

*М.С. КОЗАК, К.В. ОВСЯНИК, В.О. КОТОВ*

## **СТАН ЦЕРЕБРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПРИ БОЙОВИХ АКУБАРОТРАВМАТИЧНИХ УРАЖЕННЯХ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ПРИГЛУХУВАТОСТІ І ПЕРЕБІГОМ ЗАХВОРЮВАННЯ**

*Державна установа "Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка  
Національної академії медичних наук України", м. Київ, Україна*

Питання ураження слухової системи внаслідок мінно-вибухових травм залишаються актуальними для України з 2014 року. За бойової акубаротравми порушення виникають не лише в органах слуху (ауральні зміни), а й в інших системах, стан яких безпосередньо впливає на слуховий аналізатор (екстраауральні порушення). Це насамперед стосується серцево-судинної та центральної нервової систем. Причому саме вираженість екстраауральних змін нерідко визначає прогноз перебігу захворювання та тяжкість стану пацієнтів [2–5].

У попередніх дослідженнях за допомогою об'єктивного методу реоенцефалографії (РЕГ) ми оцінювали стан церебральної гемодинаміки у хворих із повторною бойовою акубаротравмою та виявили низку відхилень від норми [10–11]. Серед особливостей мозкового кровообігу у пацієнтів, які перебували в зоні бойових дій, виявлено виражене зниження пульсового кровонаповнення в усіх стандартних відведеннях (у 83,1% випадків), а також значну частку осіб із пониженим тонусом судин.

У пацієнтів із бойовою акубаротравмою значно частіше спостерігається нестабільність та зниження судинного тону. Ця особливість істотно відрізняє їх від хворих на сенсоневральну приглухуватість (СНП) іншого генезу, зокрема спричинену тривалим впливом виробничого шуму. Отже, у разі акубаротравми доцільно діагностувати

не лише ураження структур слухової системи, а й зміни церебральної гемодинаміки. Це необхідно для своєчасного та цілеспрямованого надання медичної допомоги.

**Мета роботи** – дослідити показники реоенцефалографії у військовослужбовців із бойовою акубаротравмою залежно від ступеня ураження слухового аналізатора та ефективності проведеного лікування.

### **Матеріали та методи**

Обстежено три групи військовослужбовців із бойовою акубаротравмою: до 1-ї групи увійшли 23 пацієнти з легким ступенем порушення слуху та позитивним терапевтичним ефектом; до 2-ї – 22 особи із середнім ступенем порушення слухової функції; до 3-ї – 19 хворих із незначною або відсутньою ефективністю лікування та зафіксованим прогресуванням захворювання (незалежно від ступеня зниження слуху) (табл. 1). Контрольну групу (К,  $n = 30$ ) склали особи, які страждали на хронічну сенсоневральну приглухуватість (СНП) іншого генезу, без анамнестичних даних щодо перенесення мінно-вибухової травми чи акубаротравми в минулому. За віковим і гендерним розподілом контрольна група була зіставною з основними досліджуваними групами пацієнтів ( $p > 0,05$ ). Обстеження осіб контрольної групи проводили за аналогічною методикою білатеральної реоенцефалографії (РЕГ).

Таблиця 1

Розподіл обстежених військовослужбовців за групами (n = 64)

| Група | Кількість хворих (n) | Клінічна характеристика пацієнтів                                       |
|-------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1-ша  | 23                   | Легкий ступінь порушення слуху, висока ефективність лікування           |
| 2-га  | 22                   | Середній ступінь порушення слухової функції                             |
| 3-тя  | 19                   | Незначний ефект лікування або його відсутність, прогресування патології |

Реоенцефалографія (РЕГ) – це об'єктивна, неінвазивна й доступна методика діагностики характеру та локалізації судинних порушень. Вона дає змогу оцінити об'єм пульсового кровонаповнення в окремих судинних басейнах, стан (еластичність) судинної стінки, відносну швидкість кровотоку, а також співвідношення артеріального й венозного русел.

Для дослідження мозкового кровообігу застосовували реоенцефалографію у фронтально-мастоїдальному та окципітально-мастоїдальному відведеннях, що відображають стан кровотоку відповідно в каротидному та вертебро-базиллярному басейнах. Обстеження проводили за допомогою комп'ютерного реографа компанії «ДХ-Системи» (Україна). Фонові реоенцефалограми реєстрували в положенні пацієнта сидячи.

Під час кількісного аналізу оцінювали такі показники:  $\alpha$  – час від початку реографічної хвилі до її верхівки (с); дикротичний індекс (ДКІ) – відношення амплітуди на рівні інцизури до максимальної амплітуди (%); діастолічний індекс (ДСІ) – відношення амплітуди на рівні верхівки дикротичного зубця до максимальної амплітуди (%); реографічний індекс (РІ) – відношення амплітуди реографічної хвилі до величини стандартного калібрувального сигналу (відн. од.).

Статистичний аналіз отриманих результатів виконували методами математичної статистики з використанням програмного забезпечення R (версії 4.3.1). Перевірку відповідності розподілу кількісних показників закону нормального розподілу здійснювали за допомогою критерію Шапіро–Вілка. Оскільки розподіл даних відповідав нормальному, статистичну значущість розбіжностей між порівнюваними величинами

оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента.

### Результати дослідження

Під час якісного аналізу реоенцефалографічних (РЕГ) кривих брали до уваги вираженість і кількість додаткових зубців, їхнє розташування стосовно вершини, чіткість інцизури або її відсутність, наявність венозної хвилі в пресистолі, форму катакрити, а також наявність ознак ангіоспазму.

Під час кількісного аналізу оцінювали показники  $\alpha$ , ДКІ, ДСІ та РІ. Візуальний аналіз РЕГ-кривих у контрольній групі засвідчив, що верхівка хвилі мала гостру форму. На низхідній (катакритичній) частині кривої реєстрували переважно одну додаткову хвилю та інцизуру, яка розташовувалася на межі верхньої та середньої третин катакрити.

Під час якісної оцінки реограм обстежених пацієнтів виявлено порушення мозкового кровотоку як у каротидному (FM), так і у вертебро-базиллярному (OM) басейнах (табл. 2).

Нормальні показники церебральної гемодинаміки за даними РЕГ не зафіксовано в жодного пацієнта з бойовою акубаротравмою. У каротидному басейні зниження тону судин реєстрували в 21,49% осіб 1-ї групи, 22,96% – 2-ї та 20,94% – 3-ї групи. Нестійкість судинного тону зі схильністю до підвищення у 1-й групі виявлено у 36,14% обстежених, у 2-й – у 42,74%, у 3-й – у 49,25%; тоді як зі схильністю до зниження: у 1-й групі – у 21,46%, у 2-й – у 13,54%, у 3-й – у 19,65%. Утруднення венозного відтоку в цьому ж басейні визначали у 42,94% хворих 1-ї групи, 75,63% – 2-ї та 84,69% – 3-ї групи. Зниження пульсового кровонаповнення в каротидній системі зафіксовано у 42,17% випадках у 1-й групі, у 62,02% – у 2-й та у 79,92% – у 3-й групі.

Таблиця 2

**Якісні показники РЕГ у вертебро-базиллярному басейні  
в обстежених військовослужбовців, %**

| Групи пацієнтів               | Підвищення тону судин церебральних | Утруднення венозного відтоку | Зниження тону судин церебральних | Нестійкий судинний тонус зі схильністю до підвищення | Нестійкий судинний тонус зі схильністю до зниження | Зниження пульсового кровонаповнення |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>1-ша група</b><br>(n = 23) | 25,70                              | 59,57                        | 35,15                            | 39,15                                                | 27,16                                              | 68,72                               |
| <b>2-га група</b><br>(n = 22) | 34,51                              | 91,02                        | 27,68                            | 48,65                                                | 25,06                                              | 92,18                               |
| <b>3-тя група</b><br>(n = 19) | 43,24                              | 95,61                        | 19,34                            | 51,96                                                | 22,67                                              | 100,00                              |

Аналіз показників у вертебро-базиллярному басейні засвідчив суттєві розбіжності між групами залежно від тяжкості перебігу захворювання. Зниження тону судин церебральних судин найчастіше реєстрували у пацієнтів 1-ї групи (35,15%), тоді як у 2-й та 3-й групах цей показник поступово зменшувався (до 27,68% та 19,34% відповідно). Нестійкість судинного тону зі схильністю до його підвищення або зниження була характерною для всіх обстежених, причому з погіршенням стану пацієнтів (від 1-ї до 3-ї групи) спостерігалася чітке зростання частоти ангіоспазматичних тенденцій – з 39,15% до 51,96%.

Особливу увагу привертає стан венозної гемодинаміки та пульсового кровонаповнення. Утруднення венозного відтоку, яке у 1-й групі фіксували у 59,57% осіб, у 2-й та 3-й групах набувало загрозливого характеру, сягаючи 91,02% та 95,61% відповідно. Аналогічна негативна динаміка простежувалася і щодо дефіциту пульсового кровонаповнення: якщо в 1-й групі його зниження відмічали у 68,72% військовослужбовців, то в 2-й групі цей показник зростав до 92,18%, а у 3-й групі досягав абсолютного максимуму – 100,0%.

Наявність виражених змін церебральної гемодинаміки підтверджено під час аналізу кількісних показників РЕГ. Оскільки у пацієнтів реєстрували ознаки як підвищеного, так і зниженого тону судин, кожену групу військовослужбовців було розподілено на дві підгрупи: осіб із підвищеним (підгрупа А) та зниженим (підгрупа Б) тоном судин церебральних судин.

Зважаючи на те, що показники РЕГ аналізували з обох боків (білатерально), у таблицях результатів значення *n* дорівнює подвоєній кількості обстежених осіб.

Аналіз кількісних показників РЕГ у каротидному та вертебро-базиллярному басейнах в обстежених осіб порівняно з контрольною групою (К) засвідчив низку особливостей (табл. 3, 4). Як зазначалося, у пацієнтів виявлено зміни тону судин церебральних судин, утруднення венозного відтоку, а також дефіцит пульсового кровонаповнення як у каротидному, так і у вертебро-базиллярному басейнах, що відображено в кількісних параметрах РЕГ. Про це свідчила динаміка показника  $\alpha$ , а також дикротичного (ДКІ), діастолічного (ДСІ) та реографічного (РІ) індексів РЕГ-кривої в обох басейнах мозкового кровообігу.

У пацієнтів підгрупи 1А 1-ї групи (з підвищеним тоном судин) найбільш виражені статистично значущі відмінності порівняно з контрольною групою реєстрували за показником РІ в обох басейнах мозкового кровообігу. У каротидному басейні в цій підгрупі  $\alpha$  дорівнював  $0,114 \pm 0,003$  с ( $t = 2,89$ ;  $p < 0,05$ ), ДКІ –  $52,79 \pm 1,25\%$  ( $t = 0,49$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $54,03 \pm 1,36\%$  ( $t = 1,69$ ;  $p > 0,05$ ), а РІ –  $0,83 \pm 0,04$  відн. од. ( $t = 6,63$ ;  $p < 0,01$ ) при нормі  $0,102 \pm 0,002$  с,  $41,4 \pm 1,5\%$ ,  $49,3 \pm 1,8\%$  та  $1,21 \pm 0,03$  відн. од., відповідно.

У вертебро-базиллярному басейні зміни середньостатистичних показників були вираженішими, ніж у каротидному. Так, у підгрупі 1А ДКІ становив  $55,12 \pm 1,25\%$  ( $t = 1,13$ ;  $p > 0,05$ ) при нормі  $41,2 \pm 1,6\%$ ; ДСІ

дорівнював  $56,24 \pm 1,32\%$  ( $t = 2,34$ ;  $p < 0,05$ )  
при нормі  $51,2 \pm 1,8\%$ ; PI склав  $0,68 \pm 0,05$

відн. од. ( $t = 6,34$ ;  $p < 0,01$ ) при нормі  $1,19 \pm 0,03$  відн. од.

Таблиця 3

Кількісні показники реоенцефалографії в каротидному басейні у пацієнтів обстежених груп та осіб контрольної групи, ( $M \pm m$ )

| Групи пацієнтів | $\alpha$ , с             | $\beta$ , с              | ДКІ, %               | ДСІ, %                | PI, відн. од.         |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1А (n = 20)     | $0,114 \pm 0,003^{**}$   | $0,586 \pm 0,004^{**}$   | $52,79 \pm 1,25$     | $54,03 \pm 1,36$      | $0,83 \pm 0,04^{**}$  |
| 1Б (n = 26)     | $0,094 \pm 0,002^{*}$    | $0,562 \pm 0,004^{**}$   | $45,05 \pm 0,46^{*}$ | $46,32 \pm 0,43^{**}$ | $0,85 \pm 0,03^{**}$  |
| 2А (n = 18)     | $0,100 \pm 0,002$        | $0,580 \pm 0,004^{**}$   | $51,10 \pm 0,54$     | $52,31 \pm 0,51^{*}$  | $0,76 \pm 0,07^{**}$  |
| 2Б (n = 24)     | $0,0926 \pm 0,0008^{**}$ | $0,566 \pm 0,004^{**}$   | $44,30 \pm 0,55^{*}$ | $45,87 \pm 0,50^{**}$ | $0,870 \pm 0,03^{**}$ |
| 3А (n = 15)     | $0,103 \pm 0,001$        | $0,572 \pm 0,006^{**}$   | $54,94 \pm 0,92$     | $56,04 \pm 0,91$      | $0,75 \pm 0,08^{**}$  |
| 3Б (n = 23)     | $0,091 \pm 0,001^{**}$   | $0,5630 \pm 0,0050^{**}$ | $45,35 \pm 0,74^{*}$ | $46,37 \pm 0,73^{**}$ | $0,76 \pm 0,05^{**}$  |
| К (n = 30)      | $0,102 \pm 0,002$        | $0,46 \pm 0,02$          | $41,4 \pm 1,5$       | $49,3 \pm 1,8$        | $1,21 \pm 0,03$       |
| 1А–2А (t / p)   | $3,18$ ; $p < 0,01$      | $0,80$ ; $p > 0,05$      | $1,23$ ; $p > 0,05$  | $1,17$ ; $p > 0,05$   | $0,80$ ; $p > 0,05$   |
| 1Б–2Б (t / p)   | $0,64$ ; $p > 0,05$      | $0,65$ ; $p > 0,05$      | $0,20$ ; $p > 0,05$  | $0,67$ ; $p > 0,05$   | $0,34$ ; $p > 0,05$   |
| 1А–3А (t / p)   | $2,53$ ; $p < 0,05$      | $1,82$ ; $p > 0,05$      | $1,37$ ; $p > 0,05$  | $1,22$ ; $p > 0,05$   | $0,84$ ; $p > 0,05$   |
| 1Б–3Б (t / p)   | $0,86$ ; $p > 0,05$      | $0,10$ ; $p > 0,05$      | $0,34$ ; $p > 0,05$  | $0,06$ ; $p > 0,05$   | $1,40$ ; $p > 0,05$   |
| 2А–3А (t / p)   | $1,23$ ; $p > 0,05$      | $0,79$ ; $p > 0,05$      | $3,56$ ; $p < 0,01$  | $3,54$ ; $p < 0,01$   | $0,06$ ; $p > 0,05$   |
| 2Б–3Б (t / p)   | $0,48$ ; $p > 0,05$      | $0,42$ ; $p > 0,05$      | $0,48$ ; $p > 0,05$  | $0,56$ ; $p > 0,05$   | $1,68$ ; $p > 0,05$   |
| 1А–1Б (t / p)   | $4,48$ ; $p < 0,01$      | $3,88$ ; $p < 0,01$      | $5,74$ ; $p < 0,01$  | $5,36$ ; $p < 0,01$   | $0,31$ ; $p > 0,05$   |
| 2А–2Б (t / p)   | $0,07$ ; $p > 0,05$      | $0,02$ ; $p > 0,05$      | $0,12$ ; $p > 0,05$  | $0,10$ ; $p > 0,05$   | $0,08$ ; $p > 0,05$   |
| 3А–3Б (t / p)   | $1,01$ ; $p > 0,05$      | $2,60$ ; $p < 0,05$      | $1,02$ ; $p > 0,05$  | $1,37$ ; $p > 0,05$   | $2,85$ ; $p < 0,05$   |

Примітка. \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$  порівняно з показниками контрольної групи.

Таблиця 4

Кількісні показники реоенцефалографії у вертебро-базиллярному басейні у пацієнтів обстежених груп та осіб контрольної групи, ( $M \pm m$ )

| Групи пацієнтів | $\alpha$ , с            | $\beta$ , с             | ДКІ, %               | ДСІ, %               | PI, відн. од.        |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1А (n = 20)     | $0,115 \pm 0,030$       | $0,5860 \pm 0,0004^{*}$ | $55,12 \pm 1,25$     | $56,24 \pm 1,32^{*}$ | $0,68 \pm 0,05^{**}$ |
| 1Б (n = 26)     | $0,090 \pm 0,020$       | $0,5620 \pm 0,0040$     | $48,61 \pm 0,47$     | $49,86 \pm 0,48^{*}$ | $0,70 \pm 0,04^{**}$ |
| 2А (n = 18)     | $0,110 \pm 0,002$       | $0,5760 \pm 0,0080$     | $55,32 \pm 0,40$     | $56,50 \pm 0,32$     | $0,68 \pm 0,08^{**}$ |
| 2Б (n = 24)     | $0,0928 \pm 0,0008^{*}$ | $0,5660 \pm 0,0040$     | $47,94 \pm 0,59$     | $49,34 \pm 0,58^{*}$ | $0,73 \pm 0,04^{**}$ |
| 3А (n = 15)     | $0,105 \pm 0,001$       | $0,5750 \pm 0,0050$     | $59,06 \pm 0,86^{*}$ | $60,39 \pm 0,85$     | $0,61 \pm 0,05^{**}$ |
| 3Б (n = 23)     | $0,092 \pm 0,001^{*}$   | $0,5630 \pm 0,0050$     | $48,93 \pm 0,91$     | $49,88 \pm 0,91^{*}$ | $0,63 \pm 0,05^{**}$ |
| К (n = 30)      | $0,105 \pm 0,005$       | $0,4800 \pm 0,0400$     | $41,20 \pm 1,60$     | $51,20 \pm 1,80$     | $1,19 \pm 0,03$      |
| 1А–2А (t / p)   | $3,18$ ; $p < 0,01$     | $1,07$ ; $p > 0,05$     | $0,14$ ; $p > 0,05$  | $0,18$ ; $p > 0,05$  | $0,01$ ; $p > 0,05$  |
| 1Б–2Б (t / p)   | $0,64$ ; $p > 0,05$     | $0,65$ ; $p > 0,05$     | $0,87$ ; $p > 0,05$  | $0,68$ ; $p > 0,05$  | $0,52$ ; $p > 0,05$  |
| 1А–3А (t / p)   | $2,23$ ; $p < 0,05$     | $1,72$ ; $p > 0,05$     | $2,59$ ; $p < 0,05$  | $2,63$ ; $p < 0,05$  | $0,84$ ; $p > 0,05$  |
| 1Б–3Б (t / p)   | $0,53$ ; $p > 0,05$     | $0,10$ ; $p > 0,05$     | $0,31$ ; $p > 0,05$  | $0,01$ ; $p > 0,05$  | $0,95$ ; $p > 0,05$  |
| 2А–3А (t / p)   | $1,63$ ; $p > 0,05$     | $0,17$ ; $p > 0,05$     | $3,93$ ; $p < 0,01$  | $4,25$ ; $p < 0,01$  | $0,64$ ; $p > 0,05$  |
| 2Б–3Б (t / p)   | $0,03$ ; $p > 0,05$     | $0,42$ ; $p > 0,05$     | $0,90$ ; $p > 0,05$  | $0,49$ ; $p > 0,05$  | $1,45$ ; $p > 0,05$  |
| 1А–1Б (t / p)   | $4,48$ ; $p < 0,01$     | $3,88$ ; $p < 0,01$     | $4,85$ ; $p < 0,01$  | $4,53$ ; $p < 0,01$  | $0,29$ ; $p > 0,05$  |
| 2А–2Б (t / p)   | $0,06$ ; $p > 0,05$     | $0,02$ ; $p > 0,05$     | $0,14$ ; $p > 0,05$  | $0,11$ ; $p > 0,05$  | $0,04$ ; $p > 0,05$  |
| 3А–3Б (t / p)   | $1,49$ ; $p > 0,05$     | $3,27$ ; $p < 0,01$     | $1,45$ ; $p > 0,05$  | $1,33$ ; $p > 0,05$  | $6,35$ ; $p < 0,01$  |

Примітка. \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$  порівняно з показниками контрольної групи.

У пацієнтів зі зниженим тонусом (підгрупа 1Б) статистично значущі відмінності порівняно з контрольною групою реєстрували за показниками  $\alpha$ , ДКІ, ДСІ та РІ в обох басейнах. У каротидному басейні в цій підгрупі  $\alpha$  дорівнював  $0,094 \pm 0,002$  с ( $t = 2,48$ ;  $p < 0,05$ ), ДКІ –  $45,05 \pm 0,46\%$  ( $t = 2,49$ ;  $p < 0,05$ ), ДСІ –  $46,32 \pm 0,43\%$  ( $t = 4,57$ ;  $p < 0,01$ ), а РІ –  $0,85 \pm 0,03$  відн. од. ( $t = 7,77$ ;  $p < 0,01$ ). У вертебро-базиллярному басейні в підгрупі 1Б ДКІ становив  $48,61 \pm 0,47\%$  ( $t = 1,13$ ;  $p < 0,05$ ), ДСІ –  $49,86 \pm 0,48\%$  ( $t = 2,34$ ;  $p < 0,05$ ), а РІ склав  $0,70 \pm 0,04$  відн. од. ( $t = 6,31$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 3, 4).

У пацієнтів 2-ї групи підгрупи 2А статистично значущі відмінності порівняно з контрольною групою реєстрували за показниками ДСІ та РІ в обох басейнах. У каротидному басейні цієї підгрупи ДКІ дорівнював  $51,10 \pm 0,54\%$  ( $t = 0,11$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $52,31 \pm 0,51\%$  ( $t = 2,45$ ;  $p < 0,05$ ), а РІ –  $0,76 \pm 0,07$  відн. од. ( $t = 5,41$ ;  $p < 0,01$ ). У вертебро-базиллярному басейні в підгрупі 2А ДКІ становив  $55,32 \pm 0,40\%$  ( $t = 1,41$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $56,50 \pm 0,32\%$  ( $t = 0,97$ ;  $p > 0,05$ ), а РІ –  $0,68 \pm 0,08$  відн. од. ( $t = 4,96$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 3, 4).

У підгрупі 2Б у каротидному басейні порівняно з контролем показники РЕГ становили:  $\alpha$  –  $0,0926 \pm 0,0008$  с ( $t = 4,31$ ;  $p < 0,01$ ), ДКІ –  $44,30 \pm 0,55\%$  ( $t = 2,53$ ;  $p < 0,05$ ), ДСІ –  $45,87 \pm 0,50\%$  ( $t = 4,71$ ;  $p < 0,01$ ), а РІ –  $0,870 \pm 0,030$  відн. од. ( $t = 7,56$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 3). У вертебро-базиллярному басейні цієї ж підгрупи ДКІ становив  $47,94 \pm 0,59\%$  ( $t = 1,36$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $49,34 \pm 0,58\%$  ( $t = 2,45$ ;  $p < 0,05$ ), а РІ склав  $0,73 \pm 0,04$  відн. од. ( $t = 6,15$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 4).

У пацієнтів 3-ї групи підгрупи 3А статистично значущі відмінності від контрольної групи фіксували за показниками ДКІ та РІ в обох судинних басейнах. У каротидному басейні в підгрупі 3А ДКІ дорівнював  $54,94 \pm 0,92\%$  ( $t = 1,32$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $56,04 \pm 0,91\%$  ( $t = 1,10$ ;  $p < 0,05$ ), а РІ –  $0,75 \pm 0,08$  відн. од. ( $t = 5,22$ ;  $p < 0,01$ ). У вертебро-базиллярному басейні цієї підгрупи ДКІ становив  $59,06 \pm 0,86\%$  ( $t = 2,72$ ;  $p < 0,05$ ), ДСІ –  $60,39 \pm 0,85\%$  ( $t = 0,16$ ;  $p > 0,05$ ), а РІ –  $0,61 \pm 0,05$  відн. од. ( $t = 6,85$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 3, 4).

У підгрупі 3Б у каротидному басейні показники РЕГ відповідали значенням:  $\alpha$  –  $0,091 \pm 0,001$  с ( $t = 4,31$ ;  $p < 0,01$ ), ДКІ –  $45,35 \pm 0,74\%$  ( $t = 2,53$ ;  $p < 0,05$ ), ДСІ –  $46,37 \pm 0,73\%$  ( $t = 4,71$ ;  $p < 0,01$ ), а РІ –  $0,76 \pm 0,05$  відн. од. ( $t = 7,56$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 3). У вертебро-базиллярному басейні в цій підгрупі ДКІ становив  $48,93 \pm 0,91\%$  ( $t = 0,96$ ;  $p > 0,05$ ), ДСІ –  $49,88 \pm 0,91\%$  ( $t = 2,31$ ;  $p < 0,05$ ), а РІ склав  $0,63 \pm 0,05$  відн. од. ( $t = 6,70$ ;  $p < 0,01$ ) (див. табл. 4).

Значення реографічного індексу (РІ) в усіх підгрупах свідчать про зниження пульсового кровонаповнення церебральних судин у військовослужбовців з акубаротравмою. Цей дефіцит є найбільш вираженим у вертебробазиллярному басейні.

### **Обговорення отриманих результатів**

Отже, у пацієнтів з акубаротравмою виявлено виражені порушення церебральної гемодинаміки, особливо у вертебро-базиллярному басейні. Найбільш суттєві зміни зафіксовано в осіб із тяжкими та глибокими ураженнями слухової функції (3-тя група).

Порівняльний аналіз кількісних показників РЕГ між групами засвідчив, що у більшості випадків спостерігається статистично значуще погіршення стану мозкового кровотоку в міру зростання ступеня втрати слуху та тяжкості перебігу захворювання. Насамперед це стосується показників ДКІ та ДСІ у підгрупах Б, а також РІ в усіх підгрупах. Вираженіша така тенденція простежується саме у вертебро-базиллярному басейні.

Під час зіставлення кількісних параметрів РЕГ у межах кожної групи між підгрупами А і Б виявлено закономірну статистично значущу різницю за показниками, що відображають тонус церебральних судин ( $\alpha$ , ДКІ). Водночас за значеннями РІ такої розбіжності не виявлено.

У пацієнтів із сенсоневральними порушеннями слуху внаслідок бойової акубаротравми фіксували суттєві відхилення від норми з боку церебрального кровообігу. Ці зміни ставали вираженішими за умови глибшого ураження слухового аналізатора та у разі прогресуючого перебігу сенсоневраль-

ної приглухуватості (СНП). Найчіткіше така залежність простежується за динамікою ДКІ, ДСІ та РІ.

Варто зауважити, що значення РІ в усіх підгрупах свідчать про зниження пульсового кровонаповнення судин головного мозку в обстежених військовослужбовців. Цей дефіцит простежувався в усіх досліджуваних групах і підгрупах пацієнтів незалежно від спрямованості судинного тону (його зниження чи підвищення). Проте в осіб із тяжким ступенем приглухуватості, недостатньою ефективністю лікування та прогресуючим перебігом патології показники РІ були критично зниженими.

Таким чином, у військовослужбовців із бойовою акубаротравмою реєструють чіткі порушення церебральної гемодинаміки, переважно у вертебро-базиллярному басейні, вираженість яких безпосередньо корелює із тяжкістю слухової дисфункції та схильністю СНП до прогресування.

### **Висновки**

1. За даними реоенцефалографії у військовослужбовців із бойовою акубаротравмою домінують утруднення венозного відтоку, дефіцит пульсового кровонаповнення, а також нестійкість тону церебральних

судин із тенденцією до його зниження (атонічний тип кривої). У динаміці лікування фіксується покращення показників церебральної гемодинаміки. Проте у пацієнтів із прогресуючою сенсоневральною приглухуватістю (СНП) та низькою ефективністю терапії суттєво частіше виявляють підвищення судинного тону, поглиблення венозного стазу та критичне зниження пульсового кровонаповнення.

2. У пацієнтів із порушеннями слуху внаслідок бойової акубаротравми простежується статистично значуще погіршення стану церебральної гемодинаміки, що корелює зі зростанням ступеня втрати слуху та тяжкості перебігу захворювання. Насамперед це відображають показники ДКІ та ДСІ у підгрупах Б, а також РІ в усіх обстежених підгрупах. Найбільш виражена негативна динаміка гемодинамічних параметрів характерна для вертебро-базиллярного басейну.

3. У військовослужбовців із тяжким ступенем СНП, резистентністю до лікування та прогресуючим перебігом патології показники РІ є різко зниженими. Це дає змогу розглядати реографічний індекс як прогностично значущий маркер і додатковий об'єктивний критерій під час проведення військово-медичної експертизи.

### **References**

1. Zarutskyi YaL, Bilyi VYa, editors. [Military field surgery: a practical and educational manual for military doctors and physicians of the healthcare system of Ukraine]. Kyiv: Feniks; 2018. 544 p. [Ukrainian]. Available from: [https://uvma.mil.gov.ua/science/monographs/files/monograph\\_tera\\_2024.pdf](https://uvma.mil.gov.ua/science/monographs/files/monograph_tera_2024.pdf)
2. Halushka AM, Podolian YuV, Shvets AV, Horshkov OO. [Features of combat trauma accompanied by acubarotrauma in servicemen-participants of combat operations]. *Viiskova medytsyna Ukrainy*. 2019;3(19):56-65. [Ukrainian]. Available from: [ujmm.org.ua](http://ujmm.org.ua)
3. Halushka AM, Podolian YuV, Shvets AV, Ivantsova HV, Rychka OV. [Retrospective analysis of the prevalence of symptoms characteristic of acubarotrauma in wounded and sick servicemen-participants of ATO (OOS)]. *Viiskova medytsyna Ukrainy*. 2019;(2):17-24. [Ukrainian].
4. Horshkov DD, Baranov II, Dominichenko YaL. [Features of clinical diagnosis of post-traumatic stress disorder with psychotic symptoms]. *Ukr Med Chasopys*. 2024;(4):59-66. [Ukrainian]. doi: 10.32471/umj.1680-3051.164.254487.
5. Zabolotnyi DI, Shydlovska TA, Petruk LH, Bezega MI, Verovka SV, Burlaka YuB, Vorshylova NM, Verevka SV. [Features of the hemostatic system at combat-caused acoustic injuries]. *Otorinolaringologiya*. 2022;5(3-4):2-12. [Ukrainian]. doi: 10.37219/2528-8253-2022-3-02
6. Kas YuV, Korshniak VO, Polishchuk VT. [Features of acute closed craniocerebral trauma caused by a blast wave in participants of combat operations in the east of Ukraine]. *Visnyk Naukovykh Doslidzhen*. 2015;(2):41-44. [Ukrainian].
7. Ministry of Health of Ukraine. [Protocols for providing medical care to patients with: acubarotrauma; mild traumatic brain injury; concussion].

Appendix to the Order of the Ministry of Health No. 245 dated 2006 Apr 25. [Ukrainian]. [https://moz.gov.ua/storage/uploads/604459a8-be75-4773-98bf-bc7d6c2f98b8/dn\\_253\\_13022025\\_dod\\_10.PDF](https://moz.gov.ua/storage/uploads/604459a8-be75-4773-98bf-bc7d6c2f98b8/dn_253_13022025_dod_10.PDF)

8. Seliuk OV, Yakovleva NV, Uvarova OS, Vovchenko NV, Bublil YuS, Diachuk TM, et al. [Modern methods of treatment of patients with traumatic brain injury. Clinical experience of Ukrainian doctors – application of the Brainy pathogenetic scheme]. Ukr Med Chasopys. 2023;2(154)III/IV:77-83. [Ukrainian].
9. Tarasenko MV, Naumenko OM, Deieva YuV. [Damage to the middle and inner ear in mine-blast trauma – today's realities]. In: Proceedings of the IV Ukrainian-Polish Congress "Innovative Tech-

nologies in Otolaryngology"; 2022 Jun 10; Kyiv. p. 22. [Ukrainian].

10. Shydlovska TA, Petruk LH. Acoustic trauma in the combat zone. Medical care for sensorineural hearing impairments: diagnosis, treatment, staging, prevention. Kyiv: Logos; 2020. 80 p.
11. Shydlovska TA, Shevtsova TV, Hvozdetzkyi VA, Navalkivska NA. [Subjective audiometric measures in individuals with repeated acoustic trauma in the combat zone]. Otolaryngolohiia. 2024;7(4-6):19-26. [Ukrainian]. doi: 10.37219/2528-8253-2024-4-6-3
12. Traumatic Brain Injury in a Military Operational Setting. NATO, Science and Technology Organization; 2020. Report No.: AC/323(HFM-193)TP/580.

Надійшла до редакції 12.07.2026

© М.С. Козак, К.В. Овсяник, В.О. Котов, 2026

## СТАН ЦЕРЕБРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПРИ БОЙОВИХ АКУБАРОТРАВМАТИЧНИХ УРАЖЕННЯХ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ПРИГЛУХУВАТОСТІ І ПЕРЕБІГОМ ЗАХВОРЮВАННЯ

*Козак МС, Овсяник КВ, Котов ВО*

*Державна установа «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка  
Національної академії медичних наук України»*

*Email: lorprof6@ukr.net*

*А н о т а ц і я*

**Актуальність.** Оцінка стану церебральної гемодинаміки у військовослужбовців із бойовою акубаротравмою є критично важливою для прогнозування перебігу захворювання та розробки цілеспрямованої терапії екстрауральних порушень.

**Мета роботи** – дослідити показники реоенцефалографії (РЕГ) у військовослужбовців із бойовою акубаротравмою залежно від ступеня ураження слухового аналізатора та ефективності проведеного лікування.

**Матеріали та методи.** Обстежено 64 військовослужбовці з акубаротравмою, розподілені на три групи: 1-ша група – 23 пацієнти з легким ступенем порушення слуху та позитивним ефектом терапії; 2-га – 22 особи із середнім ступенем порушення слухової функції; 3-тя – 19 хворих із прогресуючим перебігом патології та низькою ефективністю лікування. Стан мозкового кровотоку оцінювали методом білатеральної РЕГ у каротидному та вертебро-базиллярному басейнах за показниками  $\alpha$ , ДКІ, ДСІ та РІ.

**Результати.** У пацієнтів з акубаротравмою виявлено виражені гемодинамічні порушення, що домінували у вертебро-базиллярному басейні. Зафіксовано статистично значуще погіршення показників ( $p < 0,05$ ) у міру зростання ступеня втрати слуху. У пацієнтів 3-ї групи реєстрували виражену нестійкість судинного тону, глибокі порушення венозного відтоку (до 95,61%) та критичний дефіцит пульсового кровонаповнення (до 100,0%). Значення реографічного індексу (РІ) були різко знижені в усіх групах незалежно від спрямованості судинного тону, досягаючи мінімуму в осіб із резистентним та прогресуючим перебігом сенсоневральної приглухуватості (СНП).

**Висновки.** Бойова акубаротравма супроводжується системними змінами церебрального кровотоку, вираженість яких безпосередньо корелює із тяжкістю слухової дисфункції. РІ є надійним об'єктивним маркером для прогнозування перебігу СНП та оцінки стану пацієнтів під час військово-медичної експертизи.

**Ключові слова:** бойова акубаротравма, сенсоневральна приглухуватість, церебральна гемодинаміка, реоенцефалографія, вертебро-базиллярний басейн, реографічний індекс.

# CEREBRAL HEMODYNAMICS IN SERVICEMEN WITH COMBAT ACUBAROTRAUMA: INFLUENCE OF THE DEGREE OF HEARING LOSS AND DISEASE COURSE

*Kozak MS, Ovsianyk KV, Kotov VO*

*State Institution "O.S. Kolomiychenko Institute of Otolaryngology  
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine"*

*Email: lorprof6@ukr.net*

## *A b s t r a c t*

**Background.** Evaluating cerebral hemodynamics in servicemen with combat acubarotrauma is crucial for predicting the disease course and developing targeted treatment strategies for extra-aural disorders.

**Objective.** To investigate rheoencephalography (REG) parameters in servicemen with combat acubarotrauma depending on the degree of auditory analyzer impairment and the efficacy of the treatment provided.

**Materials and Methods.** Sixty-four servicemen with acubarotrauma were examined and divided into three groups: Group 1 – 23 patients with mild hearing loss and positive therapeutic effect; Group 2 – 22 individuals with moderate auditory dysfunction; Group 3 – 19 patients with a progressive disease course and low treatment efficacy. Cerebral blood flow was assessed using bilateral REG in the carotid and vertebrobasilar basins based on  $\alpha$ , DCI, DSI, and RI parameters.

**Results.** Prominent hemodynamic disturbances dominating in the vertebrobasilar basin were revealed in patients with acubarotrauma. A statistically significant deterioration of parameters ( $p < 0.05$ ) was observed as the degree of hearing loss increased. Group 3 patients demonstrated marked vascular tone instability, profound venous outflow impairment (up to 95.61%), and a critical deficit in pulsatile blood filling (up to 100.0%). The rheographic index (RI) values were sharply reduced across all groups, regardless of the vascular tone direction, reaching a minimum in individuals with resistant and progressive sensorineural hearing loss (SNHL).

**Conclusions.** Combat acubarotrauma is accompanied by systemic changes in cerebral blood flow, the severity of which directly correlates with the severity of auditory dysfunction. The RI serves as a reliable objective marker for predicting the SNHL course and evaluating patients during military medical examination.

**Keywords:** combat acubarotrauma, sensorineural hearing loss, cerebral hemodynamics, rheoencephalography, vertebrobasilar basin, rheographic index.