Д.В. Пригара,
https://orcid.org/0009-0006-4191-4556

Ужгородський університет,
КНП "Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня" Ужгородської міської ради,
Ужгород, Україна

DOI: https://doi.org/10.15407/oncology.2026.03.194

ФАЗОВИЙ КУТ ЯК ІНТЕГРАЛЬНИЙ МАРКЕР КЛІНІКО-НУТРИТИВНОГО СТАНУ ПАЦІЄНТІВ ІЗ РАКОМ ЛЕГЕНІ

Мета: *визначити взаємозв'язок фазового кута (Phase Angle, PhA) з клінічними, антропометричними, нутритивними та лабораторними характеристиками пацієнтів із раком легені (РЛ) та оцінити фактори, асоційовані зі зниженим PhA (⩽ 4,50).* ***Об'єкт і методи:*** *проведено проспективне одноцентрове обсерваційне дослідження 30 пацієнтів із РЛ до початку протипухлинного лікування. Пацієнтів розподілили на групи PhA ⩽ 4,50 (n = 18) та PhA > 4,50 (n = 12). Оцінювали ІМТ, ECOG, стадію захворювання, втрату маси тіла, альбумін, С-реактивний білок (СРБ), гемоглобін і показники біоімпедансу. Використовували порівняльний аналіз, кореляційний аналіз та однофакторну експлораторну логістичну регресію.* ***Результати.*** *У пацієнтів із PhA ⩽ 4,5° ІМТ був нижчим, ніж у групі PhA > 4,5° (23,5 ± 3,7 проти 26,4 ± 4,0 кг/м²; p < 0,05), а ECOG ⩾ 2 реєстрували у 55,6 проти 16,7% відповідно. Частота IV стадії та метастатичного ураження статистично значущо не відрізнялася. Рівень альбуміну у групі низького PhA становив 37,4 ± 5,0 проти 42,6 ± 3,4 г/л (p < 0,05), медіана СРБ — 34,8 [18,5–63,2] проти 10,6 [4,8–22,5] мг/л (p < 0,05), гемоглобін — 12,2 ± 1,6 проти 13,4 ± 1,2 г/дл (p < 0,05). Втрата маси тіла ⩾ 5% спостерігалася у 72,2% проти 33,3% пацієнтів. PhA позитивно корелював з альбуміном (ρ = 0,51; p = 0,002), ІМТ (ρ = 0,42; p = 0,01) і гемоглобіном (ρ = 0,38; p = 0,02) та негативно — із СРБ (ρ = –0,47; p = 0,004) і втратою маси тіла (ρ = –0,44; p = 0,007). Найвиразніші асоціації зі зниженим PhA в однофакторному аналізі встановлено для ECOG ⩾ 2 (OR = 6,25; 95% CI 1,05–37,07; p = 0,044) та втрати маси тіла ⩾ 5% (OR = 5,20; 95% CI 1,07–25,31; p = 0,041).* ***Висновки:*** *знижений PhA асоціюється з менш сприятливим функціональним, антропометричним та нутритивно-запальним профілем пацієнтів із РЛ. PhA може бути додатковим неінвазивним інтегральним показником клініко-нутритивного стану.*

Ключові слова: *рак легені, фазовий кут, біоімпедансний аналіз, нутритивний статус, прогноз, ECOG, склад тіла.*

Рак легені (РЛ) залишається одним із найбільш клінічно складних онкологічних захворювань, перебіг якого визначається не лише характеристиками пухлинного процесу, а й загальним функціональним та метаболічним станом пацієнта. Одним із показників, що потенційно дозволяє інтегровано оцінювати ці зміни, є біоелектричний фазовий кут (англ. *Phase Angle*, PhA), отриманий методом біоелектричного імпедансного аналізу.

Масштаб проблеми визначається високим тягарем захворювання та поширеністю нутритивних і функціональних порушень. За даними GLOBOCAN 2022, у світі було зареєстровано близько 2,48 млн нових випадків раку легень та 1,82 млн смертей [1]. У пацієнтів із недрібноклітинним РЛ кахексію виявляли у 19–64% випадків, а майже половина хворих мала ознаки гіперметаболічного стану [2, 3]. У великому японському реєстровому дослідженні втрата маси тіла ⩾ 5% протягом 6 міс. спостерігалася у 20,4% пацієнтів і була пов'язана зі стадією захворювання, функціональним статусом та рівнем альбуміну; однорічна виживаність за наявності кахексії була нижчою [4]. Понад половина пацієнтів із метастатичним РЛ перебувала

Цитування: Пригара Д.В. Фазовий кут як інтегральний маркер клініко-нутритивного стану пацієнтів із раком легені. Онкологія. 2026. 28, № 3. С. 194–202. https://doi.org/10.15407/oncology.2026.03.194

© РН "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2026. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

у стані нутритивного ризику, а чверть уже мала мальнутрицію; показники стандартизованої шкали оцінки нутритивного статусу (англ. *Mini Nutritional Assessment*, MNA) корелювали з рівнями гемоглобіну, альбуміну та С-реактивного білка (СРБ) [5].

Клінічне значення PhA при РЛ продемонстровано в низці досліджень. Показано, що у пацієнтів із поширеним недрібноклітинним РЛ нижчі значення PhA асоціювалися з менш сприятливими клінічними результатами поряд із функціональним статусом ECOG та ознаками мальнутриції [6]. Своєю чергою, інші автори встановили зв'язок PhA із виживаністю: при PhA ⩽ 5,30 медіана виживаності була нижчою, а збільшення PhA на 10 супроводжувалося зниженням ризику смерті [7].

I.A. Castanho та співавт. [8] виявили зворотний зв'язок між PhA та об'ємом пухлини, що дозволило розглядати цей показник не лише як маркер нутритивного статусу, а й як характеристику загальної адаптації організму до пухлинного процесу. J. Shi та співавт. [9] продемонстрували нелінійний зв'язок між PhA та виживаністю, причому порогові значення відрізнялися залежно від статі. Y. Suzuki та співавт. [10] встановили, що нижчий PhA пов'язаний із більшою частотою післяопераційних ускладнень, тоді як в роботі P. Detopoulou [11] показано його взаємозв'язок із показниками м'язового резерву та особливостями харчового патерну.

Таким чином, наявні дослідження підтверджують клінічну значущість PhA, однак переважно розглядають його у зв'язку з виживаністю, пухлинним навантаженням, післяопераційними ускладненнями або окремими нутритивними характеристиками. Комплексна оцінка взаємозв'язку PhA з функціональним статусом, антропометричними показниками, втратою маси тіла та лабораторними маркерами нутритивного й запального стану на етапі первинного обстеження залишається недостатньо представлена.

Метою дослідження було визначити взаємозв'язок PhA з клінічними, антропометричними, нутритивними та лабораторними характеристиками пацієнтів із РЛ, а також оцінити фактори, асоційовані зі зниженим PhA (⩽ 4,5°).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проспективне одноцентрове обсерваційне дослідження було проведено на базі онкологічного відділення ВП "Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги" КНП "Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня" Ужгородської міської ради у період із вересня 2024 р. по травень 2026 р. У межах цієї роботи проведено вторинний аналіз вихідних даних пацієнтів, отриманих на етапі первинного обстеження до початку протипухлинного лікування.

Перед включенням у дослідження всі пацієнти отримували детальну інформацію щодо мети, дизайну та обсягу процедур, після чого надавали письмову інформовану згоду на участь. Аналіз клінічних та лабораторних даних проводили у знеособленому вигляді без використання персональних ідентифікаторів. Дослідження виконували відповідно до принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації "Етичні принципи проведення медичних досліджень за участю людей" [12]. Протокол дослідження був схвалений локальною комісією з питань етики ДВНЗ "Ужгородський національний університет" (протокол № 5/6 від 30.05.2024 р.).

Набір пацієнтів здійснювали послідовно впродовж визначеного періоду дослідження. До аналізу включали всіх осіб, які відповідали критеріям включення, надали письмову інформовану згоду та пройшли повний обсяг первинного клінічного, лабораторного й біоімпедансного обстеження. Остаточну аналітичну вибірку становили 30 пацієнтів. Критеріями включення були: вік ⩾ 18 років; підтверджений діагноз РЛ; можливість проведення біоімпедансного дослідження та комплексної клініко-лабораторної оцінки на етапі первинного обстеження; наявність повного набору необхідних клінічних даних для проведення аналізу. Критеріями невключення були: відсутність морфологічного або цитологічного підтвердження злоякісного процесу; неповний обсяг клінічної або лабораторної інформації; неможливість проведення біоімпедансного аналізу; наявність станів, які могли суттєво впливати на результати оцінки складу тіла або електричних властивостей тканин.

Для проведення порівняльного аналізу пацієнтів розподіляли залежно від рівня біоелектричного фазового кута. До групи зі зниженим PhA включали пацієнтів зі значенням PhA ⩽ 4,5° (n = 18), тоді як групу зі збереженим рівнем PhA становили пацієнти із показником PhA > 4,5° (n = 12). Порогове значення PhA 4,5° було обрано як клінічно орієнтований рівень стратифікації на підставі даних про несприятливі клінічні наслідки при значеннях PhA при граничному показнику 4,5° [7, 13, 14].

У всіх пацієнтів проводили комплексну клінічну оцінку, яка включала визначення віку (роки), статі, стадії захворювання відповідно до TNM-класифікації, наявності метастатичного ураження та функціонального статусу за шкалою Eastern Cooperative Oncology Group Performance Status (ECOG). ECOG оцінювали за стандартною 5-бальною шкалою, де 0 балів відповідає повністю збереженій фізичній активності, а збільшення кількості балів відображає поступове погіршення функціонального стану пацієнта [16]. Для статистичного аналізу ECOG розподіляли на дві катего-

рії: 0–1 бал — збережений функціональний статус; ⩾ 2 балів — наявність функціональних обмежень.

Антропометричну оцінку проводили шляхом визначення маси тіла (кг), зросту (см) та розрахунку індексу маси тіла (IMT, кг/м²) за формулою: маса тіла (кг)/ зріст² (м²). Для категоріального аналізу пацієнтів розподіляли за наявністю клінічно значущої втрати маси тіла: < 5 та ⩾ 5% протягом попередніх 6 міс. Такий бінарний поділ, заснований на порозі ⩾ 5%, відповідає критеріям GLIM та був обраний для основного аналізу з огляду на обмежений обсяг вибірки [17].

Для оцінки нутритивно-метаболічного та запального статусу аналізували лабораторні показники, отримані під час первинного обстеження. Визначали рівень альбуміну сироватки крові (г/л), СРБ (мг/л) та гемоглобіну (г/дл). Альбумін використовували як лабораторний показник, пов'язаний із нутритивно-метаболічним та запальним станом. Для категоріального аналізу застосовували порогове значення < 35 г/л як ознаку зниженого білкового резерву відповідно до клінічних підходів оцінки нутритивного статусу в онкології [18].

Рівень СРБ аналізували як кількісний показник та додатково категоризували відповідно до рівня системної запальної відповіді: < 10 мг/л, 10–50 мг/л та ⩾ 50 мг/л [19]. Для основного порівняльного та регресійного аналізу, з огляду на обмежений обсяг вибірки, використовували бінарний поділ за пороговим значенням 10 мг/л: < 10 мг/л та ⩾ 10 мг/л. Ступінь тяжкості анемії оцінювали відповідно до градації National Cancer Institute (NCI): легка (Grade 1) — Hb 10 г/дл до нижньої межі норми; помірна (Grade 2) — Hb 8,0–9,9 г/дл; тяжка (Grade 3) — Hb 8,0–6,5 г/дл; життєзагрозлива (Grade 4) — Hb < 6,5 г/дл [20].

Біоелектричний імпедансний аналіз проводили за допомогою аналізатора складу тіла InBody 270 (InBody Co., Ltd., Південна Корея) на етапі первинного обстеження відповідно до стандартної процедури вимірювання [21]. Реєстрували реактивний опір (Reactance, Xc, Ω), активний опір (Resistance, R, Ω) та фазовий кут (PhA, 0). PhA визначався автоматично на основі співвідношення реактивної та резистивної складових імпедансу: PhA (0) = arctan(Xc/R) × 57,3. PhA розглядали як інтегральний показник клітинної цілісності, функціонального стану клітинних мембран та співвідношення внутрішньо- і позаклітинного компонентів рідини.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програмного забезпечення IBM SPSS Statistics v.23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, США). Кількісні показники оцінювали щодо характеру розподілу за критерієм Шапіро-Вілка. Дані з нормальним розподілом представляли як середнє значення ± стандартне відхилення (M ± SD), а показники з ненормальним розподілом — як медіану та міжквартильний інтервал (Me [IQR]). Категоріальні змінні представляли у вигляді абсолютних значень (*n*) та відсотків (%).

Для порівняння кількісних показників між групами PhA ⩽ 4,5° та PhA > 4,5° використовували *t*-критерій Стьюдента або *U*-критерій Манна–Вітні залежно від характеру розподілу даних. Для порівняння категоріальних змінних застосовували χ^2-критерій Пірсона.

Для оцінки взаємозв'язків між PhA та клінічними, лабораторними й біоімпедансними параметрами використовували кореляційний аналіз Спірмена з розрахунком коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (ρ). Для визначення факторів, асоційованих зі зниженим PhA (⩽ 4,5°), проводили однофакторний експлораторний логістичний регресійний аналіз. Для кожного фактора розраховували відношення шансів (odds ratio, OR), 95% довірчий інтервал (95% CI) та відповідне *p*-значення. З огляду на обмежений обсяг вибірки багатофакторну модель з одночасним включенням усіх досліджуваних предикторів не формували. Статистично значущими вважали результати при $p < 0,05$.

Під час підготовки рукопису інструмент штучного інтелекту ChatGPT, модель GPT-5.6 Sol (OpenAI) використовувався виключно для перевірки тексту, мовного редагування, покращення стилістичної узгодженості та виправлення граматичних помилок.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Клінічна характеристика пацієнтів із РЛ залежно від рівня фазового кута. На першому етапі дослідження проведено порівняльний аналіз вихідних клінічних характеристик пацієнтів із РЛ залежно від рівня біоелектричного фазового кута. Основною метою цього етапу було визначення, чи супроводжується знижений рівень PhA змінами функціонального стану та антропометричних характеристик пацієнтів, а також оцінка порівнянності сформованих груп за основними демографічними та онкологічними параметрами.

У дослідженні проаналізовано дані 30 пацієнтів, яких відповідно до клінічно обґрунтованого порогового значення PhA розподілили на дві групи: пацієнти зі зниженим PhA (⩽ 4,5°; $n = 18$) та пацієнти зі збереженим рівнем PhA (> 4,5°; $n = 12$). Порівняльна характеристика основних клінічних показників представлена у *табл. 1*.

Порівняльний аналіз показав, що групи пацієнтів із різним рівнем PhA були зіставними за основними демографічними характеристиками. Середній вік пацієнтів у групі PhA ⩽ 4,5° був на 4,6 року вищим порівняно з групою PhA > 4,5°, однак ця різниця не досягала статистичної значущості ($p = 0,11$). Аналогічно, статевий розподіл між групами

не відрізнявся, що свідчить про відсутність статистично значущих відмінностей за віком і статтю між сформованими групами. Водночас пацієнти зі зниженим PhA характеризувалися нижчим антропометричним резервом. Середнє значення ІМТ у групі PhA ⩽ 4,5° було на 2,9 кг/м² меншим, ніж у пацієнтів із PhA > 4,5° (23,5 ± 3,7 проти 26,4 ± 4,0 кг/м²; p < 0,05), що вказує на можливий зв'язок між зниженням клітинного функціонального статусу та змінами соматичного компоненту організму. Найбільш виражені відмінності між групами встановлено за показником функціонального статусу. Частка пацієнтів із ECOG ⩾ 2 у групі з PhA ⩽ 4,5° була на 38,9% вищою, ніж серед пацієнтів із PhA > 4,5° (55,6 проти 16,7%; p < 0,05). Відповідно, у групі зі збереженим PhA переважали пацієнти із функціонально збереженим станом (ECOG 0–1).

Порівняння онкологічних характеристик не виявило статистично значущих відмінностей між групами. Частота IV стадії захворювання відрізнялася лише на 2,8%, а частота метастатичного ураження — на 19,5%, без досягнення рівня статистичної значущості. Статистично значущих відмінностей між групами за частотою IV стадії та метастатичного ураження не виявлено. Це створювало підстави для подальшої оцінки нутритивно-метаболічних характеристик у сформованих групах без виявлених статистично значущих відмінностей за основними показниками поширеності пухлинного процесу.

Отже, пацієнти зі зниженим PhA формували окремий клінічний фенотип, який характеризувався більшою частотою функціональних обмежень та нижчим рівнем антропометричного резерву при порівнянних демографічних і основних онкологічних характеристиках. Отримані результати стали підставою для подальшого аналізу нутритивно-запального профілю пацієнтів залежно від рівня PhA.

Нутритивно-запальний профіль пацієнтів із РЛ залежно від рівня фазового кута. З урахуванням виявлених у попередньому аналізі відмінностей у функціональному та антропометричному статусі було проведено оцінку нутритивно-метаболічних і запальних характеристик пацієнтів залежно від рівня біоелектричного фазового кута. Аналіз включав оцінку рівня сироваткового альбуміну, СРБ, гемоглобіну, частоти анемічного синдрому та втрати маси тіла протягом попередніх 6 міс. Ці параметри розглядали як клінічні маркери білкового резерву, системної запальної відповіді та нутритивного виснаження у пацієнтів із РЛ. Порівняльну характеристику нутритивно-запального профілю пацієнтів із різними рівнями PhA наведено у *табл. 2*.

Таблиця 1

Клінічна характеристика пацієнтів із РЛ залежно від рівня PhA

Показник	PhA ≤4,5° (*n* = 18)	PhA >4,5° (*n* = 12)	*p*
Вік, роки (M ± SD)	67,1 ± 8,3	62,5 ± 8,9	0,11
Чоловіча стать, n (%)	16 (88,9)	11 (91,7)	0,29
ІМТ, кг/м² (M ± SD)	23,5 ± 3,7	26,4 ± 4,0	< 0,05
ECOG 0–1, *n* (%)	8 (44,4)	10 (83,3)	< 0,05
ECOG ≥ 2, *n* (%)	10 (55,6)	2 (16,7)	< 0,05
IV стадія захворювання, *n* (%)	14 (77,8)	9 (75,0)	0,86
Метастатичне ураження, *n* (%)	14 (77,8)	7 (58,3)	0,26

Примітки: *p* — статистична відмінність між групами.

Порівняльний аналіз показав, що пацієнти зі зниженим PhA мали більш несприятливий нутритивно-запальний профіль порівняно з пацієнтами зі збереженим рівнем PhA.

У групі PhA ⩽ 4,5° рівень сироваткового альбуміну був у середньому на 5,2 г/л нижчим, ніж у групі PhA > 4,5° (37,4 ± 5,0 проти 42,6 ± 3,4 г/л; $p < 0,05$). Крім того, випадки зниження альбуміну нижче 35 г/л визначалися у пацієнтів зі зниженим PhA у 27,8%, в той час, як у протилежної групи — у 16,7% ($p < 0,05$), що вказує на взаємозв'язок між порушенням клітинного функціонального статусу та зниженням білкового резерву. Аналіз маркерів системного запалення продемонстрував суттєві відмінності між групами. Пацієнти із PhA ⩽ 4,5° мали приблизно у 3,3 раза вищий рівень СРБ порівняно з групою зі збереженим PhA (медіана 34,8 проти 10,6 мг/л; $p < 0,05$). Частка пацієнтів із підвищеним СРБ (⩾ 10 мг/л) також була вищою у групі низького PhA на 33,3 відсоткові пункти (83,3 проти 50%; $p = 0,05$), що свідчить про більш виражену системну запальну відповідь. Показники еритроцитарного статусу також відрізнялися між

Таблиця 2

Нутритивно-запальний профіль пацієнтів із РЛ залежно від рівня PhA

Показник	PhA ≤4,5° (*n* = 18)	PhA >4,5° (*n* = 12)	*p*
Альбумін, г/л (M ± SD)	37,4 ± 5,0	42,6 ± 3,4	< 0,05
Альбумін < 35 г/л, n (%)	5 (27,8)	2 (16,7)	< 0,05
СРБ, мг/л (Me [IQR])	34,8 [18,5–63,2]	10,6 [4,8–22,5]	< 0,05
СРБ ≥ 10 мг/л, *n* (%)	15 (83,3)	6 (50)	0,05
СРБ ≥ 50 мг/л, *n* (%)	6 (33,3)	1 (8,3)	0,11
Гемоглобін, г/дл (M ± SD)	12,2 ± 1,6	13,4 ± 1,2	< 0,05
Анемія, *n* (%)	9 (50,0)	2 (16,7)	0,06
Втрата маси тіла ≥ 5%, *n* (%)	13 (72,2)	4 (33,3)	< 0,05

Примітки: наявність анемії визначали при будь-якому її ступені (Grade ≥ 1 та вище); *p* — статистична відмінність між групами.

групами. У пацієнтів із PhA ⩽ 4,5° середній рівень гемоглобіну був на 1,2 г/дл нижчим, ніж у пацієнтів із PhA > 4,5° (12,2 ± 1,6 проти 13,4 ± 1,2 г/дл; $p < 0,05$). Відповідно, анемічний синдром частіше визначали у групі зі зниженим PhA, хоча різниця перебувала на межі статистичної значущості. Ознаки нутритивного виснаження також були більш характерними для пацієнтів із низьким PhA. Втрата маси тіла понад 5% протягом попередніх 6 міс. зустрічалася на 38,9 відсоткових пункти частіше у групі PhA ⩽ 4,5° (72,2 проти 33,3%; $p < 0,05$).

Отримані результати демонструють, що знижений PhA у пацієнтів із РЛ асоціюється не лише з функціональними обмеженнями, а й із комплексом несприятливих нутритивно-метаболічних характеристик, включаючи зниження білкового резерву, посилення системного запалення та частішу втрату маси тіла. Це підтверджує можливість використання PhA як інтегрального маркера порушення клітинного та нутритивного статусу у цієї категорії пацієнтів.

Взаємозв'язок фазового кута із функціональним, нутритивним та біоімпедансним статусом пацієнтів із РЛ. Для визначення клінічної значущості PhA було проведено аналіз його взаємозв'язку з функціональним статусом пацієнтів, а також основними антропометричними, лабораторними та біоімпедансними характеристиками. На відміну від попереднього аналізу, де пацієнти були розподілені за пороговим значенням PhA, на цьому етапі PhA розглядали як безперервний кількісний показник, що дозволило оцінити напрямок та силу його асоціацій із клінічними параметрами.

Окремо оцінювали відмінності рівня PhA залежно від функціонального статусу за шкалою ECOG, оскільки зниження фізичної активності та функціонального резерву є одним із ключових проявів погіршення загального стану пацієнтів із поширеними онкологічними захворюваннями. Розподіл значень PhA залежно від функціонального статусу пацієнтів наведено на *рис. 1*.

Аналіз показав, що функціональний статус пацієнтів суттєво асоціювався з рівнем PhA. У пацієнтів із ECOG ⩾ 2 середнє значення PhA було на 0,78° нижчим, ніж у пацієнтів зі збереженим функціональним статусом (3,94 ± 0,36 проти 4,72 ± 0,39°; $p = 0,03$). Це свідчить про тісний зв'язок між зниженням клітинного функціонального резерву та погіршенням здатності пацієнта виконувати повсякденну активність.

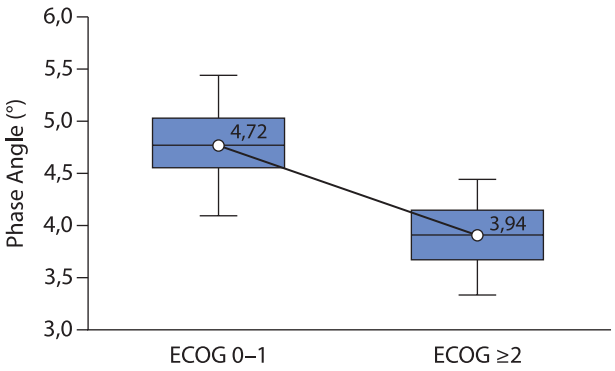


Рис. 1. Рівень PhA залежно від функціонального статусу пацієнтів за ECOG

Для комплексної оцінки взаємозв'язків PhA із клінічними та лабораторними характеристиками проведено кореляційний аналіз. Результати наведено на *рис. 2* (*A–E*).

Серед біоімпедансних характеристик PhA мав очікуваний сильний прямий зв'язок із Reactance ($\rho = 0,82$; $p < 0,001$), що відображає математичну залежність PhA від реактивного компонента імпедансу. Тому цей зв'язок розглядали як характеристику біофізичної структури показника, а не як незалежну клінічну асоціацію. Серед клінічних і нутритивно-лабораторних показників найбільш виражені зв'язки PhA виявлено з рівнем альбуміну ($\rho = 0,51$; $p = 0,002$) та СРБ ($\rho = –0,47$; $p = 0,004$). Також встановлено негативний зв'язок із відсотком втрати маси тіла ($\rho = –0,44$; $p = 0,007$) та позитивні зв'язки з IMT ($\rho = 0,42$; $p = 0,01$) і гемоглобіном ($\rho = 0,38$; $p = 0,02$).

Отримані результати показують, що PhA інтегрально відображає сукупність змін, пов'язаних із функціональним станом, нутритивним резервом, системним запаленням та електричними властивостями тканин.

Таким чином, зниження PhA у пацієнтів із РЛ може розглядатися як комплексний маркер несприятливого клініко-метаболічного профілю, а не лише як ізольований показник біоімпедансного аналізу.

Фактори, асоційовані зі зниженим фазовим кутом у пацієнтів із РЛ. Для оцінки сукупної асоціації клінічних та нутритивно-метаболічних характеристик зі зниженим рівнем PhA було проведено експлораторний логістичний регресійний аналіз. Залежною змінною у моделі визначали наявність зниженого PhA (⩽ 4,5°), тоді як потенційно пов'язані фактори оцінювали функціональний статус пацієнта, поширеність пухлинного процесу, ознаки системного запалення, порушення білкового резерву, антропометричні характеристики та втрату маси тіла. Результати аналізу представлено на *рис. 3*.

Найвищі точкові оцінки OR серед досліджених факторів отримано для функціональних обмежень за ECOG та втрати маси тіла. Пацієнти з ECOG ⩾ 2 мали приблизно у 6,3 раза вищі шанси належати до групи зі зниженим PhA порівняно з пацієнтами зі збереженим функціональним статусом (OR = 6,25; 95% CI 1,05–37,07; $p = 0,044$). Втрата маси тіла ⩾ 5% також асоціювалася з підвищеними шансами низького PhA більш ніж у 5 разів (OR = 5,20; 95% CI 1,07–25,31; $p = 0,041$).

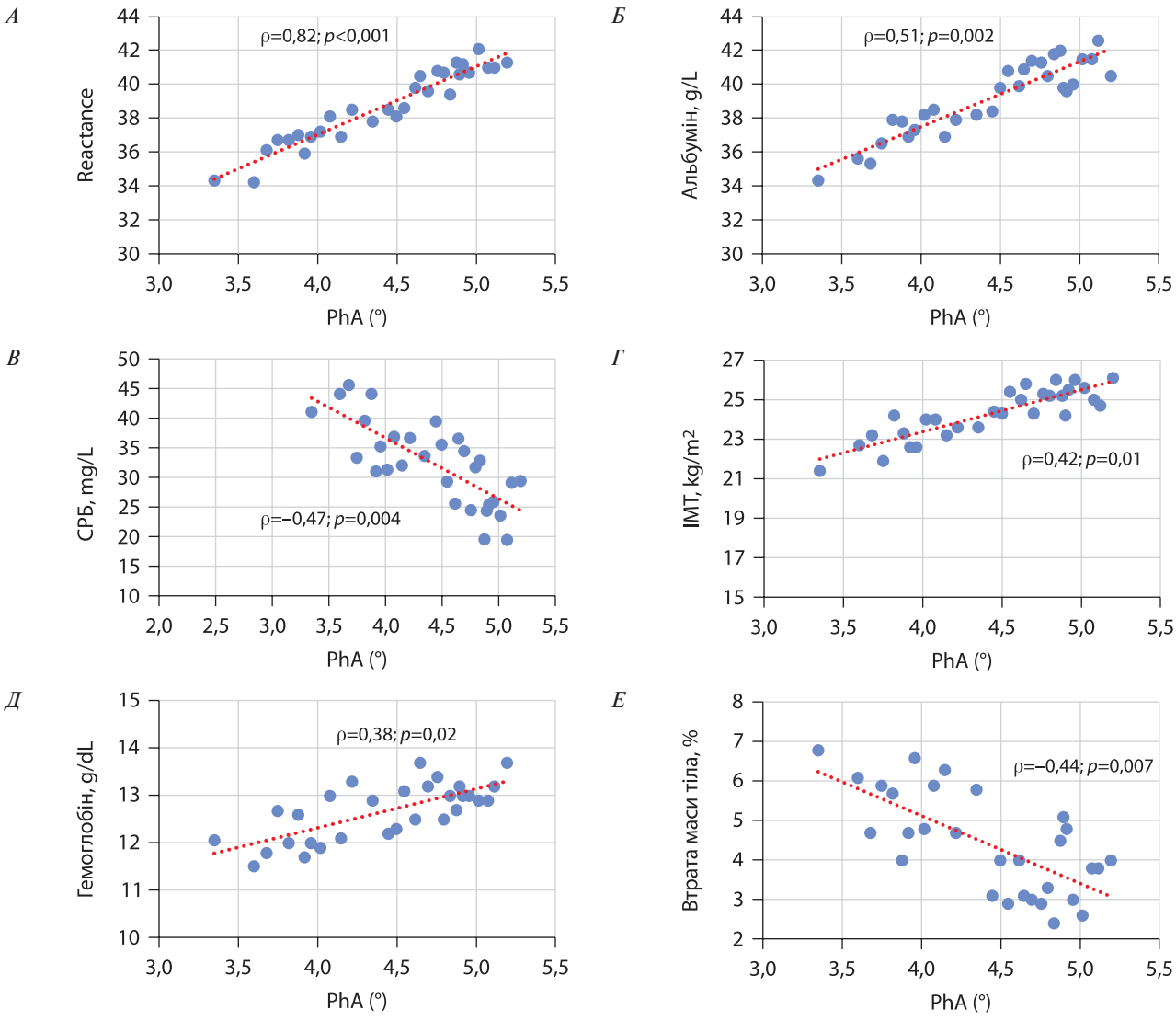


Рис. 2. Зв'язок PhA з біоімпедансними компонентами та клініко-нутритивними показниками

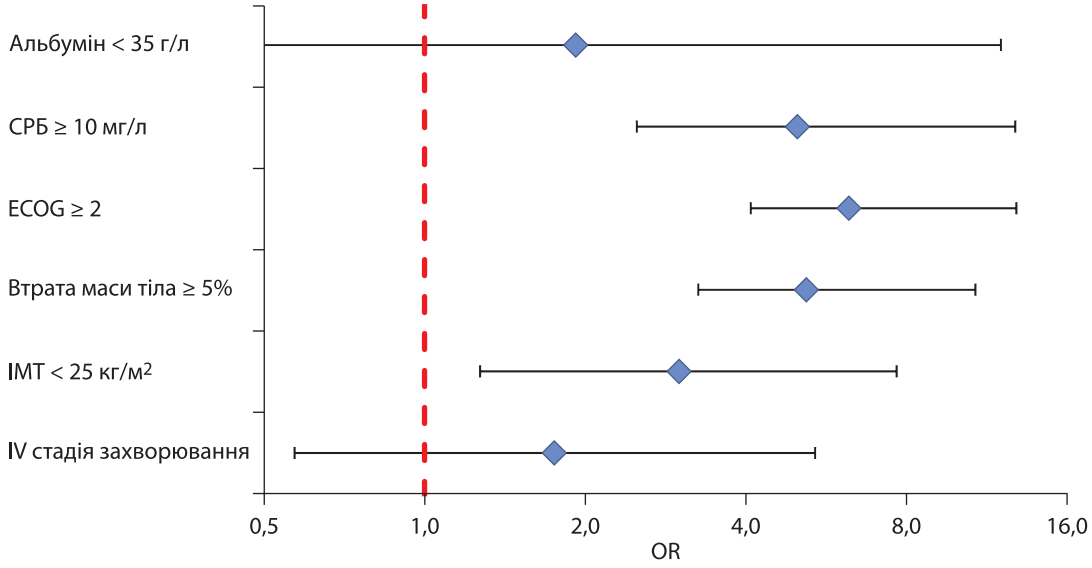


Рис. 3. Фактори, асоційовані зі зниженим PhA (⩽ 4,5°): результати експлораторного логістичного регресійного аналізу

Підвищений рівень СРБ (⩾ 10 мг/л) характеризувався аналогічним напрямом асоціації: шанси зниженого PhA були приблизно у 5 разів вищими (OR = 5,00; 95% CI 0,93–26,79; $p = 0,060$). Водночас широкий довірчий інтервал і значення p дещо вище 0,05 свідчать про необхідність обережної інтерпретації цього результату як тенденції, що потребує підтвердження у більшій вибірці.

Для ІМТ < 25 кг/м² точкова оцінка також вказувала на підвищення шансів низького PhA (OR = = 3,00; 95% CI 0,61–14,86; $p = 0,18$), однак статистично значущої асоціації не встановлено. Низький рівень альбуміну (< 3 г/л) характеризувався підвищеними шансами зниженого PhA, однак асоціація не була статистично значущою (OR = 1,92; 95% CI 0,31–12,05; $p = 0,67$). IV стадія захворювання також не продемонструвала статистично значущої асоціації зі зниженим PhA (OR = 1,75; 95% CI 0,34–8,98; $p = 0,50$).

У цілому результати однофакторного експлораторного логістичного аналізу вказують, що знижений PhA у пацієнтів із РЛ найбільш виразно асоціювався з функціональними обмеженнями та клінічно значущою втратою маси тіла, тоді як для підвищеного СРБ, низького ІМТ, гіпоальбумінемії та IV стадії захворювання оцінки мали той самий несприятливий напрям, але характеризувалися широкими довірчими інтервалами та недостатньою статистичною визначеністю.

Таким чином, у проведеному дослідженні оцінено взаємозв'язок PhA з клінічними, антропометричними, нутритивними та лабораторними характеристиками пацієнтів із РЛ. Пацієнти зі зниженим PhA (⩽ 4,5°) мали менш сприятливий клініко-нутритивний профіль, що включав нижчий ІМТ, гірший функціональний статус за ECOG, нижчі рівні альбуміну та гемоглобіну, вищі значення СРБ і більшу частоту клінічно значущої втрати маси тіла.

Біологічна основа таких асоціацій пов'язана з природою PhA як показника співвідношення реактивної та резистивної складових біоімпедансу. Зниження PhA може відображати порушення цілісності клітинних мембран, зменшення клітинної маси та зміни розподілу внутрішньо- і позаклітинної рідини [21]. Сильний зв'язок PhA з Reactance у поточному дослідженні був очікуваним, оскільки Reactance безпосередньо входить до формули його розрахунку. Тому більш клінічно інформативними є асоціації з альбуміном, СРБ, ІМТ, гемоглобіном, втратою маси тіла та ECOG.

Отримані результати узгоджуються з даними дослідників, які пов'язували низький PhA із системним запаленням, зниженням клітинного резерву та порушенням нутритивного статусу [22]. Водночас поріг PhA 4,5° не слід трактувати як універсальний діагностичний критерій. Показано, що клінічне та прогностичне значення PhA залежить від типу пухлини, характеристик пацієнтів і методики вимірювання [23].

Особливе значення мав зв'язок PhA із функціональним статусом. За даними літератури нижчі значення PhA асоціюються з функціональними обмеженнями в онкологічних пацієнтів [24]. У поточній вибірці ECOG ⩾ 2 також характеризувався нижчими значеннями PhA та однією з найвищих точкових оцінок OR. Важливим компонентом була й втрата маси тіла: втрата понад 5% протягом 6 міс. визначена як один із ключових фенотипових критеріїв кахексії [25]. У проведеному дослідженні така втрата частіше спостерігалася при низькому PhA.

Результати однофакторного логістичного аналізу були варіабельними для різних показників. Найвиразніші асоціації встановлено для ECOG ⩾ 2 та втрати маси тіла ⩾ 5%, тоді як оцінки для СРБ, низького ІМТ, гіпоальбумінемії та IV стадії мали широкі довірчі інтервали. Тому отримані OR мають експлораторний характер.

Загалом отримані дані узгоджуються з принципами, які викладені M. Muscaritoli та співавт. [26] у рекомендаціях щодо комплексної оцінки нутритивного статусу в онкології. PhA може розглядатися як додатковий неінвазивний показник, що доповнює стандартну клінічну та лабораторну оцінку. Основними обмеженнями дослідження є невеликий обсяг вибірки, одноцентровий дизайн, аналіз лише вихідних показників та експлораторний характер однофакторної логістичної регресії, що обмежує можливість багатофакторного коригування та не дозволяє робити висновки щодо причинно-наслідкових зв'язків. Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні багатоцентрових робіт із більшими вибірками, уточненні клінічно релевантних порогів PhA, оцінці його динаміки під час лікування та визначенні можливого прогностичного значення щодо нутритивного погіршення, функціонального стану, токсичності терапії та довгострокових клінічних результатів.

ВИСНОВКИ

1. У пацієнтів із РЛ знижений фазовий кут (⩽ 4,5°) асоціювався з несприятливішим клініко-нутритивним профілем, що проявлявся нижчим індексом маси тіла, більшою частотою втрати маси тіла ⩾ 5%, вищими значеннями СРБ, нижчими рівнями альбуміну та гіршим функціональним статусом за ECOG.

2. Встановлено статистично значущі взаємозв'язки PhA з показниками нутритивного, запального та антропометричного статусу: вищі значення PhA супроводжувалися вищими рівнями альбуміну, гемоглобіну та ІМТ, тоді як нижчі значення були пов'язані з підвищенням СРБ і більшою втратою маси тіла. Сильний зв'язок із Reactance

розглядався як очікувана біофізична залежність, а не як незалежна клінічна асоціація.

3. За результатами однофакторного експлораторного логістичного аналізу найбільш виражені асоціації зі зниженим PhA встановлено для ECOG ⩾ 2 та втрати маси тіла ⩾ 5%. Для підвищеного СРБ, низького ІМТ, гіпоальбумінемії та IV стадії захворювання оцінки мали несприятливий напрям, однак характеризувалися широкими довірчими інтервалами та недостатньою статистичною визначеністю.

4. Отримані результати підтримують потенційну клінічну цінність PhA як додаткового інтегрального маркера нутритивного та функціонального стану пацієнтів із РЛ, що потребує подальшої валідації у більших багатоцентрових вибірках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Bray F, Laversanne M, Sung H, *et al.*** Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024; **74** (3): 229–63. https://doi.org/10.3322/caac.21834
2. **Zhang J, Tang X, Zhang W, *et al.*** Cancer cachexia as a predictor of adverse outcomes in patients with non-small cell lung cancer: A meta-analysis. Clin Nutr 2024; **43** (7): 1618–25. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.05.025
3. **Mohan A, Poulose R, Kulshreshtha I, *et al.*** High prevalence of malnutrition and deranged relationship between energy demands and food intake in advanced non-small cell lung cancer. Eur J Cancer Care 2017; **26** (4): 10.1111/ecc.12503. https://doi.org/10.1111/ecc.12503
4. **Shukuy T, Takahashi K, Shintani Y, *et al.*** Epidemiology, risk factors and impact of cachexia on patient outcome: Results from the Japanese Lung Cancer Registry Study. J Cachexia Sarcopenia Muscle 2023; **14** (3): 1274–85. https://doi.org/10.1002/jcsm.13216
5. **Gioulbasanis I, Georgoulias P, *et al.*** Mini Nutritional Assessment (MNA) and biochemical markers of cachexia in metastatic lung cancer patients: interrelations and associations with prognosis. Lung cancer 2011; **74** (3): 516–20. https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2011.05.009
6. **Sánchez-Lara K, Turcott JG, Juárez E, *et al.*** Association of nutrition parameters including bioelectrical impedance and systemic inflammatory response with quality of life and prognosis in patients with advanced non-small-cell lung cancer: a prospective study. Nutr Cancer 2012; **64** (4): 526–34. https://doi.org/10.1080/01635581.2012.668744
7. **Gupta D, Lammersfeld CA, Vashi PG, *et al.*** Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in stage IIIB and IV non-small cell lung cancer. BMC Cancer 2009; **9**: 37. https://doi.org/10.1186/1471-2407-9-37
8. **Castanho IA, Lopes AJ, Koury JC, *et al.*** Relationship between the phase angle and volume of tumours in patients with lung cancer. Ann Nutr Metab 2013; **62** (1): 68–74. https://doi.org/10.1159/000345588
9. **Shi J, Xie H, Ruan G, *et al.*** Sex differences in the association of phase angle and lung cancer mortality Front Nutr 2022; **9**: 1061996. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1061996
10. **Suzuki Y, Kushimoto Y, Ishizawa H, *et al.*** The phase angle as a predictor of postoperative complications in patients undergoing lung cancer surgery. Surg Today 2023; **53** (3): 332–7. https://doi.org/10.1007/s00595-022-02564-x
11. **Detopoulou P, Tsiouda T, Pilikidou M, *et al.*** Changes in body weight, body composition, phase angle, and resting metabolic rate in male patients with stage IV non-small-cell lung cancer undergoing therapy. Medicina 2022; **58** (12): 1779. https://doi.org/10.3390/medicina58121779
12. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA 2013; **310** (20): 2191–4. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053
13. **Lee SY, Lee YJ, Yang JH, *et al.*** The association between phase angle of bioelectrical impedance analysis and survival time in advanced cancer patients: Preliminary study. Korean J Family Medicine 2014; **35** (5): 251–6. https://doi.org/10.4082/kjfm.2014.35.5.251
14. **Toso S, Piccoli A, Gusella M, *et al.*** Altered tissue electric properties in lung cancer patients as detected by bioelectric impedance vector analysis. Nutr 2000; **16** (2): 120–4. https://doi.org/10.1016/s0899-9007(99)00230-0
15. **Prete M, Ballarin G, Porciello G, *et al.*** Bioelectrical impedance analysis-derived phase angle (PhA) in lung cancer patients: A systematic review. BMC Cancer 2024; **24** (1): 608. https://doi.org/10.1186/s12885-024-12378-4
16. **Azam F, Latif MF, Farooq A, *et al.*** Performance status assessment by using ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group) score for cancer patients by oncology healthcare professionals. Case Rep Oncol 2019; **12** (3): 728–36. https://doi.org/10.1159/000503095
17. **Cederholm T, Jensen GL, Correia MITD, *et al.*** GLIM Core Leadership Committee, GLIM Working Group GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition — A consensus report from the global clinical nutrition community. J Cachexia Sarcopenia Muscle 2019; **10** (1): 207–17. https://doi.org/10.1002/jcsm.12383
18. **Li Y, Chen L, Yang X, *et al.*** Dynamic association of serum albumin changes with inflammation, nutritional status and clinical outcomes: a secondary analysis of a large prospective observational cohort study. Eur J Med Res 2025; **30** (1): 679. https://doi.org/10.1186/s40001-025-02925-5
19. **Jensen GL, Cederholm T, Ballesteros-Pomar MD, *et al.*** Guidance for assessment of the inflammation etiologic criterion for the GLIM diagnosis of malnutrition: A modified Delphi approach. JPEN J Parenter Enteral Nutr 2024; **48** (2): 145–54. https://doi.org/10.1002/jpen.2590
20. **Madeddu C, Gramignano G, Astara G, *et al.*** Pathogenesis and treatment options of cancer related anemia: Perspective for a targeted mechanism-based approach. Front Physiol 2018; **9**: 1294. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01294
21. **Norman K, Stobäus N, Pirlich M, *et al.*** Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis — clinical relevance and applicability of impedance parameters. Clin Nutr 2012; **31** (6): 854–61. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008
22. **Paiva SI, Borges LR, Halpern-Silveira D, *et al.*** Standardized phase angle from bioelectrical impedance analysis as prognostic factor for survival in patients with cancer. Support Care Cancer 2010; **19** (2): 187–92. https://doi.org/10.1007/s00520-009-0798-9
23. **Arab A, Karimi E, Vingrys K, *et al.*** Is phase angle a valuable prognostic tool in cancer patients' survival? A systematic review and meta-analysis of available literature. Clin Nutr 2021; **40** (5): 3182–90. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.01.027
24. **Gutiérrez-Santamaría B, Martinez Aguirre-Betolaza A, García-Álvarez A, *et al.*** Association between phase angle and subjective perceptions of health variables in cancer patients. Healthcare 2023; **11** (13): 1852. https://doi.org/10.3390/healthcare11131852
25. **Fearon K, Strasser F, Anker SD, *et al.*** Definition and classification of cancer cachexia: an international consensus.

Lancet Oncol 2011; **12** (5): 489–95. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(10)70218-7
26. **Muscaritoli M, Arends J, Bachmann P, *et al.*** ESPEN practical guideline: Clinical Nutrition in cancer. Clin Nutr 2021; **40** (5): 2898–913. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.02.005

PHASE ANGLE AS AN INTEGRATIVE MARKER OF CLINICAL AND NUTRITIONAL STATUS IN PATIENTS WITH LUNG CANCER

D.V. Prygara

Uzhhorod University, Municipal Non-Commercial Enterprise "Uzhhorod City Multidisciplinary Clinical Hospital" of Uzhhorod City Council, Uzhhorod, Ukraine

Summary. ***Aim:*** *to determine the relationship between phase angle (PhA) and clinical, anthropometric, nutritional, and laboratory characteristics in patients with lung cancer and to assess factors associated with reduced PhA (⩽ 4.5°).* ***Object and methods:*** *a secondary analysis of baseline data from a prospective single-center observational study was performed in 30 patients with lung cancer before initiation of anticancer treatment. Patients were stratified into PhA ⩽ 4.5° (n = 18) and PhA > 4.5° (n = 12) groups. Body mass index (BMI), ECOG performance status, disease stage, weight loss, serum albumin, C-reactive protein (CRP), hemoglobin, and bioelectrical impedance parameters were assessed. Comparative analyses, Spearman correlation, and exploratory univariable logistic regression were performed.* ***Results:*** *patients with PhA ⩽ 4.5° had a lower BMI than those with PhA > 4.5° (23.5 ± 3.7 vs 26.4 ± 4.0 kg/m²; p < 0.05), whereas ECOG ⩾ 2 was observed in 55.6 versus 16.7%, respectively. The proportions of stage IV disease and metastatic involvement did not differ significantly between the groups. Serum albumin was lower in the reduced-PhA group (37.4 ± 5.0 vs 42.6 ± 3.4 g/L; p < 0.05), while median CRP was higher (34.8 [18.5–63.2] vs 10.6 [4.8–22.5] mg/L; p < 0.05). Hemoglobin levels were 12.2 ± 1.6 versus 13.4 ± 1.2 g/dL (p < 0.05), and weight loss ⩾ 5% occurred in 72.2% versus 33.3% of patients. PhA correlated positively with albumin (ρ = 0.51; p = 0.002), BMI (ρ = 0.42; p = 0.01), and hemoglobin (ρ = 0.38; p = 0.02), and negatively with CRP (ρ = −0.47; p = 0.004) and percentage weight loss (ρ = −0.44; p = 0.007). In univariable logistic regression, the strongest associations with reduced PhA were observed for ECOG ⩾ 2 (OR = 6.25; 95% CI 1.05–37.07; p = 0.044) and weight loss ⩾ 5% (OR = 5.20; 95% CI 1.07–25.31; p = 0.041).* ***Conclusions:*** *reduced PhA was associated with a less favorable functional, anthropometric, and nutritional-inflammatory profile in patients with lung cancer. PhA may serve as an additional non-invasive integrative marker of clinical and nutritional status.*

Keywords: lung cancer, phase angle, bioelectrical impedance analysis, nutritional status, prognosis, ECOG, body composition.

Адреса для листування:
Пригара Д.В.
88000, Ужгород, вул. Університетська, 14
Ужгородський університет
E-mail: dprygara@gmail.com

Одержано: 25.08.2026
Рекомендовано до друку: 28.09.26
Підписано до друку: 02.11.2026