

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОМЕНЕВИХ ТА АКУСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ПНЕВМОНІЇ, У ТОМУ ЧИСЛІ ВИКЛИКАНОЇ ВІРУСОМ SARS-COV-2, У ДІТЕЙ. Огляд

¹Марушко Ю.В. <https://orcid.org/0000-0001-8066-9369>

¹Хомич О.В. <https://orcid.org/0000-0001-9272-7159>

¹Гищак Т.В. <https://orcid.org/0000-0002-7920-7914>

¹Таринська О.Л. <https://orcid.org/0000-0003-3759-1732>

²Щегель Г.О. <https://orcid.org/0000-0003-0028-9791>

¹Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна

²Національний авіаційний університет, Київ, Україна

khomychov@gmail.com

Актуальність. Пневмонія наразі залишається актуальною проблемою практичної медицини. Діагностика пневмонії достатньо складна і потребує комплексного дослідження з урахуванням як клінічних симптомів, так і результатів параклінічних методів дослідження.

Ціль: узагальнити дані літератури та власний досвід щодо сучасних променевих та акустичних методів діагностики пневмонії.

Методи. Аналіз наукових публікацій в міжнародних електронних наукометричних базах даних Scopus, PubMed за ключовими словами. Глибина пошуку – 15 років (2007-2021 рр.).

Результати. Проаналізована діагностика пневмонії на різних етапах лікування. Описані показання та протипоказання до використання, переваги і недоліки рентгенологічного методу, методу комп'ютерної томографії та ультразвукової діагностики. Наведена характеристика нового методу апаратної діагностики, який без зовнішнього опромінення дає можливість проводити первинну акустичну дистанційну діагностику пневмонії.

Висновок. На сьогодні існує широкий спектр інструментальних методів дослідження дихальної системи, що дозволяють точно встановлювати діагноз, але мають певні обмеження у використанні в клінічній практиці, зокрема в педіатрії. Перспективним є розробка нових акустичних методів, що мають високу діагностичну цінність, відсутність додаткового опромінення та протипоказань.

Ключові слова: пневмонія, пульмофанографія, діагностика, діти, COVID-19.

Актуальність. Пневмонія наразі залишається актуальною проблемою практичної медицини, оскільки може супроводжуватися тяжкими ускладненнями і мати небезпечні для життя наслідки [1, 2]. Це захворювання рік за роком змінюється, певним чином, за рахунок етіологічної структури та пов'язаних з нею особливостей перебігу. В етіології пневмонії все більшого значення набувають віруси, що спричиняють «нетипову» картину захворювання. Наразі в світі триває пандемія COVID-19, при якій пневмонії є загрозливим проявом. Вірус SARS-CoV-2 постійно мутує і відповідно викликає все більш важкі за перебігом пневмонії. В цьому плані своєчасна діагностика пневмоній набуває великого практичного значення для призначення адекватної терапії.

Діагностика пневмонії достатньо складна і потребує комплексного дослідження з урахуванням як клінічних симптомів, так і результатів параклінічних методів дослідження.

Ціль: узагальнити дані літератури та власний досвід щодо сучасних променевих та акустичних методів діагностики пневмонії.

МЕТОДИ

Аналіз наукових публікацій в міжнародних електронних наукометричних базах даних Scopus, PubMed за ключовими словами. Глибина пошуку – 15 років (2007-2021 рр.).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Наразі в різних країнах світу проводиться удосконалення стандартів діагностики пневмонії. Активну участь у створенні таких діагностичних критеріїв приймають Американське торакальне товариство (American Thoracic Society – ATS), Британське торакальне товариство (British Thoracic Society – BTS), Канадське товариство інфекційних хвороб (Canadian Infectious Disease Society – CIDS) та Європейське респіраторне товариство (European Respiratory Society – ERS). Останній перегляд настанов вище вказаних товариств відбувся у 2020-2021 роках.

В Україні діагноз пневмонії у дітей встановлюють згідно наказу № 128 МОЗ України, який пройшов перегляд у 2014 році та на сьогоднішній день є чинним. У 2017 році набув чинності Наказ МОЗ України № 1422, що затвердив клінічну настанову № 00122 «Пнеumo-

нія». Клінічна настанова охоплює сучасніші дані щодо діагностики і лікування пневмоній, що відповідають загально прийнятим Європейським стандартам [3, 4]. Згідно цієї настанови, золотим стандартом діагностики негоспітальної пневмонії є рентгенографія органів грудної клітки. Рентгенологічне обстеження – один із найдоступніших і розповсюджених методів для візуалізації патологічних змін у легенях [4].

Рентгенологічний метод надає аналіз структури і функціональних можливостей органів, ґрунтується на кількісному і якісному аналізі пучка рентгенівських променів, що проникають крізь організм людини, та отриманих статичних, аналогових, діагностичних даних на рентгенограмах [5].

Рентгенівські промені при проходженні через тканину різної щільності послаблюються і формують променеві зображення на рентгенівській плівці або флуоресцентному екрані. Променеві зображення поділяються на аналогові (рентгенограми, сцинтиграми та термограми), які отримані за допомогою методів класичної рентгенодіагностики, та цифрові, що отримані за допомогою комп'ютера (при комп'ютерній томографії, магнітно-резонансній томографії, ультразвуковому скануванні, цифровій рентгенографії) [6].

Згідно загальних практичних рекомендацій від American College of Radiology (ACR) [7] розроблені спеціальні показання для проведення рентгенографії грудної клітки, а саме: діагностика патологічних ознак, що пов'язані з дихальною, серцево-судинною, травною системами, опорно-руховим апаратом та моніторинг динаміки захворювань дихальної системи, передопераційна оцінка, рентгенографія при туберкульозі, інше.

Як свідчать дані настанови № 00122 МОЗ України, рентгенографія призначається тільки тоді, коли є характерна клінічна картина та дослідження є доцільним. Не можна виключити пневмонію, коли на рентгенограмі відсутні інфільтративні зміни, але клінічна картина захворювання та данні лабораторних досліджень типові для пневмонії [4].

Незважаючи на існування чітких клінічних однак пневмонії, часто на догоспітальному етапі це захворювання діагностується несвоєчасно, про що свідчать дані наукових досліджень. Так, проведений ретроспективний аналіз історій хвороби 221 дитини до 5 років, що лікувалися в стаціонарі з приводу пневмонії. Було виявлено, що 31,1% дітей були госпіталізовані пізніше сьомого дня хвороби і правильний діагноз пневмонії їм було встановлено вже на стаціонарному етапі лікування [8].

З іншого боку, існують повідомлення і про гіпердіагностику пневмоній на догоспітальному етапі. Була представлена робота, яка характеризувала причини гіпердіагностики пневмонії у дітей. Ретроспективно було досліджено 184 історії хвороби дітей з пневмонією для оцінки правильності призначення рентгенологічного методу обстеження. Дослідження показало,

що у кожного 5-го пацієнта мала місце гіпердіагностика, а у 32,3 % досліджуваних на рентгенологічних знімках були ознаки обструктивного бронхіту. Було виявлено, що гіпердіагностика пневмонії найчастіше була проведена у дітей перших трьох років життя через неправильну оцінку клінічних і рентгенологічних проявів обструктивного бронхіту [9].

За іншими даними, дітям з клінічними ознаками пневмонії проводять рентгенологічне дослідження грудної клітки, коли клінічні результати є сумнівними, є можливість виникнення ускладнень та в лікуванні немає позитивної динаміки. Автори вказують, при неускладненій позаликарняній пневмонії з типовою клінічною картиною та підтвердженій лабораторними даними, застосування рентгенологічного методу є недоцільним. Однак, якщо пацієнт має гіпоксемію чи ускладнений перебіг пневмонії, рентгенографію грудної клітки потрібно проводити в двох проекціях. Якщо таких проявів немає, за необхідності можливо провести рентгенографію в одній проекції [10].

Перевагою рентгенологічних методів в діагностиці пневмоній є висока точність і швидкість отримання результату. За даними літератури, чутливість рентгенологічного підтвердження пневмококової пневмонії складає 93 % (ДІ 80-98 %), а негативна прогностична цінність нормальної рентгенограми грудної клітки – 92 % (ДІ 77-98 %). Тому був зроблений висновок, що рентгенологічно підтверджена пневмонія є предиктором бактеріальної пневмонії [11].

Разом з тим, чутливість рентгенологічного методу в діагностиці вірусних пневмоній у дорослих коливається від 25 % [12] до 69 % [13]. Менша ефективність рентгенологічного методу при діагностиці ураження легень SARS-CoV-2, обумовлена нижчою імовірністю побачити специфічні ознаки, що характерні саме для ураження легень при COVID-19, а саме: «матове скло», ретикулярні зміни, консолідація [14].

Було досліджено діагностичну значимість рентгенологічного методу при COVID-19. В дослідженні прийняли участь 44 дитини з позитивним результатом на ПЛР на COVID-19, віком від 12 місяців до 16 років. Було виявлено, що при рентгенографії легень у більшості дітей з симптомним перебігом COVID-19 спостерігаються відхилення від норми, такі як підвищена щільність навколо стінок легеневого бронха (86,3 %), залучення периферичного простору (63,3 %), дифузне перибронхіальне манжетування (59 %), плевральний випіт (9,1 %), розширення середостіння (4,5 %). Рентгенографія в динаміці перед випискою у 84,1 % випадків показала повне видужання, однак погіршення симптомів було у 15,9 % пацієнтів – спостерігалось загострення рентгенологічних ознак та поява нових ущільнень [15].

Встановлено, що у кожного п'ятого пацієнта, що знаходився на стаціонарному лікуванні з діагнозом «негоспітальна пневмонія», мала місце гіпердіагнос-

тика пневмонії [8]. Це відбувалося через неправильність та двоякість трактовки рентгенологічних знімків, а саме: варіабельність результатів, що отримані від різних фахівців.

Згідно рекомендацій American College of Radiology (ACR) [7], роль лікаря-рентгенолога полягає в правильності трактовки рентгенологічних знімків, адже спеціалісти можуть інтерпретувати одну і ту саму рентгенограму по-різному. Це явище в деяких наукових дослідженнях отримало назву: «варіабельність результатів дослідження» [16, 17].

Наразі немає єдиних настанов щодо трактовки рентгенологічних змін, що лікар спостерігає на рентгенограмі. В науковій літературі це питання активно дискутується [18].

Науковці, лікарі ставлять завдання правильної інтерпретації патологічних рентгеновських знімків грудної клітки на конкретних клінічних випадках та пропонують розробити та дотримуватися систематичної техніки читання рентгенограм, щоб зменшити ризик виникнення помилок. Уміння рентгенолога, особливо у сумнівних ситуаціях при інтерпретації рентгенологічних знімків, залишаються вкрай важливими [18].

Наразі в умовах пандемії COVID-19 рентгенографія грудної клітки у дітей не втрачає актуальності [15]. При інфекції SARS-CoV-2 рентгенографічний метод застосовують у дітей з помірними чи важкими симптомами, у дітей з обтяженим анамнезом, які перебувають в групі ризику та потребують госпіталізації та спостереження, а також для первинного встановлення рівня візуалізації легень [14, 15].

Рівень чутливості комп'ютерної томографії щодо діагностики пневмоній вищий порівняно із рентгенографією і, за даними різних авторів, він коливається від 86 % [19] до 97-98 % [20]. На нашу думку, розбіжність даних щодо чутливості методу може бути через різну статистичну вибірку, а саме: різну кількість пацієнтів, стадію захворювання та правильність обраного протоколу, згідно якого буде проводитися трактовка результатів.

Є дані, що чутливість комп'ютерної томографії для встановлення діагнозу пневмонії при COVID-19 у дорослих становила 98 %, порівняно з чутливістю ПЛР 71 % ($p < 0,01$) [21]. Специфічні зміни, характерні для SARS-CoV-2, більш чітко виявляються за допомогою КТ, порівняно з рентгенографією грудної клітки, як у дорослих [20, 21, 22], так і у дітей [23, 24].

Показаннями для проведення КТ грудної клітини у дітей є невідповідність клінічних та рентгенологічних даних, а також можливий розвиток ускладнень, обсяг, характер та поширеність яких можна встановити даним методом [25, 26].

Незважаючи на високу діагностичну значимість дослідження КТ, існує суттєве обмеження для ши-

рокого застосування цього методу. За загальними стандартами, абсолютними протипоказаннями до проведення КТ є вагітність і вага пацієнта більше 150 кг [27]. Слід враховувати, що рівень опромінення при проведенні КТ в 100-300 разів більший, ніж при застосуванні рентгенологічного методу з низькою дозою радіації. За даними University of Washington Medical Center, доза опромінення в процесі КТ-сканування така ж сама, яку людина може отримати в природному середовищі протягом 1-3 років [28]. За даними СПб ГБУЗ «Центр з профілактики та боротьби зі СНІД та інфекційними захворюваннями», при проведенні КТ грудної клітини (при типовій ефективній дозі 8 мЗв) опромінення еквівалентно 400 рентгенографіям грудної клітини або 3,6 рокам життя людини при природньому фоні 3 мЗв за рік. Так, наприклад, під час звичайної рентгенографії органів грудної клітини пацієнт отримує приблизно 0,02 мЗв, так як при КТ ця доза складає 4-7 мЗв [29].

Згідно з міжнародними протоколами, дослідження з відносно високим променевим навантаженням, такі як комп'ютерна томографія, рентгеноскопія, сцинтиграфія або позитрон-емісійна томографія (ПЕТ), повинні проводитися за чіткими медичними показаннями. Це обмежує їх застосування на догоспітальному етапі [30].

Через велике радіаційне навантаження різко обмежене проведення КТ дітям в динаміці лікування пневмонії, в той час коли контрольні обстеження часто бувають необхідними [30].

При COVID-19 застосування КТ грудної клітини на первинних етапах діагностики не рекомендоване дітям до 12 років [14, 24, 25]. В цій віковій категорії КТ грудної клітини рекомендовано проводити в стаціонарі при сумнівних рентгенологічних даних з метою диференціальної діагностики [14].

У зв'язку з вище названими обмеженнями на тлі пандемії COVID-19 почали більш широко використовуватися інші методи діагностики уражень легень. Більш безпечним методом діагностики запальних змін на початкових етапах захворювання та для проведення моніторингу змін в легенях в динаміці є метод УЗД грудної клітини [30, 31].

УЗД показало високу ефективність в сортуванні хворих з пневмонією, особливо в тих ситуаціях, коли КТ неможливо провести [32]. УЗД легень гарно зарекомендував себе як приліжковий метод діагностики [33]. Авторами було проведено сліпе рандомізоване дослідження, де були порівняні результати УЗД легень та КТ грудної клітини у пацієнтів з COVID-19. За допомогою УЗД методу були виявлені такі зміни, як інтерстиціальний набряк легень у 90 % та консолідація легеневої тканини – у 20 % пацієнтів. Чутливість методу ультразвукової оцінки стану легень у пацієнтів з легким, середнім та важким перебігом пневмонії склала 68,8 %, 77,8 % та 100,0 %, відповідно,

специфічність – 85,7 %, 76,2 %, 92,9 %, діагностична точність – 76,7 %, 76,7 %, 93,3 %, відповідно.

Мета-аналіз показав, що чутливість УЗД легенів щодо виявлення пневмонії становить 96 % та специфічність 93 %, а позитивні та негативні коефіцієнти ймовірності 15,3 та 0,06 (площа під кривою 0,98). Тому було зроблено висновок, що УЗД легенів є альтернативним методом візуалізації для діагностики пневмонії у дітей [34].

Виявлений високий корелятивний зв'язок результатів дослідження УЗД легенів з результатами КТ грудної клітини у пацієнтів із пневмонією COVID-19 [35].

У відділеннях реанімації та інтенсивної терапії потрібний постійний моніторинг стану легенів [36], який допомагає у виборі тактики лікування та служить однією з рекомендацій для перекладання пацієнта в прон-позицію [37].

Проведено дослідження щодо порівняння діагностичної значимості УЗД легенів з рентгенографією органів грудної клітини при пневмонії. Показано, що діагностична значимість УЗД легенів в порівнянні з рентгенографією за коефіцієнтом Каппа становить 0,64-0,89 [38].

На сьогодні єдиним системним підходом для діагностики пневмонії за допомогою УЗД не розроблено [37].

Було запропоновано [39] методику щодо топічної діагностики пневмонії. Автори розділили кожен геміторахс на передню, бічну та задню зони, що, в свою чергу, поділяються на верхні та нижні половини, потім кожна зона сканується за анатомічними лініями. Коли виявляється область патології, то проводиться оцінка саме цієї ділянки.

Перевагами УЗД, порівняно з КТ, є відсутність радіаційного опромінення, можлива повторюваність процедури біля ліжка хворого, проведення ранньої діагностики і моніторингу пневмонії COVID-19 в динаміці лікування [40].

УЗД легенів має деякі переваги порівняно з рентгенологічним методом. Метод УЗД є більш чутливим для виявлення невеликих консолидацій [41], в тому числі піддіафрагмальних консолидацій, яких не видно на рентгенограмі грудної клітини в прямій проекції без додаткового бокового знімку [42]. Проте за допомогою УЗД легенів неможливо побачити консолидації, що не досягають плевральної поверхні [41, 42], та ущільнення, що розташовані у важкодоступних ділянках легень (надключична, пахвова ділянка) [43].

Дослідження КТ грудної клітки у пацієнтів з COVID-19 показали, що більшість ущільнень зазвичай локалізовані в периферичних відділах легенів, що полегшує виявлення їх за допомогою УЗД [44].

Варто звернути увагу, що результати, представлені в різних дослідженнях щодо визначення ефективності застосування ультразвукового сканування легенів,

як і інших методів, суттєво залежать від клінічної інтерпретації їх лікарем. Так, була доведена точність постановки діагнозу пневмонії за допомогою методу УЗД [45]. Якщо розмір консолидацій був >1 см, специфічність УЗД була вищою, ніж рентгенологічного методу, і складала 98,4 % (AUC 0,89). Автори рекомендують: якщо розмір консолидацій більше 1 см, то можна проводити тільки УЗД без рентгенологічного методу.

Була проведена робота щодо виявлення діагностичної точності проведення УЗД легенів порівняно з КТ грудної клітини при COVID-19. Ретроспективним методом було досліджено 45 пацієнтів віком 37-90 років. Всім пацієнтам було виконано УЗД-обстеження з оцінкою 14 зон, що відповідали топографічним сегментам легенів на КТ. Права передня верхня зона на УЗД відповідала S3 сегменту легені на КТ, права передня нижня – S5, права передня середня верхня – S4, права бокова середня нижня – S2, права бокова задня верхня – S6, права задня середня – S6, права задня нижня S9-10. Ліва передня верхня зона на УЗД відповідала S3 сегменту легені на КТ, ліва передня нижня – S5, ліва передня середня верхня – S2-3, права бокова середня нижня – S8, права бокова задня верхня – S3, права задня середня – S6, права задня нижня S9-10. Ехограми легенів порівнювалися з даними КТ, за такими критеріями, як поширеність процесу і характер структурних змін. Було виявлено, що ураження 10-11 зон по УЗД відповідало ураженням 1-2-го ступеня згідно КТ, ураження 13-14 зон – ураженням 3-4-го ступеня згідно КТ. Авторами був зроблений висновок, що чутливість УЗД у виявленні патологічних змін у легенях різного характеру складає ≥ 92 %. Найбільша чутливість 97,9 % (95 % ДІ: 92,8-99,8 %) визначена для дрібних консолидацій на тлі інтерстиціальних змін. Специфічність методу УЗД залежала від характеру змін в легенях і становила від 46,7 % до 70,0 %, а діагностична точність була ≥ 81 %. Максимальні показники специфічності були 90,6 % (95 % ДІ: 85,6-94,2 %) для помірних інтерстиціальних змін (ступінь 1а), які відповідають «матовому склу» (перший тип), за даними КТ. Проте обмеженнями для застосування методу УЗД є відсутність можливості чітко визначати поширеність процесу і виявляти центрально розташовані зони зміни легеневої тканини [46].

В літературі є дані про те, що чутливість, специфічність та точність УЗД-діагностики, порівняно з КТ грудної клітини, зростають із вираженістю проявів пневмонії, викликаной SARS-CoV-2 [47]. Ряд авторів вказує на можливість УЗД виявляти саме динамічні зміни, що пов'язані з пневмонією COVID-19 [48].

За іншими даними, УЗД при COVID-19 дещо збільшує ризик зараження через близькість лікаря до пацієнта [1].

Важлива роль УЗД полягає в оцінці розміру та

об'єму випоту у плевральній порожнині. Однак, за даними авторів, плеврит є рідкісною знахідкою при пневмонії COVID-19 у дітей [49].

Враховуючи вище наведене, головними перевагами УЗД є доступність та швидкість дослідження, висока інформативність, можливість неодноразового повторення процедур для уточнення діагнозу, моніторингу перебігу захворювання, а також можливість проведення скринінгових обстежень для профілактики і раннього виявлення патології [49].

Однак існують візуальні обмеження для застосування методу УЗД, а саме: відсутність можливості чітко визначити поширеність процесу і виявити центрально розташовані зони ураження легеневої тканини [46].

В останні роки ширшого застосування набувають методи діагностики, що базуються на використанні в якості носія інформації механічних, зокрема акустичних, коливань без зовнішнього опромінення [50]. Джерелом акустичних коливань виступає пацієнт.

У теперішній час респіраторна акустика є перспективним науковим напрямом [26]. Основними завданнями цього напрямку є розробка теорії розповсюдження і генерації звуку в легенях та створення об'єктивних акустичних методів, що можуть покращити діагностику захворювань, зокрема пневмоній.

В дитячій пульмонології використовують метод пульмофонографії [50]. При пульмофонографії на частотах у 80-120 Гц вимірюють потужність звуку, що проходить від рота до грудної клітки. Метою пульмофонографічного дослідження є визначення локальної вентиляції легень. Аналіз базується на математичній моделі поширення звуку по трахеобронхіальному дереву. Метод ґрунтується на поданні звукового сигналу з однаковою частотою та інтенсивністю у верхні дихальні шляхи пацієнта під час акту дихання і подальшим вимірювання змін амплітуди звуку, що повертається в процесі дихання. Методика заснована на факті амплітудної модуляції звукових коливань в процесі дихання. Разом з тим, широкого впровадження даний метод не отримав через неможливість перевіреної та правильної обробки інформації. Для інтерпретації даних потрібні складніші математичні моделі, що будуть враховувати піддатливість стінок бронхів і поширення звуку по легеневій тканині.

Наразі моделювання поширення звуку в легенях проводять цифровими методами шляхом застосування акустичних моделей [51]. Такі моделі можуть використовуватися для побудови акустичних зображень легень.

При акустичних методах діагностики дихальні шуми реєструються в певних точках над легенями [52] за допомогою електретних мікрофонів. При цьому сигнали посилюються, фільтруються і оцифровуються з подальшим математичним аналізом даних.

Дихальні шуми в нормі та патології мають низку характеристик, що ускладнює проведення їх аналізу за допомогою єдиного методу. Через те в роботах частіше розглядається тільки один тип шумів, і застосування таких діагностичних методів не набуло широкого розповсюдження в лікувальній практиці.

На теперішній час комп'ютерний аналіз дихальних шумів показав себе перспективним інструментом діагностики легеневих захворювань [53].

В пульмонології використовується метод комп'ютерної фоноспірографії, який візуалізує додаткові шуми над легенями. Метод ґрунтується на аналізі та оцінці двовимірних фоноспірограм та визначенні часу повного дихального циклу, тривалості видиху, а також відношення тривалості видиху до часу повного циклу дихання. Перевагами цього методу є покращення діагностики та проведення дослідження без активної участі пацієнта [54].

В педіатрії метод фонопультмографії набув певного поширення. За допомогою комп'ютерної фоноспірографії проводилося вивчення відхаркуючого фітопрепарату в комплексній терапії у дітей з гострим простим бронхітом (40 дітей віком від 3 до 16 років). Автори за допомогою комп'ютерного чотирьохканального комплексу «КоРА-03М1» проводили оцінювання тривалості дихального циклу, частотного діапазону та інтенсивності вдиху і видиху в динаміці лікування. В результаті дослідження було виявлено, що у дітей із гострим простим бронхітом спостерігається збільшення частотного діапазону вдиху та видиху, а також відображаються додаткові спектральні зміни при наявності сухих та вологих хрипів [55].

В.Г. Майданник та спів. також проводили вивчення дихальних шумів на основі методу комп'ютерної фоноспірографії (комп'ютерний чотирьохканальний комплекс «КоРА-03М1»). Цей комплекс застосовується для діагностики стану бронхолегеневої системи людини та проводить електронну аускультацию за допомогою 4 датчиків, що фіксуються на грудній клітині. Комплекс «КоРА-03М1» дозволяє визначити тип дихання та дати оцінку патологічним шумам. Всі дані записуються та зберігаються, що дає можливість повторного прослуховування файлів. Прилад складається з рухомої технологічної стійки з датчиками та робочого місця лікаря. Отримані сигнали візуалізуються на моніторі комп'ютера у вигляді фоноспірограм, які оцінюються лікарем [26].

Обмеженнями вище вказаного методу дослідження є низька мобільність установки через великі габарити самого приладу. Електронна аускультация проводиться за допомогою тільки 4 фіксованих датчиків. Це знижує можливості виявлення запальних змін в невеликих ділянках легень і обмежує топічну діагностику. Крім того, багаторазове використання датчиків неможливе в умовах пандемії COVID-19. Має значення той факт, що під час дослідження пацієнт повинен

стояти чи сидіти, що унеможлиблює використання приладу для пацієнтів, що знаходяться на ліжковому режимі та мають тяжкий стан.

Розшифровка і трактовка отриманих результатів фононоспірограм здійснюється лікарем, що може суб'єктивно вплинути на результат. Тому створення повністю автоматизованої системи контролю та оцінки дихальних шумів є актуальним завданням [26].

Існуюче наразі медичне діагностичне обладнання, що використовується для отримання акустичної інформації через електронні системи, не пристосоване до вимог пандемії, оскільки вимагає особливих методів дезінфекції. Також наразі гостро постала проблема ранньої діагностики запальних змін у легенях, що можна визначити за допомогою акустичного методу. Це важливо для діагностики пневмоній у дітей на ранніх стадіях захворювання, при безсимптомному або блискавичному перебігу захворювання або коли уражена ділянка легень знаходиться за ребром [56].

Нами та провідними спеціалістами Національного Авіаційного Університету розроблений експериментальний зразок пристрою акустичного спостереження для діагностики дихальних шумів над легенями. Такий пристрій в період пандемії COVID-19 полегшить діагностику захворювання, допоможе локалізувати зони ураження легень, провести акустичний моніторинг легень, в тому числі і дистанційно. Метод передбачає автоматизовану систему контролю та оцінки дихальних шумів з повним виключення людського фактору і з можливістю математичної обробки даних. Аналіз дихальних шумів проводиться за допомогою таких математичних методів, як авторегресія, дискримінантний аналіз, вейвлет-аналіз. Останній є перспективним методом виявлення нестационарних сигналів. Наразі проводяться дослідження для подальшого удосконалення приладу і методики обстеження. Наразі нами проводяться дослідження пацієнтів з пневмонією за допомогою нових акустичних методів діагностики.

ВИСНОВКИ

Існує широкий спектр променевих та ультразвукового методів дослідження дихальної системи, що дозволяють точно встановлювати діагноз, але мають певні обмеження у використанні в клінічній практиці, зокрема в педіатрії. Перспективним є розробка нових акустичних методів, що мають високу діагностичну цінність, відсутність додаткового опромінення та протипоказань.

REFERENCES

1. de Benedictis FM, Kerem E, Chang AB, Colin AA, Zar HJ, Bush A. Complicated pneumonia in children. *Lancet*. 2020 Sep 12;396(10253):786-798. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31550-6.

- View at: Scopus: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673620315506>
Publisher site: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31550-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31550-6/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32919518/>
2. Nascimento-Carvalho CM. Community-acquired pneumonia among children: the latest evidence for an updated management. *J Pediatr (Rio J)*. 2020 Mar-Apr;96 Suppl 1:29-38. DOI: 10.1016/j.jped.2019.08.003.
View at: Scopus: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021755719304930?via%3Dihub>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31518547/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7094337/>
3. Ministry of Health of Ukraine dated March 19, 2007 № 128 “On approval of clinical protocols for medical care in the specialty “Pulmonology” [in Ukrainian]
View at: Publisher site: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0128282-07#Text>
Instruction 00122. Pneumonia. Order of the Ministry of Health of Ukraine. [in Ukrainian]
View at: URL: https://moz.gov.ua/uploads/5/26129-dn_2106_17_09_2020_dod_1.pdf
4. Bansal T, Beese R. Interpreting a chest X-ray. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2019 May 2;80(5):C75-C79. DOI: 10.12968/hmed.2019.80.5.C75.
View at: Publisher site: <https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/hmed.2019.80.5.C75>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31059330/>
5. Pezzotti W. Chest X-ray interpretation: not just black and white. *Nursing*. 2014 Jan;44(1):40-7; quiz 47-8. DOI: 10.1097/01.NURSE.0000438704.82227.44.
View at: Publisher site: https://journals.lww.com/nursing/Fulltext/2014/01000/Chest_X_ray_interpretation__Not_just_black_and.12.aspx
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24281317/>
6. American College of Radiology. ACR Practice Guideline for the Performance of Pediatric and Adult Chest Radiography. American College of Radiology. Published 1995. Updated October 1, 2003.
View at: Publisher site: www.acr.org/s_acr/bin.asp?TrackID=&SID=1&DID=12187&CID=545&VID=2&DOC=File.pdf
7. Mokiya Serbina SA, Zabolotnaya NI, Gordeyeva AA. [Problems of antibiotic therapy of community acquired pneumonia in children of early and preschool age]. *Europejska nauka XXI powieka – 2017*; 10: 11-13. [in Ukrainian]
View at: Publisher site: <http://repo.dma.dp.ua/1898/>
8. Girina A.A., Zaplatnikov A.L., Kovaleva A.V., Kurgan A. Yu., Logacheva T.S. [Pediatrics Overdiagnosis of community-acquired pneumonia in children and ways to overcome it]. *Pediatrics*. 2018. 97 (2): 41-45. [in Russian]
View at: Publisher site: <https://pediatriajournal.ru/archive?show=363§ion=5182>

- Cyberleninka: <https://cyberleninka.ru/article/n/giperdiagnostika-vnebolnichnoy-pnevmoniy-u-detey-i-puti-ee-preodoleniya>
9. Bradley JS, Byington CL, Shah SS, Alverson B, Carter ER, Harrison C, Kaplan SL, Mace SE, McCracken GH Jr, Moore MR, St Peter SD, Stockwell JA, Swanson JT; Pediatric Infectious Diseases Society and the Infectious Diseases Society of America. Executive summary: the management of community-acquired pneumonia in infants and children older than 3 months of age: clinical practice guidelines by the Pediatric Infectious Diseases Society and the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis*. 2011 Oct;53(7):617-30. DOI: 10.1093/cid/cir625.
View at: Publisher site: <https://academic.oup.com/cid/article/53/7/617/424575>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21890766/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3202323/>
 10. Kong Weifang, Agarwal Prachi P. Chest imaging appearance of COVID-19 infection. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2020 Feb 13;2(1):e200028. DOI: 10.1148/ryct.2020200028.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/ryct.2020200028>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33778544/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233424/>
 11. Choi H, Qi X, Yoon SH, Park SJ, Lee KH, Kim JY, Lee YK, Ko H, Ki HK, Park CM, Kim Y-H, Lei J, Hong JH, Kim H, Hwang EJ, Yoo SJ, Gang NJ, Lee CH, Goo JM. Extension of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on chest CT and implications for chest radiograph interpretation. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2020;2(2):e204001. DOI: 10.1148/ryct.2020200107.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/ryct.2020200107>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33778565/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233433/>
 12. Wong H.Y.F., Lam H.Y.S., Fong A.H. et al. Frequency and distribution of chest radiographic findings in patients positive for COVID-19. *Radiology*. 2020;296(2):E72-E78. DOI: 10.1148/radiol.2020201160.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020201160>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32216717/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233401/>
 13. Trofimova T.N., Lukina O.V., Speranskaya A.A. [Coronavirus infection COVID-19. Part 5. Radiation research methods for COVID-19 and viral pneumonia]. 2020. [in Russian].
View at: URL: <https://www.lspbgmu.ru/images/home/covid19>
 14. Oterino Serrano C, Alonso E, Andrés M, Buitrago NM, Pérez Vigara A, Parrón Pajares M, Cuesta López E, Garzón Moll G, Martin Espin I, Bueno Barriocanal M, De Ceano-Vivas la Calle M, Calvo Rey C, Bret-Zurita M. Pediatric chest x-ray in covid-19 infection. *Eur J Radiol*. 2020 Oct;131:109236. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109236.
View at: Publisher site: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(20\)30425-3/fulltext](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(20)30425-3/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32932176/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7448740/>
 15. Morozov CP, Procenko DN, Smetanina SV, Andrejchenko AE, et al. [Radiation diagnosis of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results]. Moscow, 2020. 60 p. [in Russian].
View at: URL: <https://niiroz.ru/upload/iblock/327/327ce53321e8c4c7c2a7653262179081.pdf>
 16. Kaw GJ, Tan DY, Leo YS, Tsou IY, Wansaicheong G, Chee TS. Chest radiographic findings of a case of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Singapore. *Singapore Med J*. 2003 Apr;44(4):201-4. PMID: 12952033.
View at: URL: <http://www.smj.org.sg/sites/default/files/4404/4404cr1.pdf>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12952033/>
 17. Roch L, Bianchi C, Castioni J, Beigelman-Aubry C. [Analysis of chest x-rays, a systematic to remember]. *Rev Med Suisse*. 2019 Nov 20;15(672):2137-2144. [in French.] PMID: 31746570.
View at: Publisher site: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2019/revue-medicale-suisse-672/analyse-de-la-radiographie-thoracique-une-systematique-a-rappeler>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31746570/>
 18. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, Liu L, Shan H, Lei CL, Hui DSC, Du B, Li LJ, Zeng G, Yuen KY, Chen RC, Tang CL, Wang T, Chen PY, Xiang J, Li SY, Wang JL, Liang ZJ, Peng YX, Wei L, Liu Y, Hu YH, Peng P, Wang JM, Liu JY, Chen Z, Li G, Zheng ZJ, Qiu SQ, Luo J, Ye CJ, Zhu SY, Zhong NS; China Medical Treatment Expert Group for Covid-19. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med*. 2020 Apr 30;382(18):1708-1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.
View at: Publisher site: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa2002032>
 19. Ai T, Yang Z, Hou H, Zhan C, Chen C, Lv W, Tao Q, Sun Z, Xia L. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. *Radiology*. 2020 Aug;296(2):E32-E40. DOI: 10.1148/radiol.2020200642.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020200642>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32101510/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233399/>
 20. Fang Y, Zhang H, Xie J, Lin M, Ying L, Pang P, Ji W.

- Sensitivity of chest CT for COVID-19: comparison to RT-PCR. *Radiology*. 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020200432.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2020200432>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32073353/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233365/>
21. Choi H, Qi X, Yoon SH, Park SJ, Lee KH, Kim JY, Lee YK, Ko H, Ki HK, Park CM, Kim Y-H, Lei J, Hong JH, Kim H, Hwang EJ, Yoo SJ, Gang NJ, Lee CH, Goo JM. Extension of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on chest CT and implications for chest radiograph interpretation. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2020;2(2):e204001. DOI: 10.1148/ryct.2020200107.
View at: Publisher site: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/ryct.2020200107>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33778565/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233433/>
22. Li W., Cui H., Li K., Fang Y., Li S. Chest computed tomography in children with COVID-19 respiratory infection. *Pediatr. Radiol.* 2020 May;50(6):796-799 DOI: 10.1007/s00247-020-04656-7.
View at: Scopus: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00247-020-04656-7>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32162081/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7080075/>
23. Xia W., Shao J., Guo Y., Peng X., Li Z., Hu D. Clinical and CT features in pediatric patients with COVID-19 infection: different points from adults. *Pediatr. Pulmonol.* 2020;55(5):1169-1174. DOI: 10.1002/ppul.24718.
View at: Publisher site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppul.24718>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32134205/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7168071/>
24. Trufanov H.E., Fokyn V.A., Yvanov D.O. et al. Features of the application of methods of radiation diagnostics in pediatric practice. *Bulletin of modern clinical medicine*. 2013; 6(6):48-54. [in Russian].
25. Maidannyk V.H. [Community-acquired pneumonia in children: The use of azithromycin from the standpoint of evidence-based medicine]. *International Journal of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology*. 2014; 6(3): 55-82. [in Russian]
View at: Publisher site: <http://ijpog.org/4.15.9.html>
26. Eisenberg R.L. What Radiology Residents Need to Know: Chest Radiology.2020. DOI: 10.1007/978-3-030-16826-1_1.
View at: Scopus: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16826-1_1
27. Gorbalenya A., Baker S., Baric R. & Coronaviridae Study group of the International Committee on Taxonomy of Viruses. The species severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nature Microbiology*. 2020; 5:536-544. DOI: 10.1038/s41564-020-0695-z.
View at: Publisher site: <https://www.nature.com/articles/s41564-020-0695-z>
28. Gumeniuk M. I., Gumeniuk G. L., Opimakh S. H. Efficacy of decamethoxine against complex viruses, regardless of their antigenic structure: prospects for use in modern viral diseases of the respiratory tract. *Topical infectology*. 2020; 8 (1): 36-44. DOI:10.22141/2312-413x.8.1.2020.196168. [in Ukrainian]
View at: Publisher site: <http://ai.zaslavsky.com.ua/article/view/196168>
MIF-ua: <http://www.mif-ua.com/archive/article/48771>
29. Foust AM., McAdam AJ, Chu WC, Garcia-Peña P, Phillips GS, Plut D, Lee EY. Practical guide for pediatric pulmonologists on imaging management of pediatric patients with COVID-19. *Pediatr. Pulmonol.* 2020 Sep;55(9):2213-2224. DOI: 10.1002/ppul.24870.
View at: Publisher site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.24870>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32462724/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7283678/>
30. Strokova LA, Egorov EY. [Experience in conducting ultrasound examination of the lungs in community-acquired pneumonia COVID-19]. *Radiation diagnostics and therapy*. 2020; 11(2):99-106. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-2-99-106 [in Russian].
View at: Publisher site: https://radiag.bmoc-spb.ru/jour/article/view/530?locale=ru_RU
URL: <https://radiag.bmoc-spb.ru/jour/article/viewFile/530/419>
31. Buonsenso D, Piano A, Raffaelli F, Bonadia N, de Gaetano Donati K, Franceschi F. Point-of-Care Lung Ultrasound findings in novel coronavirus disease-19 pneumoniae: a case report and potential applications during COVID-19 outbreak. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2020 Mar;24(5):2776-2780. DOI: 10.26355/eurrev_202003_20549.
View at: Publisher site: <https://www.europeanreview.org/article/20549>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32196627/>
32. Lu W, Zhang S, Chen B, Chen J, Xian J, Lin Y, Shan H, Su ZZ. A Clinical Study of Noninvasive Assessment of Lung Lesions in Patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by Bedside Ultrasound. *Ultraschall Med.*, 2020; 41(3): 300-307. DOI: 10.1055/a-1154-8795.
View at: Publisher site: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/a-1154-8795>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32294796/>
33. Pereda MA, Chavez MA, Hooper-Miele CC, Gilman RH, Steinhoff MC, Ellington LE, Gross M, Price C, Tielsch JM, Checkley W. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2015 Apr;135(4):714-22. DOI: 10.1542/peds.2014-2833.

- View at: Publisher site: <https://pediatrics.aappublications.org/content/135/4/714>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25780071/>
34. Huang Y, Wang S, Liu Y, Zhang Y, Zheng C, Zheng Y, Zhang C, Min W, Zhou H, Yu M, Hu M. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19). 2020 February. DOI:10.2139/ssrn.3544750.
View at: Publisher site: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3544750
35. Mayo PH, Copetti R, Feller-Kopman D, Mathis G, Maury E, Mongodi S, Mojoli F, Volpicelli G, Zanobetti M. Thoracic ultrasonography: a narrative review. *Intensive Care Med.* 2019 Sep;45(9):1200-1211. DOI: 10.1007/s00134-019-05725-8.
View at: Scopus: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-019-05725-8>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31418060/>
36. Buonsenso D, Pata D, Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir Med.* 2020 May;8(5):e27. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30120-X.
View at: Publisher site: [https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600\(20\)30120-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600(20)30120-X/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32203708/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7104316/>
37. Esposito S, Papa SS, Borzani I, Pinzani R, Giannitto C, Consonni D, Principi N. Performance of lung ultrasonography in children with community-acquired pneumonia. *Ital J Pediatr.* 2014 Apr 17;40:37. DOI: 10.1186/1824-7288-40-37.
View at: Publisher site: <https://ijponline.biomedcentral.com/articles/10.1186/1824-7288-40-37>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24742171/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4012508/>
38. Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *Radiol Med.* 2008 Mar;113(2):190-8. DOI: 10.1007/s11547-008-0247-8.
View at: Scopus: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11547-008-0247-8>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18386121/>
39. Allinovi M, Parise A, Giacalone M, Amerio A, Delsante M, Odone A, Franci A, Gigliotti F, Amadasi S, Delmonte D, Parri N, Mangia A. Lung Ultrasound May Support Diagnosis and Monitoring of COVID-19 Pneumonia. *Ultrasound Med Biol.* 2020 Nov;46(11):2908-2917. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.018.
View at: Scopus: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301562920303331>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32807570/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7369598/>
40. Shah VP, Tunik MG, Tsung JW. Prospective evaluation of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of pneumonia in children and young adults. *JAMA Pediatr.* 2013 Feb;167(2):119-25. DOI: 10.1001/2013.jamapediatrics.107.
View at: Publisher site: <https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/1558168>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23229753/>
41. Guerra M, Cricchiutti G, Pecile P, Romanello C, Busolini E, Valent F, Rosolen A. Ultrasound detection of pneumonia in febrile children with respiratory distress: a prospective study. *Eur J Pediatr.* 2016 Feb;175(2):163-70. DOI: 10.1007/s00431-015-2611-8.
View at: Scopus: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00431-015-2611-8>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26283293/>
42. Ho MC, Ker CR, Hsu JH, Wu JR, Dai ZK, Chen IC. Usefulness of lung ultrasound in the diagnosis of community-acquired pneumonia in children. *Pediatr Neonatol.* 2015 Feb;56(1):40-5. DOI: 10.1016/j.pedneo.2014.03.007.
View at: Publisher site: [https://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572\(14\)00096-5/fulltext](https://www.pediatr-neonatal.com/article/S1875-9572(14)00096-5/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25034957/>
43. Liu H, Liu F, Li J, Zhang T, Wang D, Lan W. Clinical and CT imaging features of the COVID-19 pneumonia: Focus on pregnant women and children. *J Infect.* 2020 May;80(5):e7-e13. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.007.
View at: Publisher site: [https://www.journalofinfection.com/article/S0163-4453\(20\)30118-3/fulltext](https://www.journalofinfection.com/article/S0163-4453(20)30118-3/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32171865/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7156118/>
44. Biagi C, Pierantoni L, Baldazzi M, Greco L, Dormi A, Dondi A, Faldella G, Lanari M. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children with acute bronchiolitis. *BMC Pulm Med.* 2018 Dec 7.18(1):191. DOI: 10.1186/s12890-018-0750-1.
View at: Publisher site: <https://bmcpulmmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-018-0750-1>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30526548/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6286612/>
45. Petrykov SS, Popova YE, Abuchyna VM, Muslymov RS, Khamydova LT, Popuhaev KA, Kokov LS. [Diagnostic capabilities of ultrasound diagnostics of lung changes compared to computed tomography in COVID-19]. 2020. *Sechenov Bulletin.* 2020; [in Russian] 11(2):5-18. DOI: 10.47093/2218-7332.2020.11.2.5-18
View at: Publisher site: https://www.sechenovmedj.com/jour/article/view/237?locale=ru_RU
Cyberleninka: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnosticheskie-vozmozhnosti-ultrazvukovoy-diagnostiki-izmeneniy-legkih-po-sravneniyu-s-kompyuternoy-tomografiy-pri-covid-19>
46. Allinovi M, Parise A, Giacalone M, et al. Lung Ultrasound May Support Diagnosis and Monitoring of COVID-19 Pneumonia. *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(11):2908-2917. DOI: 10.1016/j.

- ultrasmedbio.2020.07.018
View at:
Scopus: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301562920303331>
Publisher site: [https://www.umbjournal.org/article/S0301-5629\(20\)30333-1/fulltext](https://www.umbjournal.org/article/S0301-5629(20)30333-1/fulltext)
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32807570/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7369598/>
47. Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, Buonsenso D, Perrone T, Briganti DF, Perlini S, Torri E, Mariani A, Mossolani EE, Tursi F, Mento F, Demi L. Is There a Role for Lung Ultrasound During the COVID-19 Pandemic? *J Ultrasound Med.* 2020 Jul;39(7):1459-1462. DOI: 10.1002/jum.15284.
View at: Publisher site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jum.15284>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32198775/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7228238/>
48. Foust AM, McAdam AJ, Chu WC, et al. Practical guide for pediatric pulmonologists on imaging management of pediatric patients with COVID-19. *Pediatr Pulmonol.* 2020;55(9):2213-2224. DOI:10.1002/ppul.24870
View at: Publisher site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.24870>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32462724/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7283678/>
49. Dyachenko AI. Respiratory acoustics (review). A study of acoustical characteristics of the human lungs and chest wall by means of external vibrations. 2012.
50. Ozer MB, Acikgoz S, Royston TJ, Mansy HA, Sandler RH. Boundary element model for simulating sound propagation and source localization within the lungs. *J Acoust Soc Am.* 2007 Jul;122(1):657-61. DOI: 10.1121/1.2715453.
View at: Publisher site: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.2715453>
- PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17614522/>
51. Pressler GA, Mansfield JP, Pasterkamp H, Wodicka GR. Detection of respiratory sounds at the external ear. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2004 Dec;51(12):2089-96. DOI: 10.1109/TBME.2004.836525.
View at: Publisher site: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1360027>
Europe PMC: <http://europepmc.org/article/MED/15605855>
52. Murphy R. Computerized multichannel lung sound analysis. Development of acoustic instruments for diagnosis and management of medical conditions. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 2007 Jan-Feb;26(1):16-9. DOI: 10.1109/memb.2007.289117.
View at: Publisher site: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4069351>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17278768/>
Utility model patent № 99945 dated 25.06.2015. [in Ukrainian]
53. Synoverska OB, Makian SV. The effectiveness of the drug «Gerbion ivy syrup» in the treatment of children with acute bronchitis. *Modern pediatrics.* 2015.1(65):50-56. [in Ukrainian]. DOI 10.15574/SP.2015.65.50
View at: Publisher site: <https://med-expert.com.ua/journals/jeffektivnost-preparata-gerbion-sirop-pljushha-v-lechenii-detej-s-ostrym-bronhitom/>
54. Isaienko V, Kharchenko V, Astanin V, Shchegel G, Olefir V, Olefir O, Olefir A, Khomych O, Khomych V. Acoustic diagnostic system and symptomatic assistance to COVID-19 patients for use in extreme conditions “Trembita-Corona NAU”. *Bulletin of the National Aviation University.* 2020; 1(82): 58-63.
View at: Publisher site: <http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/visnik/article/view/14612>

Article history
Received: 05.06.2021
Revision requested: 15.06.2021
Revision received: 21.06.2021
Accepted: 24.06.2021
Published: 30.06.2021

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛУЧЕВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОНИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ВЫЗВАННОЙ ВИРУСОМ SARS-COV-2, У ДЕТЕЙ. Обзор

¹Марушко Ю.В., ¹Хомич О.В., ¹Гищак Т.В., ¹Таринская О.Л., ²Щегель А.А.

¹Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, Киев, Украина

²Национальный авиационный университет, Киев, Украина

khomychov@gmail.com

Актуальность. Пневмония остается актуальной проблемой практической медицины. Диагностика пневмонии на разных этапах лечения достаточно сложная и требует комплексного исследования с учетом как клинических симптомов, так и результатов параклинических методов исследования.

Цель: обобщить данные литературы и собственный опыт использования современных лучевых и акустических методов диагностики пневмонии.

Методы. Анализ научных публикаций в международных электронных наукометрических базах данных Scopus, PubMed по ключевым словам. Глубина поиска – 15 лет (2007-2021 гг.).

Результаты. Проанализирована диагностика пневмонии на разных этапах лечения. Описаны показания и противопоказания к использованию, преимущества и недостатки рентгенологического метода, метода компьютерной томографии и ультразвуковой диагностики. Приведена характеристика нового метода аппаратной диагностики, без внешнего облучения, которая дает возможность проводить первичную акустическую дистанционную диагностику пневмонии.

Вывод: На сегодня существует широкий спектр инструментальных методов исследования дыхательной системы, позволяющих точно устанавливать диагноз, но имеются также определенные ограничения в использовании в клинической практике, в частности в педиатрии. Перспективным является разработка новых акустических методов, имеющих высокую диагностическую ценность, отсутствие дополнительного облучения и противопоказаний.

Ключевые слова: пневмония, пульмофонография, диагностика, дети, COVID-19.

STATE OF THE ART USAGE OF RADIOLOGICAL AND ACOUSTIC METHODS FOR THE DIAGNOSIS OF PNEUMONIA, INCLUDING THOSE CAUSED BY SARS-COV-2 VIRUS, IN CHILDREN. Review

¹Marushko Y.V., ¹Khomych O.V., ¹Hyshchak T.V., ¹Tarynska O.L., ²Shchegel G.O.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²National Aviation University, Kyiv, Ukraine

khomychov@gmail.com

Relevance. Pneumonia is an actual problem of practical medicine. Diagnosis of pneumonia is quite complex and requires a comprehensive study, taking into account both clinical symptoms and the results of paraclinical research methods.

Objective. The aim of the work is to generalize the data of the literature and our own experience of modern radiological and acoustic methods of pneumonia diagnosis.

Methods. Analysis of scientific publications in the international electronic scientometric databases Scopus, PubMed by keywords. Search depth – 15 years (2007-2021).

Results. The article summarizes its own data and presents a scientific review of the medical literature, which is devoted to the analysis of the problem of diagnosing pneumonia at different stages of treatment. Indications and contraindications to use, advantages and disadvantages of X-ray method, CT method and ultrasound diagnostics are described. The characteristic of a new method of hardware diagnostics which without external irradiation gives the chance to carry out primary acoustic remote diagnostics of pneumonia is resulted.

Conclusion. Today there is a wide range of instrumental methods of studying the respiratory system that allow accurate diagnosis, but have some limitations in use in clinical practice, in particular in pediatrics. Promising is the development of new acoustic methods that have high diagnostic value, lack of additional radiation and contraindications.

Key words: pneumonia, pulmonophography, diagnosis, children, COVID-19.