

Д. М. Бойко АМБУЛАТОРНА ПУЛЬМОНОЛОГІЯ: УЛЬТРАЗВУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЕГЕНЬ

Українська медична стоматологічна академія

АМБУЛАТОРНА ПУЛЬМОНОЛОГІЯ: УЛЬТРАЗВУКОВЕ ІСЛЕДОВАНИЕ ЛЕГКИХ

Д. Н. Бойко

Резюме

Эпидемиологическая ситуация, связанная с распространением коронавирусной болезни (COVID-19) в мире, изменяет подходы к оказанию медицинских услуг. Учитывая вышеуказанные обстоятельства, сфера респираторной медицины, особенно в амбулаторных условиях, тоже адаптируется организационно и технологически. Оптимизация диагностических возможностей во время первичного или повторного осмотров пациентов за счет использования фокусного ультразвукового исследования легких (ФУЛ), поможет расширить диагностические и терапевтические возможности врача пульмонолога в современных условиях.

Цель работы — изучить диагностические особенности ФУЛ в комплексе с классическими методиками перкуссии и аускультации легких в условиях амбулаторного приема больных с коронавирусной болезнью (COVID-19) на этапе реконвалесценции, по результатам ретроспективного анализа данных.

Материалы и методы. В анализ включены данные 14 пациентов (8 мужчин и 6 женщин; средний возраст — $(49,6 \pm 12,8)$ года), которые были обследованы врачом-пульмонологом на этапе реконвалесценции после прекращения периода самоизоляции и имели характерный для COVID-19 набор клинических, лабораторных и инструментальных проявлений. Ультразвуковое исследование легких проводилось пациентам в рамках рутинной работы при наличии подозрения или клинических признаков синдрома уплотнения легочной ткани.

Результаты исследования. У 10 (71,4 %) пациентов имелись характерные аускультативные признаки, присущие, в большей степени, синдрому уплотнения легочной ткани. В подавляющем большинстве случаев (12–85,7 %) фокальный и/или диффузный интерстициальный синдром (ИС), во время ФУЛ, сочетался с характерной аускультативной картиной (бронхиальное или ослабленное везикулярное дыхание, бронхофония, крепитация) (А) и/или аномалиями перкуссии в виде его притупления над легкими (Р). Результаты проведенного ретроспективного анализа результатов ФУЛ у больных COVID-19 говорят о длительном персистировании фокального и/или диффузного ИС в среднем до 63 дня болезни. При анализе полученных данных была выявлена статистически достоверная ($p = 0,03$), слабая, негативная ($\text{Tau} = -0,41$) связь между продолжительностью болезни и аускультативными (А) и перкурторными (Р) объективными данными, при наличии ультразвуковых признаков ИС в легких (У).

Выводы. Аускультация и перкуссия являются ценными диагностическими маркерами, значение которых в детекции синдрома уплотнения легочной ткани уменьшается после 30 дня течения COVID-19. Фокусное ультразвуковое исследование легких качественно дополняет диагностические возможности врача-пульмонолога при амбулаторной работе с больными, когда необходимо оценить наличие интерстициального синдрома в паренхиме легких. Количество обследованных и гетерогенность группы накладывает определенные ограничения на интерпретацию результатов, а для дальнейшей имплементации их в медицинскую практику необходимы дополнительные научные исследования с привлечением большего количества участников.

Ключевые слова: COVID-19, фокусное ультразвуковое исследование легких.

Укр. пульмонолог. журнал. 2021, № 2, С. 47–52.

Бойко Дмитро Миколайович
Українська медична стоматологічна академія
Завідувач кафедри фізичного виховання та здоров'я,
фізичної реабілітації, спортивної медицини
м. Полтава, вул. Шевченка, 23, Україна, 36011.
Тел./факс +380664464003, dim.xata@gmail.com

© Бойко Д. М., 2021

www.search.crossref.org

DOI: 10.31215/2306-4927-2021-29-2-47-52

OUTPATIENT PULMONOLOGY: LUNG ULTRASOUND EXAMINATION

D. M. Boiko

Abstract

Epidemiological situation associated with coronavirus disease (COVID-19) widespread in the world, changes the approaches to health-care provision. The field of respiratory medicine, especially in an outpatient setting, also adapts in terms of organization and technology. The optimization of diagnostics during the initial or follow-up examination of patients by means of focused lung ultrasound (FLUS), will help to expand the pulmonologist's diagnostic and therapeutic capabilities at current conditions.

The aim of the study was to evaluate diagnostic features of FLUS in combination with classical methods such as chest percussion and auscultation in an outpatient setting in patients with COVID-19 at the convalescence stage, based on the results of retrospective data analysis.

Materials and methods. The analysis included data from 14 patients (8 men and 6 women, mean age $(49,6 \pm 12,8)$ years) with typical set of clinical, laboratory and instrumental manifestations of COVID-19, who were examined by a pulmonologist at the convalescence stage after cessation of the self-isolation period. FLUS was performed routinely in suspected or clinically evident signs of pulmonary opacity.

Results. In 10 (71.4 %) patients characteristic auscultatory signs associated with pulmonary consolidation were found. In majority of cases (12 – 85.7%) focal and/or diffuse interstitial syndrome (IS) was revealed by FLUS, accompanied by typical auscultatory pattern (bronchial or weakened vesicular breathing sound, bronchophonia, crepitations) and/or percussion abnormalities (dullness over the lung). The results of retrospective analysis of FLUS data in COVID-19 patients suggested a persistent focal and/or diffuse IS up to 63 days of illness in average. The obtained data analysis revealed statistically significant ($p = 0,03$), weak, negative ($\text{Tau} = -0,41$) relationship between the disease duration and auscultatory and percussion data, in the presence of ultrasound signs of lung opacity.

Conclusions. Auscultation and percussion are valuable diagnostic markers, but their value for detection of pulmonary consolidation decreases after 30 days of COVID-19. FLUS qualitatively complements the diagnostic effectiveness at outpatient pulmonologist' examination when it is necessary to evaluate IS presence in lung parenchyma. The number of subjects and the heterogeneity of the group impose certain limitations on interpreting of the results. Further extensive research is needed to implement this method into routine clinical practice.

Key words: COVID-19, focused lung ultrasound.

Ukr. Pulmonol. J. 2021; 2: 47–52.

Dmytro M. Boiko
Ukrainian Medical Stomatological Academy
Chief of physical education and health,
physical rehabilitation, sports medicine department
23, Shevchenka str., 36011, Poltava, Ukraine
Tel./fax: +380664464003, dim.xata@gmail.com

Епідеміологічна ситуація, пов'язана з поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19) у світі, змінює підходи до надання медичних послуг [25]. Враховуючи вищесказане, сфера респіраторної медицини, особливо в амбулаторних умовах, теж адаптується організаційно і технологічно [3, 25]. Одним з таких технологічних рішень є вдосконалення методик швидкої візуалізації патології легень на місці огляду пацієнта (on the point of care) з використанням ультразвукового дослідження легень. Науково-технічний прогрес, наразі, дозволяє зменшити розміри та підвищити продуктивність обладнання, що сприяє створенню мобільних ультразвукових датчиків з прийнятними технологічними характеристиками [3, 4]. Мобільні ультразвукові датчики дозволяють отримати ревалентні дані у порівнянні зі сканерами вищого класу [27] попри наявність деяких вад, як то вичерпність заряду батареї, обмеженість поля огляду чи невисока проникна здатність [5, 9].

Протокол проведення фокусного ультразвукового дослідження легень (ФУЛ) дозволяє лікарю-пульмонологу, за адекватної підготовки, визначити широкий спектр патологічних станів, включаючи: пневмоторакс, пневмонію/пневмоніт, плевральний випіт, інтерстиціальний синдром (ІС) тощо [14, 15]. ФУЛ є спрощеною формою ультразвукового дослідження органів грудної клітки, що дає відповідь «Так» чи «Ні» на поставлене питання про наявності окремого патологічного стану з вищевказаною переліку [14].

Українська терапевтична школа широко користується надбаннями видатних вітчизняних науковців у цій галузі, в тому числі працями академіка Ф. Г. Яновського [2], і має великий арсенал діагностичних методик перкусії та аускультатії в своїй практиці під час об'єктивного огляду. Втім, поява нової коронавірусної хвороби (COVID-19) з притаманними їй особливостями перебігу [8, 21] ставить перед лікарем під час амбулаторного прийому, цілу низку клініко-діагностичних завдань, як то: 1) диференціальна діагностика позагоспітальної пневмонії та змін у легенях спричинених COVID-19; 2) оцінка ефективності лікувальної тактики; 3) плановий та віддалений контроль динаміки змін в легенях на фоні COVID-19; 4) оцінка ускладнень (плевральний випіт, тощо) пов'язаних з перебігом коронавірусної хвороби чи супутньої патології; 5) зменшення ризиків ускладнень пов'язаних зі зростанням променевого навантаження на пацієнтів через інтенсивне використання рентгенологічних методів візуалізації змін у легенях. І це далеко не повний перелік завдань, які доводиться вирішувати лікарям на всіх ланках надання медичної допомоги через зміни пов'язані з епідемією COVID-19. Враховуючи вищесказане, оптимізація діагностичних можливостей під час первинного чи поточного огляду пацієнтів, шляхом використання ФУЛ, допоможе розширити діагностичні та терапевтичні можливості лікаря пульмонолога в сучасних умовах.

Отже, дана стаття покликана дослідити роль малоінвазивних методик візуалізації змін у легенях та значення їхнього практичного застосування під час рутинної роботи лікаря-пульмонолога в складних епідеміологічних умовах спричинених COVID-19.

Метою роботи було вивчити діагностичні особливості фокусного ультразвукового дослідження легень поряд з класичними методиками (перкусія, аускультатія

легень) в умовах амбулаторного прийому хворих з коронавірусною хворобою на етапі реконвалесценції за результатами ретроспективного аналізу даних.

Матеріали та методи

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи (НДР) «Стан респіраторного здоров'я населення Полтавської області та вплив на нього факторів навколишнього середовища», номер держреєстрації 0120U101177. Виконання НДР схвалено етичною комісією Української медичної стоматологічної академії. Всі методи досліджень використовувались в рамках рутинної медичної діяльності й оцінювались ретроспективно. Часові рамки аналізу даних: 13.11.2020-06.01.2021 рр.

До аналізу було включено дані 14 пацієнтів, що були обстежені лікарем-пульмонологом на етапі реконвалесценції після припинення періоду самоізоляції і мали характерний для коронавірусної хвороби набір клінічних, лабораторних та інструментальних проявів [1, 25].

Об'єктивний огляд пацієнта включав оцінку притаманних запаленню легень аускультативних та перкуторних ознак ущільнення легеневої тканини [2, 17]. Сукупні ознаки притуплення перкуторного звуку над легеньми маркувались як «Р», а наявність відповідних аускультативних явищ у вигляді бронхіального чи ослабленого везикулярного дихання, бронхофонії, крепітації – «А». Для реєстрації звукових явищ під час аускультатії використовували електронний стетоскоп 3200NB 3M™ Littman (3M Health Care, USA) з Bluetooth технологією передачі даних та програмне забезпечення 3MTM LittmanStethAssist™ Heart and lung Sound Visualisation Software (Версія 1.3.230).

Ультразвукове дослідження легень проводилось пацієнтам в рамках рутинної роботи за наявності підозри або клінічних ознак синдрому ущільнення легеневої тканини. В роботі був використаний модифікований [14, 15] протокол ФУЛ зі скануванням 14 зон (рис. 1).

Передні та латеральні зони праворуч (R1-R4) та ліворуч (L1-L4) досліджувались в положенні лежачи на спині, а задні зони R5-R7 та (L 5-L7) – сидючи.

Ультразвукове сканування всіх зон проводилось після збору анамнезу та повного огляду пацієнта. ФУЛ виконувалось лікарем-пульмонологом, що мав відповідний досвід роботи, за допомогою портативного конвексного (2–6 MHz) датчика Clarius Sacanner C3 HD виробництва ClariusMobile Health (Canada).

Під час аналізу результатів ФУЛ оцінювали лише клінічно значимі Так/Ні відповіді на питання: 1) Чи наявний пневмоторакс? 2) Чи наявний плевральний випіт? 3) Чи ідентифікується інтерстиціальний синдром? 4) Чи наявна інша очевидна патологія? Наявність фокального ІС (множинні В-лінії (≥ 3 в одному міжреберному проміжку) в одній зоні моно- чи білатерально) або дифузного ІС (множинні В-лінії (≥ 3 в одному міжреберному проміжку) не менше ніж у 2 зонах легень в обох гемітораках) маркувались як «U» [12, 23].

Статистична обробка отриманих даних проводилась за допомогою програми для статистичного аналізу AnalystSoft, StatPlus (версія 2009). Були використані стандартні методи описової статистики та непараметричні методи статистичної обробки даних [22].

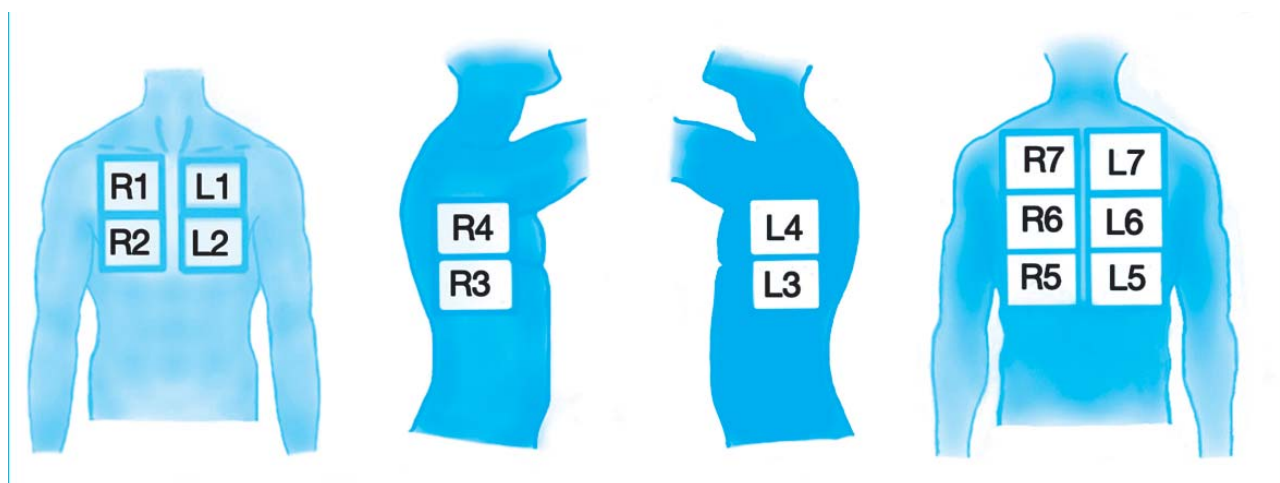


Рис. 1. Зони фокусного ультразвукового дослідження легень (ФУЛ)

Параметри учасників дослідження представлені у вигляді середнього (M) та стандартного відхилення (SD), а також у вигляді розподілу у відсотках. Відмінності вважалися статистично достовірними при значенні ймовірності похибки $p \leq 0,05$.

Результати дослідження

Усі учасники дослідження були обстежені амбулаторно лікарем-пульмонологом після завершення періоду самоізоляції відповідно до критеріїв, запропонованих Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) [25]. Аналіз даних 14 пацієнтів (8 чоловіків та 6 жінок) показав, що середній вік склав $(49,5 \pm 12,8)$ року. У всіх пацієнтів були наявні результати комп'ютерної томографії органів грудної порожнини (КТ ОГП), що були зроблені під час гострої фази хвороби з власної ініціативи (71,4% (10/14)) та за призначенням лікаря (28,6% (4/14)). Такий високий відсоток застосування КТ ОГК не може свідчити повною

мірою про занадто часте використання рентгенологічних методів дослідження, але це буде потребувати довгострокового аналізу динаміки можливих ускладнень [6] через додаткове променеве навантаження на населення країни. Спеціалістами-рентгенологами вірогідність COVID-19 оцінювалась за шкалою CO-RADS [18]. Відомо, що чутливість та специфічність змін характерних для COVID-19 на КТ ОГК складає 90 % та 89 %, відповідно [13]. Лише у одного пацієнта було зафіксовано 4 бали за шкалою CO-RADS, але у даного пацієнта був наявний позитивний тест на присутність рибонуклеїнової кислоти SARS-CoV-2 у назо-орофарингеальному зішкрібі (метод полімеразно ланцюгової реакції (ПЛР)). Всього лабораторними методами було підтверджено 6 із 14 проаналізованих випадків. Також варто зауважити, що у всіх пацієнтів були характерні [26] симптоми коронавірусної інфекції під час гострої фази захворювання, а саме: підвищення температури тіла, кашель, задишка, втрата нюху/смаку) (табл. 1).

Таблиця 1

Демографічні та клінічні дані пацієнтів

№ пацієнта	Вік (роки)	Стать	ПЛР тест до SARS-CoV-2 у назо-орофарингеальному зішкрібі	Імуноглобулін G та/або M до SARS-CoV-2	CO-RADS ¹⁸ (бали)	КТ ознаки ушкодження легеневої тканини(%)	U (сумарна кількість зон)	День хвороби	Клінічні ознаки COVID-19 (підвищення температури тіла, кашель, задишка, втрата нюху/смаку)	A	P
1	75	Ч	–	–	5	50	4	27	+	–	–
2	51	Ж	–	–	5	7	4	15	+	+	+
3	36	Ч	–	–	5	60	1	18	+	+	+
4	41	Ж	–	–	5	30	6	14	+	+	+
5	35	Ж	–	+	5	10	1	54	+	–	–
6	43	Ч	–	–	5	70	4	48	+	+	–
7	56	Ж	–	–	5	15	2	48	+	+	–
8	39	Ч	–	–	5	15	4	23	+	+	+
9	47	Ч	–	–	5	50	3	54	+	–	+
10	38	Ч	+	–	4	5	5	30	+	+	+
11	68	Ч	+	–	5	30	5	63	+	–	–
12	60	Ж	+	–	5	25	5	16	+	+	–
13	42	Ж	+	–	6	10	5	23	+	+	+
14	63	Ч	+	–	5	25	4	15	+	+	–

Примітка: ПЛР – полімеразно-ланцюгова реакція; (+) – наявна діагностична ознака; (–) – відсутня діагностична ознака; КТ ОГП — комп'ютерна томографія органів грудної порожнини; COVID-19 — коронавірусна хвороба; ФУЛ — фокусне ультразвукове дослідження легень; U — ознаки фокального та/або дифузного інтерстиціального синдрому за даними ультразвукового дослідження легень; A — аускультативні явища у вигляді бронхіального чи ослабленого везикулярного дихання, бронхофонії, крепітації; P — притуплення перкуторного звуку над легенями.

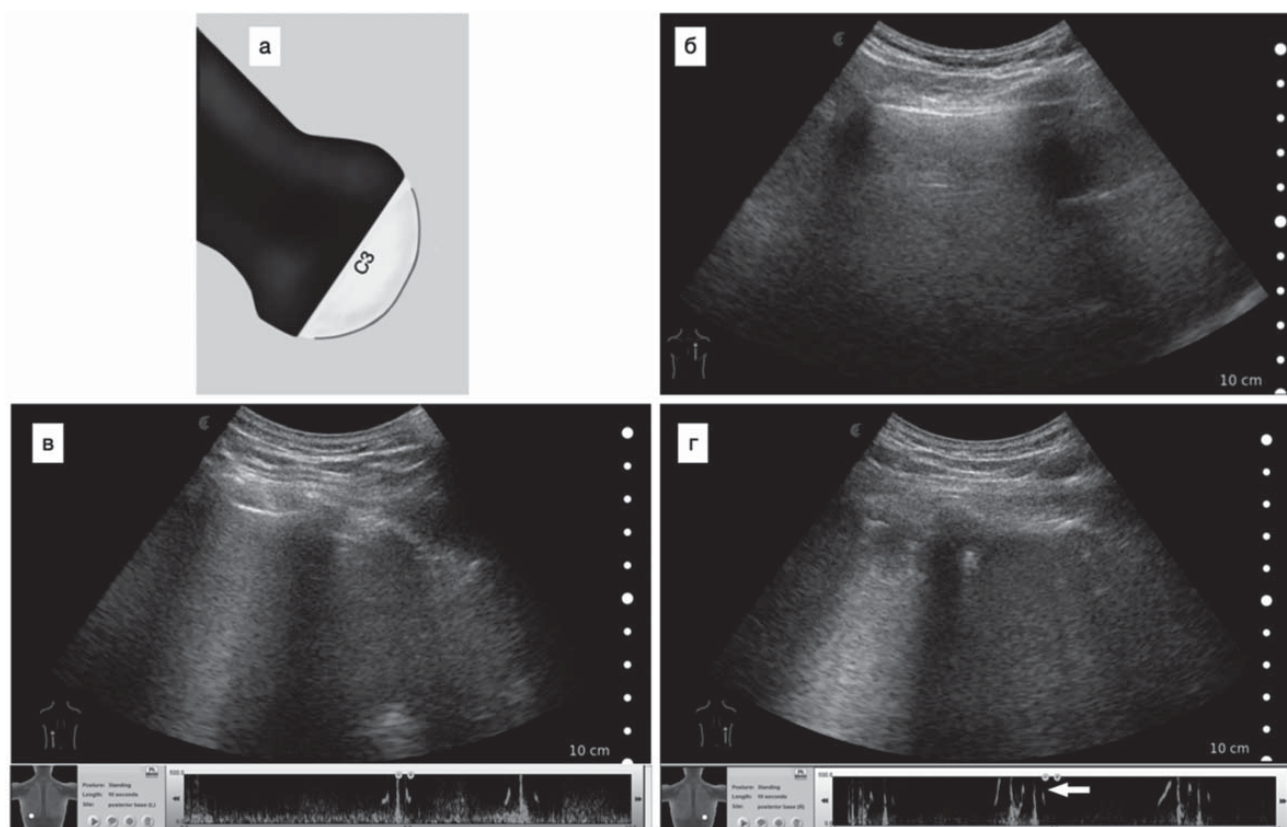


Рис. 2. Результати фокусного ультразвукового дослідження легень (ФУЛ), за використання портативного конвексного датчика (2–6 MHz) (а) у пацієнта Н. з COVID-19 на 14 день хвороби, мають діапазон від нормальних значень (б) в L1 до окремих — L5 (та) чи фокальних скупчень В-ліній у зоні R5(з) з ознаками консолідації і поєднуються з ослабленням везикулярного дихання та нападами кашлю під час фази вдишу (позначено білою стрілкою (z))

Діагностична цінність класичних методик (аускультатії, перкусії) при COVID-19 на сьогодні лише починає вивчатись. Відомо, що крепітація присутня у переважній більшості пацієнтів з COVID-19 за наявності підтверженої рентгенологічно консолідації легеневої тканини (чутливість 88,9 % та специфічність 15,2 %) та симптому «матового скла» (чутливість 84,6% та специфічність 12,5%) [24]. В ході дослідження було зафіксовано, що майже у 71,42% (10/14) пацієнтів (табл. 1) були наявні характерні аускультативні ознаки притаманні, більшою мірою, синдрому ущільнення легеневої тканини [7]. Натомість притуплення перкуторного звуку над легеневою тканиною виявлено у 50% (7/14) пацієнтів, що мали підтверджені зміни за даними КТ ОГК та ФУЛ (табл. 1).

Окремо варто зауважити, що у всіх пацієнтів (14/14), що увійшли до нашого дослідження було виявлено наявність характерних ФУЛ ознак локального чи дифузного ІС в легеневій тканині (табл. 1).

Такі результати дають підставу говорити про гарні перспективи для впровадження ФУЛ методики в рутинну амбулаторну практику лікаря-пульмонолога, особливо, в складних епідеміологічних умовах пов'язаних з COVID-19. Втім, наявність фокального чи дифузного ІС не є патогномонічною ознакою, що характерна лише для COVID-19 [11, 19]. Отже, такі зміни варто диференціювати з наявністю пневмонії/пневмоніту іншої етіології [12], що потребує достатньої кваліфікаційної підготовки та детального аналізу клініко-анамнестичних даних.

Поєднання фокального чи дифузного ІС, за даними

ФУЛ, аускультативних (А) і перкуторних (Р) ознак синдрому ущільнення легеневої тканини спостерігалось майже у 42,8% (6/14) пацієнтів, між 14 та 30 днем перебігу хвороби. Притуплення перкуторного звуку над легеньми у поєднанні з ІС зустрічалось лише у одного хворого (54 день хвороби). В переважній більшості випадків (85,7% (12/14)) ІС поєднувався з характерною аускультативною картиною (bronхіального чи ослабленого везикулярного дихання, бронхофонії, крепітації) (А) та/або аномаліями перкусії у вигляді його притуплення над легеньми (Р) (рис. 3).

Відомо, що у пацієнтів з COVID-19 після 14 дня хвороби відмічається поступове зменшення ділянок «матового скла» й осередків субплевральної консолідації легеневої тканини [10]. Натомість маємо недостатньо інформації про динаміку ІС за даними ультразвукового дослідження легень. Результати проведеного ретроспективного аналізу результатів ФУЛ у хворих на COVID-19 говорять про тривале персистування фокального та/або дифузного ІС майже до 63 дня хвороби (рис. 3). Отримані дані спонукають до подальшого вивчення доцільності використання фокусного ультразвукового дослідження легень для оцінки динаміки змін в легенях пацієнтів з COVID-19 на протигагу чи як доповнення до рентгенологічних методик (КТ ОГК, рентгенографія органів грудної клітки).

Для перевірки гіпотези про наявність взаємозв'язку між сукупністю різних комбінацій ФУЛ ознак (U), даних аускультатії (А), перкусії (Р) та поширеністю ушкоджень

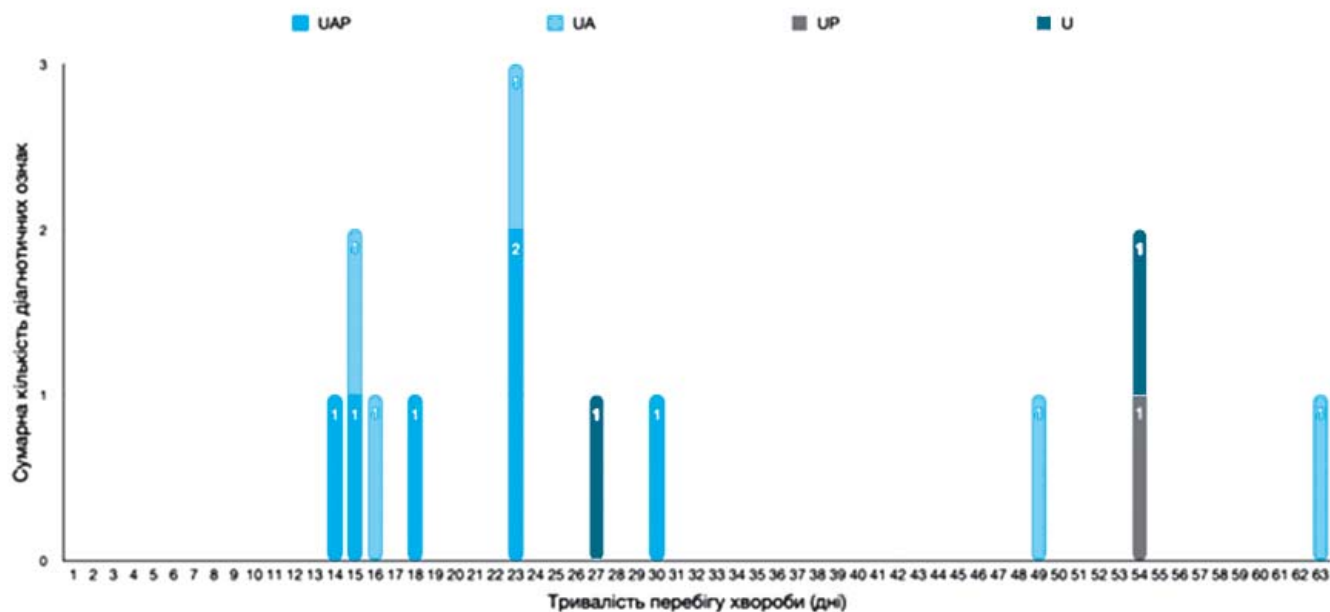


Рис. 3. Континуум динаміки клінічних ознак (аускультативні (А), перкусії (Р)) та інтерстиціального синдрому за даними ФУЛ (U) у хворих на COVID-19 на етапі амбулаторного спостереження.

Примітка: U — ознаки фокального та/або дифузного інтерстиціального синдрому за даними ультразвукового дослідження легень; А — аускультативні явища у вигляді бронхіального чи ослабленого везикулярного дихання, бронхофонії, крепітації; Р — притуплення перкуторного звуку над легенями.

легеневої тканини, за даними КТ ОГК, днем перебігу хвороби й віком обстежених хворих, було проведено кореляційний аналіз даних (табл. 2).

В ході аналізу отриманих даних було виявлено статистично достовірний ($p = 0,03$), слабкий, негативний ($\text{Tau} = -0,41$) зв'язок між тривалістю хвороби та аускультативними (А) і перкуторними (Р) об'єктивними даними, за наявності ультразвукових ознак ІС в легенях (U) (табл. 2). Водночас, відсутнього рангового взаємозв'язку між сумарною кількістю об'єктивних ознак обстеження пацієнта (U, А, Р) й поширеністю патологічного процесу на КТ ОГК (%), в дебюті захворювання, сумарною кількістю зон інтерстиціального синдрому (за даними ФУЛ) та віком пацієнта не було знайдено. Такі результати свідчать про тривале персистування інтерстиціального синдрому, за даними ФУЛ, попри позитивну динаміку класичних об'єктивних маркерів (аускультативні, перкусії). Це цілком збігається з відомими даними про те, що тривалість персистування об'єктивних симптомів COVID-19, навіть за мінімальних клінічних проявів хвороби під час періоду реконвалесценції, може зберігатися

протягом 12 тижнів після хвороби [20]. Тоді як, використання ФУЛ, поруч з перевіреними часом методиками аускультативної та перкусії [2, 17], доповнює діагностичну цінність огляду лікаря-пульмонолога впродовж амбулаторного прийому.

Висновки

Аускультативна та перкусія є цінними діагностичними маркерами значення яких в детекції синдрому ущільнення легеневої тканини зменшується після 30 дня перебігу COVID-19.

Фокусне ультразвукове дослідження легень (ФУЛ) якісно доповнює діагностичні можливості лікаря-пульмонолога під час амбулаторної роботи з хворими, коли доводиться визначати наявність інтерстиціального синдрому в паренхімі легень.

Кількість обстежених та гетерогенність групи накладає певні обмеження на інтерпретацію результатів, а для подальшої імплементації їх в медичну практику необхідні додаткові наукові дослідження із залученням більшої кількості учасників.

Таблиця 2

Аналіз кореляційних взаємозв'язків за тау Кендалом (Tau) між сумарною кількістю діагностичних ознак (U, А, Р) та результатами КТ ОГК, ФУЛ, віком й тривалістю перебігу COVID-19

Показники	Сумарна кількість діагностичних ознак (U, А, Р)	
% ушкодження легеневої тканини за даним КТ ОГК	$\text{Tau} = -0,25$	$p = 0,21$
Сумарна кількість зон інтерстиціального синдрому за даними ФУЛ	$\text{Tau} = 0,31$	$p = 0,11$
Вік (роки)	$\text{Tau} = 0,14$	$p = 0,46$
Тривалість хвороби (дні)	$\text{Tau} = -0,41$	$p = 0,03$

Примітка: U — ознаки фокального та/або дифузного інтерстиціального синдрому за даними ультразвукового дослідження легень; А — аускультативні явища у вигляді бронхіального чи ослабленого везикулярного дихання, бронхофонії, крепітації; Р — притуплення перкуторного звуку над легенями; ФУЛ — фокусне ультразвукове дослідження легень; КТ ОГК — комп'ютерна томографія органів грудної порожнини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко ДМ, Бойко МГ, Бойко ОС. Алгоритм ведення хворих пульмонологічного профілю. Світ медицини та біології. 2011;(4):70–75.
2. Фещенко ЮІ, Мельник ВМ, Приходько АМ. Корифей Української медицини – академік Феofil Гаврилович Яновський (До 150-річчя від дня народження Ф. Г. Яновського). Укр. пульмонол. журн. 2010;(2):5–11.
3. Alerhand S, Graumann O, Nelson BP. Physics and basic principles. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;1–13.
4. Alharthy A, Abuhamdah M, Balhamar A, et al. Residual Lung Injury in Patients Recovering From COVID-19 Critical Illness: A Prospective Longitudinal Point-of-Care Lung Ultrasound Study. J Ultrasound Med. 2020;9999:1–16.
5. Bennett D, De Vita E, Mezzasalma F, et al. Portable Pocket-Sized Ultrasound Scanner for the Evaluation of Lung Involvement in Coronavirus Disease 2019 Patients. Ultrasound Med Biol. 2021;47(1):19–24.
6. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009 Dec 14;169(22):2071–2077.
7. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. N Engl J Med. 2014;370(8):744–751.
8. Cevik M, Kuppalli K, Kindrachuk J, et al. Virology, transmission, and pathogenesis of SARS-CoV-2. BMJ. 2020;371:m3862.
9. Clevert DA, Schwarze V, et al. ESR statement on portable ultrasound devices. Insights Imaging. 2019;10:89.
10. Feng Pan, Tianhe Ye, Peng Sun, et al. Time Course of Lung Changes at Chest CT during Recovery from Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Radiology. 2020;295(3):715–721.
11. Fonsi GB, Sapienza P, Brachini G, et al. Is Lung Ultrasound Imaging a Worthwhile Procedure for Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Pneumonia Detection? J Ultrasound Med. 2020;9999:1–11.
12. Gargani L. Interstitial syndrome. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;75–86.
13. Hossein H, Ali KM, Hosseini M, et al. Value of chest computed tomography scan in diagnosis of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Clin Transl Imaging. 2020;1–13.
14. Laursen CB, Davidsen JR, Gleeson F. Technique and protocols. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;pp.14–30.
15. Laursen CB, Sloth E, Lambrechtsen J, et al. Focused sonography of the heart, lungs, and deep veins identifies missed life-threatening conditions in admitted patients with acute respiratory symptoms. Chest. 2013;144:1868–1875.
16. Ling L, Hao-Tian Z, Zhi-Yang Z, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults. Medicine. 2017;96(3):e5713.
17. Lucian JD, Murray JF. 16 - History and Physical Examination, Editor(s): Broaddus VC, Mason RJ, Ernst JD, et al. Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine (Sixth Edition), W.B. Saunders. 2016;263–277.e2.
18. Prokop M, van Everdingen W, van Rees Vellinga T, et al. COVID-19 Standardized Reporting Working Group of the Dutch Radiological Society. CO-RADS: A Categorical CT Assessment Scheme for Patients Suspected of Having COVID-19-Definition and Evaluation. Radiology. 2020;296(2):E97–E104.
19. Self WH, Courtney DM, McNaughton CD, et al. High discordance of chest x-ray and computed tomography for detection of pulmonary opacities in ED patients: implications for diagnosing pneumonia. Am J Emerg Med. 2013;31(2):401–405.
20. Shah AS, Wong AW, Hague CJ, et al. A prospective study of 12-week respiratory outcomes in COVID-19-related hospitalisations. Thorax. 2020;0:1–3.
21. Siddiqi HK, Mehra MR. COVID-19 illness in native and immunosuppressed states: A clinical-therapeutic staging proposal. J Heart Lung Transplant. 2020;39(5):405–407.
22. Swift A, Heale R, Twycross A What are sensitivity and specificity? Evidence-Based Nursing. 2020;23:2–4.
23. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med. 2012;38(4):577–591.
24. Wang B, Liu Y, Wang Y, et al. Characteristics of Pulmonary Auscultation in Patients with 2019 Novel Coronavirus in China. Respiration. 2020;99(9):755–763.
25. World Health Organization. COVID-19 clinical management: living guidance. 2021. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2021-1>
26. Xie Y, Wang Z, Liao H, et al. Epidemiologic, clinical, and laboratory findings of the COVID-19 in the current pandemic: systematic review and meta-analysis. BMC Infect Dis. 2020;20(1):640.
27. Zardi EM, Franceschetti E, Giorgi C, et al. Accuracy and performance of a new handheld ultrasound machine with wireless system. Sci Rep. 2019;9(1):14599.

REFERENCES

1. Boyko DM, Boyko MH, Boyko OS. Algorithm for managing patients with pulmonological profile. Svit medytsyny ta biologiyi. 2011;(4):70–75.
2. Feshchenko Yul, Melnyk VM, Prykhodko AM. Koryfey Ukrainy medytsyny – akademik Feofil Gavrylovych Yanovskyy (Do 150-richchia vid dnia narodzhennya F. H. Yanovskogo) (Coryphaeus of Ukrainian medicine – Academician Feofil Gavrilovich Yanovsky (To the 150th anniversary of the birth of FG Yanovsky) Ukr. pulmonol. zhurn. 2010;(N2):5–11.
3. Alerhand S, Graumann O, Nelson BP. Physics and basic principles. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;1–13.
4. Alharthy A, Abuhamdah M, Balhamar A, et al. Residual Lung Injury in Patients Recovering From COVID-19 Critical Illness: A Prospective Longitudinal Point-of-Care Lung Ultrasound Study. J Ultrasound Med. 2020;9999:1–16.
5. Bennett D, De Vita E, Mezzasalma F, et al. Portable Pocket-Sized Ultrasound Scanner for the Evaluation of Lung Involvement in Coronavirus Disease 2019 Patients. Ultrasound Med Biol. 2021;47(1):19–24.
6. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009 Dec 14;169(22):2071–2077.
7. Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. N Engl J Med. 2014;370(8):744–751.
8. Cevik M, Kuppalli K, Kindrachuk J, et al. Virology, transmission, and pathogenesis of SARS-CoV-2. BMJ. 2020;371:m3862.
9. Clevert DA, Schwarze V, et al. ESR statement on portable ultrasound devices. Insights Imaging. 2019;10:89.
10. Feng Pan, Tianhe Ye, Peng Sun, et al. Time Course of Lung Changes at Chest CT during Recovery from Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Radiology. 2020;295(3):715–721.
11. Fonsi GB, Sapienza P, Brachini G, et al. Is Lung Ultrasound Imaging a Worthwhile Procedure for Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Pneumonia Detection? J Ultrasound Med. 2020;9999:1–11.
12. Gargani L. Interstitial syndrome. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;75–86.
13. Hossein H, Ali KM, Hosseini M, et al. Value of chest computed tomography scan in diagnosis of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Clin Transl Imaging. 2020;1–13.
14. Laursen CB, Davidsen JR, Gleeson F. Technique and protocols. In: Laursen CB, Rahman NM, Volpicelli G, eds. Thoracic Ultrasound (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society. 2018;pp.14–30.
15. Laursen CB, Sloth E, Lambrechtsen J, et al. Focused sonography of the heart, lungs, and deep veins identifies missed life-threatening conditions in admitted patients with acute respiratory symptoms. Chest. 2013;144:1868–1875.
16. Ling L, Hao-Tian Z, Zhi-Yang Z, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults. Medicine. 2017;96(3):e5713.
17. Lucian JD, Murray JF. 16 - History and Physical Examination, Editor(s): Broaddus VC, Mason RJ, Ernst JD, et al. Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine (Sixth Edition), W.B. Saunders. 2016;263–277.e2.
18. Prokop M, van Everdingen W, van Rees Vellinga T, et al. COVID-19 Standardized Reporting Working Group of the Dutch Radiological Society. CO-RADS: A Categorical CT Assessment Scheme for Patients Suspected of Having COVID-19-Definition and Evaluation. Radiology. 2020;296(2):E97–E104.
19. Self WH, Courtney DM, McNaughton CD, et al. High discordance of chest x-ray and computed tomography for detection of pulmonary opacities in ED patients: implications for diagnosing pneumonia. Am J Emerg Med. 2013;31(2):401–405.
20. Shah AS, Wong AW, Hague CJ, et al. A prospective study of 12-week respiratory outcomes in COVID-19-related hospitalisations. Thorax. 2020;0:1–3.
21. Siddiqi HK, Mehra MR. COVID-19 illness in native and immunosuppressed states: A clinical-therapeutic staging proposal. J Heart Lung Transplant. 2020;39(5):405–407.
22. Swift A, Heale R, Twycross A What are sensitivity and specificity? Evidence-Based Nursing. 2020;23:2–4.
23. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med. 2012;38(4):577–591.
24. Wang B, Liu Y, Wang Y, et al. Characteristics of Pulmonary Auscultation in Patients with 2019 Novel Coronavirus in China. Respiration. 2020;99(9):755–763.
25. World Health Organization. COVID-19 clinical management: living guidance. 2021. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2021-1>
26. Xie Y, Wang Z, Liao H, et al. Epidemiologic, clinical, and laboratory findings of the COVID-19 in the current pandemic: systematic review and meta-analysis. BMC Infect Dis. 2020;20(1):640.
27. Zardi EM, Franceschetti E, Giorgi C, et al. Accuracy and performance of a new handheld ultrasound machine with wireless system. Sci Rep. 2019;9(1):14599.