УДК 612-053.67:613.25-073.7
DOI https://doi.org/10.32782/2077-6594/2025.1/16

Петрик К.Ю., Сливка Я І., Савка Ю.М.,
Крічфалушій О.П., Лешко М.М., Клушин В.О.

Біоелектричний фазовий кут у осіб молодого віку із надмірною вагою тіла

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна

Petryk K.Yu., Slyvka Ya.I., Savka Yu.M.,
Krichfalushii O.P., Leshko M.M., Klushyn V.O.

Bioelectrical phase angle in young people with overweight

State University "Uzhhorod National University",
Uzhhorod, Ukraine

kseniya.petryk@uzhnu.edu.ua

Вступ

Біоімпедансометрію (далі – БІМ) широко використовують у клінічній практиці та спортивній медицині як простий у використанні, дешевий неінвазивний метод аналізу складу тіла. Безпосередніми параметрами, які вимірюються цим методом, є електричний опір (імпеданс) і ємнісна реактивність тканин при проходженні через тіло слабкого високочастотного змінного струму. На базі цих параметрів створюють математичні моделі, які допомагають з певними допущеннями прогнозувати вміст води, жирової і кісткової тканини та безжирових мас у тілі обстежуваного. Тому біоімпедансометрія не є прямим методом оцінки складу тіла, а його точність значно залежить від коректності використання відповідних рівнянь регресії. Для створення залежної змінної для регресійних моделей використано такі високоінформативні й достовірні методи оцінки складу тіла, як ізотопне розведення індикаторів та подвійна рентгенівська абсорбціометрія. У такий спосіб розроблено емпіричні рівняння для розрахунку складу тіла та його сегментів [1; 2]. Необхідною умовою застосування цих рівнянь є припущення про однорідний склад тканин тіла, стандартну площу поперечного перерізу та послідовний розподіл щільності струму в тканинах. У здорових суб'єктів, які не мають дисбалансу внутрішньо- та позаклітинної води, аномалій форми тіла та перебувають у межах нормального діапазону індексу маси тіла, БІМ дає достовірну інформацію про склад тіла. Однак для цього математичні моделі повинні враховувати також вікові, статеві та популяційні особливості обстежуваних осіб.

Слід зазначити, що дотримання цих умов неможливе при обстеженні пацієнтів зі значними відхиленням водного балансу, порушеннями електролітного обміну, антропометричними особливостями тощо. Саме тому дедалі більше увагу дослідників привертає використання первинних параметрів імпедансометрії. Вони надають інформацію про стан гідратації, масу клітин тіла та цілісність клітинних мембран безпосередньо й не спираються на розрахункові алгоритми, що вимагають різних припущень. Серед цих параметрів найбільшу прогностичну цінність має фазовий кут (ФК), який розраховується в градусах за формулою: ФК = arctg (Xc/R) X $180^{o}/\pi$, де Xc – ємнісна реактивність, а R – електричний опір. Уважається, що ФК є показником стану організму на клітинному рівні його організації, оскільки він визначається кількістю клітин, станом та цілісністю клітинних мембран, співвідношенням внутрішньоклітинної та позаклітинної рідин [3; 4]. Так, зниження ФК вказує на зменшення ємнісної реактивності та збільшення електричного опору, що вказує на зниження цілісності клітин. І навпаки, високі значення ФК зумовлені високим показником Xc і низьким R, що пов'язано з більшою кількістю інтактних клітинних мембран і свідчить про адекватний стан здоров'я [5]. На відміну від інших показників БІМ, ФК отримують без використання антропометричних параметрів. Це може бути корисним у разі неможливості провести антропометрію в обстежуваних.

Оскільки молоді люди з надмірною масою тіла виходять за межі фізіологічних норм для осіб відповідного віку та статі, то дослідження біоелектричного фазового кута цього контингенту може дати додаткову діагностичну інформацію щодо стану їхнього здоров'я. З огляду на це, здається доцільним використати показник ФК як неспецифічний індикатор стану здоров'я в осіб молодого віку з надмірною вагою тіла.

Мета дослідження – з'ясувати діагностичну цінність ФК в осіб молодого віку з надмірною та нормальною вагою тіла на основі співвідношення з показниками компонентного складу тіла.

Об'єкт і методи дослідження

До дослідження залучено на добровільній основі 185 майже здорових молодих осіб різної статі (із них – 108 жінок та 77 чоловіків) Середній вік учасників дослідження становив 21 ± 1,2 року. Вони були розподілені на 2 групи за індексом маси тіла (далі – ІМТ):

першу групу (основну) становили 56 жінок та 33 чоловіки з ІМТ в межах 25,0–29,99 кг/м^2, що розцінювалося як надмірна маса тіла, а другу (контрольну) – 52 жінки та 44 чоловіки з ІМТ в межах 18,5–24,99 кг/м^2, що розцінювалося як нормальна маса тіла. Порівняння показників між групами здійснювалося з урахуванням статевої належності.

Значення ФК (^{o}) отримували за допомогою 8-електродного багаточастотного біоелектричного імпедансного аналізатора TANITA MC-780 MA (Японія). Цей аналізатор вимірює імпеданс з точністю 0,01 Ω і фазовий кут з точністю 0,01^o. Значення електричного опору, реактивності та фазового кута вимірювалися на робочій частоті 50 кГц, із силою струму 0,8 μA. Вимірювання проводилося в положенні стоячи на платформі із чотирма вбудованими електродами (по два на кожну ногу) і двома парними ручними електродами, які контактували з долонями обстежуваного з опущеними вниз руками. Вимірювання тривало 20–25 секунд.

Одночасно з вимірюванням ФК, у всіх обстежених визначалися показники компонентного складу тіла: маса тіла (М, кг), індекс маси тіла (ІМТ, кг/м^2), відносний вміст загального жиру (BF, %), рейтинг вісцерального жиру (VF, ум.од), відносний вміст скелетних м'язів (SM, %), саркопенічний індекс (SI, кг/м^2), відносний вміст води (TBW, %). Зріст (L, м) вимірювали за допомогою зростоміра GIMA (Італія).

Статистичну обробку результатів вимірювання здійснювали методами варіаційної статистики після перевірки нормальності розподілу аналізованих показників з використанням критерію Стьюдента для оцінки вірогідності відмінностей між ними. Відмінність вважалася статистично значущою за $p<0,05$. Взаємозв'язок між ФК та показниками компонентного складу тіла оцінювався за допомогою коефіцієнта Пірсона за рівня значущості $p<0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення

Як свідчать отримані дані (табл. 1), за показником фазового кута основна та контрольна групи статистично вірогідно відрізнялися як у жінок, так і в чоловіків. При цьому в осіб з надмірною масою тіла ФК був суттєво меншим, ніж у контрольній групі. У жінок ця різниця становила 0,66^o ($p<0,05$), а в чоловіків – 0,74^o ($p<0,05$). Цікаво відмітити, що за показником відсоткового вмісту жиру (BF) жінки основної групи вірогідно відрізнялися від контрольної групи (+7,2 %, $p<0,05$), тоді як у чоловіків не виявлено вірогідних відмінностей за цим параметром, незважаючи на статистично значуще збільшення ІМТ на 6,86 кг/м² ($p<0,001$). Аналогічні співвідношення спостерігалися в групах жінок і чоловіків стосовно відсоткового вмісту скелетних м'язів (SM). У жінок основної групи він був на 4,9 % ($p<0,05$) нижчим, ніж у контрольній групі, а в чоловіків статистично вірогідно не відрізнявся за цим параметром. Що стосується ще одного інформативного показника стану скелетних м'язів – саркопенічного індексу (SI), то він вірогідно був нижчим в основній групі як у жінок, так і в чоловіків, відповідно на 0,98 кг/м^2 ($p<0,01$) та 0,83 кг/м^2 ($p<0,01$). Не відмічено достовірної різниці в гідратації організму за показником TBW, відсотка як у дівчат, так і у хлопців при порівнянні основної та контрольної груп. Водночас визначено статеві відмінності деяких показників як основної, так і контрольної груп. Так, статистично значущі відмінності виявлено за відносними показниками вмісту жиру (BF, $p<0,05$), скелетних м'язів (SM, $p<0,05$ %), загальної води організму (TBW, $p<0,05$). Найбільшу різницю серед показників компонентного складу тіла виявлено за саркопенічним індексом (SI), який у хлопців основної групи був на 1,35 кг/м2 (13,3 %) вищим, ніж у дівчат аналогічної групи, з вірогідністю $p = 0,002$. Загальний показник фазового кута (ФК, ^{o}) у хлопців теж був статистично вірогідно вищим, ніж у дівчат, на 0,37° ($p = 0,04$).

Взаємозв'язок між ФК та показниками компонентного складу тіла вивчався за допомогою кроскореляційного аналізу з розрахунком коефіцієнта кореляції за Пірсоном окремо для всієї вибірки обстежених жінок та чоловіків без урахування належності до основної та контрольної групи. Результати цього аналізу представлено в табл. 2. Як видно з отриманих результатів, сильну позитивну кореляцію знайдено між ФК та SI. Коефіцієнти кореляції в жінок та чоловіків становили відповідно $r=0,53$ ($p=0,002$) та $r=0,61$ ($p=0,001$). Слабка позитивна кореляція знайдена для пари ФК – SM з коефіцієнтами кореляції для жінок та чоловіків $r=0,29$

Таблиця 1

Показники фазового кута та компонентного складу тіла в обстеженого контингенту (M ± SD)

Показники (M±SD)	Жінки (n=108)		Чоловіки (n=77)	
	Основна група (n=56)	Контрольна група (n=52)	Основна група (n=33)	Контрольна група (n=44)
ФК, ^{o}	5,76 ± 0,55*	6,42 ± 0,48	6,13 ± 0,47*	6,87 ± 0,49
ІМТ, кг/м²	27,80 ± 2,39***	22,12 ± 3,38	28,11 ± 2,03***	21,25 ± 2,34
BF, %	33,7 ± 5,8*	26,5 ± 3,2	20,8 ± 5,9	15,4 ± 3,4
VF, ум.од.	5,7 ± 2,5**	3,2 ± 1,8	7,2 ± 3,4*	3,8 ± 1,9
SM, %	39,8 ± 3,8*	44,7 ± 3,1	47,3 ± 4,9	51,2 ± 4,4
SI, кг/м^2	6,43 ± 0,44**	7,41 ± 0,64	7,78 ± 0,41**	8,61 ± 0,58
TBW, %	51 ± 3,6	54 ± 3,4	58,1 ± 4,7	58,9 ± 4,9

* – $p<0,05$; ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$.

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції (r) між показником фазового кута та параметрами компонентного складу тіла обстеженого контингенту

Показники	Жінки (n=108)		Чоловіки (n=77)	
	ФК, °	p	ФК, °	p
IMT, кг/м²	-0,06	0,764	-0,12	0,213
BF, %	-0,34	0,037	-0,28	0,043
VF, ум.од.	0,11	0,274	0,08	0,412
SM, %	0,29	0,031	0,33	0,025
SI, кг/м²	0,53	0,002	0,61	0,001
TBW, %	0,27	0,037	0,39	0,045

p – рівень вірогідності коефіцієнта кореляції

(p=0,031) та r=0,33 (p=0,025) відповідно. Така ж слабка позитивна кореляція відмічена й для пари ФК – TBW з коефіцієнтами кореляції для жінок та чоловіків r=0,27 (p=0,037) та r=0,39 (p=0,045) відповідно. Показник BF продемонстрував слабкий негативний кореляційний зв'язок із ФК як у жінок, так і в чоловіків, з коефіцієнтами кореляції r= –0,34 (p=0,037) та r= –0,28 (p=0,043) відповідно. Не знайдено вірогідної кореляції між ФК та IMT в обох групах обстежених.

За останнє десятиліття проведено низку досліджень, які продемонстрували високу інформативність ФК як маркера функції мембранних клітин, що має прогностичну цінність при багатьох захворюваннях. Відомо, що ФК відображає електричну цілісність клітинних мембран, а запалення, функціональні порушення, дефіцит нутрієнтів можуть викликати порушення електричних властивостей тканин, що безпосередньо впливає на ФК. Тому досліджується його роль як прогностичного маркера несприятливого перебігу та смертності при багатьох захворюваннях, як-от рак, захворювання нирок, серця, бічний аміотрофічний склероз та інші [6–8]. Так, в одній зі статей [9] указано, що вимірювання фазового кута може бути корисним для раннього виявлення ризиків ускладнень у пацієнтів, госпіталізованих із COVID-19, з метою оптимізації їх клінічного ведення. В іншій публікації показано, що у ВІЛ-інфікованих пацієнтів значення ФК менше, ніж 5,38, є єдиним і найважливішим предиктором виживання і має значно вищу прогностичну цінність, ніж кількість клітин CD4 та інші клінічні параметри [10]. Аналогічна тенденція виявлена й щодо злоякісних новоутворень у дослідженні, яке вказує, що збільшення ФК на 18 % збільшує виживання пацієнтів на 29 % [11].

З огляду на це, здається доцільним використати показник ФК як неспецифічний індикатор стану здоров'я в осіб молодого віку з надмірною вагою тіла. Окрім того, взаємозв'язок між ФК та показниками компонентного складу тіла на сьогодні залишається недостатньо з'ясованим. Результати досліджень науковців з цього питання є доволі суперечливими. Так, у систематизованому огляді літератури щодо вивчення цього питання повідомляється, що частина досліджень указує на існування позитивного кореляційного зв'язку між ФК і жировою масою тіла, інші продемонстрували негативний кореляційний зв'язок або ж не виявили його взагалі. Аналогічні дані стосуються й такого показника, як IMT [12–14]. На нашу думку, напрямок і сила зв'язку між ФК і жировою масою тіла, імовірно, залежать від характеристик популяції, як-от стан здоров'я, вік, стать, фізична тренованість. Проблемою на сьогоднішній день є відсутність референсних значень фазового кута для здорових людей різного віку та статі. Наше дослідження певною мірою допомагає вирішити цю проблему, оскільки в ньому отримані фактичні значення ФК для осіб молодого віку різної статі на досить великій вибірці обстежених (185 осіб). Ми виявили неоднорідність складу тіла в обстеженої категорії осіб. Незважаючи на близькі значення IMT, які в таких людей перебувають у межах 25,0–29,99 кг/м², серед них є частина обстежених з відносно високим вмістом скелетних м'язів. Саме в таких осіб реєструються відносно високі значення ФК, що підтверджує знайдений нами сильний позитивний кореляційний зв'язок між ФК та SI. На противагу цьому особи з відносно високим вмістом жиру і низьким вмістом скелетних м'язів можуть розглядатися в зоні ризику стосовно можливого саркопенічного ожиріння. У цьому разі низьке значення ФК може бути підтвердженням цього стану й дає змогу розробити індивідуальну програму корекції надмірної ваги тіла.

Перспективи подальших досліджень

Актуальним є подальше вивчення діагностичної цінності ФК при різних патологічних станах та захворюваннях, а також використання ФК як маркера вмісту скелетних м'язів в організмі з метою раннього виявлення, запобігання розвитку та корекції саркопенії або ж прогнозування розвитку саркопенічного ожиріння в осіб молодого віку.

Висновки

Встановлено, що в обстежених осіб із надмірною масою тіла ФК був суттєво меншим, ніж у контрольній

групі. У жінок ця різниця становила 0,66° (p<0,05), а чоловіків – 0,74° (p<0,05). Найбільша різниця щодо показників складу тіла спостерігалася відносно саркопенічного індексу (SI), який вірогідно був нижчим в основній групі як у жінок, так і в чоловіків відповідно на 0,98 кг/м² (p<0,01) та 0,83 кг/м² (p<0,01).

У дослідженні виявлено сильну позитивну кореляцію між ФК та SI. Коефіцієнти кореляції в жінок та чоловіків становили відповідно r=0,53 (p=0,002) та r=0,61 (p=0,001).

Ми вважаємо можливим практичне використання фазового кута як маркера вмісту скелетних м'язів в організмі з метою раннього виявлення та корекції саркопенії.

Література

1. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. Nutrition. 2001 Mar;17(3):248-253. doi: 10.1016/s0899-9007(00)00553-0.

2. Khalil SF, Mohktar MS, Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. Sensors (Basel). 2014 Jun 19;14(6):10895-928. doi: 10.3390/s140610895.

3. Martins PC, Alves Junior CAS, Silva AM, Silva DAS. Phase angle and body composition: A scoping review. Clin Nutr ESPEN. 2023 Aug; 56:237-250. doi:10.1016/ j.clnesp.2023.05.015.

4. Da Silva BR, Gonzalez MC, Cereda E, Prado CM. Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. Nutrition. 2022, Jan; 93:111493. doi:10.1016/j.nut.2021.111493.

5. M. Aldobali and K. Pal, "Bioelectrical Impedance Analysis for Evaluation of Body Composition: A Review," 2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN), Taiz, Yemen, 2021, pp. 1–10, doi:10.1109/ ICOTEN52080.2021.9493494.

6. Lukaski HC, Kyle UG, Kondrup J. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2017; 20:330–9. doi.org/10.1097/mco.0000000000000387.

7. Fernandes SA, de Mattos AA, Tovo CV, Marroni CA. Nutritional evaluation in cirrhosis: emphasis on the phase angle. World J Hepatol. 2016;8:1205–11. doi:10.4254/wjh.v8.i29.1205

8. Alves FD, Souza GC, Clausell N, Biolo A. Prognostic role of phase angle in hospitalized patients with acute decompensated heart failure. Nutrition. 2016; 35:1530–4. doi:10.1016/j.clnu.2016.04.007

9. Alves EAS, Salazar TC do, Silvino N, Cardoso VO, Santos GA. MAP dos. Association between phase angle and adverse clinical outcomes in hospitalized patients with COVID-19: A systematic review. Nutr Clin Pr. 2022; 1–12. doi: 10.1002/ncp.10901.

10. Garlini, L.M., Alves, F.D., Ceretta, L.B. *et al.* Phase angle and mortality: a systematic review. Eur J Clin Nutr. 2019; 73(4):495–508. doi:10.1038/s41430-018-0159-1

11. Norman K, Wirth R, Neubauer M, Eckardt R, Stobäus N. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. J Am Med. 2015;16:e17–22. doi: 10.1016/j.jamda.2014.10.024.

12. Oliveira Filho JM, Bernardes PS, Serpa GHC, Siqueira GDJ, Noll M, Venâncio PEM, Soares V. Bioelectrical vector analysis in obese adolescents. Rev Paul Pediatr. 2020; 38:e2019017. doi: 10.1590/1984-0462/2020/38/2019017.

13. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. Am J Clin Nutr. 2016 Mar;103(3):712-716. doi: 10.3945/ajcn.115.116772.

14. Martins PC, Alves Junior CAS, Silva AM, Silva DAS. Phase angle and body composition: A scoping review. Clin Nutr ESPEN. 2023 Aug; 56:237–250. doi: 10.1016/j.clnesp.2023.05.015.

Мета: з'ясувати діагностичну цінність фазового кута (ФК) в осіб молодого віку з надмірною та нормальною вагою тіла на основі його співвідношення з показниками компонентного складу тіла.

Матеріали та методи. Використано дані біоімпедансного аналізу, кореляційний аналіз.

Результати. Установлено, що в обстежених осіб із надмірною масою тіла ФК був суттєво меншим, ніж у контрольній групі. У жінок ця різниця становила 0,66° (p<0,05), а в чоловіків – 0,74° (p<0,05). За показником відсоткового вмісту жиру (BF) жінки основної групи вірогідно відрізнялися від контрольної групи (+7,2 %, p<0,05), тоді як у чоловіків не виявлено вірогідних відмінностей за цим параметром. Аналогічні співвідношення спостерігалися в групах жінок і чоловіків стосовно відсоткового вмісту скелетних м'язів (SM). У жінок основної групи він був на 4,9 % (p<0,05) нижчим, ніж у контрольній групі, а в чоловіків статистично вірогідно не відрізнявся за цим параметром. Найбільша різниця щодо показників складу тіла спостерігалася відносно саркопенічного індексу (SI), який вірогідно був нижчим в основній групі як у жінок, так і в чоловіків, відповідно на 0,98 кг/м² (p<0,01) та 0,83 кг/м² (p<0,01). Не відмічено достовірної різниці в гідратації організму за показником загального вмісту води (TBW, %) як у дівчат, так і в хлопців при порівнянні основної та контрольної груп. Що стосується оцінки взаємозв'язку між ФК та показниками складу тіла, то сильну позитивну кореляцію відмічено тільки між ФК та SI. Коефіцієнти кореляції в жінок та чоловіків становили відповідно r=0,53 (p=0,002) та r=0,61 (p=0,001).

Висновки. Визначено сильний позитивний кореляційний зв'язок між ФК і саркопенічним індексом вказує на потенційну інформативність ФК для оцінки стану скелетних м'язів з метою запобігання розвитку саркопенії або її корекції в осіб молодого віку.

Ключові слова: фазовий кут, склад тіла, кореляція, надмірна маса тіла.

Purpose: to determine the diagnostic value of the phase angle (PA) in young people with overweight and normal body weight based on its correlation with body composition indicators.

Materials and methods. Bioimpedance analysis data and correlation analysis were used.

Results. It was found that in the examined individuals with excess body weight, PA was significantly lower than in the control group. In women, this difference was 0.66° (p<0.05), and in men - 0.74° (p<0.05). In terms of body fat index (BF), women in the main group significantly differed from the control group (+7.2 %, p<0.05), while in men no significant differences were found. Similar ratios

were observed in the groups of women and men regarding the percentage of skeletal muscles (SM). In women in the main group it was 4.9 % ($p<0.05$) lower than in the control group, and in men it did not differ statistically. The largest difference in body composition indicators was observed in relation to the sarcopenic index (SI), which was significantly lower in the main group in both women and men, respectively, by 0.98 kg/m^2 ($p<0.01$) and 0.83 kg/m^2 ($p<0.01$). No significant difference was observed in body hydration as measured by total body water (TBW, %) in both girls and boys when comparing the main and control groups. As for the assessment of the relationship between PA and body composition indicators, a strong positive correlation was observed only between PA and SI. The correlation coefficients in women and men were $r=0.53$ ($p=0.002$) and $r=0.61$ ($p=0.001$) respectively.

Conclusions. The strong positive correlation between PA and sarcopenic index indicates the potential informativeness of PA for assessing the state of skeletal muscles in order to prevent the development of sarcopenia or its correction in young people.

Key words: phase angle, body composition, correlation, overweight.

Конфлікт інтересів: відсутній.
Conflict of interest: absent.

Відомості про авторів

Петрик Ксенія Юріївна – доктор філософії, асистент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. kseniya.petryk@uzhnu.edu.ua, ORCID ID 0000-0002-5696-5499.

Сливка Ярослава Іванівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. yaroslava.slyvka@uzhnu.edu.ua, ORCID ID 0000-0002-9364-7254.

Савка Юліанна Михайлівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. yulianna.savka@uzhnu.edu.ua, ORCID ID 0000-0003-0052-8537.

Крічфалушій Оксана Павлівна – доктор філософії, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. oksana.kentesh@uzhnu.edu.ua, ORCID ID 0000-0001-6326-5178.

Лешко Мирослав Михайлович – аспірант кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. myroslav.leshko@uzhnu.edu, ORCID ID 0009-0005-5441-6292.

Клушин Владислав Олексійович – аспірант кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000. vladyslav.klushyn@uzhnu.edu.ua, ORCID ID 0009-0001-8145-8528.

Стаття надійшла до редакції 02.01.2025
Дата першого рішення 06.01.2025
Стаття подана до друку 25.02.2025