

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра пропедевтики внутрішніх хвороб

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за спеціальністю І2 Медицина

на тему:

**СУЧАСНІ АУСКУЛЬТАТИВНІ ПІДХОДИ В КЛІНІЦІ ВНУТРІШНІХ
ХВОРОБ**

Виконав:

здобувач вищої освіти VI курсу, 25
групи, медичного факультету,
спеціальність І2 «Медицина»
денна форма здобуття вищої освіти
ПОТОЧНЯК Віталій Романович

Керівник:

зав. кафедри пропедевтики
внутрішніх хвороб, д.мед.наук,
професор
ІЛАЩУК Тетяна Олександрівна

Рецензенти:

зав. кафедри клінічної імунології,
алергології та ендокринології,
д.мед.наук, професор
ПАШКОВСЬКА Наталія Вікторівна

зав. кафедри внутрішньої медицини,
фізичної реабілітації, спортивної
медицини, д.мед.наук, професор
ТАЩУК Віктор Корнійович

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Історія виникнення та розвитку аускультації	6
1.2. Характеристика нормальних та патологічних легеневих шумів	11
1.3. Класифікація серцевих шумів	14
1.4. Актуальність та сучасне використання аускультації	14
1.5. Негативні сторони класичної аускультації	17
1.6. Інновації та новітні методи аускультації	18
1.7. Висновки розділу	20
РОЗДІЛ 2. МЕТА, ЗАВДАННЯ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1. Мета та завдання дослідження	23
2.2. Матеріали та методи дослідження	23
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
3.1. Характеристика вибірки учасників дослідження	25
3.2. Оцінка якості сприйняття аускультативних звуків в нормі. Порівняння якості звуків при використанні різних методів	28
3.3. Оцінка легкості інтерпретації звуків при аускультації справжніх пацієнтів	31
3.4. Характеристика респондентів, які взяли участь в другому етапі дослідження	35
3.5. Аналіз навичок респондентів до виявлення патологічних шумів за допомогою стетофонендоскопа	36
3.6. Аналіз ефективності симуляційного тренажера у відтворенні та розпізнаванні патологічних аускультативних шумів	39
3.7. Аналіз ефективності додатку “Stethophone” у відтворенні та розпізнаванні патологічних аускультативних шумів	42

3.8. Суб'єктивна оцінка ефективності методів аускультації у формуванні клінічної навички	45
3.9. Рекомендації на майбутнє: перспективи цифрових технологій у навчанні аускультації	49
РОЗДІЛ 4. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ АУСКУЛЬТАЦІЇ В НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ МЕДИКІВ: КЛІНІЧНІ СЦЕНАРІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ДОДАТКУ “STETHOPHONE”	53
Аналіз та узагальнення результатів дослідження	56
Загальні висновки	59
Список використаних джерел	61

ВСТУП

Формування клінічних навичок у студентів медичних закладів вищої освіти є ключовим компонентом професійної підготовки лікаря. Однією з базових навичок у загальній клінічній практиці виступає аускультация — метод фізикального обстеження, що дозволяє виявляти як нормальні, так і патологічні звуки серцево-судинної та дихальної систем. Ефективне оволодіння цим методом вимагає не лише теоретичних знань, а й багаторазового практичного відпрацювання, що у звичних умовах реалізується через роботу з пацієнтами та використання фонендоскопа в клінічному середовищі.

Однак у зв'язку з пандемією COVID-19, а згодом — із початком повномасштабного вторгнення в Україну, система медичної освіти зазнала істотних змін. Обмеження доступу до лікарень і клінічної практики зумовили необхідність активного впровадження дистанційних та змішаних форм навчання. У цих умовах особливої актуальності набули симуляційні та цифрові технології, серед яких — клінічні манекени та мобільні додатки, призначені для моделювання аускультативних сценаріїв. Такі засоби дозволяють підтримувати рівень практичної підготовки студентів, попри складні зовнішні обставини.

Водночас, активне впровадження нових підходів у навчання потребує наукового обґрунтування та оцінки їхньої ефективності в порівнянні з класичними методами. Необхідним є аналіз того, як студенти сприймають звуки за допомогою різних інструментів, наскільки легкою є їхня інтерпретація, та які чинники впливають на успішність формування клінічної навички аускультации. Це дозволяє виявити сильні та слабкі сторони кожного з підходів і розробити оптимальні стратегії навчального процесу.

Об'єктом даного дослідження виступає процес формування навичок аускультации в умовах сучасної медичної освіти. Предметом — методи та засоби, які використовуються для навчання аускультации студентів, зокрема традиційна аускультация, симуляційні тренажери та цифрові додатки. Метою дослідження є порівняння ефективності зазначених підходів з точки зору їх впливу на якість засвоєння аускультативних знань і навичок. Відповідно до цієї мети, поставлено

завдання проаналізувати освітній контекст, вивчити досвід студентів із різними інструментами, оцінити їхні переваги та обмеження, а також визначити напрямки удосконалення навчального процесу на основі отриманих даних.

Таким чином, дослідження ґрунтується на актуальній освітній проблематиці, має прикладне значення й спрямоване на підвищення якості підготовки майбутніх лікарів в умовах динамічних змін сучасного світу.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Історія виникнення та розвитку аускультатії

Аускультатія - це один із методів фізикального обстеження, який відіграє ключову роль у діагностиці внутрішніх захворювань. Від моменту, коли цей метод був вперше представлений Рене Лаєннеком на початку XIX століття, аускультатія постійно розвивалася, і сьогодні вона є важливою складовою клінічної медицини. Однак, зі зростанням можливостей технологій та розвитком новітніх медичних засобів діагностики, класична аускультатія зіткнулася з новими викликами і, водночас, з новими перспективами. Огляд літератури на тему сучасних аускультативних підходів є необхідним для розуміння еволюції цього методу та його значення у сучасній клініці внутрішніх хвороб.

Що ж малось на увазі під словом “аускультатія” в історичному контексті? Згідно Циклопедії (1728 рік) - слово аускультатія, пішло від латинського слова *auscultare* (слухати), яким в свою чергу в часи середньовіччя називали особу, в обов’язки якої входило слухати, як ченці читають молитви, яка навчала правильно їх виконувати, перед тим, як ченці допускались до публічних читань цих молитов.

В медицині, цей термін почав означати сучасне тлумачення цього слова на початку XIX століття, до цього - лікарі використовували термін “пряма аускультатія” або ж “вислуховування”. У Стародавньому Єгипті і Греції медики приділяли увагу звукам тіла, хоча такі спостереження не були формалізовані. Грецький лікар Гіппократ (бл. 460–370 р. до н.е.) одним з перших почав застосовувати метод прямої аускультатії для діагностики захворювань грудної клітки та дихальної системи. Цей метод отримав назву **"pectoriloquy"** — коли лікар прикладав вухо до грудної клітки пацієнта, намагаючись почути зміни в диханні, які могли свідчити про накопичення рідини або патологічні процеси в легенях. У працях Гіппократа описано ідею, що звуки, які видає тіло, можуть бути корисними для діагностики, проте тоді ще не було достатньо знань для

більшій деталізації методу. У середньовічній Європі застосування аускультатії не набуло поширення. Медики частіше поклалися на зовнішні ознаки захворювань та аналіз «гуморів» (крові, слизу, жовтої та чорної жовчі), відповідно до гуморальної теорії. Водночас деякі арабські лікарі, такі як Авіценна (Ібн Сіна, 980–1037), відзначали в своїх працях значення прослуховування дихання та звуків серця, однак методи залишалися обмеженими і не мали системного характеру.

Отже, пряма аускультатія - це один із методів обстеження пацієнта, для проведення якого використовувалось вухо лікаря, яке він прикладав безпосередньо до “ураженої” ділянки, намагаючись за допомогою власного слуху визначити наявність певних відхилень від норми. Використання аускультатії як самостійного методу залишалося рідкісним. Пряме прикладання вуха до грудної клітки мало значні недоліки: через низьку якість прослуховування звуків лікарі часто не могли виявити серйозні патології. Окрім того, пряма аускультатія створювала незручності для пацієнта, особливо у випадках з жінками, що також обмежувало застосування методу.

Сучасне розуміння слова “аускультатія” було започатковане французьким лікарем Ране Ласеннеком у 1816 році, коли під час одного із обстежень пацієнта, Ране проводив пряму аускультатію грудної клітки хворого, і для того, щоб “відокремити” одні звуки від інших - лікар взяв шматок паперу, скрутив його в трубку і приклав до місця проекції легень. На здивування Ране - він чітко прослухав відмежовані легеневі шуми від всіх інших шумів організму. Після цього випадку він удосконалив свій інструмент, створивши перший дерев'яний стетоскоп. Це спонукало лікаря провести дослідження цієї теми, та записувати всі етапи та висновки своїх досліджень. Після трьох річного дослідження, Ране виклав всі свої напрацювання в книзі **"De l'auscultation médiate, ou Traité du diagnostic des maladies des poumons et du coeur."** Paris: J.-A. Brosson et J.-S. Chaudé, 1819 [1]. В цій книзі - автор описав зміни в легенях та серці, які визначаються під час різних патологій під час аускультатії та відмінності з нормою. Також важливою особливістю книги є те, що вона була поділена на

кілька розділів:

- 1) Основні принципи аускультатії - метод посереднього прослуховування звуків тіла за допомогою стетоскопа.
- 2) Класифікація звуків - Лаєннек створив першу класифікацію звуків, що виникають у грудній клітці, такі як хрипи, крепітація, свистячі та булькаючі звуки, і звуки тертя плеври. Він також ввів такі терміни, як "бронхофонія", щоб позначити особливі звукові явища, пов'язані з різними патологіями легень.
- 3) Аускультатія серця та легенів - дослідник розділив методику аускультатії залежно від органу, який прослуховується. Він описав, які звуки характерні для різних захворювань серця (наприклад, ендокардиту, шумів клапанів) та легень (туберкульозу, пневмонії, набряку легень).
- 4) Клінічні випадки - він описав клінічні спостереження та досвід застосування аускультатії на пацієнтах, що дало йому змогу систематизувати знання про звуки, що супроводжують певні захворювання.

Ця робота Ранне Лаєннека стала каталізатором початку проведення досліджень цього методу діагностики, та поширенням використанням аускультатії, як одного із основних методів дослідження. Протягом кількох десятиліть лікарі експериментували з різними формами і матеріалами для стетоскопів, намагаючись створити більш досконалий прилад, який би краще передавав звуки органів. У 1852 році Джордж Філіп Камманн, працюючи в Нью-Йорку, вперше розробив бінауральний стетоскоп - пристрій з двома гнучкими трубками, який дозволяв лікарю слухати звуки обома вухами одночасно. Камманн приділив особливу увагу якості та гнучкості трубок, що дало змогу забезпечити чіткіший звук і кращу якість прослуховування. Також у 1852 році доктор Остін Флінт опублікував своє ЕСЕ «Про варіації висоти перкусії та дихальних звуків та їх застосування для фізичної діагностики», у якому описав свій досвід проведення аускультатії грудної клітки. Спочатку доктор Флінт був стурбований тим, що передача звуків бінауральним стетоскопом буде послаблена, і що його переваги не будуть оцінені без значної практики. У своєму тексті «Фізичне дослідження та діагностика захворювань,

що вражають органи дихання», опублікованому в 1856 році, він зазначив: «Випробовуючи цей інструмент, мені було важче провести порівняння щодо якості та висоти звуку лише за допомогою вуха або ж використовуючи стетоскоп». Через десять років у другому виданні свого тексту, опублікованому в 1866 році, через 3 роки після смерті доктора Каммана, він кардинально змінив свою думку, заявивши, що "Заперечення, щодо партитури зміни висоти та якості звуків я давно вважаю необґрунтованими, і я впевнений, що цей інструмент витіснить усі дерев'яні стетоскопи, щойно він буде повністю оцінений».

Насправді ідея бінаурального стетоскопа була вперше представлена в 1829 році, лише через десять років після публікації тексту доктора Лаєннека. Ідея належала Ніколасу Комінсу, який розробив стетоскоп, який він описав як «зігнуту трубку», яка мала кілька шарнірів, що дозволяло лікарю не приймати незручне положення під час огляду. Він запропонував зробити свій інструмент бінауральним, проте, немає документальних свідчень про те, що даний стетоскоп було виготовлено, а в наш час - збереглися лише ескізи його інструменту.

Як і у випадку з моделлю Лаєннека, модель Каммана не була повністю прийнята протягом тривалого часу. Лише після того, як Остін Флінт (який раніше виступав проти бінаурального стетоскопа в 1856 році) схвалив його в 1866 році, він став широко використовуватися. У другій половині XIX століття, прогресивні лікарі використовували "інноваційні" технології, для діагностики легневих та серцевих патологій пацієнтів. Стетоскоп швидко став головним символом висококваліфікованого та сучасного лікаря.

Наукові праці Рене Лаєннека та Джорджа Камманна сприяли в подальшому розвитку цього методу діагностики, і як результат, були написані такі праці:

1. **"Leçons sur l'auscultation et sur l'exploration des poumons"** (Лекції з аускультатії та обстеження легень) - Джозеф Скода (Joseph Skoda), 1853 [2]. Австрійський лікар Скода, який працював у Віденській школі медицини, був одним із перших, хто детально описав методи аускультатії

та перкусії. Він систематизував патологічні звуки, які можна було почути при захворюваннях легень і серця.

2. **"On the Use of the Stethoscope in Diseases of the Heart and Lungs" (Про використання стетоскопа при захворюваннях серця та легень)** - Арманд Труссо (Armand Trousseau), 1862 [3]. Праця французького лікаря Труссо, який багато працював у сфері аускультації, детально описує методики прослуховування та класифікує звуки для різних серцевих та легеневих патологій.
3. **"The Principles and Practice of Medicine" (Принципи та практика медицини)** - Вільям Ослер (William Osler), 1892 [4]. Цей підручник, який став класикою медичної літератури, включає детальні описи методів фізичного обстеження, у тому числі й аускультації. Ослер підсумував передовий досвід свого часу і включив сучасні на той момент методики для діагностики захворювань серця та легень.
4. **"Diseases of the Chest" (Захворювання грудної клітки)** - Льюїс Хеманн (Lewis Hamman), 1921 [5]. Хеманн, відомий американський пульмонолог, створив підручник, присвячений захворюванням грудної клітки, зокрема туберкульозу та пневмонії. У книзі детально описані методи аускультації легень, що на той час набули широкого використання.
5. **"Physical Diagnosis" (Фізична діагностика)** - Джеймс МакКанн (James Mackenzie), 1908 [6]. МакКанн акцентував увагу на практичному застосуванні аускультації у діагностиці захворювань серцево-судинної системи. Його книга вважається однією з важливих праць з фізичного обстеження, оскільки він використовував аускультацію для діагностики різних аритмій і захворювань клапанів серця.

6. **"Clinical Auscultation of the Lungs" (Клінічна аускультация легень)** - Карл фон Вербеєк (Carl von Werber), 1931 [7]. Ця робота присвячена опису звуків легень та їх зв'язку з патологічними станами, зокрема туберкульозу та пневмонії, що було актуально для боротьби з легеневими захворюваннями у XX столітті.
7. **"A Treatise on Physical Examination and Diagnosis of Diseases Affecting the Respiratory Organs" (Трактат з фізичного обстеження та діагностики захворювань дихальних органів)** - Сіріл Маккоун (Cyril McKown), 1939 [8] . Праця описує комплексне обстеження дихальної системи з використанням аускультатії та перкусії. Її використовували для навчання лікарів у США, особливо для діагностики туберкульозу, який залишався поширеною проблемою.
8. **"The Use of the Stethoscope in Clinical Medicine" (Використання стетоскопа у клінічній медицині)** - Артур Мейер (Arthur M. Meyer), 1940 [9] . Книга Мейера детально описує методики аускультатії та пояснює, як правильно використовувати стетоскоп для визначення різних патологій серця та легень. Це стало стандартом для багатьох лікарів і було включено у навчальні програми медичних закладів.

Вищезгадані праці сприяли стандартизації аускультативних методів, систематизації звуків, що надходять із грудної клітки, та вдосконаленню діагностики захворювань легень і серця. Вони заклали основу для подальшого розвитку аускультатії та її використання в клінічній практиці. Для кращого розуміння, варто зазначити, яким чином дихальні шуми класифікуються в теперішньому часі.

1.2. Характеристика нормальних та патологічних легеневих шумів

Нормальні легеневі шуми переважно складається з трахіального, бронхіального, везикулярного та бронховезикулярного шумів [10]. Трахіальний

шум створюється турбулентним потоком повітря, що проходить через тканини трахеї дихальної системи [11]. При аускультатії над трахеєю, особливо над грудиною, цей звук чітко чути як під час вдиху, так і під час видиху. Трахіальний звук триває однаково в обох фазах [12]. Оскільки проходження повітря відбувається в більш прямій частині трахеї з більшим діаметром, внаслідок цього звук зазвичай високий, порожній, різкий і голосніший, ніж інші нормальні легеневі звуки [13, 14]. Бронхіальне дихання створюється повітряним потоком, що проходить від трахеї до головних дихальних шляхів, і зазвичай його можна почути біля другого та третього міжреберних проміжків [14]. Як і трахіальний шум, він з'являється в обох фазах, але переважно у фазі видиху, він вдвічі довший, ніж у фазі вдиху [15]. Загалом, бронхіальне дихання, як правило, є м'яким, гучним, високим і трубчастим [16, 17]. Везикулярне дихання створюється потоком повітря, що проходить через менші дихальні шляхи та альвеоли (крихітні повітряні мішечки) у легенях [18]. Він чутний у більшості ділянках легень протягом усієї фази вдиху та фази раннього видиху [19, 20, 21]. Везикулярний шум, як правило, є м'яким, низьким. Бронховезикулярний шум можна почути між лопатками в задній частині грудної клітки та в центральній частині передньої частини грудної клітки [22]. Він має подібну тривалість у фазах видиху та вдиху [23]. При аналізі звуку бронховезикулярний шум м'якший, ніж бронхіальний, але наближається до трубчастого звуку, подібного до звуку між бронхіальним і везикулярним шумами.

Патологічні легеневі шуми можна розрізнити як переривчасті та безперервні патологічні шуми відповідно до їх акустичних властивостей. Переривчасті мають коротку тривалість менше ніж 25 мс, до них входить дрібна крепітація, груба крепітація та тертя плеври, тоді як безперервні зазвичай мають більшу тривалість понад 250 мс [24], включаючи хрипи та стридор. Дрібна крепітація виникає внаслідок вибухового відкриття малих дихальних шляхів або альвеол, які раніше були закриті [25]. Це зазвичай чути на середині або прикінці вдиху, а іноді на фазі видиху, змінюючись або зникаючи разом із положенням тіла [26]. Клінічне дослідження показало, що дрібна крепітація спричинена декількома

захворюваннями, такими як інтерстиціальний фіброз легенів і пневмонія [26]. Вона може бути використана як біомаркер для виявлення специфічних захворювань, таких як ідіопатичний легеневий фіброз і азбестоз, показуючи хорошу чутливість і специфічність [27]. Дрібна крепітація пронизлива, з “вибуховим” звучанням та тривалістю близько 5 мс [28]. Груба крепітація, ймовірно, спричинена бульбашками повітря у великих дихальних шляхах, які періодично відкриваються та закриваються [29]. При аускультатії її можна почути в обох фазах, переважно на ранній фазі вдиху [30]. Через періодичне відкриття дихальних шляхів це пов’язано з деякими обструктивними захворюваннями, наприклад, ХОЗЛ, бронхоектазами та астмою [16, 31]. На відміну від дрібної крепітації, груба крепітація є низькою (близько 350 Гц) і має приблизну тривалість 15 мс [32]. Тертя плеври виникає внаслідок тертя плевральних оболонок одна об одну і має відношення до запальних процесів плеври та пухлинних захворювань плеври [26]. Це, як правило, двофазний з експіраторною послідовністю звуків, що відображає послідовність вдиху [14]. Тертя плеври характеризується ритмічністю. Його тривалість перевищує 15 мс. Хрипи виникають спричинені обмеженням повітряного потоку через звуження дихальних шляхів і зазвичай виявляються в обох фазах, переважно у фазі видиху [32]. Хрипи, як правило, спричинені астмою та ХОЗЛ, можливо, чужорідним тілом (наприклад, пухлиною), що блокує дихальні шляхи [26]. В основному хрипи шиплячі, пронизливі (більше 100 Гц). Їх тривалість, як правило, перевищує 80 мс [34]. Стридор створюється турбулентним потоком повітря в бронхіальному дереві, що має відношення до обструкції верхніх дихальних шляхів. При аускультатії він виявляється здебільшого у фазі вдиху, але в окремих ситуаціях вислуховується в обидві фази [16]. Захворювання, пов’язані з обструкцією верхніх дихальних шляхів, можуть викликати стридор, включаючи круп і набряк гортані. Стридор — це шиплячий звук, який має високу висоту вище 500 Гц і тривалість більше 250 мс. (Інформація про легеневі шуми була взята із статті Dong-Min Huang, Jia Huang, Kun Qiao, Nan-Shan Zhong, Hong-Zhou Lu & Wen-Jin Wang, “Deep learning-based lung sound analysis

for intelligent stethoscope”, 2023 [35]).

1.3. Класифікація серцевих шумів

Усі серцеві шуми характеризуються за висотою, гучністю і тривалістю. Вони також класифікуються відповідно до їхньої інтенсивності (за шкалою від одного до шести, де один – дуже слабкий, а шість – дуже гучний).

Типи шумів включають: Систолічний шум - виникає при скороченні серцевого м'яза. Діастолічний шум – виникає при розслабленні серцевого м'яза між ударами. Діастолічний шум виникає через звуження (стеноз) мітрального або трикуспідального клапанів або регургітацію аортального або легеневого клапанів. Безперервний шум - виникає протягом усього серцевого циклу.

Серцеві тони є звуковими феноменами, які виникають через роботу серцевих клапанів і рух крові. Виділяють два основні тони та додаткові.

Перший тон (S1) - являється основним тоном, виникає під час закриття мітрального та трикуспідального клапанів у фазу систоли. Місце найкращого вислуховування: верхівка серця. Частота: низька, тривалість: коротка. Характер: "бум" звук, що сигналізує початок систоли. [36]

Другий тон (S2) - являється основним тоном, утворюється під час закриття аортального та легеневого клапанів у фазу діастолі. Місце найкращого вислуховування: основа серця (друга міжреберна зона праворуч і ліворуч від грудини). Характер: "шумлячий" або "клацальний" звук. [36]

Третій тон (S3) - додатковий тон, зв'язаний із швидким наповненням шлуночків кров'ю під час ранньої діастолі. Може бути нормальним у дітей та молодих дорослих, але у старших свідчить про серцеву недостатність. Характер: "галоппний ритм". [36]

Четвертий тон (S4) - додатковий тон, виникає через скорочення передсердь, що наповнюють жорсткі шлуночки кров'ю. Зазвичай свідчить про гіпертрофію шлуночків або підвищений тиск у шлуночках. [36]

1.4. Актуальність та сучасне використання аускультатії

Розглядаючи аускультатію через рамки сьогодення, необхідно звернути увагу на те, як описує аускультатію, її цілі та методи сучасна література, для

цього варто посилається на “Macleod's clinical examination 15th edition” 2023. Ось, про що йдеться в розділі “Обстеження серцево-судинної системи” про аускультацию: “Використовуйте аускультацию, щоб ідентифікувати та охарактеризувати тони серця та додаткові звуки/шуми”. Це речення коротко описує розвиток сучасної медицини, оскільки на початку XIX і до середини XX століття - аускультация серця була ледь не єдиним методом діагностики серцево-судинних патологій, проте в теперішніх реаліях - цей метод діагностики використовується як один із базових, проте не найбільш точний метод. З цієї цитати стає зрозуміло, що діагностика певних захворювань за допомогою аускультации - не є більше “золотим стандартом”, а лише допоміжним методом для ідентифікації тонів та шумів, після чого ми можемо лише запідозрити певне захворювання. Проте, на противагу аускультации серця можна протиставити аускультацию легень, яка широко використовується і досить поширена серед спеціалістів не лише терапевтичного але й хірургічного профілів. Цей метод досі залишається одним із основних методів діагностики в практиці пульмонологічних захворювань. Опрацювавши розділ “Обстеження дихальної системи” підручника “Macleod's clinical examination 15th edition”, я дійшов до певних висновків стосовно аускультации легень, цитуючи певні речення з теми “Аускультация”. В першу чергу - аускультация легень базується на розумінні походження дихальних шумів. Цитата з тексту: *“Здебільшого звук, що чути під час аускультации грудної стінки, походить із великих центральних дихальних шляхів, але послаблюється і приглушується через проходження крізь заповнені повітрям альвеоли”* [36]. Це пояснює, чому нормальні дихальні шуми, які називаються везикулярними, є тихими. Однак, при паталогіях, таких як пневмонія чи фіброзні рубці, провідність звуків посилюється, і центральні бронхіальні шуми стають чітко чутними. Наступна цитата з тексту: *“Коли здорові, наповнені повітрям легені замінюються консолидованою тканиною через пневмонію або ущільнюються через фіброзне рубцювання, звук стає більш чітким і голосним”* [36]. Це дозволяє лікарям визначити ділянки ураження, які могли б залишитися непоміченими іншими методами. Додатково, аускультация

може виявляти стани, що змінюють провідність звуку. Наприклад, при пневмотораксі або плевральному випоті звук майже не чути, оскільки *"легенева тканина фізично відокремлена від грудної стінки прошарком повітря або рідини"* [36]. Таким чином, аускультация у поєднанні з іншими методами, такими як перкусія, дозволяє точно визначити характер і локалізацію патології. Також аускультация допомагає оцінити симетричність дихальних шумів, що є ключовим діагностичним критерієм. Як зазначено у тексті: *"Абсолютна гучність і характер дихальних шумів сильно залежать від товщини, м'язистості та вмісту жирової тканини грудної стінки, тому симетрія звуків є визначальною"* [36]. Беручи до уваги вищесказане, аускультация легень є незамінним інструментом у щоденній клінічній практиці, який допомагає виявити широкий спектр патологій та сприяти точному діагнозу. Звичайна аускультация залишається актуальною, незважаючи на появу технологічних новинок, таких як цифрові стетоскопи та ШІ. Основна причина — доступність та швидкість проведення. **"Bates' Guide"** підкреслює, що традиційна аускультация може швидко надати лікарю важливу інформацію про стан пацієнта навіть у випадках, коли цифрові технології недоступні. Зокрема, при обстеженні в сільських районах або у польових умовах, де немає доступу до спеціалізованого обладнання, звичайна аускультация є єдиним способом отримання діагностичної інформації. Проте цифрові стетоскопи і ШІ доповнюють аускультацию, дозволяючи не лише підвищити точність діагностики, але й надати можливість аналізу звуків у хмарних системах для дистанційного консультування. Водночас **"Macleod's Clinical Examination"** наголошує, що традиційні навички прослуховування мають залишатися основою медичної практики, а новітні технології лише підвищують її ефективність. Сучасні підходи до аускультации, що включають традиційні методи та новітні технології, зберігають свою актуальність у клінічній практиці. Інтеграція новітніх технологій у традиційну аускультацию відкриває нові можливості для швидкої і точної діагностики, зберігаючи при цьому важливість базових навичок, що є основою клінічної медицини.

1.5. Негативні сторони класичної аускультатії

Проте, звичайна аускультатія має деякі негативні сторони. До прикладу: здатність розпізнавати та диференціювати незвичайні звуки залежить від досвіду та знань слухача. Ця невідповідність потенційно може призвести до неправильної діагностики та неправильного лікування. Доказом цього є кілька досліджень для оцінки здатності людини аускультативно ідентифікувати дихальні шуми. “Hafke-Dys та ін. провели дослідження, в якому порівнювали навички лікарів і студентів-медиків в аускультатії дихальних шумів. Пульмонологи показали значно кращі результати, ніж інші групи, так різниці між іншими групами не спостерігалось. [37]. Мелбай та ін. провели дослідження, в якому оцінювали варіації між спостерігачами у педіатрів і лікарів для дорослих при класифікації дихальних шумів на детальні або ширші категорії. Результати показали, що описи аускультативних звуків у ширших термінах більш стабільно розподілялися між учасниками порівняно з більш детальними описами [38]. Mangione та ін. провели дослідження з оцінки аускультативних навичок дихальних шумів серед лікарів та студентів медичних закладів. У середньому студенти внутрішньої медицини та сімейної практики не показали значно кращих результатів, ніж студенти-медики. Мехмуд та ін. оцінювали аускультативну точність медичних працівників, які працюють у відділенні інтенсивної терапії (BIT). Були представлені звуки: хрипи, стридори, хрипи, голосистолічний шум і гіпердинамічні кишкові шуми. Як і очікувалося, найкращі результати показали лікуючі лікарі, за ними йшли ординатори, а потім медсестри [39]. Андрес вимірював точність аускультатії студентів-медиків і досліджував ефективність додавання візуального представлення звуків для підтримки діагнозу та навчання. Результати показали потенціал репрезентації звуку для підвищення точності аускультатії [40]. Загалом дослідження показали розбіжності в здатності аускультатії між лікарями (особливо в детальних класифікаціях дихальних шумів), що свідчить про те, що вони можуть спричинити неточний діагноз або неправильне лікування [41]. Щоб зменшити суб’єктивну інтерпретацію звуків і заповнити розрив у можливостях

аускультації між лікарями, було б корисно створити систему, яка може записувати та обмінюватися аускультативними звуками.” [42]. Ще одним недоліком аускультації є неможливість дистанційного спостереження. Коли лікарі оглядають пацієнтів за допомогою стетоскопа, аускультация повинна здійснюватися шляхом контакту стетоскопа з тілом пацієнтів. Багато пацієнтів з хронічними захворюваннями або обмеженою рухливістю залишаються в закладах догляду або вдома, часто без медичного супроводу. Крім того, сьогодні зростає попит пацієнтів у важкодоступній місцевості на телемедицину. Однак лікарям важко оглянути таких пацієнтів, а аускультация майже не проводиться. [43].

1.6. Інновації та новітні методи аускультації

Для того, щоб вирішити основні недоліки аускультації - були розроблені сучасні та інноваційні методи аускультації, а саме - стандартизовану систему для запису та обміну легеневими звуками для їх точного аналізу. Нещодавні технічні досягнення дозволили записувати легеневі звуки за допомогою цифрового стетоскопа шляхом електронного підсилення звуків і обміну записаним звуком через передачу bluetooth [44]. Крім того, були опубліковані дослідження аускультації за допомогою штучного інтелекту (ШІ), яка розпізнає структуру звуків і визначає їх аномалії, а в деяких цифрових стетоскопах уже застосовано алгоритми машинного навчання (ML). Удосконалення технологій використання акумуляторів дозволило розробити вбудовані процесори з низьким енергоспоживанням і вбудованими датчиками, щоб зробити стетоскопи придатними для носіння та бездротовими [45, 46, 47, 48], щоб лікарі могли оглядати пацієнтів на відстані. Аускультация стала можливою навіть при носінні засобів індивідуального захисту при лікуванні пацієнтів з інфекційними захворюваннями, такими як Коронавірусна хвороба-19 (COVID-19) [49, 50, 51]. Дані методи “дистанційної діагностики” стали можливими завдяки створенню технології цифрового стетоскопа. “Цифровий стетоскоп здатний перетворювати акустичний звук в електронні сигнали, які можна додатково підсилити для оптимального прослуховування. Ці електронні сигнали можуть бути додатково

оброблені та оцифровані для передачі на персональний комп'ютер або телефон. Цифровий стетоскоп складається з трьох різних модулів: збору даних, попередньої обробки та обробки сигналу, перш ніж слухач зможе оцінити аускультативний звук. [52]. Модуль збору даних містить мікрофон і п'єзоелектричний датчик. Він відповідає за фільтрацію, буферизацію та посилення аускультативних звуків, а також за перетворення акустичного звуку в цифровий сигнал. Модуль попередньої обробки фільтрує цифровий сигнал і усуває будь-які артефакти. Потім ці цифрові дані пересилаються в модуль обробки сигналів, який пакує інформацію в класифікацію вищого порядку та групує дані для клінічного діагностичного рішення. [52]

На відміну від звичайного стетоскопа, перетворювачі цифрового стетоскопа дуже різноманітні. Один із методів трансдукції включає постановку мікрофону у нагрудну частину. [53]. Звукові сигнали виявляються діафрагмою стетоскопа, яка передається на іншу діафрагму всередині мікрофона. Це дозволяє перетворити простий і прямий акустичний звук в електричний сигнал. Потім сигнал можна відобразити як фонокардіограму на електронному пристрої. Однак дві діафрагми, розділені повітряним трактом, можуть призвести до надмірних сигналів навколишнього шуму та неточної передачі електричного сигналу. [54]. В даний час майже всі доступні цифрові стетоскопи дозволяють вибирати різні режими частотної характеристики, що дозволяє слухачеві краще чути звуки серця, легенів та інших частин тіла. Є також кілька механізмів, за допомогою яких цифровий стетоскоп може пригнічувати навколишній шум і шум тертя, щоб дозволити слухачеві почути звуки, які є максимально оригінальними.”. [55]. Які ж варіації цифрових стетоскопів існують на даний момент?: “3M LITTMAN 3200 - найпопулярніший стетоскоп, він підсилює акустичні сигнали в 24 рази за допомогою модуля зменшення шуму та пропонує систему мобільних додатків для управління здоров'ям легенів. Клінічні випробування показали, що точність діагностики лікарів-інтернів була покращена при використанні LITTMAN 3200 порівняно з традиційним акустичним стетоскопом [56]. Деякі дослідження також використовували

машинне навчання для автоматичного виявлення ненормальних легеневих звуків і діагностики легеневих захворювань в автономних клінічних дослідженнях, у яких 3M LITTMAN 3200 застосовувався для збору та передачі легеневих звуків [57, 58, 59]. Цифровий стетоскоп Thinklabs - це пристрій, який може посилювати акустичні сигнали в 100 разів, усувати шуми, які мають різні частотні діапазони, використовуючи численні частотні фільтри, важливим фактом є те, що керувати цим стетоскопом можна за допомогою мобільного додатку. Цей стетоскоп був клінічно досліджений для виявлення пневмонії [60] та аналізу частотних характеристик нормальних легеневих звуків [61]. Цифровий стетоскоп Clinicloud - цей стетоскоп розроблено без функції посилення сигналу. Він використовувався в клінічних випробуваннях у Мельбурнській лікарні та продемонстрував точне виявлення аномального звуку (ASD) у дітей [62]. Хоча вищезазначені стетоскопи здатні записувати та передавати легеневі звуки, вони все ще стикаються з деякими проблемами. По-перше, висока ціна існуючих цифрових стетоскопів обмежує сферу їх застосування в регіонах з низькими ресурсами. Такі регіони відчайдушно потребують недорогих і простих в експлуатації медичних приладах, оскільки вони не можуть дозволити собі дороге обладнання та робочу силу. По-друге, доступні комерційні цифрові стетоскопи є одноканальними пристроями, що ускладнює моніторинг лівої та правої легені синхронно. Діагностичну точність одноканальних пристроїв можна підвищити, розширивши їх до кількох каналів [63, 64, 65]. По-третє, різниця в якості звуку між цими стетоскопами може спричинити відхилення в роботі алгоритмів аналізу легеневого звуку [66]. Гайрола та ін. [67] виконали точне налаштування на основі пристрою для покращення якості виявлення; однак налаштовувати всі ці пристрої непрактично. Щоб вирішити ці проблеми, майбутні дослідження повинні зосередитися на впровадженні недорогих і високонадійних цифрових стетоскопів. ” [68].

1.7. Висновки розділу

Висновок: Аускультация, започаткована Рене Ласеннеком на початку XIX

століття, стала революційним відкриттям, яке змінило підхід до діагностики внутрішніх хвороб. Завдяки винаходу стетоскопа, а згодом і фонендоскопа, лікарі отримали змогу об'єктивно оцінювати звуки серця та легень, пов'язуючи їх із патофізіологічними змінами в організмі. З часом, розвиток медицини й технологій значно розширив можливості цього методу, і сьогодні аускультация залишається одним із ключових інструментів фізикального обстеження. Історичний шлях аускультации — це приклад інтеграції наукових досягнень у повсякденну клінічну практику. Починаючи від дерев'яного стетоскопа Лаєннека, метод удосконалювався через появу фонендоскопів, цифрових стетоскопів, електронної аускультации та, нарешті, штучного інтелекту. Кожний новий етап вдосконалення розширював можливості лікаря, підвищуючи точність діагностики й ефективність лікування. Сучасна аускультация завдячує своєю універсальністю та практичністю, але справжнє її майбутнє полягає у гармонійному поєднанні традиційних методів із сучасними технологіями. Цифрові стетоскопи, здатні підсилювати, записувати й архівувати звуки, стали важливим інструментом у руках лікаря. Вони дозволяють не лише покращити об'єктивність дослідження, а й відстежувати динаміку змін стану пацієнта. Інтеграція штучного інтелекту в аускультацию знаменує новий етап у розвитку медицини. Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати аускультативні дані, виявляти патологічні звуки й формулювати попередній діагноз із точністю, яка конкурує з досвідом висококваліфікованих лікарів. Це відкриває широкі перспективи для раннього виявлення захворювань, особливо в умовах дефіциту спеціалістів. Одним із ключових аспектів майбутнього аускультации є її мобільність. Сучасні стетоскопи, синхронізовані зі смартфонами чи планшетами, надають лікарям можливість працювати в будь-яких умовах, забезпечуючи швидку й ефективну діагностику. Це особливо важливо для первинної ланки медицини, невідкладної допомоги, військової медицини та роботи в умовах катастроф. Також важливим інноваційним напрямком є телемедицина, що дає змогу здійснювати дистанційну аускультацию. Завдяки цьому лікарі можуть обстежувати пацієнтів навіть у найбільш ізольованих

регіонах, забезпечуючи доступ до якісної діагностики. Це набуло особливого значення під час пандемії COVID-19, коли обмеження на особисті контакти вимагали нових підходів до надання медичних послуг.

Отже, історія розвитку аускультації є прикладом того, як традиційні методи діагностики можуть адаптуватися до викликів сучасного світу завдяки впровадженню інноваційних технологій. Поєднання багатої історичної спадщини з цифровими стетоскопами, штучним інтелектом, мобільними пристроями та телемедичними рішеннями робить аускультацию одним із найбільш перспективних методів діагностики, що гарантує її актуальність і в майбутньому.

РОЗДІЛ 2

МЕТА, ЗАВДАННЯ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Мета та завдання дослідження.

Метою даного дослідження є оцінка ефективності різних методів навчання аускультації – зокрема, традиційної аускультації на справжніх пацієнтах, використання симуляційних тренажерів, а також цифрових технологій (мобільного додатку Stethophone) – у формуванні клінічного мислення студентів.

Окрему увагу приділено порівнянню рівня збереження (виживання) знань та навичок аускультації залежно від року навчання, що дозволяє простежити динаміку ефективності засвоєного матеріалу впродовж освітнього процесу.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати якість сприйняття аускультативних звуків при використанні трьох підходів: класичної аускультації на справжніх пацієнтах, симуляційних тренажерів для аускультації та цифрового додатку Stethophone.
2. Оцінити здатність студентів інтерпретувати як нормальні, так і патологічні аускультативні шуми залежно від застосовуваного методу.
3. Дослідити рівень збереження знань та практичних навичок студентами різних курсів, визначивши вплив курсу навчання на якість відтворення аускультативної інформації.
4. Визначити переваги та недоліки кожного з методів навчання з погляду студентів, які брали участь у дослідженні.
5. Оцінити потенціал цифрових технологій у підвищенні ефективності викладання аускультації та сформулювати рекомендації щодо їх інтеграції в сучасну систему медичної освіти.

2.2. Матеріали та методи дослідження

У дослідженні взяли участь студенти 3-го, 4-го, 5-го та 6-го курсу медичного факультету. Студенти брали участь в дослідженні під час занять з внутрішньої медицини та пропедевтики внутрішніх хвороб та володіли базовими навичками аускультації. Загальна кількість респондентів становила 50 осіб, що дозволило

забезпечити достатню варіативність у відповідях та провести зіставлення результатів між курсами навчання.

З метою виявлення ефективності різних підходів до формування аускультативних навичок було застосовано три основні методи навчання:

1) Класична аускультация за допомогою стетофонендоскопу на справжніх пацієнтах – студенти проводили аускультацию серцево-легеневих шумів безпосередньо у палатах стаціонару, у взаємодії з реальними пацієнтами або ж під час аускультатії один одного (в нормі).

2) Аускультация на симуляційних тренажерах – студенти практикувалися на манекенах, які імітують нормальні та патологічні звуки серця і легень (зокрема: сухі та вологі хрипи, систолічні шуми, крепітація тощо). Модель тренажера - **Life/form® Auscultation Trainer and Smartscope™**

3) Аускультация за допомогою мобільного додатку Stethophone – цифрова платформа, що дозволяє записувати та відтворювати аускультативні звуки з можливістю візуалізації графічного сигналу за допомогою смартфона, призначена для індивідуального або групового навчання.

Кожен студент мав змогу провести аускультацию за допомогою кожного із трьох методів, як при нормальній клінічній картині, так і при патологічних станах. Після завершення практичної частини респонденти заповнили анкету, сформовану у форматі Google-форми, яка включала низку стандартизованих запитань з метою оцінити:

- якість сприйняття звуків;
- легкість інтерпретації клінічних знахідок;
- рівень подальшого відтворення знань у змодельованих клінічних ситуаціях;
- особисту ефективність кожного з методів навчання,
- загальне ставлення до цифрових технологій в медичній освіті.

Опитування також дозволяло порівняти суб'єктивні враження студентів різного курсу навчання щодо рівня засвоєння знань з аускультатії. Отримані результати були зведені в електронну таблицю та піддані кількісному і якісному аналізу з метою виявлення статистично та клінічно значущих тенденцій.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика вибірки учасників дослідження

У дослідженні взяли участь 50 студентів 3-6 курсів медичного факультету, які навчаються за спеціальністю "Медицина". З них 19 студентів 3 курсу (38%), 2 студентів 4 курсу (4%), 13 студентів 5 курсу (26%) та 16 студентів 6 курсу (32%).

Вкажіть ваш курс
50 відповідей

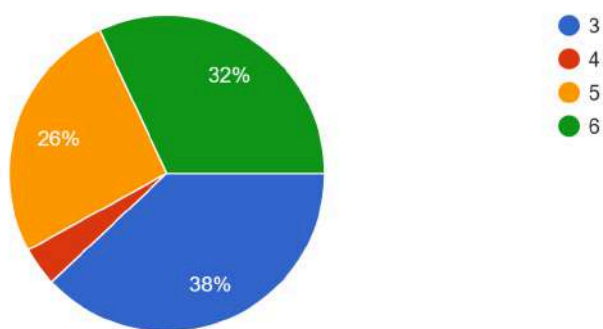


Рис. 3.1. Розподіл респондентів в залежності від курсу навчання.

Розподіл учасників за курсами дозволив забезпечити порівняння ефективності сприйняття та збереження аускультативних знань залежно від етапу професійної підготовки. Такий підхід є важливим для оцінки впливу навчального досвіду та накопичених клінічних навичок на результативність засвоєння навичок аускультативної.

86% респондентів мали досвід застосування навичок аускультативної серцево-легеневих шумів у клінічній практиці або під час занять, що дозволяє вважати вибірку достатньо обізнаною щодо предмету дослідження.

Чи мали ви попередній досвід аускультації до початку цього навчального курсу?
50 відповідей

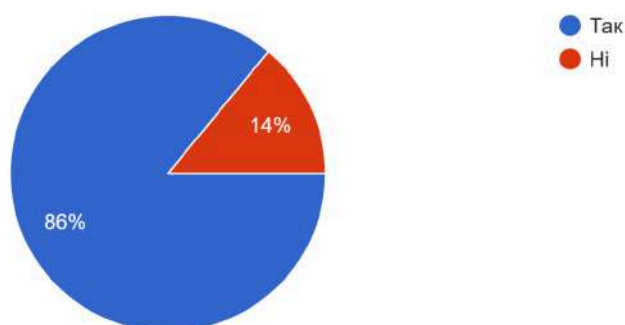


Рис. 3.2. Наявність попереднього досвіду аускультації.

Також було проаналізовано розподіл студентів за попереднім рівнем впевненості у власних навичках аускультації, що дало змогу зіставити початкову самооцінку з результатами після проходження різних методик навчання. На момент початку дослідження:

- 8% (4 респонденти) зазначили, що мають високий рівень впевненості у своїх аускультативних навичках;
- 34% (17 респондентів) – вище середнього;
- 46% (23 респонденти) – середній;
- 6% (3 респонденти) - нижче середнього;
- 8% (4 респонденти) - початковий рівень.

Оцініть свій рівень навичок аускультації до моменту дослідження (за шкалою від 1 до 5, де 1 – початковий рівень, 5 – високий рівень):
50 відповідей

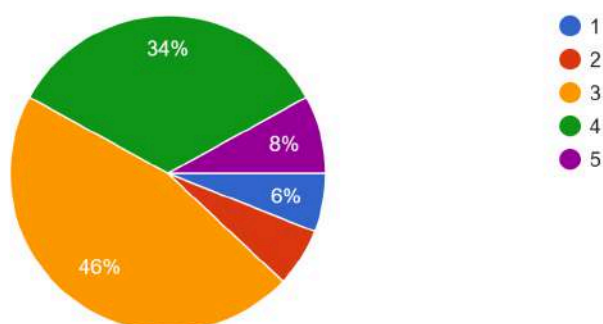


Рис. 3.3. Оцінка навичок аускультації до моменту дослідження.

З метою вивчення початкового рівня ознайомленості студентів із різними підходами до навчання аускультатії, учасникам опитування було запропоновано вказати, які саме методи навчання вони використовували до участі у дослідженні (з можливістю вибору кількох варіантів).

Аналіз отриманих даних засвідчив, що найбільш поширеним методом попереднього навчання є застосування спеціалізованих манекенів – цей варіант обрали 43 із 50 респондентів (86%). Такий результат вказує на широку інтеграцію симуляційних технологій у навчальний процес клінічних дисциплін.

Другим за частотою використання методом виявилось опрацювання відеоматеріалів, які вказали 36 учасників (72%). Справжні пацієнти як джерело практичної навички аускультатії згадані 34 респондентами (68%), що свідчить про значний, але не домінуючий досвід клінічного контакту у навчанні.

Лекційний та теоретичний матеріал, як традиційна основа засвоєння знань, був вказаний 32 студентами (64%). Аудіотренажери використовували 21 студент (42%), а мобільні додатки — лише 11 осіб (22%).

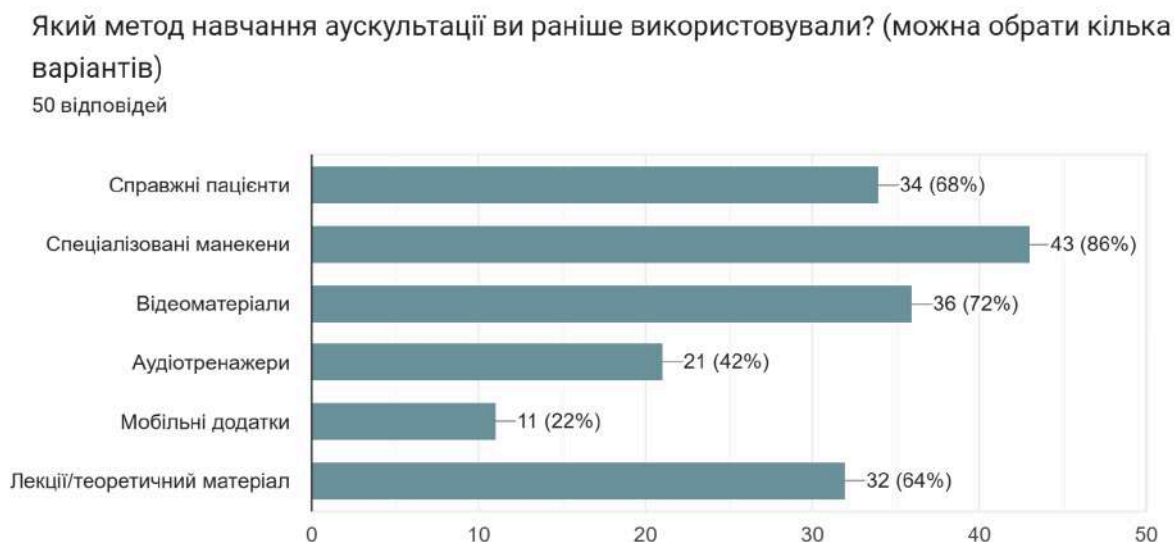


Рис. 3.4. Методи аускультатії, які респонденти використовували раніше.

Показники презентовані в рисунках 3.1., 3.2., 3.3., та 3.4. стали основою для подальшого аналізу змін у сприйнятті власних знань після ознайомлення з

кожним із трьох методів: традиційною аускультациєю, симуляційними тренажером та цифровим додатком.

3.2. Оцінка якості сприйняття аускультативних звуків в нормі. Порівняння якості звуків при використанні різних методів

Якість сприйняття аускультативних звуків є критично важливою в процесі формування клінічного мислення майбутнього лікаря. Респонденти ($n = 50$) оцінювали якість звуків за суб'єктивною шкалою сприйняття, що включала такі критерії:

- чіткість та гучність аускультативного шуму;
- наявність сторонніх перешкод або шумів;
- відповідність звуку до реальної клінічної картини.

Результати були проаналізовані також з урахуванням курсу навчання (3, 4, 5 або 6 курс), що дозволило визначити вплив клінічного досвіду на здатність до якісної оцінки звукових феноменів.

1) Якість звуків під час аускультатії справжніх пацієнтів

Найбільша частка респондентів оцінила якість звуків при роботі з реальними пацієнтами як **добру** — 44% ($n = 22$).

Ще 42% ($n = 21$) оцінили її як **задовільну**, а **відмінну** — лише 10% ($n = 5$).

Оцінки **поганої** та **дуже поганої** якості зустрілися поодинокі (по 2%, відповідно по 1 респонденту).

Як ви оцінюєте якість звуків, які ви чули під час аускультатії справжніх пацієнтів за допомогою стетофонендоскопа у нормі?

50 відповідей

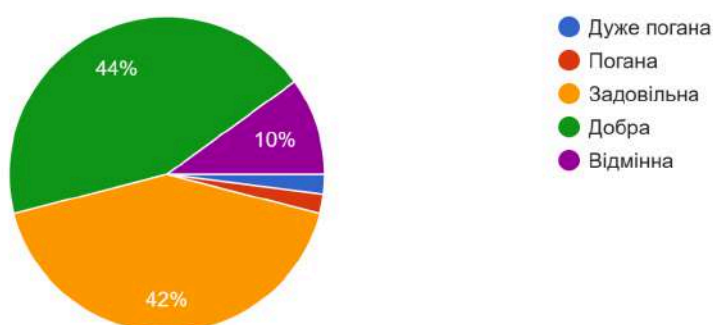


Рис. 3.5. Оцінка якості звуку при використанні стетоскопу.

Ці результати свідчать про помірно високу якість сприйняття звуків у клінічних умовах, проте також вказують на певні труднощі — зокрема, можливу наявність сторонніх шумів, труднощі у фокусуванні уваги, або недостатню кількість часу для якісного вислуховування в умовах реального прийому. Варто зазначити, що студенти старших курсів загалом вище оцінювали якість звуків у цьому методі, що може бути зумовлено досвідом і вищим рівнем підготовки. Вище “задовільно” цей метод оцінили 48% респондентів з 4-го, 5-го та 6 курсів ($n = 24$).

2) Якість звуків при використанні манекена

Симуляційне навчання за допомогою спеціалізованого манекена отримало вищі оцінки якості. **Добра** якість була відзначена 48% респондентів ($n = 24$), а **відмінна** — 32% ($n = 16$). Лише 12% ($n = 6$) назвали якість задовільною, і поодинокі респонденти вказали на **погану** (6%, $n = 3$) або **дуже погану** (2%, $n = 1$) якість.

Як ви оцінюєте якість звуків, які ви чули під час аускультатії манекена?
50 відповідей

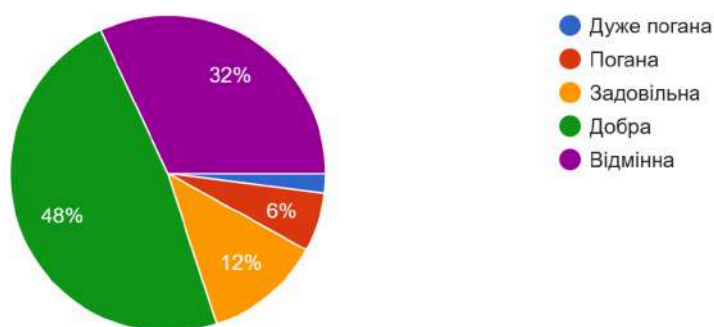


Рис. 3.6. Оцінка якості звуку при використанні манекена для аускультатії.

Ці результати демонструють, що симуляційні технології навчання здатні забезпечити чітке і контрольоване відтворення аускультативних звуків. Особливо це є важливим для студентів молодших курсів, які ще не мають достатнього досвіду взаємодії з пацієнтами. Манекен дозволяє багаторазово

повторювати вислуховування конкретного шуму, зосереджуючись на деталях. Це твердження було доведене за результатами відповіді на це запитання в рамках опитування - 73% респондентів, які навчаються на 3-му курсі ($n = 14$) зазначили, що якість звуку під час аускультатії тренажера добра або відмінна.

3) Якість звуків при використанні мобільного додатку «Stethophone»

Цифровий додаток Stethophone отримав змішані оцінки. Найбільше респондентів оцінили якість як **добру** — 36% ($n = 18$), тоді як **задовільну** вказали 32% ($n = 16$), а **відмінну** — 26% ($n = 13$). Разом з тим, 6% респондентів ($n = 3$) вказали на **погану** або **дуже погану** якість.

Як ви оцінюєте якість звуків, які ви чули за допомогою додатку "Stethophone"?

50 відповідей

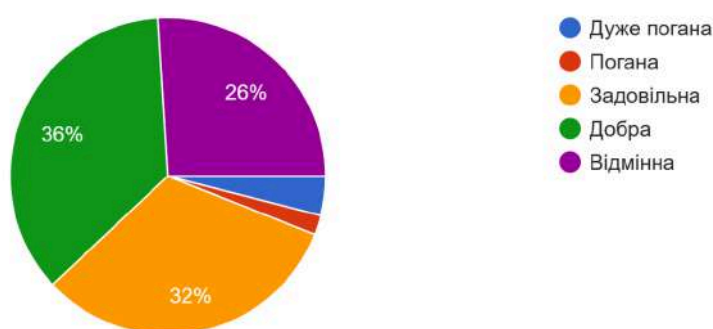


Рис. 3.7. Оцінка якості звуку при використанні додатку “Stethophone”.

Це свідчить про те, що цифрові інструменти мають потенціал у навчанні, однак залишаються менш надійними з точки зору стабільної передачі звуку. Звукова компресія, вплив гаджетів, навушників і сторонні перешкоди можуть суттєво знижувати якість сприйняття звуку. Особливо критичними до цього методу були студенти старших курсів, які вже мають сформовані стандарти клінічного звучання, які вони засвоїли раніше, це може свідчити про “незвичність” використання такого методу аускультатії. 79% респондентів, які навчаються на 5 та 6 курсах зазначили, що якість записаного звуку при відтворенні його за допомогою додатку є задовільною або ж поганою.

3.3. Оцінка легкості інтерпретації аускультативних шумів в нормі.

Для повноцінного аналізу ефективності методів аускультативного навчання одним із ключових аспектів було визначення суб'єктивної легкості інтерпретації аускультативних звуків. Оцінка здійснювалася на основі самоаналізу учасників після завершення кожного з методів аускультативної, з урахуванням таких критеріїв:

- Можливість відокремлення нормальних та патологічних елементів;
- Схожість зі звуками, вивченими під час практичних занять чи в рамках самостійної підготовки;
- Упевненість у правильності інтерпретації.

1) Інтерпретація звуків при аускультативній справжніх пацієнтів

Розподіл відповідей на запитання щодо легкості інтерпретації звуків при класичній аускультативній справжніх пацієнтів виглядає наступним чином: **дуже важкою** оцінили — 8% (n = 4), **важкою** - 16% (n = 8), **середню** важкість інтерпретації обрали - 54% (n = 27), **легко** - 14% (n = 7) та **дуже легко** - 8% (4).

Чи легко вам було інтерпретувати звуки при аускультативній справжніх пацієнтів за допомогою стетофонендоскопа?
50 відповідей

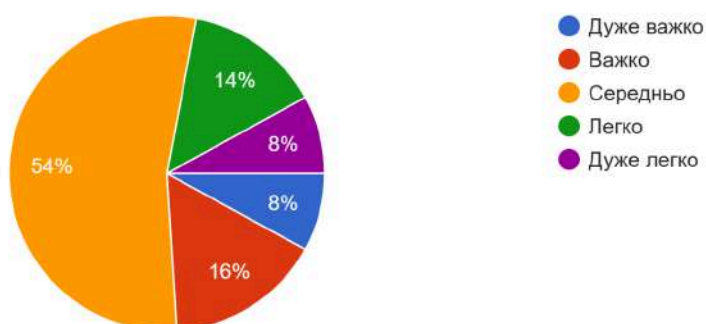


Рис. 3.8. Легкість інтерпретації звуків отриманих під час класичної аускультативної.

Сумарно 24% студентів (12 осіб) оцінили процес інтерпретації як важкий або дуже важкий. З них 5 респондентів навчалися на третьому курсі, а 7 – на

п'ятому та шостому курсах. Такий результат серед старшокурсників може бути зумовлений особливостями навчального процесу в попередні роки: через запровадження дистанційної форми навчання під час пандемії COVID-19, а також у зв'язку з початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну, значна частина практичних занять із пропедевтики внутрішніх хвороб, зокрема з аускультативної, відбувалась без очного контакту з пацієнтами. Це могло негативно вплинути на сформованість практичних навичок.

2) Інтерпретація звуків під час аускультативної з використанням симуляційного тренажера.

У випадку інтерпретації аускультативних звуків із використанням симуляційного манекена спостерігалася загалом вища суб'єктивна легкість. Найбільша частка респондентів — 38% (n = 19) — вказали, що їм було легко інтерпретувати звуки, а ще 18% (n = 9) — що дуже легко. Оцінку "середньо" надали 28% (n = 14). Водночас 14% (n = 7) відзначили, що це було важко, а лише 2% (n = 1) — дуже важко.

Чи легко вам було інтерпретувати звуки на манекені?
50 відповідей

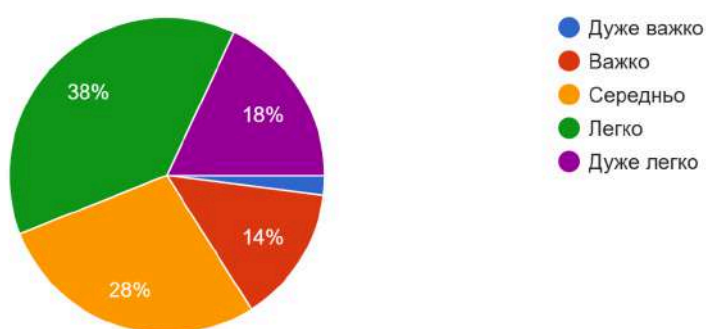


Рис. 3.9. Легкість інтерпретації звуків отриманих під час аускультативної тренажера.

Усього 56% респондентів (28 осіб) зазначили, що інтерпретувати звуки на манекені було легко або дуже легко. Серед них — 16 студентів п'ятого та шостого курсів, які активно використовують манекен під час підготовки до

практичних іспитів ОСКІ-1 та ОСКІ-2, що передбачають впізнавання типових аускультативних звуків. Крім того, 12 студентів третього курсу також оцінили інтерпретацію як легку або дуже легку, що можна пояснити актуальністю й системністю викладання відповідного матеріалу в рамках курсу пропедевтики внутрішніх хвороб.

3) Інтерпретація звуків за допомогою мобільного додатку "Stethophone"

Інтерпретація аускультативних звуків за допомогою цифрового додатку Stethophone отримала позитивні оцінки від половини респондентів. Зокрема, 32% (n = 16) зазначили, що їм було легко, а ще 18% (n = 9) — дуже легко. Рівень складності “середньо” вказали 44% (n = 22). Натомість лише 2% (n = 1) оцінили процес як важкий, і 4% (n = 2) — як дуже важкий.

Чи легко вам було інтерпретувати нормальні звуки через "Stethophone"?
50 відповідей

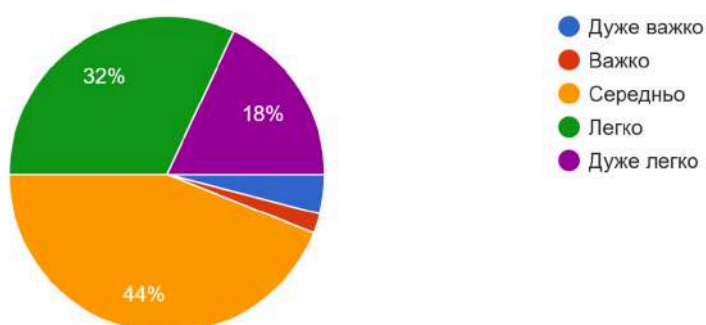


Рис. 3.10. Легкість інтерпретації звуків отриманих під час використання додатку “Stethophone”.

Варто зазначити, що **50% респондентів** (25 осіб) оцінили інтерпретацію звуків за допомогою мобільного додатку як легку або дуже легку, тоді як при класичній аускультатії такий рівень легкості відзначили лише **22%** (11 осіб). Це свідчить про те, що студенти сприймають цифровий метод як доступніший та інтуїтивно зрозуміліший для інтерпретації аускультативних даних. Такий результат може бути зумовлений низкою факторів: якісною передачею звуку в

цифровому форматі, наявністю функції шумозаглушення, а також додатковою підтримкою з боку самого додатку, який автоматично фіксує та вказує на наявність патологічних або додаткових звуків. Це створює ефект "навчального підказувача", що полегшує сприйняття навіть для менш досвідчених студентів.

Оцінка легкості інтерпретації аускультативних знахідок засвідчила важливість як клінічного досвіду, так і специфіки навчального середовища. Відчутна частина респондентів відчувала труднощі під час традиційної аускультатії, що може бути наслідком обмеженого практичного контакту з пацієнтами у період дистанційного навчання. Водночас симуляційні та цифрові методи продемонстрували вищу суб'єктивну зручність, особливо серед студентів, які активно готуються до практичних іспитів або нещодавно завершили вивчення відповідних тем. Зокрема, цифрові інструменти, такі як Stethophone, попри певну технічну умовність, виявилися корисним засобом для початкового формування навичок аудіального розпізнавання. Його функціонал, що включає виявлення патологічних звуків, не лише сприяє кращому навчанню, а й знижує рівень невпевненості у студентів. Це свідчить про перспективність використання цифрових ресурсів як підтримки традиційної медичної освіти, особливо у періоди обмеженого доступу до клініки.

3.4. Характеристика респондентів, які взяли участь в другому етапі дослідження.

На етапі дослідження, присвяченому оцінці здатності студентів до виявлення патологічних аускультативних шумів, було проаналізовано відповіді 36 респондентів, які надали повні відповіді щодо всіх трьох методів аускультатії: класичної, симуляційної та цифрової. До вибірки увійшли студенти різних курсів, що дозволило здійснити міжкурсове порівняння сформованості відповідних навичок. Зокрема, участь у цьому етапі взяли:

- 13 студентів 3 курсу;
- 2 студенти 4 курсу;
- 8 студентів 5 курсу;

- 13 студентів 6 курсу.

Такий розподіл учасників забезпечує репрезентативність вибірки для аналізу динаміки формування навичок виявлення патологій залежно від етапу професійної підготовки. Представленість як молодших курсів (3–4), так і старших (5–6) дозволяє оцінити вплив як теоретичного навантаження, так і практичного досвіду на клінічну спроможність студентів ідентифікувати патологічні зміни за допомогою аускультації.

Чи проводили ви аускультацію в пацієнтів з патологією серцево-судинної або дихальної систем? (в рамках цього дослідження)
50 відповідей

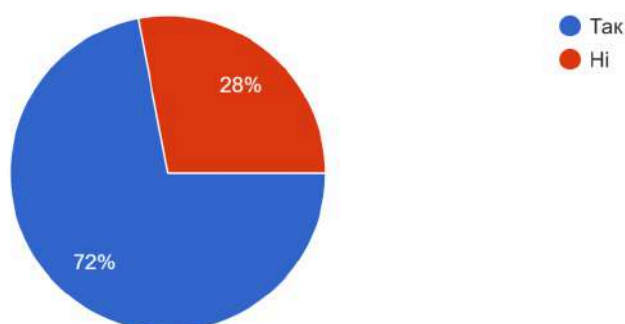


Рис. 3.11. Кількість учасників другого етапу дослідження.

3.5. Аналіз навичок респондентів до виявлення патологічних шумів за допомогою стетофонендоскопа

У межах цього етапу дослідження було проведено аналіз здатності студентів різних курсів до розпізнавання патологічних змін під час класичної аускультації із використанням традиційного стетофонендоскопа в умовах контакту з реальними пацієнтами. Студентам було запропоновано відповісти на запитання: «Чи виявлення патологічних змін у звуках було легким при аускультації пацієнтів за допомогою стетофонендоскопа?». Оцінювання здійснювалося за суб'єктивними відчуттями респондентів, які, зокрема, враховували чіткість і розбірливість патологічного звуку, впізнаваність феномену відповідно до вивченого раніше матеріалу, наявності або відсутності сторонніх шумів, що

могли заважати інтерпретації, а також рівень впевненості у власному клінічному висновку та швидкість, з якою вдавалося здійснити ідентифікацію. У деяких випадках на відповідь міг впливати загальний рівень емоційного напруження або невизначеності, притаманний роботі з реальними пацієнтами.

Найбільша частка учасників — 41,7% (n = 15) — оцінили інтерпретацію патологічних звуків як таку, що має середній рівень складності. Аналогічна частка — 41,7% (n = 15) — визнали цей процес легким. Ще 18% (n = 9) респондентів зазначили, що виявлення патологій було дуже легким. Натомість 5,6% (n = 2) студентів повідомили про труднощі під час виконання завдання, і лише 2,8% (n = 1) — про значну складність, обравши варіант «дуже важко».

Чи виявлення патологічних змін у звуках було легким при аускультатії пацієнтів за допомогою стетофонендоскопа?
36 відповідей

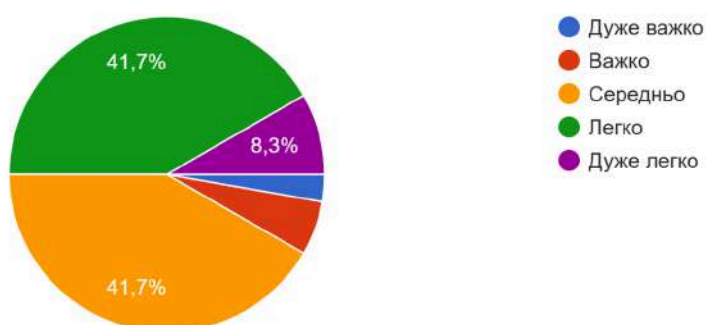


Рис. 3.12. Легкість виявлення патологічних змін за допомогою класичної аускультатії.

Узагальнені результати в розрізі курсів виявили декілька закономірностей. Серед студентів 3 курсу (n = 13) 7 респондентів (53,8%) вказали, що виявлення патологічних звуків було легким, ще 1 респондент (7,7%) — дуже легким. Водночас 2 особи (15,4%) повідомили, що завдання було для них важким, а 3 (23,1%) — що воно мало середню складність. Такий розподіл дозволяє

припустити, що частина студентів цього курсу демонструє високий рівень впевненості у власних силах, незважаючи на менший загальний клінічний досвід. У групі студентів 4 курсу ($n = 2$) обидва респонденти надали позитивні відповіді: по одному студенту оцінили інтерпретацію як легку та дуже легку відповідно. Незважаючи на малу чисельність вибірки, це може свідчити про стійке засвоєння базових аускультативних знань на ранньому етапі клінічного навчання. Серед студентів 5 курсу ($n = 8$) переважали відповіді, що свідчать про середню складність виконання завдання: 5 осіб (62,5%) обрали цей варіант. Водночас лише 2 студенти (25%) відзначили, що виявлення патологічних шумів було для них легким, і лише 1 респондент (12,5%) — що дуже легким. Жоден із представників цього курсу не повідомив про труднощі або значну складність, проте загальний рівень впевненості був нижчим порівняно зі студентами молодших курсів. Подібна ситуація спостерігається серед студентів 6 курсу ($n = 13$): 7 респондентів (53,8%) повідомили про середній рівень складності, 5 (38,5%) — що процес був легким, і 1 студент (7,7%) — що дуже легким. Жоден із учасників цієї групи не обрав варіант «важко» або «дуже важко», що свідчить про достатній рівень базової обізнаності, проте без переконливої домінантної впевненості у своїх діях.

Отримані результати заслуговують на окрему інтерпретацію. Найвищу частку позитивних відповідей щодо легкості виявлення патологічних змін продемонстрували студенти 3 курсу, що на перший погляд суперечить логіці послідовного нарощування клінічного досвіду з курсом навчання. Такий результат можна пояснити змінами у форматі освітнього процесу. Зокрема, значна частина студентів 5–6 курсів вивчали пропедевтику внутрішніх хвороб та інші базові клінічні дисципліни в умовах дистанційного або змішаного навчання, за таких обставин студенти були позбавлені системного очного контакту з пацієнтами, що, своєю чергою, позначилося на глибині сформованих навичок. Водночас студенти 3 курсу, які проходили вивчення пропедевтичних дисциплін уже в умовах часткової стабілізації освітнього процесу, мали змогу на практиці закріпити теоретичні знання та відпрацювати навички у клінічних

кабінетах і на тренажерах. Цей чинник, ймовірно, вплинув на вищий рівень їхньої впевненості у виконанні завдань, попри відносно обмежений клінічний стаж.

Таким чином, наведені дані вказують на неоднорідність рівня сформованості навичок виявлення патологічних змін у звуках при класичній аускультатії серед студентів різних курсів. Результати підкреслюють важливість безперервної практичної підготовки на всіх етапах навчання, а також необхідність компенсаторного посилення клінічної складової для студентів, що зазнали втрат у навчальному процесі через форс-мажорні обставини.

3.6. Аналіз ефективності симуляційного тренажера у відтворенні та розпізнаванні патологічних аускультативних шумів.

Одним із важливих аспектів дослідження було визначення, наскільки ефективно симуляційний тренажер здатний відтворювати та передавати патологічні звуки серця й легень, а також наскільки легко студенти можуть їх розпізнати під час навчального процесу. З цією метою респондентам було запропоновано два запитання: перше стосувалося якості відтворення звуків самим тренажером, друге — суб'єктивної легкості їх ідентифікації. У цьому контексті респонденти керувалися, зокрема, такими чинниками, як передбачуваність і послідовність звучання патологічних шумів на тренажері, ступінь їх відмінності від нормальних звуків, рівень подібності до клінічних прикладів, які використовувались під час навчання, а також наявність зворотного зв'язку або можливості повторного прослуховування. Окреме значення мало те, наскільки тренажер дозволяв зосередитись на конкретному звуці без додаткових візуальних або аудіальних перешкод.

На запитання «Як ви оцінюєте здатність тренажера для аускультатії відтворювати патологічні звуки?». Найбільша частка респондентів — 38,9% (n = 14) — обрали варіант «добра», а ще 27,8% (n = 10) — «відмінна». Задовільну якість вказали також 27,8% (n = 10), тоді як лише 5,6% (n = 2) оцінили якість як погану. Таким чином, понад дві третини респондентів (66,7%) надали високу оцінку здатності симулятора імітувати патологічні аускультативні знахідки.

Як ви оцінюєте здатність тренажера для аускультації відтворювати патологічні звуки?
36 відповідей

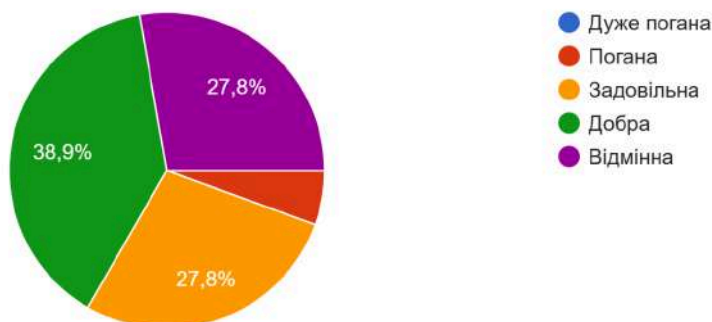


Рис. 3.13. Здатність до відтворення патологічних звуків спеціалізованим манекеном для аускультації.

Водночас, відповіді на друге запитання «Чи змогли ви легко розпізнати патологічні шуми на тренажері для аускультації?» виявили дещо суперечливу тенденцію. Лише 55,6% ($n = 20$) студентів повідомили, що зробили це легко, тоді як 41,7% ($n = 15$) зазначили, що розпізнавання було можливим, але викликало труднощі. Ще 2,8% ($n = 1$) респондентів визнали, що завдання було складним.

Чи змогли ви легко розпізнати патологічні шуми на тренажері для аускультації?
36 відповідей

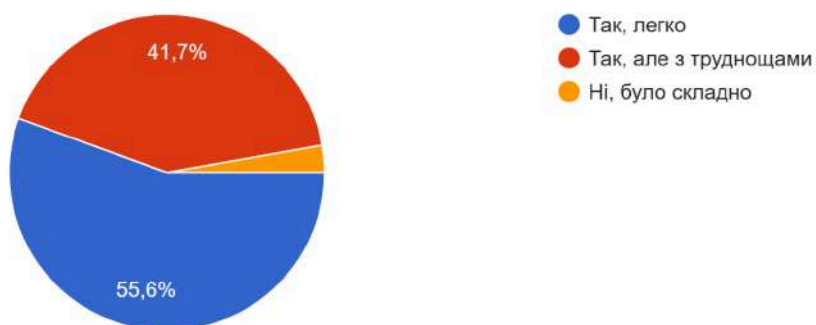


Рис. 3.14. Легкість розпізнавання патологічних шумів на тренажері для аускультації.

Такий розподіл відповідей вказує на певну розбіжність між якістю відтворення та якістю сприйняття звуку, що може свідчити про недостатню підготовленість до інтерпретації навіть якісно відтворених патологічних феноменів або про недосконалу адаптацію слуху студента до симуляційного формату.

Аналіз відповідей у розрізі курсів дозволяє виявити додаткові закономірності. Серед студентів 3 курсу ($n = 13$), 6 респондентів (46,2%) зазначили, що тренажер добре відтворює патологічні шуми, 5 (38,5%) — що відмінно. Ще 1 особа (7,7%) оцінила якість як задовільну, і лише 1 (7,7%) — як погану. Щодо легкості розпізнавання звуків, 8 студентів (61,5%) зробили це легко, 5 (38,5%) — з труднощами. Високий рівень позитивних оцінок у цій групі можна пов'язати з тим, що студенти нещодавно проходили відповідні заняття з дисципліни пропедевтики внутрішніх хвороб, активно працювали з тренажерами на очних заняттях, і звуки були для них знайомими та повторюваними.

Серед студентів 4 курсу ($n = 2$), один оцінив якість як добру, інший — як задовільну. За легкістю розпізнавання, один респондент дав відповідь «так, легко», інший — «так, але з труднощами». Хоча вибірка є невеликою, вона демонструє приблизну відповідність оцінки відтворення та сприйняття.

Студенти 5 курсу ($n = 8$) надали загалом високі оцінки якості звуків: 3 особи (37,5%) — «добра», 3 (37,5%) — «відмінна», 1 — «задовільна», 1 — «погана». Щодо розпізнавання звуків, 5 студентів (62,5%) впоралися легко, 3 (37,5%) — з труднощами, і один респондент (12,5%) зазначив, що це було складно. Варто зауважити, що ця група активно готується до практичних модулів ОСКІ, де тренажери є основним джерелом симуляції патологічних шумів.

Найбільш цікаві результати виявлено серед студентів 6 курсу ($n = 13$). Попри те, що більшість з них — 7 респондентів (53,8%) — зазначили, що якість відтворення звуків була лише задовільною, ще 4 (30,8%) оцінили її як добру, а 2

(15,4%) — як відмінну. Проте у відповіді на друге запитання лише 5 студентів (38,5%) вказали, що змогли легко розпізнати патологічні шуми, тоді як 8 (61,5%) повідомили про труднощі. Це може вказувати на деяке зниження навичок активної інтерпретації звуків у старшокурсників, можливо, через рідше використання симуляторів на пізніх етапах навчання, коли акцент зміщується на клінічну роботу з реальними пацієнтами.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що хоча переважна більшість студентів позитивно оцінила здатність тренажера до відтворення патологічних шумів (добра або відмінна якість – 66,7%), водночас майже половина (44,5%) респондентів зіткнулася з труднощами під час їх розпізнавання. Така розбіжність між об'єктивною якістю моделювання та суб'єктивною складністю інтерпретації може свідчити про потребу в додатковій підготовці з клінічної аудіодіагностики, а також про необхідність постійного тренування слуху в контексті симуляційних технологій. Особливо це стосується старшокурсників, у яких частка відповідей із труднощами виявилась найвищою, попри достатній загальний досвід у клінічній практиці.

3.7. Аналіз ефективності додатку "Stethophone" у відтворенні та розпізнаванні патологічних аускультативних шумів.

У сучасних умовах цифровізації медичної освіти мобільні додатки, зокрема Stethophone, стають все більш популярними засобами для навчання аускультатії. З метою аналізу їх ефективності у відтворенні та розпізнаванні патологічних звуків, респондентам було запропоновано два запитання, що дозволили оцінити як якість звуку, так і легкість інтерпретації, з урахуванням курсової диференціації. При відповіді на запитання респонденти орієнтувалися на такі суб'єктивні чинники, як чіткість і технічна якість звуку, наявність фонових шумів або їхнє приглушення, відповідність почутого звуку раніше вивченим зразкам, швидкість розпізнавання патології, а також інтуїтивність і зручність користування додатком. В окремих випадках вплив мав також рівень впевненості, який виникав завдяки функції виявлення патологічних шумів у самому інтерфейсі програми.

На запитання «Як ви оцінюєте здатність додатку "Stethophone" відтворювати патологічні звуки?» найбільше респондентів — 41,7% ($n = 15$) — обрали варіант «добра», 27,8% ($n = 10$) — «задовільна», 19,4% ($n = 7$) — «відмінна». Оцінку «погана» надали 5,6% ($n = 2$), і ще 5,6% ($n = 2$) вказали на «дуже погану» якість.

Як ви оцінюєте здатність додатку "Stethophone" відтворювати патологічні звуки?
36 відповідей

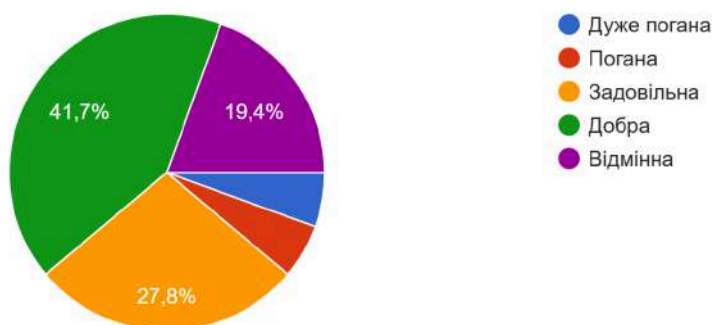


Рис. 3.15. Здатність додатку “Stethophone” до відтворення патологічних звуків.

Найвищі оцінки відзначено серед студентів 3 курсу: 5 респондентів (38,5%) обрали варіант «добра», ще 4 (30,8%) — «відмінна». Жоден із представників цієї групи не дав негативної оцінки. Студенти 5 курсу ($n = 8$) також загалом позитивно оцінили додаток: 3 особи (37,5%) вказали на добру якість, ще 3 (37,5%) — на відмінну. Лише 1 студент (12,5%) обрав варіант «задовільна» і ще 1 (12,5%) — «погана». У групі 6 курсу ($n = 13$) спостерігалася більша поляризація: хоча 5 респондентів (38,5%) дали оцінку «добра», значна частка — 5 осіб (38,5%) — визнали якість як задовільну, а 3 (23,1%) — як погану або дуже погану. Це може свідчити про критичніше ставлення старшокурсників до цифрових інструментів у порівнянні з іншими методами.

Водночас, на запитання «Чи змогли ви легко розпізнати патологічні шуми через Stethophone?», 50% респондентів ($n = 18$) вказали, що змогли зробити це легко, ще 38,9% ($n = 14$) — з труднощами, і 11,1% ($n = 4$) — що це було складно.

Чи змогли ви легко розпізнати патологічні шуми через "Stethophone"?

36 відповідей

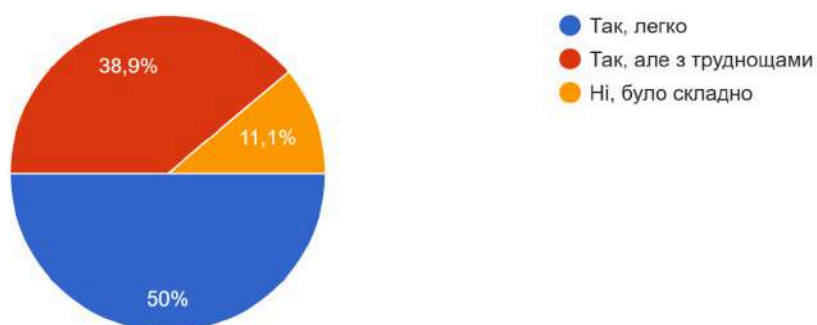


Рис. 3.16. Легкість розпізнавання патологічних шумів за допомогою додатку "Stethophone".

У розрізі курсів найкращі результати знову продемонстрували студенти 3 курсу: 8 осіб (61,5%) зазначили, що розпізнали звуки легко, ще 5 (38,5%) — з труднощами. Серед студентів 5 курсу 5 осіб (62,5%) дали відповідь «так, легко», 2 (25%) — з труднощами, і лише 1 (12,5%) — що це було складно. Найнижчі показники розпізнавання спостерігаються серед студентів 6 курсу: лише 3 респонденти (23,1%) повідомили, що інтерпретація була легкою, тоді як 7 (53,8%) — з труднощами, і ще 3 (23,1%) — що не змогли зробити цього без значних ускладнень. Порівнюючи ці результати з відповідними показниками для класичної аускультатії, спостерігається чітка перевага мобільного додатку. Нагадаємо, що лише 22% респондентів оцінювали класичну аускультатію як легку або дуже легку з точки зору інтерпретації патологічних шумів. Для Stethophone цей показник становить 50%, що більш ніж удвічі перевищує результат традиційного методу. Ймовірними причинами цього можуть бути такі особливості цифрового додатку: стабільність звучання, усунення сторонніх шумів, а також наявність допоміжних функцій, які підказують користувачу про наявність патологічного феномену. У випадку студентів молодших курсів позитивне сприйняття додатку можна також пояснити тим, що цей формат

навчання є для них більш природним і звичним, особливо з огляду на цифрову трансформацію освіти. У свою чергу, певний скепсис, виявлений серед студентів 6 курсу, може бути пов'язаний із вищими очікуваннями щодо клінічної достовірності звуків, сформованими у процесі тривалої практичної роботи з реальними пацієнтами. Водночас варто відзначити, що саме ця група найчастіше обирала відповідь «задовільно» щодо якості звуку, що свідчить не стільки про негативне ставлення до додатку, скільки про визнання його як додаткового, але не базового джерела клінічного навчання.

Ці результати підтверджують потенціал цифрових інструментів як гнучких і доступних засобів навчання, особливо на ранніх етапах формування клінічного мислення.

3.8. Суб'єктивна оцінка ефективності методів аускультатії у формуванні клінічної навички.

Оцінка ефективності різних методів навчання аускультатії була одним із завершальних етапів анкетування, під час якого респондентам було запропоновано відповісти на запитання: «Який із методів найбільше допоміг вам засвоїти навичку аускультатії?». Це дозволило не лише виявити загальну тенденцію у вподобаннях студентів, а й зіставити їх із попередніми оцінками якості звуку та легкості інтерпретації.

За загальними результатами, найбільша частка студентів — 50% ($n = 25$) — вказала, що найбільш ефективним є поєднання всіх трьох методів (традиційна аускультатія, симуляційні тренажери та цифровий додаток). 30% ($n = 15$) обрали аускультатію справжніх пацієнтів за допомогою стетофонендоскопа, 16% ($n = 8$) — аускультатію спеціалізованого тренажера, і лише 4% ($n = 2$) — використання додатку "Stethophone" як основного джерела засвоєння навички.

Який із методів найбільше допоміг вам засвоїти навичку аускультатії?

50 відповідей

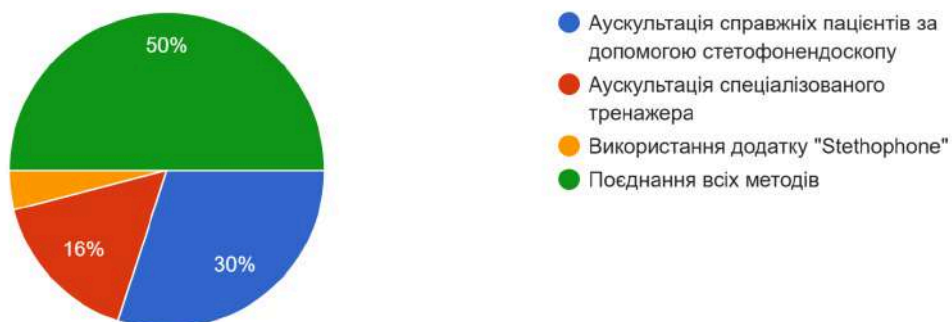


Рис. 3.17. Визначення найбільш ефективних методів для засвоєння навичок аускультатії.

У розрізі курсів ситуація має певні відмінності: серед студентів 3 курсу ($n = 19$) 13 осіб (68,4%) віддали перевагу поєднанню всіх методів, 4 (21,1%) — аускультатії пацієнтів, по 1 респонденту (5,3%) обрали тренажер і додаток відповідно. Така перевага комплексного підходу може пояснюватися тим, що ці студенти нещодавно ознайомилися з основами аускультатії і ще не мають стабільних уподобань. Їм важливо отримати різні візуальні та аудіальні джерела для закріплення нових знань. У групі 4 курсу ($n = 2$) обидва респонденти обрали аускультатію справжніх пацієнтів як найефективніший метод, що ймовірно пов'язано з першими клінічними контактами, які є емоційно та професійно значущими на цьому етапі навчання. Серед студентів 5 курсу ($n = 13$) виявлено найбільшу підтримку аускультатії спеціалізованого тренажера — 6 осіб (46,2%), ще 5 (38,5%) віддали перевагу поєднанню методів. Тільки по 1 респонденту (7,7%) обрали класичну аускультатію або використання додатку. Така тенденція обумовлена тим, що саме на 5 курсі студенти найчастіше використовують тренажери при підготовці до клінічних практичних модулів, зокрема ОСКІ-2, і вже мають усталений аудіальний шаблон симульованих патологій. Серед студентів 6 курсу ($n = 16$) домінували дві відповіді: 8 осіб (50%) віддали перевагу класичній аускультатії на пацієнтах, 7 (43,8%) —

поєднанню всіх методів. Лише 1 респондент (6,3%) обрав тренажер як основне джерело формування навички. Це відповідає загальному зрушенню фокусу старшокурсників у бік клінічного мислення та «живої» практики. Вони мають ширший клінічний досвід, більше працюють з реальними пацієнтами і можуть критично оцінювати обмеження симуляційних і цифрових засобів.

Ще одним важливим аспектом дослідження було визначення, який із методів респонденти вважають найбільш доцільним саме для початкового етапу навчання аускультатії. На відміну від попереднього запитання, що стосувалося загального впливу методів на формування навички, це запитання дозволяло оцінити думку студентів щодо ефективності окремих освітніх інструментів на стартовому рівні.

У цьому випадку найбільше респондентів — 40% ($n = 20$) — знову віддали перевагу поєднанню всіх методів, що свідчить про сталість цього підходу як найбільш універсального. Водночас частка тих, хто обрав аускультатію спеціалізованого тренажера, суттєво зросла до 30% ($n = 15$), порівняно з 16% у попередньому запитанні. Це може бути пов'язано з тим, що тренажер сприймається як більш безпечне, стандартизоване й підконтрольне середовище для першого ознайомлення зі звуками. Вибір **класичної аускультатії** як стартового методу склав 18% ($n = 9$), що на 12% менше, ніж при відповіді на питання про найефективніший метод загалом. Використання додатку *Stethophone* обрали 12% ($n = 6$), що свідчить про його певну роль як

допоміжного джерела на початковому етапі.

Який метод найкраще підходить для початкового навчання аускультатії?
50 відповідей

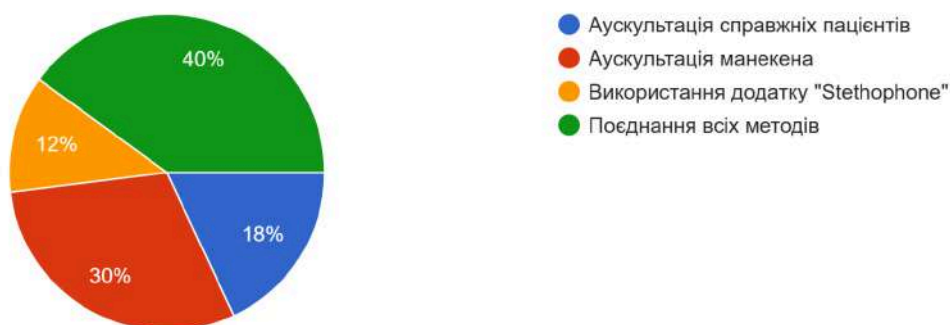


Рис. 3.18. Визначення методу аускультатії, який найбільше підходить для початково навчання.

У порівнянні з попереднім питанням помітна зміна розподілу пріоритетів. Якщо на етапі загального формування навички переважав клінічний компонент (аускультатія пацієнтів) або тренажери, то на етапі початкового навчання виразніше проявляється схильність до симуляційних та цифрових рішень, як менш емоційно напружених і технічно керованих форматів.

У розрізі курсів найбільшу частку відповідей «поєднання всіх методів» знову продемонстрували студенти 3 курсу — 8 осіб (42,1%), тоді як 6 студентів (31,6%) обрали симуляційний тренажер. Лише 3 респонденти вказали на класичну аускультатію, і 2 — на *Stethophone*. Це демонструє, що молодші курси схильні обирати тренажер як стартовий метод через його наочність, системність та можливість багаторазового відтворення звуків без клінічного тиску. У студентів 5 курсу ситуація виглядає схожою: 5 респондентів (38,5%) обрали тренажер як стартовий метод, 3 — цифровий додаток, 2 — класичну аускультатію, і 3 — поєднання всіх підходів. Порівняно з попереднім питанням, де більшість п'ятикурсників вказала на ефективність симуляційного тренажера загалом, ці результати підтверджують сталу довіру до нього як до основи для первинного формування слухової навички. Серед студентів 6 курсу ($n = 16$) 7

респондентів (43,8%) знову обрали поєднання методів, 4 (25%) — симуляційний тренажер, 4 (25%) — класичну аускультацию, і лише 1 — цифровий додаток. У цій групі бачимо певну балансованість підходів і дещо рівномірніший розподіл відповідей. Порівняно з попереднім запитанням, де більшість старшокурсників однозначно віддавали перевагу класичній аускультации, тут вони частіше визнають доцільність використання тренажерів та комбінованих методів на початковому рівні. Це може бути наслідком ретроспективної оцінки власного досвіду, коли старшокурсники усвідомлюють значущість підготовчих етапів. Таким чином, хоча поєднання всіх методів продовжує домінувати в уподобаннях студентів, саме на етапі первинного навчання зростає роль симуляційних тренажерів, що розглядаються як зручний і ефективний інструмент для безпечного засвоєння аудіологічних основ. У порівнянні з загальною ефективністю, класична аускультация втрачає свою позицію як стартовий метод, що цілком логічно в контексті сучасної освітньої моделі, яка орієнтується на поступове ускладнення навчального матеріалу.

3.9. Рекомендації на майбутнє: перспективи цифрових технологій у навчанні аускультации.

У межах дослідження було також проаналізовано ставлення студентів до цифрових інструментів у навчанні, зокрема до додатку *Stethophone*, у контексті майбутнього їхнього використання як альтернативи або заміни традиційним методам аускультации. Запитання формулювалося наступним чином: «Чи вважаєте ви, що цифрові технології (*Stethophone*) можуть у майбутньому замінити традиційні методи аускультации?»

Загалом 44% респондентів ($n = 22$) відповіли «так», 34% ($n = 17$) — «частково», і лише 22% ($n = 11$) — «ні». Це свідчить про переважно позитивне або помірковано обережне сприйняття цифрових рішень серед студентів-медиків, хоча повна заміна класичних інструментів поки не підтримується абсолютною більшістю.

Чи вважаєте ви, що цифрові технології (Stethophone) можуть в майбутньому замінити традиційні методи аускультатції?

50 відповідей

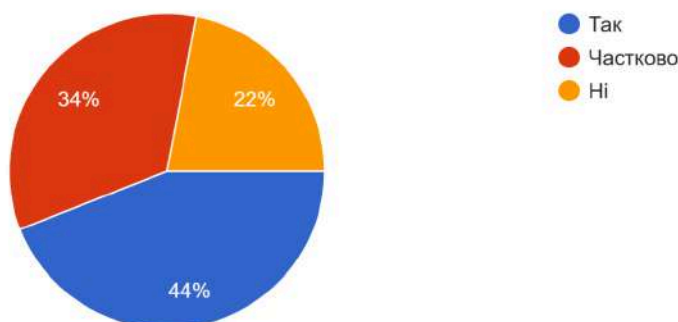


Рис. 3.19. Можливість заміни “класичних” методів аускультатції в майбутньому.

У розрізі курсів помітні суттєві відмінності. Найбільшу частку респондентів, які вважають, що цифрові технології можуть повністю замінити традиційні методи, становлять студенти 3 курсу: 11 із 19 (57,9%) обрали варіант «так», 2 — «частково», і лише 6 — «ні». Така схильність до підтримки технологічних рішень у молодших курсів, імовірно, пов'язана з більшою відкритістю до цифрових інструментів, які вони активно використовують у повсякденному житті та навчанні. Вони також ще не мають повного клінічного досвіду, що дає підстави вважати цифрові симуляції цілком достатніми для оволодіння навичками на початкових етапах. Серед студентів 5 курсу переважає збалансована позиція: 7 респондентів (53,8%) відповіли «так», ще 5 (38,5%) — «частково», і лише 1 — «ні». Цей результат може свідчити про оптимістичну, але виважену оцінку можливостей цифрових інструментів, сформовану на основі поєднання теоретичної підготовки та поступового входження до клінічного середовища. Зовсім іншу тенденцію демонструють студенти 6 курсу. Більшість із них — 9 із 16 (56,3%) — відповіли «частково», лише 3 (18,8%) — «так», і 4 (25%) — «ні». Такий результат відображає обережність і критичне ставлення, властиве студентам із більшим клінічним досвідом. На етапі завершення навчання вони вже мали нагоду працювати з реальними пацієнтами,

де традиційна аускультация часто має незамінну діагностичну цінність. Крім того, вони більш чітко усвідомлюють обмеження цифрових рішень — зокрема, у реальних умовах госпітального шуму, індивідуальних варіаціях клінічних звуків і складності інтерпретації нетипових випадків. Таким чином, результати демонструють генераційне та освітнє розшарування у сприйнятті цифрових інструментів. Молодші студенти схильні бачити в них повноцінну заміну класичним методам, тоді як старші — розглядають їх як корисне доповнення, але не альтернативу повноцінному клінічному досвіду. Це підкреслює необхідність зваженого впровадження цифрових технологій у навчальний процес: вони мають використовуватися не замість, а на підтримку традиційних методів, забезпечуючи контекст, підготовку та впевненість перед реальними клінічними ситуаціями.

У завершальній частині опитування респондентам було запропоновано поділитися власним баченням того, які методи вони вважають найбільш доречними для навчання аускультатії майбутніх студентів, а також обґрунтувати свій вибір. Аналіз відповідей демонструє помітну еволюцію освітніх пріоритетів залежно від курсу навчання, а також формування структурованого, поетапного підходу до набуття навичок. Студенти **3 курсу** найчастіше наголошували на ефективності поєднання аускультатії на пацієнтах та тренажерах. У низці відповідей фігурує додаток *Stethophone*, однак у більшості випадків він розглядається як допоміжний або другорядний інструмент. Відповіді містять як узагальнені формулювання («комбінація всіх трьох», «усі методи в комплексі»), так і конкретні аргументи на кшталт «пацієнти — це реальність, але спершу треба чути звуки на тренажерах». Також простежується відкритість до цифрових інструментів, що зумовлено сучасним навчальним середовищем і зручністю мобільних рішень. У відповідях студентів **4 курсу** переважає поєднання методів із пріоритетом реального клінічного досвіду. Вони наголошують на тому, що робота з пацієнтами формує впевненість та клінічне мислення, тоді як тренажери та додатки розглядаються як підготовчі платформи. Це узгоджується з початковим етапом клінічної практики, коли

студенти починають безпосередньо взаємодіяти з пацієнтами. Респонденти **5 курсу** частіше акцентують увагу на необхідності поетапного підходу: тренажер — для ознайомлення, цифровий додаток — для самостійної практики вдома, а робота з пацієнтами — для закріплення. Звучать відповіді на кшталт «усе має бути поступово», «тренажер готує вухо, але без пацієнтів нічого не засвоїш». У цій групі помітне прагнення до балансу між технологіями та класичними підходами. Студенти **6 курсу**, які вже завершують підготовку, демонструють найбільш сформоване бачення структури навчання. Переважна частина з них рекомендує починати з манекенів, потім використовувати *Stethophone* для відпрацювання вдома, а вже далі переходити до аускультатії справжніх пацієнтів, яку вони одностайно визнають ключовим елементом навчального процесу. У відповідях часто фігурують такі формулювання, як «пацієнт — це еталон, але тренажер — необхідний старт», «спершу тренажер, бо він не кричить і не рухається», «краще чути патологію на записі, ніж не впізнати її в реальному житті». У цілому, результати цього етапу дослідження підтверджують, що студенти надають перевагу інтегрованому підходу до навчання аускультатії, який поєднує в собі симуляційні, цифрові та традиційні методи, але з чітким акцентом на етапність і зростаючу складність. Тренажери та додатки сприймаються як цінні допоміжні інструменти на ранніх етапах навчання, тоді як аускультатія справжніх пацієнтів залишається незамінною в розвитку клінічної інтуїції та професійної впевненості.

РОЗДІЛ 4

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ АУСКУЛЬТАЦІЇ В НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ МЕДИКІВ: КЛІНІЧНІ СЦЕНАРІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ STETHOPHONE.

У ХХІ столітті цифрова трансформація охопила практично всі сфери охорони здоров'я, і медична освіта не стала винятком. Особливо стрімкими є зміни у сфері симуляційного навчання, що забезпечує безпечне, контрольоване та наближене до реальності відпрацювання клінічних навичок. Аускультация — одна з базових діагностичних процедур у внутрішній медицині — тривалий час залишалася сферою, у якій провідну роль відігравав традиційний стетофонендоскоп. Проте сучасні цифрові технології, включно з мобільними додатками, відкривають нові можливості для аудіологічного навчання, особливо на початкових етапах формування клінічного мислення. Цифрові стетофонендоскопи, як до прикладу додаток *Stethophone*, надають змогу не лише підсилювати звукові сигнали, але й записувати, зберігати, аналізувати та передавати аускультативну інформацію в реальному часі. Це дає підґрунтя для створення адаптивних навчальних сценаріїв, які поєднують високий рівень реалістичності з можливістю багаторазового відтворення. Як засвідчують сучасні дослідження, саме такі умови є найбільш ефективними для набуття й закріплення складних клінічних навичок.

Мета та завдання дослідження. Метою цього дослідження стало оцінити ефективність використання цифрових аудіозаписів патологічних звуків у порівнянні з традиційними симуляційними манекенами під час навчання студентів-медиків навичкам аускультативної.

Основні завдання дослідження:

- порівняти поведінкову реакцію студентів під час взаємодії з манекенами та цифровими звуками;
- проаналізувати рівень аналітичної активності, сформованої в обох методиках;

- визначити суб'єктивні відчуття студентів щодо ефективності кожного з підходів;
- сформулювати рекомендації щодо вдосконалення симуляційного навчання аускультатії.

Методика дослідження. Експериментальна частина дослідження проводилася в рамках навчальних занять з терапії з елементами клінічної симуляції. Студенти були розподілені на малі групи, в яких вони по черговому виконували ролі лікаря та медичної сестри. Кожна група відпрацьовувала два послідовні клінічні сценарії: один із використанням манекена, у якого були запрограмовані стандартизовані серцеві та легеневі шуми, інший — із прослуховуванням цифрових записів реальних патологічних звуків, отриманих за допомогою додатку *Stethophone* під час аускультатії пацієнтів. Після кожного з етапів проводився структурований дебрифінг, під час якого студенти обговорювали труднощі, особливості та власну впевненість при застосуванні кожного з методів. Також було оцінено суб'єктивну легкість розпізнавання, достовірність звуків, рівень зосередженості, потребу в повторному прослуховуванні, а також загальну ефективність кожного з підходів для розвитку клінічного мислення.

Результати. Під час роботи з манекеном студенти, як правило, без труднощів ідентифікували патологічні шуми. Це пояснюється стандартизованим характером таких звуків, які вже зустрічалися їм під час попередніх занять. Однак дебрифінг показав, що при цьому значно зменшувалася потреба в критичному аналізі. Очікуваність результату, шаблонність звуків і невисокий рівень варіативності призводили до зниження аналітичного напруження, що ускладнює розвиток реального клінічного мислення. З іншого боку, під час аналізу цифрових аудіозаписів учасники були змушені слухати уважніше, зосереджено, аналізуючи навіть найменші відхилення у звучанні. Це стимулювало формування діагностичних гіпотез, а в ряді випадків — навіть дискусії всередині команди. Студенти зазначали, що реальні записи змушували «чути по-справжньому», зважаючи на відсутність нав'язаного алгоритму й

непередбачуваність структури звуків.

Попри те, що під час роботи з манекеном студенти демонстрували дещо кращі формальні результати (ідентифікація звучання), 100% респондентів визнали метод цифрового аудіозапису більш ефективним для формування рефлексивного, клінічного мислення, аналізу складних шумів та наближення до реальної практики.

Дослідження підтвердило, що впровадження цифрових стетофонендоскопів, зокрема додатку *Stethophone*, у симуляційне навчання аускультатії має високу дидактичну цінність. Поєднання таких технологій із традиційними методами дозволяє підвищити якість освітнього процесу, сприяє розвитку клінічного мислення, аналітичної рефлексії та адаптації до реальних умов. Надалі такі рішення можуть відігравати ключову роль у побудові гнучких та сучасних моделей медичної освіти.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У проведеному дослідженні була здійснена порівняльна оцінка ефективності трьох основних підходів до формування аускультативних навичок у студентів медичного факультету: класичної аускультатії на справжніх пацієнтах, навчання з використанням симуляційних тренажерів, а також застосування цифрового мобільного додатку Stethophone. Учасниками дослідження стали 50 студентів 3–6 курсів, що дозволило проаналізувати ефективність кожного з методів у розрізі освітнього етапу.

Якість сприйняття аускультативних звуків. За результатами оцінки якості звуків, симуляційні тренажери показали найвищі результати: 80% студентів оцінили якість як "добру" або "відмінну", що підтверджує ефективність моделювання контрольованих клінічних ситуацій. Традиційна аускультатія, хоча й забезпечувала реалістичність клінічного середовища, продемонструвала нижчий рівень чіткості сприйняття (лише 10% — "відмінна якість"), що може бути пов'язано з фоновим шумом, браком часу або психоемоційним навантаженням під час контакту з реальним пацієнтом. Цифрові технології, зокрема додаток Stethophone, отримали переважно "задовільні" оцінки (32%), хоча також були відзначені випадки "відмінної" якості (26%). Варто зазначити, що критичні оцінки цифрових засобів частіше надходили від студентів старших курсів, що свідчить про обмежену адаптацію досвідчених слухачів до нетрадиційних джерел звуку.

Легкість інтерпретації звуків. Серед усіх методів найбільшу легкість інтерпретації звуків студенти відчували при роботі з симуляційними тренажерами — понад 70% респондентів відзначили, що інтерпретація є "легкою" або "середньої важкості". В умовах класичної аускультатії 24% учасників визнали процес інтерпретації "важким" або "дуже важким", що зумовлено як індивідуальними слуховими особливостями, так і необхідністю в одночасному аналізі множинних клінічних факторів. Цифрова платформа, хоча й пропонувала візуалізацію звуку, не компенсувала повністю складності

інтерпретації для значної частини студентів, особливо тих, хто звик до традиційного слухового аналізу.

Збереження знань та навичок. Згідно з аналізом результатів тестування після проходження практичної частини, найбільш високі показники відтворення знань були зафіксовані серед студентів, які застосовували симуляційні тренажери. Це підтверджує гіпотезу, що багаторазове повторення та стандартизація звуків сприяють формуванню стабільних навичок. Водночас, студенти 5–6 курсів продемонстрували вищу загальну здатність до інтерпретації, незалежно від використовуваного методу, що свідчить про кумулятивний ефект клінічного досвіду.

Суб'єктивні переваги та недоліки. Опитування респондентів дозволило виділити основні переваги кожного з методів:

Класична аускультация: висока клінічна реалістичність, формування комунікативних навичок, інтеграція з іншими елементами фізикального обстеження.

Симуляційні тренажери: повторюваність, контрольованість ситуацій, можливість зосередитися на конкретному звуковому феномені.

Цифрові додатки: мобільність, доступність, можливість візуалізації звукових сигналів.

Серед основних недоліків респонденти зазначили:

- обмежений доступ до справжніх пацієнтів;
- технічні обмеження мобільних додатків (якість звуку, залежність від гаджетів);
- штучність деяких звуків на тренажерах, що не завжди повністю відповідає клінічній реальності.

Результати дослідження свідчать, що ефективне формування аускультативних навичок потребує комплексного підходу з поєднанням різних методів навчання. Симуляційні тренажери є найоптимальнішим засобом на етапі початкового оволодіння навичками, тоді як класична аускультация зберігає ключову роль у розвитку клінічного мислення. Цифрові інструменти виступають перспективним доповненням, особливо в умовах обмеженого

доступу до клінічної практики або під час дистанційного навчання. Їх подальша інтеграція в освітній процес потребує адаптації під індивідуальні освітні потреби студентів та вдосконалення технічних характеристик.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аускультация залишається базовим компонентом фізикального обстеження в клінічній практиці, що зберігає свою значущість попри стрімкий розвиток інструментальних та цифрових методів діагностики. Її історична еволюція – від прямої аускультатії до використання цифрових стетоскопів із підтримкою штучного інтелекту – демонструє гнучкість методу та його здатність адаптуватися до змін в медичній практиці.
2. Сучасна аускультация легень є незамінним методом діагностики в пульмонології, тоді як аускультация серця виконує допоміжну функцію й слугує для орієнтовного виявлення патологій, що потребують подальшої інструментальної верифікації. Це обумовлює потребу в цілеспрямованому вдосконаленні навичок слухової диференціації патологічних шумів під час підготовки майбутніх лікарів.
3. Результати дослідження підтвердили ефективність симуляційних тренажерів у формуванні клінічних навичок аускультатії, особливо серед студентів молодших курсів. Висока якість звукових феноменів, повторюваність та можливість зосередження на конкретних ділянках роблять цей підхід оптимальним на етапі початкового навчання.
4. Класична аускультация на справжніх пацієнтах, попри наявні обмеження (вплив шуму, психологічне навантаження, варіабельність клінічної картини), залишається найреалістичнішим методом, що забезпечує формування цілісного клінічного мислення, інтегруючи спостереження, комунікацію та аналіз.
5. Цифрові технології (мобільний додаток Stethophone) демонструють перспективність у контексті гнучкого, мобільного та дистанційного навчання.
6. Отримані дані свідчать, що ефективність навчання аускультатії залежить не лише від методу, але й від клінічного досвіду студентів. Студенти старших курсів продемонстрували кращі результати незалежно від

підходу, що вказує на важливість багаторічного практичного впровадження навички.

7. Суб'єктивна оцінка студентами продемонструвала високу цінність комбінованого підходу до навчання аускультації. Оптимальним вбачається поєднання симуляційного та клінічного досвіду з використанням цифрових інструментів як допоміжного компонента.
8. Підвищення ефективності підготовки майбутніх лікарів у галузі аускультації можливе за умови впровадження модернізованих освітніх стратегій, які передбачають системне використання сучасних технологій, підтримку міждисциплінарного підходу, регулярну оцінку знань і навичок та їх інтеграцію у клінічну практику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. "De l'auscultation médiate, ou Traité du diagnostic des maladies des poumons et du coeur." Paris: J.-A. Brosseau et J.-S. Chaudé, 1819
2. "Leçons sur l'auscultation et sur l'exploration des poumons" - Joseph Skoda, 1853
3. "On the Use of the Stethoscope in Diseases of the Heart and Lungs" Armand Trousseau, 1862
4. "The Principles and Practice of Medicine" - William Osler, 1892
5. "Diseases of the Chest" - Lewis Hamman, 1921
6. "Physical Diagnosis" - James Mackenzie, 1908
7. "Clinical Auscultation of the Lungs" - Carl von Werber, 1931
8. "A Treatise on Physical Examination and Diagnosis of Diseases Affecting the Respiratory Organs" - Cyril McKown, 1939
9. "The Use of the Stethoscope in Clinical Medicine" - Arthur M. Meyer, 1940
10. Bardou D, Zhang K, Ahmad SM. Lung sounds classification using convolutional neural networks. *Artif Intell Med.* 2018;88:58–69.
11. Pasterkamp H, Kraman SS, Wodicka GR. Respiratory sounds: advances beyond the stethoscope. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(3):974–87.
12. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. *N Engl J Med.* 2014;370(8):744–51
13. Olson DE, Hammersley JR. Mechanisms of lung sound generation. *Semin Respir Crit Care Med.* 1985;6(3):171–9.
14. Sarkar M, Madabhavi I, Niranjana N, Dogra M. Auscultation of the respiratory system. *Ann Thorac Med.* 2015;10(3):158–68.
15. Weiss EB, Carlson CJ. Recording of breath sounds. *Am Rev Respir Dis.* 1972;105(5):835–9.
16. Pramono RXA, Bowyer S, Rodriguez-Villegas E. Automatic adventitious respiratory sound analysis: a systematic review. *PLoS One.* 2017;12(5):e0177926.

17. Forgacs P, Nathoo AR, Richardson HD. Breath sounds. *Thorax*. 1971;26(3):288–95.
18. Kraman SS. Vesicular (normal) lung sounds: how are they made, where do they come from, and what do they mean? *Semin Respir Crit Care Med*. 1985;6(3):183–91.
19. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. *N Engl J Med*. 2014;370(8):744–51.
20. Kraman SS. Determination of the site of production of respiratory sounds by subtraction phonopneumography. *Am Rev Respir Dis*. 1980;122(2):303–9.
21. Kraman SS. Does laryngeal noise contribute to the vesicular lung sound? *Am Rev Respir Dis*. 1981;124(3):292–4.
22. Forgacs P, Nathoo AR, Richardson HD. Breath sounds. *Thorax*. 1971;26(3):288–95.
23. Weiss EB, Carlson CJ. Recording of breath sounds. *Am Rev Respir Dis*. 1972;105(5):835–9.
24. Pramono RXA, Bowyer S, Rodriguez-Villegas E. Automatic adventitious respiratory sound analysis: a systematic review. *PLoS One*. 2017;12(5):e0177926.
25. Vyshedskiy A, Alhashem RM, Paciej R, Ebril M, Rudman I, Fredberg JJ, et al. Mechanism of inspiratory and expiratory crackles. *Chest*. 2009;135(1):156–64.
26. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. *N Engl J Med*. 2014;370(8):744–51.
27. Flietstra B, Markuzon N, Vyshedskiy A, Murphy R. Automated analysis of crackles in patients with interstitial pulmonary fibrosis. *Pulm Med*. 2011;2011:590506.
28. Munakata M, Ukita H, Doi I, Ohtsuka Y, Masaki Y, Homma Y, et al. Spectral and waveform characteristics of fine and coarse crackles. *Thorax*. 1991;46(9):651–7.
29. Forgacs P. The functional basis of pulmonary sounds. *Chest*. 1978;73(3):399–405.

30. Jones A. A brief overview of the analysis of lung sounds. *Physiotherapy*. 1995;81(1):37–42.
31. Murphy R, Vyshedskiy A. Acoustic findings in a patient with radiation pneumonitis. *N Engl J Med*. 2010;363(20):e31.
32. Bohadana AB, Peslin R, Uffholtz H. Breath sounds in the clinical assessment of airflow obstruction. *Thorax*. 1978;33(3):345–51.
33. Nagasaka Y. Lung sounds in bronchial asthma. *Allergol Int*. 2012;61(3):353–63.
34. American Thoracic Society, et al. Updated nomenclature for membership reaction. *ATS News*. 1977;3:5–6.
35. Dong-Min Huang, Jia Huang, Kun Qiao, Nan-Shan Zhong, Hong-Zhou Lu & Wen-Jin Wang, “Deep learning-based lung sound analysis for intelligent stethoscope”, 2023
36. Macleod's clinical examination 15th edition” 2023, p. 83-104.
37. Hafke-Dys H, et al. The accuracy of lung auscultation in the practice of physicians and medical students. *PLoS ONE*. 2019;14(8):e0220606.
38. Melbye H, et al. Wheezes, crackles and rhonchi: simplifying description of lung sounds increases the agreement on their classification: a study of 12 physicians' classification of lung sounds from video recordings. *BMJ Open Respir Res*. 2016;3(1):e000136.
39. Mehmood M, et al. Comparing the auscultatory accuracy of health care professionals using three different brands of stethoscopes on a simulator. *Med Devices (Auckl)*. 2014;7:273–81.
40. Andrès E. Advances and perspectives in the field of auscultation, with a special focus on the contribution of new intelligent communicating stethoscope systems in clinical practice, in teaching and telemedicine. In: El Hassani AH, editor. *eHealth and remote monitoring*. London: IntechOpen; 2012.
41. Pasterkamp H, Kraman SS, Wodicka GR. Respiratory sounds. *Advances beyond the stethoscope*. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(3 Pt 1):974–87.

42. Fraiwan M, Fraiwan L, Alkhodari M, Hassanin O. Recognition of pulmonary diseases from lung sounds using convolutional neural networks and long short-term memory. *J Ambient Intell Humaniz Comput*. 2021;1–13.
43. Coucke PA. Laennec versus Forbes: tied for the score ! How technology helps us interpret auscultation. *Rev Med Liege*. 2019;74(10):543–51.
44. Swarup S, Makaryus AN. Digital stethoscope: technology update. *Med Devices (Auckl)*. 2018;11:29–36.
45. Yilmaz G, et al. A wearable stethoscope for long-term ambulatory respiratory health monitoring. *Sensors (Basel)*. 2020;20(18):5124.
46. Klum M, et al. Wearable multimodal stethoscope patch for wireless biosignal acquisition and long-term auscultation. In: *Annual international conference of IEEE engineering in medicine and biology society*, vol 2019; 2019. p. 5781–5.
47. Klum M, et al. Wearable cardiorespiratory monitoring employing a multimodal digital patch stethoscope: estimation of ECG, PEP, LVET and respiration using a 55 mm single-lead ECG and phonocardiogram. *Sensors (Basel)*. 2020;20(7):2033.
48. Liu Y, et al. Epidermal mechano-acoustic sensing electronics for cardiovascular diagnostics and human–machine interfaces. *Sci Adv*. 2016;2(11):e1601185.
49. Vasudevan RS, et al. Persistent value of the stethoscope in the age of COVID-19. *Am J Med*. 2020;133(10):1143–50.
50. White SJ. Auscultation without contamination: a solution for stethoscope use with personal protective equipment. *Ann Emerg Med*. 2015;65(2):235–6.
51. Arun Babu T, Sharmila V. Auscultating with personal protective equipment (PPE) during COVID-19 pandemic—challenges and solutions. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2021;256:509–10.
52. Leng S, Tan RS, Chai KT, Wang C, Ghista D, Zhong L. The electronic stethoscope. *Biomed Eng Online*. 2015;14:66.
53. Smith C, inventor; Smith C, assignee. Transducer for sensing body sounds. United States patent US 6661897B2. 2003 Dec 9

54. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>. Accessed 31 July 2017.
55. Shea MJ. *Cardiac Auscultation. Merck Manual Professional Version*. Kenilworth: Merck; 2016.
56. Mesquita CT, dos Reis JC, Simões LS, de Moura EC, Rodrigues GA, Athayde CC, et al. Digital stethoscope as an innovative tool on the teaching of auscultatory skills. *Arq Bras Cardiol*. 2013;100(2):187–9.
57. Huang D, Wang L, Wang W. A multi-center clinical trial for wireless stethoscope-based diagnosis and prognosis of children community-acquired pneumonia. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2023;70(7):2215–26.
58. Elgendi M, Bobhate P, Jain S, Guo L, Rutledge J, Coe Y, et al. Spectral analysis of the heart sounds in children with and without pulmonary artery hypertension. *Int J Cardiol*. 2014;173(1):92–9.
59. Elgendi M, Bobhate P, Jain S, Rutledge J, Coe JY, Zemp R, et al. Time-domain analysis of heart sound intensity in children with and without pulmonary artery hypertension: a pilot study using a digital stethoscope. *Pulm Circ*. 2014;4(4):685–95.
60. Scrafford C, Basnet S, Ansari I, Shrestha L, Shrestha S, Ghimire R, et al. Evaluation of digital auscultation to diagnose pneumonia in children 2 to 35 months of age in a clinical setting in Kathmandu, Nepal: a prospective case–control study. *J Pediatr Infect Dis*. 2016;11(2):28–36.
61. Ellington LE, Emmanouilidou D, Elhilali M, Gilman RH, Tielsch JM, Chavez MA, et al. Developing a reference of normal lung sounds in healthy Peruvian children. *Lung*. 2014;192(5):765–73.
62. Kevat AC, Kalirajah A, Roseby R. Digital stethoscopes compared to standard auscultation for detecting abnormal paediatric breath sounds. *Eur J Pediatr*. 2017;176:989–92.
63. Zheng L, Li Y, Chen W, Wang Q, Jiang Q, Liu G. Detection of respiration movement asymmetry between the left and right lungs using mutual information and transfer entropy. *IEEE Access*. 2017;6:605–13.

64. Jean S, Cinel I, Tay C, Parrillo JE, Dellinger RP. Assessment of asymmetric lung disease in intensive care unit patients using vibration response imaging. *Anesth Analg*. 2008;107(4):1243–7.
65. Ren S, Li Y, Li W, Zhao Z, Jin C, Zhang D. Fatal asymmetric interstitial lung disease after erlotinib for lung cancer. *Respiration*. 2012;84(5):431–5.
66. Rennoll V, McLane I, Emmanouilidou D, West J, Elhilali M. Electronic stethoscope filtering mimics the perceived sound characteristics of acoustic stethoscope. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2021;25(5):1542–9.
67. Gairola S, Tom F, Kwatra N, Jain M. RespireNet: a deep neural network for accurately detecting abnormal lung sounds in limited data setting. In: 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). Mexico; 2021. p. 527–30.
68. Yu H, Zhao J, Liu D, Chen Z, Sun J, Zhao X. Multi-channel lung sounds intelligent diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulm Med*. 2021;21(1):1–13.