopes: towards scalable artificial intelligence-based auscultation*. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 2023 Apr;47(3):165-178. DOI: 10.1080/03091902.2023.2174198. PMID: 36794318; PMCID: PMC10753976.
7. Mookherjee S, Pheatt L, Ranji SR, Chou CL. *Physical examination education in graduate medical education—a systematic review of the literature*. *J Gen Intern Med*. 2013 Aug;28(8):1090-9. doi: 10.1007/s11606-013-2380-x. PMID: 23568186; PMCID: PMC3710393.
8. Segall HN. *Cardiovascular sound and the stethoscope, 1816 to 2016*. *Can Med Assoc J*. 1963 Feb 9;88(6):308-18. PMID: 13987676; PMCID: PMC1921048.
9. Mangione S. *The teaching of cardiac auscultation during internal medicine and family medicine training – a nationwide comparison*. *Acad Med*. 1998 Oct;73(10 Suppl):S10-2. doi: 10.1097/00001888-199810000-00030. PMID: 9795637.
10. Roelandt JR. *The decline of our physical examination skills: is echocardiography to blame?* *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014 Mar;15(3):249-52. doi: 10.1093/ehjci/jet195. Epub 2013 Nov 25. PMID: 24282219.

11. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001 Feb 15;110(3):210-6. doi: 10.1016/s0002-9343(00)00673-2. PMID: 11182108.
12. Mehta M, Jacobson T, Peters D, Le E, Chadderdon S, Allen AJ, Caughey AB, Kaul S. Handheld ultrasound versus physical examination in patients referred for transthoracic echocardiography for a suspected cardiac condition. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014 Oct;7(10):983-90. doi: 10.1016/j.jcmg.2014.05.011. Epub 2014 Sep 17. PMID: 25240450.
13. Panoulas VF, Daigeler AL, Malaweera AS, Lota AS, Baskaran D, Rahman S, Nihoyannopoulos P. Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013 Apr;14(4):323-30. doi: 10.1093/ehjci/jes140. Epub 2012 Jul 24. PMID: 22833550.
14. Kaul S. Is it Time to Replace Physical Examination with a Hand-Held Ultrasound Device? *J Cardiovasc Echogr.* 2014 Oct-Dec;24(4):97-102. doi: 10.4103/2211-4122.147199. PMID: 28465916; PMCID: PMC5353562.
15. Chamsi-Pasha MA, Sengupta PP, Zoghbi WA. Handheld Echocardiography: Current State and Future Perspectives. *Circulation.* 2017 Nov 28;136(22):2178-2188. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.026622. PMID: 29180495.
16. Ojeda JC, Colbert JA, Lin X, McMahon GT, Doubilet PM, Benson CB, Wu J, Katz JT, Yialamas MA. Pocket-sized ultrasound as an aid to physical diagnosis for internal medicine residents: a randomized trial. *J Gen Intern Med.* 2015 Feb;30(2):199-206. doi: 10.1007/s11606-014-3086-4. Epub 2014 Nov 12. PMID: 25387438; PMCID: PMC4314490.
17. Sicari R, Galderisi M, Voigt JU, Habib G, Zamorano JL, Lancellotti P, Badano LP. The use of pocket-size imaging devices: a position statement of the European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011 Feb;12(2):85-7. doi: 10.1093/ejehocard/jeq184. Epub 2011 Jan 7. PMID: 21216764.
18. Barrett MJ, Mackie AS, Finley JP. Cardiac Auscultation in the Modern Era: Premature Requiem or Phoenix Rising? *Cardiol Rev.* 2017 Sep/Oct;25(5):205-210. doi: 10.1097/CRD.0000000000000145. PMID: 28786895.
19. Leng S, Tan RS, Chai KT, Wang C, Ghista D, Zhong L. The electronic stethoscope. *Biomed Eng Online.* 2015 Jul 10;14:66. doi: 10.1186/s12938-015-0056-y. PMID: 26159433; PMCID: PMC4496820.
20. Kang SH, Joe B, Yoon Y, Cho GY, Shin I, Suh JW. Cardiac Auscultation Using Smartphones: Pilot Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2018 Feb 28;6(2):e49. doi: 10.2196/mhealth.8946. PMID: 29490899; PMCID: PMC5853766.
21. Rabinowitz P, Taiwo O, Sircar K, Aliyu O, Slade M. Physician hearing loss. *Am J Otolaryngol.* 2006 Jan-Feb;27(1):18-23. doi: 10.1016/j.amjoto.2005.05.014. PMID: 16360818.
22. Sepehri AA, Kocharian A, Janani A, Gharehbaghi A. An Intelligent Phonocardiography for Automated Screening of Pediatric Heart Diseases. *J Med Syst.* 2016 Jan;40(1):16. doi: 10.1007/s10916-015-0359-3. Epub 2015 Oct 30. PMID: 26573653.
23. Gharehbaghi A, Sepehri AA, Lindén M, Babic A. Intelligent Phonocardiography for Screening Ventricular Septal Defect Using Time Growing Neural Network. *Stud Health Technol Inform.* 2017;238:108-111. PMID: 28679899.
24. Gharehbaghi A, Ekman I, Ask P, Nylander E, Janerot-Sjöberg B. Assessment of aortic valve stenosis severity using intelligent phonocardiography. *Int J Cardiol.* 2015 Nov 1;198:58-60. doi: 10.1016/j.ijcard.2015.06.126. Epub 2015 Jul 2. PMID: 26151715.
25. Wang S, Liu M, Fang F, Shang Q, Sun JP, Sanderson JE, Yu CM. Prognostic value of acoustic cardiography in patients with chronic heart failure. *Int J Cardiol.* 2016 Sep 15;219:121-6. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.06.004. Epub 2016 Jun 11. PMID: 27323336.
26. Zuber M, Erne P. Acoustic cardiography to improve detection of coronary artery disease with stress testing. *World J Cardiol.* 2010 May 26;2(5):118-24. doi: 10.4330/wjc.v2.i5.118. PMID: 21160713; PMCID: PMC2998883.
27. Erne P, Resink TJ, Mueller A, Coslovsky M, Kobza R, Conen D, Bauer P, Arand P. Use of acoustic cardiography immediately following electrical cardioversion to predict relapse of atrial fibrillation. *J Atr Fibrillation.* 2017 Jun 30;10(1):1527. doi: 10.4022/jafib.1527. PMID: 29250219; PMCID: PMC5673325.

Для цитування: Катеренчук ІП, Рустамян СТ. Аускультация сердца: парадигма возможностей і перспективи використання (огляд літератури і результати власних досліджень) // *Терапевтика / імені професора М.М. Бережницького.* 2023;4(4):5-12. DOI: 10.31793/2709-7404.2023.4-4.5.

Адреса для листування: Катеренчук Іван Петрович, ikaterenchuk@ukr.net; Полтавський державний медичний університет, Полтава, вул. Шевченка, 23, 36001, Україна.

Відомості про авторів: Катеренчук Іван Петрович, д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри внутрішньої медицини № 2 Полтавського державного медичного університету. ORCID: 0000-0003-3765-4895. Рустамян Сатенік Тігранівна, докторка філософії в галузі «Медицина», асистентка кафедри внутрішньої медицини № 2 Полтавського державного медичного університету. ORCID: 0000-0003-4348-6365.

Особистий внесок: Катеренчук І.П. – концепція публікації, добірка публікацій із питань аускультатії серця; аналіз літературних джерел, написання статті; Рустамян С.Т. – добірка публікацій, підготовка і вибір сканограм, участь у редагуванні статті.

Фінансування: Стаття підготовлена в рамках самофінансування.

Декларація з етики: Автори задекларували відсутність конфлікту інтересів і фінансових зобов'язань.

Проходження статті: Надійшла до редакції 04.12.2023 р.; прийнята на друкування 11.12.2023 р.; надрукована 29.12.2023 р.

For citation: Katerenchuk IP, Rustamiyan ST. Heart auscultation: a paradigm of possibilities and perspectives in use (literature review and results of own research) // *Therapeutics / named after professor M.M. Berezhnyskyi.* 2023;4(4):5-12. DOI: 10.31793/2709-7404.2023.4-4.5.

Correspondence address: Katerenchuk Ivan Petrovych, ikaterenchuk@ukr.net; Poltava State Medical University, Shevchenko str., 23, Poltava, 36001, Ukraine.

Information about the authors: Katerenchuk Ivan Petrovych, Dr. Med. Sciences, professor, head of the Department of Internal Medicine No. 2 of the Poltava State Medical University. ORCID: 0000-0003-3765-4895. Rustamian Satienik Tigranivna, PhD in the field of «Medicine», assistant of the Department of Internal Medicine No. 2 of the Poltava State Medical University. ORCID: 0000-0003-4348-6365.

Personal contribution: Katerenchuk IP – publication concept, a selection of publications on heart auscultation; analysis of literary sources, writing articles; Rustamian ST – selection of publications, preparation and selection of scanograms, participation in editing the article.

Funding: The article was prepared as part of self-financing.

Declaration of Ethics: The authors declare no conflict of interest or financial obligations.

Article: Received 4 December 2023; accepted 11 December 2023; published 29 December 2023.