

УДК 616.24-002-073.7-076:535.514]-053.2

**Р.В. Ткачук¹, О.К. Колоскова¹, М.Н. Гарас¹,
Т.М. Білоус¹, В.І. Антонійчук²**

Можливості верифікації позагоспітальної пневмонії в дітей за змінами багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії полікристалічних плівок легеневого експірату

¹Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

²КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи», м. Чернівці, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2023). 5(133): 24-30. doi 10.15574/SP.2023.133.24

For citation: Tkachuk RV, Koloskova OK, Garas MN, Bilous TM, Antoniichuk VI. (2023). Possibilities of verification of community-acquired pneumonia in children by changes in multiparametric polarization-phase microscopy of polycrystalline membranes of pulmonary expiratory condensate. Modern Pediatrics. Ukraine. 5(133): 24-30. doi 10.15574/SP.2023.133.24.

Проблема своєчасної діагностики та вибору індивідуалізованих лікувальних заходів при пневмонії в дітей за роки пандемії COVID-19 набула особливої гостроти, зокрема, щодо прогнозування ризику тяжкого перебігу захворювання, що спонукало до пошуку нових неінвазивних методів діагностики верифікації запалення легеневої паренхіми.

Мета — підвищити ефективність діагностики позагоспітальної пневмонії в дітей на основі аналізу діагностичної цінності методу багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії полікристалічних плівок легеневого експірату в аспекті диференційної діагностики відносно пацієнтів з інфекційно-запальними захворюваннями верхніх дихальних шляхів.

Матеріали та методи. У Чернівецькій обласній дитячій клінічній лікарні обстежено 98 дітей, хворих на інфекційно-запальні захворювання респіраторного тракту, зокрема, 64 пацієнти, хворі на пневмонію, та 34 дитини, що страждали на інфекційно-запальні захворювання верхніх дихальних шляхів. Збір біологічного матеріалу у хворих проведено в першу добу госпіталізації. Дослідження структури лазерно-поляриметричних зображень легеневого експірату виконано в традиційному розташуванні Стокс-поляриметра. Для кожного двовимірного розподілу значень азимута поляризації зображення полікристалічних плівок легеневого експірату використано універсальний аналітичний статистичний підхід — визначення набору статистичних моментів 1–4-го порядків (середнє, дисперсія, асиметрія та ексцес). Отримані результати проаналізовано з використанням методів клінічної епідеміології.

Результати. Встановлено значення азимута поляризації та гістограми їхніх значень для зображень зразків легеневого експірату обох груп дітей. Порівняльний аналіз отриманих даних підтвердив, що обидва зразки характеризувалися оптичною неоднорідністю у вигляді зростання чутливості поляризаційного картографування зразків легеневого експірату. Також виявлено зростання оптичної анізотропії полікристалічних плівок легеневого експірату пацієнтів, хворих на пневмонію. Отримані показники усіх статистичних моментів для верифікації пневмонії володіли високою чутливістю, що перевищувала 98%, та достатньою специфічністю.

Висновки. Встановлено достатню діагностичну цінність методу багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії легеневого експірату, що може використовуватися у верифікації запалення пульмональної паренхіми в дітей відносно пацієнтів, хворих на інфекційні запальні ураження верхніх відділів респіраторного тракту.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків, дітей.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: діти, пневмонія, COVID-19, діагностика, лазерна поляриметрія, легеневий експірат.

Possibilities of verification of community-acquired pneumonia in children by changes in multiparametric polarization-phase microscopy of polycrystalline membranes of pulmonary expiratory condensate

R. V. Tkachuk¹, O. K. Koloskova¹, M. N. Garas¹, T. M. Bilous¹, V. I. Antoniichuk²

¹Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

²Regional bureau forensic examination, Chernivtsi, Ukraine

The problem of early diagnosis and selection of target treatment of pneumonia in children during the years of the COVID-19 pandemic became acute, in particular, with regard to predicting the risk of severe disease, which prompted the search for new non-invasive diagnostic methods for verifying inflammation of the lung parenchyma.

Purpose — to increase the effectiveness of the diagnosis of community-acquired pneumonia in children based on the analysis of the diagnostic value of the method of multiparameter polarization-phase microscopy of polycrystalline membranes of pulmonary expiratory condensate in the aspect of differential diagnosis in relation to patients with infectious inflammatory diseases of the upper respiratory tract.

Materials and methods. In the Chernivtsi Regional Pediatric Hospital, 98 children with infectious inflammatory respiratory diseases were examined, in particular, 64 patients with pneumonia and 34 children suffering from infectious and inflammatory diseases of the upper respiratory tract. Biological material was collected from patients on the first day of hospitalization. The investigation of the laser-polarimetric images structure of pulmonary expiratory condensate was carried out in the traditional arrangement of the Stokes polarimeter. A universal analytical statistical approach was used for each two-dimensional distribution of the polarization azimuth values of the polycrystalline membranes of pulmonary expiratory condensate, namely, the determination of a set of statistical moments of the 1st to 4th orders (mean, variance, skewness and kurtosis). The obtained results were analyzed using methods of clinical epidemiology.

Results. Polarization azimuth indexes and histograms of their values were determined for images of pulmonary expiratory samples of both groups of children. The comparative analysis of the obtained data confirmed that both samples are characterized by optical heterogeneity as an increase in the sensitivity of polarization mapping of lung expiratory samples. An increase in the optical anisotropy of polycrystalline membranes of lung expiratory condensate from patients with pneumonia was also revealed. The obtained indexes of all statistical moments for the purpose of pneumonia verifying had high sensitivity exceeding 98% and sufficient specificity.

Conclusions. Sufficient diagnostic value of the method of multi-parameter polarization-phase microscopy of pulmonary expiratory air, which can be used in the verification of inflammation of the pulmonary parenchyma in children relative to patients with infectious inflammatory diseases of the upper respiratory tract, has been established.

The research was carried out in accordance with the principles of the Helsinki Declaration. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of participating institution. The informed consent of the patient was obtained for conducting the studies.

No conflict of interests was declared by the authors.

Keywords: children, pneumonia, COVID-19, diagnosis, laser polarimetry, pulmonary expiratory condensate.

Вступ

Інфекційні захворювання органів дихання посідають одне з провідних місць у захворюваності дітей різного віку. Однією з частих форм ураження респіраторної системи є пневмонія. Епідеміологія позагоспітальної пневмонії на сучасному етапі характеризується тенденцією до зростання рівнів захворюваності та летальності в усьому світі, тому на сьогодні пневмонія в дітей залишається нагальною медико-соціальною проблемою для України та світу [9]. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у світі щорічно реєструється близько 150 млн випадків пневмонії серед дітей віком до 5 років. Позагоспітальна пневмонія діагностується приблизно у 20 з 1000 дітей першого року життя, у 34–40 з 1000 дітей дошкільного віку, знижується до 20 випадків у шкільному віці (від 5 до 9 років), а у підлітковому віці (від 9 до 15 років) — до 10 випадків на 1000 дітей. Сьогодні пневмонія є провідною причиною ранньої дитячої смертності в країнах, що розвиваються. На її частку припадає 13% інфекційних захворювань у немовлят та дітей віком до 2 років, а також 16% усіх випадків смерті дітей віком до 5 років. Незважаючи на сучасні можливості діагностики та лікування, пневмонія була та залишається найчастішою причиною смерті від інфекційних захворювань, яка щороку у світі забирає 1,8 млн життів [7].

За даними Центру медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України, рівень захворюваності дітей віком 0–17 років на пневмонію у 2017 р. становив 62 470 нових випадків, а серед дитячого населення Буковини — 889 випадків. За даними ВООЗ, у 2017 р. пневмонія стала чинником смерті понад 800 тис. дітей віком до 5 років у всьому світі, що становить до 15% від усіх випадків дитячої смертності.

Рівень летальності серед госпіталізованих дітей віком до 5 років із пневмонією становить менше 1%, а в країнах, бідних ресурсами, у декілька разів більше. В Україні пневмонія в дітей у структурі госпітальної летальності немовлят посідає третє місце після перинатальної патології та вроджених вад розвитку [9].

Від початку пандемії коронавірусної інфекції, зумовленої SARS-CoV-2, пневмонія вважається одним із найбільш характерних проявів і частих ускладнень COVID-19 [4].

Проблема своєчасної діагностики та вибору індивідуалізованих лікувальних заходів при пневмонії в дітей за останні роки набула особливої гостроти та є однією з актуальних проблем сучасної педіатрії і дитячої пульмонології не тільки в Україні, але й за кордоном, що пояснює велику кількість праць, присвячених її вирішенню [2]. Особливо ця проблема стосується питань дослідження інтенсивності запалення альвеолярної тканини та прогнозування ризику важкого перебігу пневмонії. Це спонукає до пошуку нових неінвазивних методів діагностики в дітей різного віку, що дасть змогу оптимізувати отримувану терапію.

Перспективними в цьому напрямі є неінвазивні оптичні методи діагностики структури біологічних тканин із використанням комплексу багатопараметричних методик поляризаційно-фазової мікроскопії [3]. Зазначені методи вивчення явища світлорозсіювання біологічних тканин та їхніх мікронеоднорідностей дають змогу реалізувати пошук взаємозв'язків у верифікації запалення пульмональної паренхіми із сукупністю багатопараметричних методик поляризаційно-фазової мікроскопії та їхніх оптичних зображень. На основі цього відкриваються можливості об'єктивного і більш точного визначення типу та активності запалення легеневої тканини.

Легеневий експірат представлений неоднорідною аморфно-кристалічною речовиною,

що є складовою ендотеліальної вистилки, оскільки біологічні молекули, які формуються під час випаровування рідини, потрапляють безпосередньо з бронхіального та альвеолярного аерозолів [9]. Саме тому легеневий експірат є універсальним за складом залежно від перебігу різноманітних патологічних процесів, передусім респіраторної системи, а для працівників медичної сфери — цінною діагностичною біологічною рідиною, отриманою неінвазивним шляхом.

Багато наукових доробок підтверджують неоднорідність легеневого експірату та його інформативність у верифікації етіології гострих інфекційних захворювань респіраторного тракту, діагностуванні активності перебігу запалення легеневої паренхіми та запальних маркерів у хворих на бронхіальну астму чи хронічне обструктивне захворювання легень, а також в оцінюванні ефективності проведеної базисної терапії [8].

Практично за будь-якої патології активуються процеси вільнорадикального окислення із залученням ферментних систем. Перекисне ушкодження білкових речовин та ліпідів призводить до їхньої деградації та утворення вихідних речовин, у тому числі середньомолекулярних сполук (молекулярна маса — 500–2000 дальтон). Хімічний склад середньомолекулярних речовин включає амінокислоти, фосfolіпіди, деякі біологічно-активні речовини — гістамін, серотонін, інтерлейкіни, малоновий діальдегід, дієнові кон'югати, нуклеотиди, олігосахариди, органічні каталізатори — каталазу, глутатіонпероксидазу, супероксиддисмутази тощо [8]. Оскільки біохімічні зміни, які відбуваються в респіраторній системі, відображаються в складі легеневого експірату, що відповідно впливає і на його біофізичні властивості та може бути використане у проведенні комплексу поляриметричних досліджень.

Мета дослідження — проаналізувати діагностичну цінність методу багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії біологічних шарів шляхом статистичного аналізу змін координатних розподілів значень азимута поляризації зображень полікристалічних плівок легеневого експірату в аспекті диференційної діагностики позагоспітальної пневмонії в дітей відносно пацієнтів з інфекційно-запальними захворюваннями верхніх дихальних шляхів.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проведено на базі інфекційного відділення Обласного комунального неприбуткового підприємства «Чернівецька обласна дитяча клінічна лікарня». Методом простої випадкової вибірки за методикою «дослід-контроль» комплексно обстежено 98 дітей з гострою респіраторною патологією, спричиненою вірусом SARS-CoV-2, зокрема, 64 дитини (І клінічна група) із позагоспітальною пневмонією і 34 дитини (ІІ клінічна група) із гострою інфекцією верхніх дихальних шляхів. Верифікацію етіологічного чинника запалення респіраторного тракту виконано методом полімеразної ланцюгової реакції зі зворотною транскриптазою (набір COVID-19 «Multiplex RT-PCR» у режимі реального часу від «Labsystems Diagnostics Oy») назофарингеального мазка і/або легеневого експірату [6].

За основними характеристиками клінічних групи були зіставними. Так, середній вік дітей І клінічної групи становив $11,8 \pm 0,49$ року, пацієнтів ІІ клінічної групи — $10,3 \pm 0,71$ року ($p < 0,05$). Частка хлопчиків у І клінічній групі виявилася дещо більшою (60,9%), ніж у ІІ клінічній групі (44,1%, $p < 0,05$). Частка жителів сільської місцевості виявилася дещо більшою в обох клінічних групах (57,8% і 67,6% у І та ІІ клінічних групах, відповідно, $p < 0,05$).

В обох клінічних групах дітей проведено забір легеневого експірату, який отримували, використовуючи запатентований скляний конденсор [5]. Оптичне дослідження отриманих зразків виконано в науково-дослідній лабораторії кафедри кореляційної оптики Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича (завідувач кафедри — О.Г. Ушенко), після чого здійснено математичну обробку та аналіз отриманих поляризаційних зображень плівок легеневого експірату з метою верифікації нозологічних форм.

Для поляриметричної діагностики плівки легеневого конденсату формувалися в ідентичних умовах шляхом нанесення краплі на оптично однорідне скло товщиною 1 мм. Утворена плівка висушувалася за кімнатної температури ($t = 22\text{--}23^\circ\text{C}$).

В основі оптичної діагностики легеневого експірату лежить його фазова анізотропія, яка являє собою синтез циркулярного двопромінезаломлення або оптичної активності полікристалічної складової. При проходженні по-

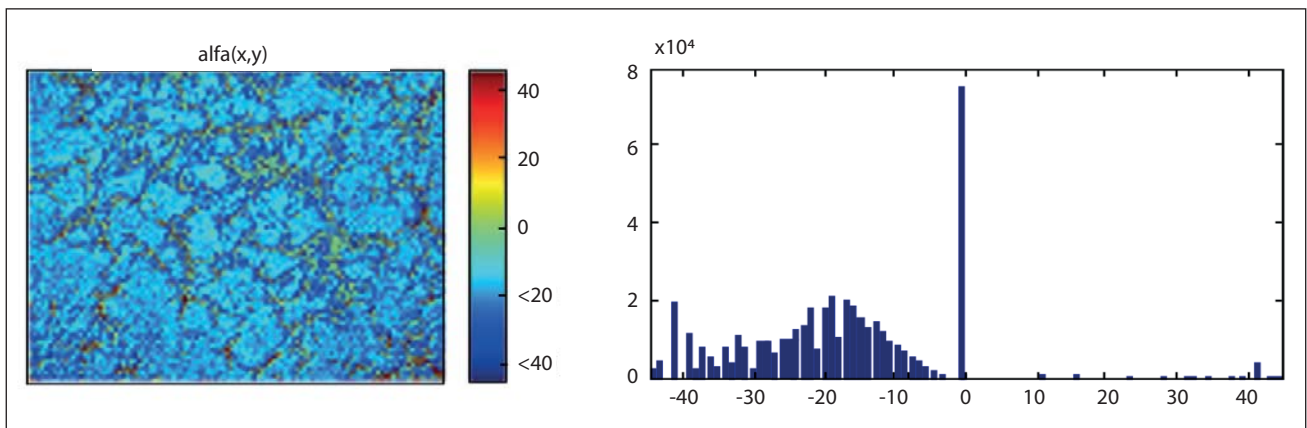


Рис. 1. Мапа азимута (зліва) і гістограма (справа) розподілу мапи азимута їхньої величини цифрового мікроскопічного зображення полікристалічної плівки легеневого конденсату пацієнта I клінічної групи

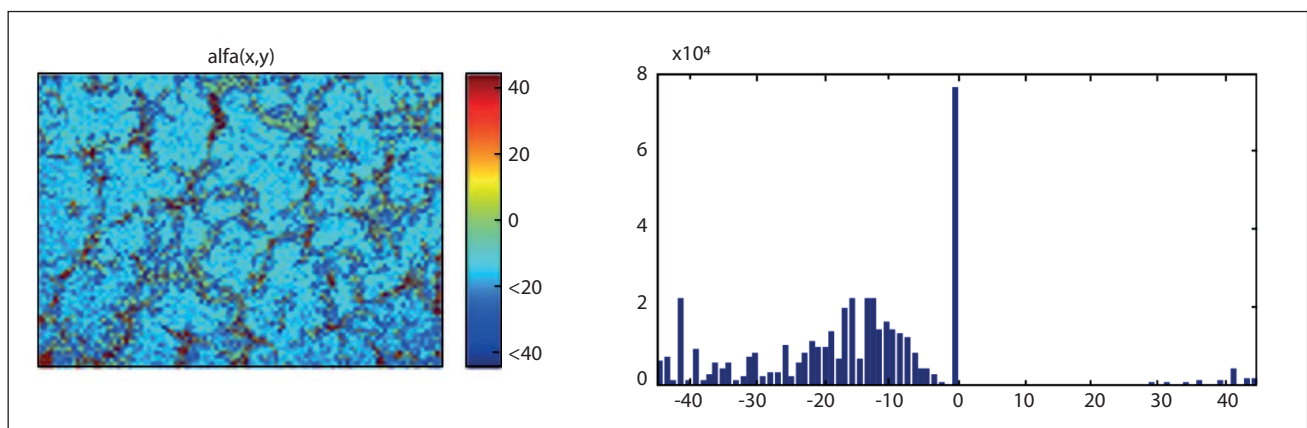


Рис. 2. Мапа азимута (зліва) і гістограма (справа) розподілу мапи азимута їхньої величини цифрового мікроскопічного зображення полікристалічної плівки легеневого конденсату пацієнта II клінічної групи

ляризованого лазерного випромінювання крізь легеневий експірат формується поляризаційно-фазове мікроскопічне зображення — координатні розподіли величини азимута (циркулярне двопронезаломлення) поляризації.

Отримані полікристалічні плівки легеневого експірату досліджено з використанням оптичної схеми в традиційному зображенні Стокс-поляриметра [1]. У дослідженні використано пучок ($\varnothing = 2 \times 10^3 \mu\text{m}$) He-Ne лазера ($\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$).

Сформовані зображення багатоканальної Стокс-поляриметрії підлягали вимірюванню двовірних розподілів параметрів вектора Стокса цифрових мікроскопічних зображень двопронезаломлюючих полікристалічних структур легеневого експірату, що забезпечило можливість одночасного алгоритмічного відтворення на основі координатно-чутливого набору мап поляризаційних параметрів.

Для кожного двовірного розподілу значень азимута поляризації зображення полікристалічних плівок легеневого експірату, а також для об'єктивізації одержаних даних використано універсальний аналітичний статистич-

ний підхід — визначення набору статистичних моментів 1–4-го порядків (середнє, дисперсія, асиметрія та ексцес), які характеризують координатні розподіли (топографічні мапи) величини параметрів вектора Стокса цифрових мікроскопічних зображень і відповідні розподіли двопронезаломлення фібрилярних мереж зразків легеневого експірату, з подальшою статистичною обробкою виміряної сукупності значень вказаних статистичних моментів у межах репрезентативної вибірки зразків із використанням програми «MatLab».

Дослідження проведено відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним експертним комітетом для всіх, хто брав участь. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків, дітей.

Результати дослідження та їх обговорення

Збір біологічного матеріалу у хворих проведено в першу добу госпіталізації до педіатричної клініки, що в середньому відповідало 3–4-й добі захворювання.

Таблиця 1

Статистичні моменти 1–4-го порядків, що характеризують розподіли азимута поляризації мікроскопічного зображення полікристалічних плівок легеневого експірату

Параметр	Мапа азимута поляризації		
	I клінічна група	II клінічна група	p
Середнє, SM_1	$0,475 \pm 0,008$	$0,366261 \pm 0,005$	$\leq 0,05$
Дисперсія, SM_2	$0,393786 \pm 0,004$	$0,249826 \pm 0,003$	$\leq 0,05$
Асиметрія, SM_3	$0,954393 \pm 0,013$	$1,545435 \pm 0,021$	$\leq 0,001$
Ексцес, SM_4	$1,162750 \pm 0,020$	$2,118261 \pm 0,020$	$\leq 0,001$

Отримані мапи поляризаційно-неоднорідних зображень полікристалічних плівок легеневого експірату оцінено за допомогою обчислення набору статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують координатні розподіли поляризаційних параметрів. Приклади визначених поляризаційних мап і гістограм розподілу випадкових значень азимута поляризації мікроскопічного зображення полікристалічних плівок легеневого експірату наведено на рисунках 1 і 2.

Порівняльний аналіз одержаних даних підтвердив наявність виразних поляризаційних проявів полікристалічної оптично-анізотропної складової. Усі поляризаційно-фазові мапи мікроскопічних зображень полікристалічних плівок легеневого експірату обох груп пацієнтів характеризувалися складною та індивідуальною топографічною структурою. Як видно на рис. 1 та 2, обидва зразки характеризувалися оптичною неоднорідністю, що виражено у вигляді зростання чутливості поляризаційного картографування полікристалічних плівок легеневого експірату шляхом виділення оптичних проявів великомасштабних двопротоменезаломлюючих кристалічних утворень, як складових легеневого експірату. Також у порівняльному аналізі отриманих даних виявлено зростання оптичної анізотропії полікристалічних плівок легеневого експірату пацієнтів, хворих на пневмонію. На це вказував діапазон зміни значень азимута поляризації в гістограмах розподілу цього параметра (рис. 1, 2). Відповідно можна припустити, що із прогресуванням активності запального процесу оптична активність хіральных молекул, які обертають площину поляризації лазерного випромінювання, зростає.

Для координатних розподілів значень інформаційних параметрів (величина азимута) обчислено набір центральних статистичних моментів 1–4-го порядків (SM_1 — середнє, SM_2 — дисперсія, SM_3 — асиметрія, SM_4 — ексцес), які характеризували гістограму розподілу випадко-

вих значень (азимута) та обчислювалися за алгоритмом, поданим у формулах [3].

Кількісно виявлені закономірності патологічної трансформації поляризаційно-фазової структури мікроскопічних зображень репрезентативних вибірок полікристалічних плівок легеневого експірату характеризують результати статистичного аналізу мап азимута (табл. 1).

За даними таблиці 1, кількісно оптичні прояви полікристалічних плівок легеневого експірату виявлялися у зменшенні середнього та дисперсії розподілу випадкових значень азимута поляризації. Водночас статистичні моменти вищих порядків (асиметрія та ексцес) вагомо зростали. Проведений статистичний аналіз показав середньостатистичні достовірні відмінності між структурами мап азимута поляризації. Причому високий рівень ($p \leq 0,001$) статистичної відмінності між алгоритмічно відтвореними топографічними мапами азимута поляризації полікристалічних плівок легеневого експірату пацієнтів із контрольної та дослідної груп виявився для значень SM_3 та SM_4 , що можна вважати найбільш чутливими і найбільш інформативними, які характеризують статистичні моменти 3-го і 4-го порядків розподілу випадкових значень азимута поляризації. На основі отриманих результатів вважалося доцільним проаналізувати показники діагностичної цінності статистичних моментів у верифікації позагоспітальної пневмонії в дітей порівняно з хворими на гострі інфекційні захворювання верхніх дихальних шляхів (табл. 2).

Отримані результати засвідчили високу чутливість і специфічність методу багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії біологічних шарів легеневого експірату у виявленні позагоспітальної пневмонії при зазначених дискримінантних точках порівняно з хворими на гострі інфекційні захворювання верхніх дихальних шляхів. Зокрема, чутливість усіх наведених статистичних моментів із вказаною метою виявилися більшою 98%. Показники специфічності були дещо нижчими, проте

Таблиця 2
Діагностична цінність статистичних моментів у верифікації позагоспітальної пневмонії в дітей

Значення Показник	Чутли- вість, %	Специ- фічність, %	Позитивна прогностична цінність, %	Негативна прогностична цінність, %
SM ₁ >0,4 од. 95% ДІ	98,2 90,4–99,9	91,7 73,0–98,9	96,5 87,9–99,6	95,6 78–99,8
SM ₂ >0,27 од. 95% ДІ	98,2 90,4–99,9	95 75,1–99,8	98,2 90,4–99,9	95 75,1–99,8
SM ₃ <1,45 95% ДІ	98,2 90,4–99,9	82,6 61,2–95,1	93,2 83,5–98,1	95,0 75,1–99,8
SM ₄ <2,0 од. 95% ДІ	98,2 90,4–99,9	86,9 66,4–97,2	94,8 85,6–98,9	95,2 76,1–99,8

Таблиця 3
Прогностична цінність статистичних моментів у верифікації позагоспітальної пневмонії в дітей

Значення Показник	Відносний ризик	Атрибутивний ризик	Відношення правдо- подібності позитивно- го результату	Відношення правдо- подібності негативного результату
SM ₁ >0,4 од. 95% ДІ	22,2 5,9–83,6	0,92	4,8	0,01
SM ₂ >0,25 од. 95% ДІ	14,7 6,8–31,3	0,85	13,9	0,2
SM ₂ >0,27 од. 95% ДІ	19,6 2,9–32,7	0,93	38	0,85
SM ₃ <1,45 95% ДІ	18,6 7,6–45,5	0,88	5,6	0,02
SM ₄ <2,0 од. 95% ДІ	19,9 6,9–57,2	0,9	7,5	0,02

володіли достатньою діагностичною цінністю. Підтвердженням високої чутливості та специфічності методу можна вважати показники позитивної та негативної прогностичної цінності, які перевищували 90% для усіх статистичних моментів, і відношення правдоподібності позитивного та негативного результатів. Показники відносного ризику позагоспітальної пневмонії порівняно з інфекційними захворюваннями верхніх відділів респіраторного тракту за різними статистичними моментами були досить значущими (табл. 3).

Отже, наведений у роботі метод багатопараметричної поляризаційно-фазової мікроскопії легеневого експірату в діагностиці пневмонії в дітей відносно пацієнтів, хворих на інфекції верхніх дихальних шляхів, є досить чутливим і специфічним, що підтверджує високу діагностичну цінність методу. Тому перспективами подальших досліджень є: вивчити можливості методів багатопараметричної лазерної поляриметрії біологічних середовищ в аспекті діагностики пневмонії в дітей, провести кореляційний аналіз між отриманими результатами з метою вибору найоптимальнішого методу, що б задовольнив усі поставлені та не вирішені на цей час завдання.

Висновки

Обґрунтовано оптичну модель полікристалічних плівок легеневого експірату з позиції ізотропно-анізотропних властивостей в аспекті верифікації пневмонії в дітей. Для проведення диференційної діагностики пневмонії та визначення сукупності об'єктивних критеріїв застосовано алгоритми статистичної обробки розподілів величини азимута, еліптичності поляризації, а також фазових зсувів репрезентативних вибірок легеневого конденсату.

Наведені в роботі мапи азимута і гістограми розподілу мап азимута їхньої величини цифрового мікроскопічного зображення полікристалічної плівки легеневого конденсату характеризуються неоднорідною полікристалічною оптично-анізотропною складовою у хворих дослідної та контрольної груп, що виражено у вигляді підвищення чутливості поляризаційного картографування полікристалічних плівок легеневого конденсату та оптичної анізотропії у хворих із пневмонією.

Проведено аналіз мап азимута поляризації мікроскопічного зображення полікристалічних плівок легеневого конденсату із визначенням статистичних моментів 1–4-го порядків, що ха-

рактизують поляризаційну структуру зображень зразків легеневого конденсату, вірогідно відрізняються у хворих на пневмонію та інфекцію верхніх дихальних шляхів. Це дає змогу проводити диференційну діагностику між наведеними нозологіями.

Статистичні моменти 1–4-го порядку з наведеними дискримінантними точками у верифікації позагоспітальної пневмонії в дітей відносно інфекційних захворювань верхніх дихальних

шляхів характеризуються високою специфічністю (>82%) і чутливістю (>98%).

Автори заявляють, що цей рукопис не опублікований, не прийнятий і не знаходиться на розгляді в іншому видавництві.

Фінансування. Автори заявляють, що дослідження проведено за відсутності будь-яких комерційних чи фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

1. Bachynskyi VT, Vanchulyak OYa, Syvokorovska A-VS, Garazdyuk MS, Palivoda OG. (2015). Prospects for the use of laser polarimetric methods for the study of biotissues and environments of the human body. *Experimental medicine and morphology. Actual problems of modern medicine* 15; 3 (51); Part 2: 193–198. [Бачинський ВТ, Ванчулак ОЯ, Сивокоровська А-ВС, Гараздюк МС, Паливода ОГ. (2015). Перспективи використання лазерних поляриметричних методів дослідження біотканин та середовищ організму людини. *Експериментальна медицина та морфологія. Актуальні проблеми сучасної медицини*. 15; 3 (51); Ч 2: 193–198. URL: [file:///Users/romantkachuk/Downloads/apsm_2015_15_3\(2\)_45.pdf](file:///Users/romantkachuk/Downloads/apsm_2015_15_3(2)_45.pdf).
2. Bhuiyan MU, Blyth CC, West R et al. (2019). Combination of clinical symptoms and blood biomarkers can improve discrimination between bacterial or viral community-acquired pneumonia in children. *BMC Pulmonary Medicine*. 19: 71. <https://doi.org/10.1186/s12890-019-0835-5>.
3. Borovkova M, Peyvasteh M, Dubolazov O, Ushenko Y, Ushenko V, Bykov A et al. (2018). Complementary analysis of Mueller-matrix images of optically anisotropic highly scattering biological tissues. *Journal of the European Optical Society*. 14 (1): 20: 1–8. URL: <https://jeos.springeropen.com/articles/10.1186/s41476-018-0085-9>.
4. Götzinger F, Santiago-García B, Noguera-Julián A et al. (2020, Jun 25). COVID-19 in children and adolescents in Europe: a multinational, multicentre cohort study. *Lancet Child Adolesc Health*. 4: 53–61. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30177-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30177-2).
5. Ministerstvo rozvytku ekonomiky, torhivli ta silskoho hospodarstva Ukrainy. (2020). Opyt do patentu na korysnu model. [Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. (2020). Опис до патенту на корисну модель]. URL: <https://iprop-ua.com/inv/pdf/jdgkked-pub-description.pdf>.
6. Ministry of Health of Ukraine. (2020). Providing medical assistance for the treatment of coronavirus disease (COVID-19). Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 762 dated 02.02.2020 on the approval of the protocol with changes and additions. [МОЗ України. (2020). Надання медичної допомоги для лікування коронавірусної хвороби (COVID-19). Наказ МОЗ України №762 від 02.02.2020 р. про затвердження протоколу зі змінами та доповненнями]. URL: <https://health-ua.com/article/64329-rekomendacshodo-dagnostiki-talkuvannya-pnevmon-udtej>.
7. Nesterovska O. (2021). Recommendations for diagnosis and treatment of pneumonia in children. LLC «Publishing house «Health of Ukraine. Medical publications». *Pediatrics*. 1 (57): 23. [Нестеровська О. (2021). Рекомендації щодо діагностики та лікування пневмонії у дітей. ТОВ «Видавничий дім «Здоров'я України. Медичні видання» *Педіатрія*. 1 (57): 23]. URL: <https://health-ua.com/article/64329-rekomendacshodo-dagnostiki-talkuvannya-pnevmon-udtej>.
8. Sinyachenko OV, Yermolaeva MV, Aliyeva Tyu et al. (2021). Clinical-pathogenetic significance of molecules of average mass of different fractions in pulmonary expiratory air of patients with rheumatoid arthritis. *Tuberculosis, lung diseases, HIV-infection*. 1 (44): 60–66. [Синяченко ОВ, Єрмолаєва МВ, Алієва ТЮ та інш. (2021). Клініко-патогенетичне значення молекул середньої маси різних фракцій у легневих експіратах хворих на ревматоїдний артрит. *Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція*. 1 (44): 60–66]. ISSN 2220–5071 (Print), ISSN 2522–1094 (Online). <https://doi.org/10.30978/TB2021-1-60>.
9. Volosovets OP, Bolbot YuK, Abaturon OE et al. (2020). The dynamics of changes in the incidence rate of pneumonia in children of Ukraine over the past 20 years. *Medical perspectives*. 25; 4: 174–181. [Волосовець ОП, Більбот ЮК, Абатурон ОЕ та інш. (2020). Динаміка зміни показника захворюваності на пневмонію дітей України за останні 20 років. *Медичні перспективи*. 25; 4: 174–181]. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2020.4.221680>.

Відомості про авторів:

Ткачук Роман Васильович — аспірант каф. педіатрії та дитячих інфекційних хвороб Буковинського ДМУ. Адреса: м. Чернівці, площа Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0002-6753-2365>.

Колоскова Олена Костянтинівна — д.мед.н., проф., зав. каф. педіатрії та дитячих інфекційних хвороб Буковинського ДМУ. Адреса: м. Чернівці, площа Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0002-4402-8756>.

Гарас Микола Несторович — к.мед.н., доц. каф. педіатрії та дитячих інфекційних хвороб Буковинського ДМУ. Адреса: м. Чернівці, площа Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0001-7304-2090>.

Білоус Тетяна Михайлівна — д.мед.н., доц. каф. педіатрії та дитячих інфекційних хвороб Буковинського ДМУ. Адреса: м. Чернівці, площа Театральна, 2. <https://orcid.org/0000-0002-9469-401X>.

Антонійчук Вікторія Іванівна — лікар-судово-медичний експерт-гістолог КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи». Адреса: м. Чернівці, вул. Кишинівська, 2. <https://orcid.org/0000-0002-0676-3960>.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2023 р., прийнята до друку 06.09.2023 р.