

УДК 616.146-089.2-07:615.451.032:611.13/.14](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024133-37>

## Індекс колабування нижньої порожнистої вени як неінвазивний метод оцінки волемічного статусу в пацієнтів під час втручань на хребті

М. М. Івачевський, А. В. Русин, В. В. Івачевська

ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Україна

*Objective.* To prove the possibility of using non-invasive diagnostics of the volemic state of postoperative patients using ultrasound assessment of inferior vena cava collapsibility index. *Methods.* The study included 67 patients who underwent transpedicular fixation of the spine with laminectomy. Volemic status was determined for all participants in two ways: by catheterization of the central vein and determination of central venous pressure, as well as by ultrasound examination of the inferior vena cava and calculation of inferior vena cava collapsibility index. *Results.* According to the results of the invasive assessment of central venous pressure, patients were divided into 3 groups: group I (patients in hypovolemic state,  $n = 31$ ), group II (patients in euvolemic state,  $n = 25$ ) and group III (patients in hypervolemic state,  $n = 11$ ). The average values of central venous pressure indicators in patients of these groups were statistically significantly different from each other ( $p < 0.01$ ). The difference between the mean values of the inferior vena cava collapse index in the respective groups was statistically significant ( $p < 0.01$ ). A reliable inverse correlation of very high strength was found between the indicators of inferior vena cava collapsibility index and central venous pressure ( $p < 0.05$ ). *Conclusions.* Determination of the patient's volemic state is an extremely important tool for the correct selection of the fluid volume management. Ultrasound assessment of volemic status has a number of advantages, such as the non-invasiveness of the method, wide availability, low price and speed of execution. According to the results of our study, the possibility of using inferior vena cava collapsibility index to assess the volemic status of patients has been demonstrated. *Key words.* Volemic status, central venous pressure, collapsing index of the inferior vena cava.

*Мета.* Довести можливість застосування неінвазивної діагностики волемічного стану післяопераційних пацієнтів за допомогою ультразвукового оцінювання індексу колабування нижньої порожнистої вени. *Методи.* У дослідження включено 67 пацієнтів, яким було проведено транспедиккулярну фіксацію хребта з ламінектомією. Усім хворим визначали статус волемії двома способами: шляхом катетеризації центральної вени та вимірюванням центрального венозного тиску, а також за допомогою ультразвукового дослідження нижньої порожнистої вени і розрахунку індексу колабування нижньої порожнистої вени. *Результати.* Після проведення інвазивної оцінки центрального венозного тиску пацієнтів було поділено на 3 групи: I — стан гіповолемії,  $n = 31$ ; II — стан еуволемії,  $n = 25$ ; III — гіперволемії,  $n = 11$ . Середні значення показників центрального венозного тиску у хворих цих груп статистично вірогідно відрізнялось між собою ( $p < 0,01$ ). Статистично вірогідною була відмінність між середніми значеннями індексу колабування нижньої порожнистої вени у відповідних групах ( $p < 0,01$ ). Між показниками індексу колабування нижньої порожнистої вени та центрального венозного тиску виявлено достовірний зворотний, дуже високої сили, кореляційний зв'язок ( $p < 0,05$ ). *Висновки.* Визначення волемічного стану пацієнта є надзвичайно важливим інструментом для правильного вибору об'єму інфузійної терапії. Ультразвукове оцінювання волемії має низку переваг, таких як неінвазивність методу, широка доступність, низька ціна та швидкість виконання. За результатами проведеного нами дослідження продемонстровано можливість застосування індексу колабування нижньої порожнистої вени для оцінювання волемічного статусу пацієнтів.

**Ключові слова.** Волемічний статус, центральний венозний тиск, індекс колабування нижньої порожнистої вени

## Вступ

Коректна оцінка волемічного стану пацієнтів у післяопераційному періоді часто має критичне значення. Адже правильно підібраний об'єм інфузії прямо впливає на системну перфузію і може попередити розвиток поліорганної недостатності й знизити летальність [1].

Визначити об'єм інфузії не завжди просто. Іноді виникають ситуації, коли є невідповідність між внутрішньосудинним об'ємом і артеріальним тиском, чи між внутрішньосудинним і позасудинним об'ємами. Наприклад, виражена вазоконстрикція може підвищити артеріальний тиск у гіповолемічного пацієнта. Або ж хворі із низьким артеріальним тиском, але водночас у них виявлено перевантаження внутрішньосудинного об'єму внаслідок серцевої дисфункції. Тому, через низьку специфічність і чутливість, опиратись лише на показники фізикального обстеження та лабораторні методи дослідження не варто [2].

Європейське опитування анестезіологів і лікарів інтенсивної терапії показало, що понад 90 % спеціалістів використовують показник центрального венозного тиску (ЦВТ) для вибору об'єму інфузії [3].

Інвазивне визначення ЦВТ дає можливість більш достовірно оцінити волемічний стан пацієнта. Центральний венозний тиск відображає його показник у правому передсерді, що, у свою чергу, є визначальним чинником наповнення правого шлуночка. Тому ЦВТ є хорошим індикатором перенавантаження правого шлуночка. Із метою його оцінювання через підключичну або яремну вену, вводиться катетер так, щоб його кінчик знаходився у правому передсерді. У нормі ЦВТ становить 8,0–12,0 см водного стовпа. Його зменшення свідчить про гіповолемію, а збільшення — гіперволемію [4, 5].

Цей інвазивний метод може мати такі ускладнення: аритмія; ушкодження серцевої камери чи центральних судин (як артерій, так і вен); нервових сплетень і стовбурів; пневмоторакс; гемоторакс; гематома; інфекція; тромбоз; оклюзія; емболія легеневої артерії та посттромбофлебітичний синдром унаслідок встановлення катетера; синдром верхньої порожнистої вени [6].

Визначення діаметра та індексу колабування нижньої порожнистої вени за допомогою ультразвукової діагностики дозволяє швидко і, головне, неінвазивно оцінити волемічний статус пацієнта.

Під час дихання негативний внутрішньогрудний тиск посилює повернення венозної крові до

серця і зменшує діаметр нижньої порожнистої вени (НПВ). Наприкінці видиху внутрішньогрудний тиск піднімається до нуля, зменшуючи повернення венозної крові до серця. За цих умов діаметр НПВ набуває свого максимального значення. На основі цих фізіологічних особливостей розраховується індекс колабування НПВ (ІК НПВ) [7]:

$$IK = ((НПВ_{max} - НПВ_{min}) / НПВ_{max}) \times 100 \%$$

*Мета:* довести можливість застосування неінвазивної діагностики волемічного стану післяопераційних пацієнтів за допомогою ультразвукового оцінювання індексу колабування нижньої порожнистої вени.

## Матеріал і методи

У дослідження включено 67 пацієнтів, яким проведено транспедикулярну фіксацію хребта (грудного, поперекового та крижового відділів) із ламінектомією. Усі учасники дослідження були повнолітніми та мали встановлений центральний венозний катетер із метою проведення інфузійно-трансфузійної терапії та визначення волемічного статусу. Серед обстежених пацієнтів частка чоловіків склала 47,8 % (32/167), а жінок — 52,2 % (35/67). Середній вік пацієнтів становив  $(47,08 \pm 9,30)$  років.

Від усіх хворих було отримано інформовану згоду і їх запевнили, що особи респондентів залишатимуться анонімними. Дослідження схвалено комісією з питань біоетики ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (протокол № 1 від 29.09.2022 р.).

Критеріями виключення з дослідження були: вагітність, органічна серцева патологія, аритмія, легенева гіпертензія, подовжена штучна вентиляція легень у післяопераційному періоді, незадовільна візуалізація нижньої порожнистої вени, підвищений внутрішньочеревний тиск, відмова від участі в дослідженні.

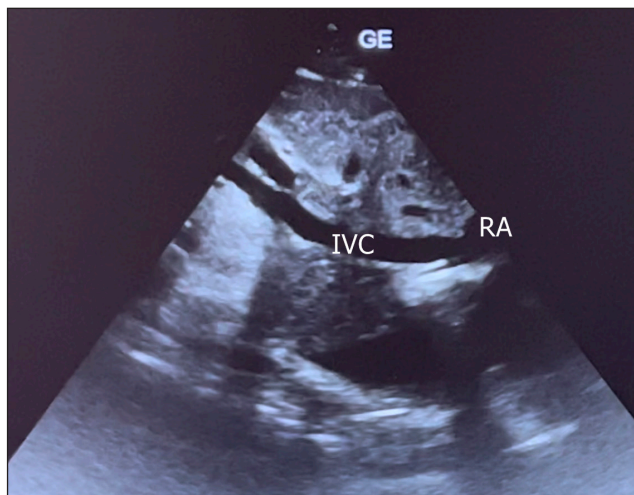
Усім пацієнтам виконано комплексне клінічне обстеження, яке включало збір демографічних і антропометричних даних, об'єктивний огляд і забір венозної крові для лабораторного аналізу, а також рентгенографію органів грудної клітки, електрокардіографічне й ехокардіографічне дослідження. Проведено комбіновану загальну анестезію (інгаляційна/неінгаляційна). Екстубацію виконували на операційному столі після закінчення оперативного втручання. Критеріями катетеризації центральної вени були: необхідність контролювати ЦВТ, потенційна потреба в довготривалій інфузійно-трансфузійній терапії та

забезпечення надійного венозного доступу в разі тонких периферичних вен, необхідність регулярного отримання проб венозної крові. Оцінювання волемічного статусу здійснювалось усім досліджуваним особам у період протягом 6–12 год після операції.

Для визначення рівня ЦВТ проводили катетеризацію внутрішньої яремної вени під контролем ультразвукографії. Вимірювання здійснювали в кінці видиху, у положенні пацієнта лежачи на спині, а датчик тиску був встановлений на нуль посередині грудної клітки: за показника ЦВТ менше 8 см вод. ст. хворого вважали гіповолемічним; між 8–12 см вод. ст. — еуволемічним, а з ЦВТ > 12 см вод. ст. — гіперволемічним.

Одразу після інвазивного визначення рівня ЦВТ виконували оцінювання за допомогою ехокардіографії, щоб забезпечити однаковий волемічний стан пацієнта для обох методів дослідження.

Усі ультразвукові обстеження проводилися одним лікарем протягом усього дослідження за допомогою апарата GE Vivid E9 із трансторакальним ехокардіографічним датчиком. Перед визначенням діаметра НПВ лікаря не інформували про показники гемодинаміки та ЦВТ. Передньозадній діаметр нижньої порожнистої вени вимірювали зі субкостального вікна проксимальніше місця впадіння печінкових вен, використовуючи «заморожені» зображення наприкінці вдиху і видиху, як показано на рис. 1. Вимірювання проводили під час нормального спонтанного вдиху та видиху пацієнтів, намагаючись уникнути маневрів Вальсальви [8–10].



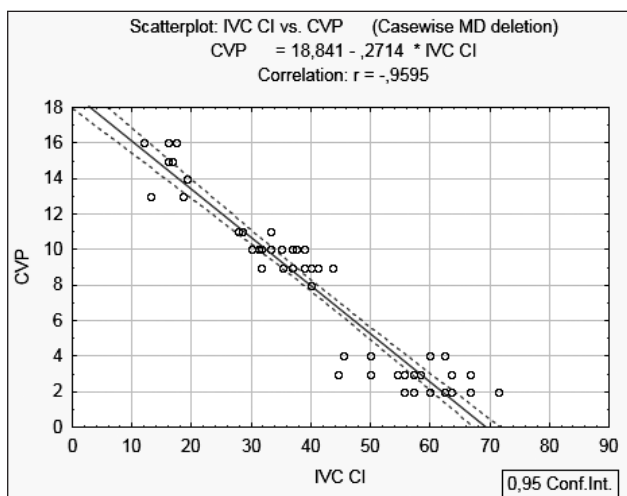
**Рис. 1.** Ультразвукове зображення нижньої порожнистої вени по довгій осі. IVC — нижня порожниста вена, RA — праве передсердя

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали на персональному комп'ютері з використанням пакета програм Office Excel 2010 та Statsoft Statistica 12.0. Розбіжність вважали ймовірною, якщо її значення дорівнювало або перевищувало 95 % ( $p < 0,05$ ). Статистичний аналіз матеріалів виконано методом варіаційної статистики з урахуванням середніх величин (мода, медіана, середнє арифметичне) і середньої похибки ( $M \pm m$ ) з оцінюванням достовірності значень за t-критерієм Стьюдента, а також із визначенням коефіцієнта кореляції за допомогою парного методу Пірсона для виявлення зв'язків між отриманими показниками.

## Результати та їх обговорення

Серед усіх 67 обстежених пацієнтів середнє значення діаметра нижньої порожнистої вени наприкінці видиху складало ( $14,7 \pm 6,2$ ) мм (НПВ max), наприкінці вдиху — ( $9,4 \pm 6,2$ ) мм (НПВ min). Середнє значення ІК НПВ становило ( $42,2 \pm 16,3$ ) %, та показника ЦВТ — ( $7,2 \pm 4,6$ ) см вод. ст.

За результатами проведення інвазивного оцінювання ЦВТ, пацієнтів розподілено на 3 групи: I — стан гіповолемії,  $n = 31$ ; II — еуволемія,  $n = 25$  та III — особи в стані гіперволемії,  $n = 11$ . Середнє значення показника ІК НПВ у хворих I групи статистично вірогідно відрізнялось від середнього значення цього ж показника пацієнтів II та III груп ( $p < 0,01$ ). Також різнились середні значення ІК НПВ у хворих групи II та III ( $p < 0,01$ ) (таблиця). Такі результати статистичного аналізу вказують на те, що між показниками неінвазивного оцінювання стану волемії наявні статистично вірогідні відмінності.



**Рис. 2.** Кореляційно-регресійний зв'язок між показниками індексу колабування нижньої порожнистої вени та центрального венозного тиску

Таблиця

Показники центрального венозного тиску в групах обстежених осіб

Показник	Група обстеження			Індекс достовірності	
	I — гіповолемічна, n = 31	II — еуволемічна, n = 25	III — гіперволемічна, n = 11	t	p
Індекс колабування НПВ, %	57,3 ± 6,6	34,8 ± 4,5	16,4 ± 2,3	tI-II = 14,5 tI-III = 19,9 tI-III = -12,7	pI-II < 0,01* pI-III < 0,01* pII-III < 0,01*
ЦВТ, см вод. ст.	2,9 ± 0,7	9,8 ± 0,8	14,7 ± 1,1	—	—

*Примітки:* n — кількість хворих; tI-II, tI-III, tII-III — критерій Стьюдента при порівнянні відповідних груп; pI-II, pI-III, pII-III — достовірність різниці показників відповідних груп; \* — статистично вірогідна різниця при порівнянні показників між відповідними групами.

Графічне відображення, отримане під час кореляційно-регресійного аналізу взаємозв'язку між показниками ІК НПВ та ЦВТ подано на рис 2. Виявлено достовірний зворотний, дуже високої сили, кореляційний зв'язок ( $p < 0,05$ ), що підтверджує можливість застосування неінвазивного оцінювання волемічного стану в пацієнтів, які не потребують катетеризації центральної вени за іншими показами.

Чинники, які можуть впливати на діаметр НПВ включають наявність легеневої гіпертензії, гемодинамічно значиму трикуспідальну недостатність чи недостатність клапана легеневої артерії, дисфункцію правого шлуночка та будь-який стан із підвищеним внутрішньочеревним тиском, наприклад, особи з патологічним ожирінням або з помірним чи масивним асцитом [4]. Крім наявності наведених обмежень для використання неінвазивного оцінювання стану волемії, досі відсутні чіткі критерії показника індексу колабування НПВ для визначення гіпо-, гіпер- чи еуволемії. Так, у низці публікацій було продемонстровано, що зменшення діаметра НПВ під час дихального циклу на 50 % та більше сильно корелювало з низьким ЦВТ [12, 13]. Разом із тим є підтвердження того, що статичні параметри мають низьку чутливість і специфічність для визначення стану волемії. Мова йде про те, що оцінювати лише максимальний та мінімальний діаметри НПВ без розрахунку індексу колабування НПВ не рекомендовано [14]. Динамічні параметри відображають взаємодію серця та легень і змінюються під час дихання та серцевого циклу. У гіповолемічних пацієнтів динамічні показники є більш чутливими і краще відображають стан волемії порівняно зі статичними параметрами [15–17]. Більшість досліджень підтверджують дані, що індекс колабування НПВ  $> 40$  % вказує на гіповолемію, а  $< 20$  % — на гіперволемію [16, 18, 19]. Показники індексу колабування НПВ за результатами

проведеного нами дослідження збігаються з цими критеріями: середнє значення цього показника в групі пацієнтів у гіповолемічному стані склало ( $57,3 \pm 6,6$ ) %, а в групі хворих із гіперволемічним статусом — ( $16,4 \pm 2,3$ ) %.

## Висновки

Визначення волемічного стану пацієнта є надзвичайно важливим інструментом для правильного вибору об'єму інфузійної терапії. Ультразвукове оцінювання волемії має низку переваг: неінвазивність методу, широка доступність, низька ціна та швидке виконання. За результатами проведеного нами дослідження виявлено кореляційний зв'язок дуже високої сили між інвазивним визначенням ЦВТ і неінвазивним оцінюванням індексу колабування НПВ за допомогою ультразвуку. Тож у пацієнтів, які не потребують катетеризації центральної вени, для визначення волемічного статусу достатньо обмежитись неінвазивним методом за допомогою ультразвуку.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

## Список літератури

- Boyd, J. H., Forbes, J., Nakada, T.-A., Walley, K. R., & Russell, J. A. (2011). Fluid resuscitation in septic shock: A positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality\*. *Critical Care Medicine*, 39(2), 259–265. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e3181feeb15>
- Kaptein, M. J., & Kaptein, E. M. (2017). Focused Real-Time Ultrasonography for Nephrologists. *International Journal of Nephrology*, 2017, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2017/3756857>
- Kastrup, M., Markewitz, A., Spies, C., Carl, M., Erb, J., Große, J., & Schirmer, U. (2007). Current practice of hemodynamic monitoring and vasopressor and inotropic therapy in post-operative cardiac surgery patients in Germany: results from a postal survey. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 51(3), 347–358. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2006.01190.x>
- Stawicki, S. P., Braslow, B. M., Panebianco, N. L., Kirkpatrick, J. N., Gracias, V. H., Hayden, G. E., & Dean, A. J. (2009). Intensivist Use of Hand-Carried Ultrasonography to



- Measure IVC Collapsibility in Estimating Intravascular Volume Status: Correlations with CVP. *Journal of the American College of Surgeons*, 209(1), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2009.02.062>
5. Eisen, L. A., Narasimhan, M., Berger, J. S., Mayo, P. H., Rosen, M. J., & Schneider, R. F. (2006). Mechanical Complications of Central Venous Catheters. *Journal of Intensive Care Medicine*, 21(1), 40–46. <https://doi.org/10.1177/0885066605280884>
  6. Marik, P. E., Baram, M., & Vahid, B. (2008). Does Central Venous Pressure Predict Fluid Responsiveness?\*: A Systematic Review of the Literature and the Tale of Seven Mares. *Chest*, 134(1), 172–178. <https://doi.org/10.1378/chest.07-2331>
  7. Natori, H., Tamaki, S., & Kira, S. (1979). Ultrasonographic evaluation of ventilatory effect on inferior vena caval configuration. *Am Rev Respir Dis.*, 120(2), 421–427.
  8. Lyon, M., Blaivas, M., & Brannam, L. (2005). Sonographic measurement of the inferior vena cava as a marker of blood loss. *The American Journal of Emergency Medicine*, 23(1), 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2004.01.004>
  9. Bortolotti, P., Colling, D., Colas, V., Voisin, B., Dewavrin, F., Poissy, J., Girardie, P., Kyheng, M., Saulnier, F., Favory, R., & Preau, S. (2018). Respiratory changes of the inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with cardiac arrhythmias. *Annals of Intensive Care*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13613-018-0427-1>
  10. Caplan, M., Durand, A., Bortolotti, P., Colling, D., Goutay, J., Duburcq, T., Drumez, E., Rouze, A., Nseir, S., Howsam, M., Onimus, T., Favory, R., & Preau, S. (2020). Measurement site of inferior vena cava diameter affects the accuracy with which fluid responsiveness can be predicted in spontaneously breathing patients: a post hoc analysis of two prospective cohorts. *Annals of Intensive Care*, 10(1), 168. <https://doi.org/10.1186/s13613-020-00786-1>
  11. Cecconi, M., Hofer, C., Teboul, J.-L., Pettila, V., Wilkman, E., Molnar, Z., Della Rocca, G., Aldecoa, C., Artigas, A., Jog, S., Sander, M., Spies, C., Lefrant, J.-Y., & De Backer, D. (2015). Fluid challenges in intensive care: the FENICE study. *Intensive Care Medicine*, 41(9), 1529–1537. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3850-x>
  12. Kircher, B. J., Himelman, R. B., & Schiller, N. B. (1990). Non-invasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *The American Journal of Cardiology*, 66(4), 493–496. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(90\)90711-9](https://doi.org/10.1016/0002-9149(90)90711-9)
  13. Nagdev, A. D., Merchant, R. C., Tirado-Gonzalez, A., Sisson, C. A., & Murphy, M. C. (2010). Emergency Department Bedside Ultrasonographic Measurement of the Caval Index for Noninvasive Determination of Low Central Venous Pressure. *Annals of Emergency Medicine*, 55(3), 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2009.04.021>
  14. Broyles, M. G., Subramanyam, S., Barker, A. B., & Tolwani, A. J. (2021). Fluid responsiveness in the critically ill patient. *Adv Chronic Kidney Dis*, 28, 20–8. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.06.006>
  15. Pourmand, A., Pyle, M., Yamane, D., Sumon, K., & Frasure, S. E. (2019). The utility of point-of-care ultrasound in the assessment of volume status in acute and critically ill patients. *World Journal of Emergency Medicine*, 10(4), 232. <https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2019.04.007>
  16. Kaptein, M. J., & Kaptein, E. M. (2021). Inferior Vena Cava Collapsibility Index: Clinical Validation and Application for Assessment of Relative Intravascular Volume. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 28(3), 218–226. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.02.003>
  17. Broyles, M. G., Subramanyam, S., Barker, A. B., & Tolwani, A. J. (2021). Fluid Responsiveness in the Critically Ill Patient. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 28(1), 20–28. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.06.006>
  18. Long, E., Oakley, E., Duke, T., & Babl, F. E. (2017). Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness. *Shock*, 47(5), 550–559. <https://doi.org/10.1097/shk.0000000000000801>
  19. Lanspa, M. J., Grissom, C. K., Hirshberg, E. L., Jones, J. P., & Brown, S. M. (2013). Applying Dynamic Parameters to Predict Hemodynamic Response to Volume Expansion in Spontaneously Breathing Patients with Septic Shock. *Shock*, 39(2), 155–160. <https://doi.org/10.1097/shk.0b013e318291008e>

Стаття надійшла до редакції 17.01.2024

## INFERIOR VENA CAVA COLLAPSIBILITY INDEX AS A NON-INVASIVE METHOD OF ASSESSING THE VOLEMIC STATUS OF PATIENTS DURING SPINE INTERVENTIONS

M. M. Ivachevskij, A. V. Rusyn, V. V. Ivachevska

SHEI «Uzhhorod National University». Ukraine

✉ Mykhailo Ivachevskij, MD, PhD: [mykhailo.ivachevskij@uzhnu.edu.ua](mailto:mykhailo.ivachevskij@uzhnu.edu.ua)✉ Andriy Rusyn, MD, Prof.: [rusin.andrew@uzhnu.edu.ua](mailto:rusin.andrew@uzhnu.edu.ua)✉ Vitalina Ivachevska, MD, PhD: [vitalina.ivachevska@uzhnu.edu.ua](mailto:vitalina.ivachevska@uzhnu.edu.ua)