

УДК 616.831-001-036.17:616.832.9-008.8

Загрійчук І.В.

Ефективність одночасного моніторингу внутрішньочерепного тиску та перфузійного тиску мозку у потерпілих за тяжкої черепно-мозкової травми

Тернопільська університетська лікарня

Одночасний моніторинг внутрішньочерепного тиску (ВЧТ) та перфузійного тиску мозку (ПТМ) має надзвичайно важливе значення, оскільки дозволяє оцінити постачання кисню мозку. Гіпоксія мозку справляє значний вплив на результати лікування потерпілих за черепно-мозкової травми (ЧМТ).

Вплив гіпоксії на перебіг та результати лікування потерпілих з ЧМТ відображений в публікаціях Traumatic Coma Data Bank (TCDB) [1, 2]. За даними цієї установи, гіпоксія мозку виникає у 22,4% пацієнтів за тяжкої ЧМТ, вона значно погіршує її перебіг та наслідки. У дослідженні, присвяченому евакуації потерпілих з ЧМТ з місця пригоди за допомогою гелікоптера, у 55% з них виявлено гіпоксію перед інтубацією [2], у 46% — не відзначали гіпотензії. У пацієнтів без ознак гіпоксії смертність становила 14,3%, частота тяжкої інвалідності — 4,8%. За наявності документованої гіпоксії (сатурація O_2 менше 60%) смертність дорівнювала 50%, в усіх хворих, які вижили, виникли тяжкі неврологічні розлади.

Гіпотензія. Догоспітальна і госпітальна гіпотензія справляє негативний вплив на наслідки тяжкої ЧМТ. За даними TCDB, гіпотензія (зниження систолічного артеріального тиску (АТ) менше 90 мм рт. ст. за його нормальних показників до травми) поряд з віком, тяжкістю стану, інтракраніальною патологією та станом зіниць є найбільш важливою ознакою результату лікування хворих з ЧМТ [1, 2]. Навіть за єдиного епізоду гіпотензії збільшується частота ускладнень, подвоюється смертність у порівнянні з такою у пацієнтів без гіпотензії [1]. Ці дані підтверджує аналіз ретроспективних результатів, оприлюднених раніше [3, 4].

М. J. Vassar та співавтори [5] провели серію досліджень, спрямованих на розробку оптимальної ресусцитації у потерпілих за тяжкої ЧМТ. Автори встановили, що корекція гіпотензії забезпечувала поліпшення результатів лікування хворих. В рандомізованому подвійному сліпому багатоцентровому дослідженні підтверджено значення адекватної ресусцитації у пацієнтів за тяжкої ЧМТ.

У значної частини потерпілих з ЧМТ гіпотензія виникає на догоспітальному або госпітальному етапі лікування. За наявності гіпотензії та гіпоксії збільшується частота ускладнень, погіршується неврологічний статус хворих, підвищується смертність за тяжкої ЧМТ. Сьогодні немає уточнених оптимальних значень АТ для потерпілих за тяжкої ЧМТ, що забезпечують неускладнений перебіг травматичної хвороби. Слід уникати гіпотензії, визначеної як одноразове зниження систолічного АТ менше 90 мм рт. ст., при її виникненні вжити необхідних заходів для усунення. Аналогічна ситуація притаманна гіпоксії, яку визначають як зниження PaO_2 менше 60 мм рт. ст., або зниження сатурації крові менше 90%. Клінічний досвід підтверджує, що корекція гіпотензії і гіпоксії забезпечує зниження смертності, зменшення частоти

ускладнень, поліпшення неврологічного статусу потерпілих за тяжкої ЧМТ [5].

Гіперосмолярна терапія. Для зниження підвищеного ВЧТ у потерпілих з ЧМТ широко застосовують манітол і гіпертонічний розчин натрію хлориду (ГРНХ).

Манітол. В останні роки манітол замінив інші осмотичні діуретики, які застосовували при підвищенні ВЧТ [6–9]. Його широко використовують для контролю підвищеного ВЧТ у потерпілих з ЧМТ. Розглядаючи механізми дії препарату, відзначають два види його впливу на мозок.

1. Ефект може бути негайним внаслідок збільшення об'єму циркулюючої крові (ОЦК), зменшення гематокриту, підвищення деформованості еритроцитів, поліпшення реологічних властивостей крові, збільшення мозкового кровотоку (МК) та доставки кисню до мозку [6, 10]. Реологічні властивості манітолу зумовлюють швидкість зниження ВЧТ після його введення (кілька хвилин). Його вплив на ВЧТ найбільш значний у пацієнтів за низького ПТМ (менше 70 мм рт. ст.) [9].

2. Осмотичний ефект манітолу уповільнюється через 15–30 хв, поки встановлюється градієнт концентрації препарату в плазмі і клітинах [6]. Ефект зберігається від 90 хв до 6 год залежно від клінічного стану пацієнта [7, 9]. Проте, використовуючи манітол, слід пам'ятати, що артеріальна гіпотензія, сепсис, нефротоксичні препарати або захворювання нирок створюють умови для формування ниркової недостатності [7, 8, 10].

Корисний вплив манітолу на ВЧТ, ПТМ, МК і метаболізм мозку широко використовують в клінічній практиці [10], він зумовлений двома причинами: єдине внутрішньовенне введення манітолу може забезпечити короточасний ефект, що дозволить провести комп'ютерну томографію (КТ) та/або евакуацію внутрішньочерепної гематоми. Манітол можна використовувати для проведення тривалої терапії за підвищеного ВЧТ, проте, рекомендацій для регулярного повторного введення манітолу протягом кількох днів недостатньо.

Гіпертонічний розчин натрію хлориду. При використанні загальноприйнятих методів зниження ВЧТ (манітол, барбітурати) високий ризик виникнення гіпотензії, зменшення МК та ПТМ. Ідеальне терапевтичне втручання має забезпечувати зниження ВЧТ і підтримання ПТМ на достатньому рівні.

Використання ГРНХ має початок від ресусцитації малого об'єму. ГРНХ при застосуванні у потерпілих з політравмою та геморагічним шоком виявився високо ефективним щодо стабілізації показників гемодинаміки і зниження смертності. Отримані позитивні результати стимулювали проведення досліджень з вивчення ефективності ГРНХ у потерпілих з ЧМТ [5, 11], субарахноїдальним крововиливом, інсультом та іншою патологією [11].

Механізм дії. Принципово вплив ГРНХ на ВЧТ, ймовірно, зумовлений осмотичною мобілізацією води через гематоенцефалічний бар'єр, що сприяє зменшенню кількості води у тканині мозку. При цьому в основному втрачається вода з неураженої тканини мозку. Вплив на мікроциркуляцію також відіграє важливу роль: ГРНХ зневоднює ендотеліальні клітини й еритроцити, підвищує їх деформованість, покращує кровоток, зменшує адгезивність лейкоцитів, збільшує об'єм циркулюючої плазми [12].

Потенційні побічні реакції. Феномен «рикошету», який спостерігають після введення манітолу, відзначали після введення 3% ГРНХ у пацієнтів при набряку мозку нетравматичного генезу і не виявляли у потерпілих з ЧМТ навіть після багаторазового введення [12]. При інфузії ГРНХ можливе виникнення центральної демієлінізації у хворих при гіпонатріємії. У пацієнтів за нормонатріємії демієлінізація не описана. Введення значного об'єму ГРНХ може спричинити гіпернатріємію, а у пацієнтів при гіповолемії — і ниркову недостатність. У пацієнтів з захворюваннями серця і легенів можливе їх загострення з появою недостатності цих органів [11].

Постійна інфузія. S.R. Shackford та співавтори [9, 10] провели дослідження у 34 потерпілих з ЧМТ, стан яких за шкалою ком Глазго (ШКГ) становив 13 балів і менше. Пацієнтам першої групи вводили 1,6% розчин натрію хлориду для забезпечення стабільності гемодинаміки (при зниженні систолічного АТ менше 90 мм рт. ст.) у до- і госпітальному періоді протягом 5 діб. Нормоволемію підтримували шляхом введення ізотонічного розчину натрію хлориду. Пацієнтам другої групи для забезпечення стабільності гемодинаміки вводили розчин Рінгера лактату та 0,45% розчин натрію хлориду. У пацієнтів першої групи початково ВЧТ був вище, стан за ШКГ гірше, концентрація натрію і осмолярність — вище, ніж у другій групі. Незважаючи на ці відмінності, під час лікування різниці ВЧТ в групах не було, не різнилися також строки виписування і стан перед цим.

Більше досліджень з ефективності постійної інфузії ГРНХ проведено у дітей. Ефективні дози становили 0,1–1 мл на 1 кг за 1 год. Отримані хороші результати, сьогодні 3% розчин натрію хлориду рекомендують для лікування підвищеного ВЧТ у дітей.

Введення ГРНХ у вигляді болусу для лікування підвищеного ВЧТ. Досліджена ефективність болусного введення ГРНХ в концентрації 7,2–10% потерпілим з ЧМТ за підвищеного ВЧТ [5, 11, 12]. ВЧТ знижувався в усіх пацієнтів, в тому числі рефрактерних до манітолу [11, 12]. Повторне введення ГРНХ також забезпечувало зниження ВЧТ, феномен «рикошету» не спостерігали [11, 12]. При порівнянні ефективності болусу ГРНХ з болусом манітолу щодо ВЧТ вона виявилася аналогічною, навіть дещо переважала ГРНХ [11]. Ці дослідження свідчать, що болусне введення ГРНХ може бути ефективним для доповнення або заміни манітолу в лікуванні внутрішньочерепної гіпертензії. Манітол дуже ефективний для зниження ВЧТ у хворих за тяжкої ЧМТ. Проведені в останні роки дослідження свідчать про ефективність ГРНХ у потерпілих з ЧМТ за наявності внутрішньочерепної гіпертензії.

Моніторинг ВЧТ. Необхідність проведення моніторингу ВЧТ пов'язана з загрозою виникнення інфекційних ускладнень, насамперед, вентрикуліту. Частота виявлення вентрикуліту, за даними літератури, становить від 1 до 27% [14] і значною мірою залежить від методу реєстрації інфекції. Мікробне забруднення під час вентрикулостомії найбільш просте для діагностики, його визначають за даними мікробіологічного дослідження спинномозкової рідини (СМР) з частотою 8%. Частота мікробного забруднення датчиків безпосередньо після їх видалення становила 14%. Виділені чинники, що суттєво впливають на частоту інфікування: тривалість моніторингу, профілактичне призначення антибіотиків, наявність іншої системної інфекції, присутність внутрішньоплуночкового або субарахноїдального крововиливу, відкриті переломи черепа, включаючи переломи основи черепа з підтіканням СМР, промивання вентрикулостомного катетера [14–19].

S.G. Mayhall та співавтори [16] у 172 пацієнтів, яким були накладені 213 вентрикулостом, встановили, що при катетеризації шлуночка тривалістю до 5 діб ризик виникнення вентрикуліту низький, при продовженні катетеризації частота виникнення інфекційних ускладнень збільшується, проте, при заміні вентрикулостомного катетера у строки до 5 діб частота виникнення вентрикуліту не збільшується [17]. J.A. Winfield та співавтори [18] проаналізували результати моніторингу ВЧТ у 184 хворих, частота вентрикуліту становила 2%. Не встановлений кореляційний зв'язок між тривалістю моніторингу і частотою виникнення вентрикуліту. Вік пацієнтів і діагноз також не впливали на частоту появи вентрикуліту. На підставі аналізу результатів дослідження автори зробили висновок про необов'язковість профілактичної заміни катетера і шлуночка на 5-ту добу моніторингу.

I.M. Zambranski та співавтори [19] в багатоцентровому рандомізованому контрольованому дослідженні за участю 288 пацієнтів вивчали ефективність катетерів, імпрегнованих антибіотиками (міноцикліном і рифампіном). Такі катетери виготовлені з метою протидії грампозитивним патогенам, особливо стафілококам. Встановлені достовірні розбіжності частоти виникнення вентрикуліту (1,3 та 9,4%) та частоти колонізації катетерів у порівнянні з такою при застосуванні простих катетерів (17,9 і 36,7%). Автори вважають ефективними зазначені катетери для зменшення частоти інфекційних ускладнень при моніторингу ВЧТ.

Дослідження, проведені у пацієнтів без ЧМТ, підтверджують цю точку зору. P. Park та співавтори [17] провели дослідження у 595 пацієнтів, яким встановлені вентрикулостоми, у 213 з них — у строки більше 10 діб. Встановлено нелінійну залежність між частотою виникнення вентрикуліту і тривалістю моніторингу. Частота виявлення вентрикуліту збільшувалася у строки до 4 діб, після чого стабілізувалася на рівні 1–2%. У 22% пацієнтів здійснено профілактичну заміну катетерів, що не вплинуло на частоту виникнення вентрикуліту.

G.K.C. Wong та співавтори [20] провели рандомізоване дослідження з профілактичної заміни катетера у 103 пацієнтів, з яких тільки у 18 була ЧМТ. Різниці щодо частоти виникнення вентрикуліту

та результатів терапії не було. У подальшому встановлено, що ризик виникнення вентрикуліту не перевищував ризик появи ускладнень при заміні катетера і становив 5,6% [21].

Ефективність профілактичного призначення антибіотиків досліджена у пацієнтів, яким проведений моніторинг ВЧТ [15, 22, 23]. G. Sundbard та співавтори [23] проаналізували 648 пацієнтів, у яких вентрикулостомія проведена у строки понад 24 год, у 142 з них виявлена тяжка ЧМТ. Цим хворим не призначали антибіотики з метою профілактики вентрикуліту, проте, у 76% — застосовували антибіотики з приводу системних захворювань. У потерпілих з ЧМТ не виявлене інфікування СМР, отриманої з катетера, проте, відзначене збільшення частоти інших інфекційних ускладнень.

R.J. Auscoin та співавтори [15] не виявили достовірної різниці частоти інфекційних ускладнень у пацієнтів, яким з профілактичною метою призначали антибіотики, і тих, які їх не застосовували. У той же час, в групі пацієнтів, яким промивали катетер бацитрацином, відзначене достовірне збільшення частоти виникнення вентрикуліту у порівнянні з такою без застосування препарату (відповідно у 18 і 5,7%).

W.S. Roop та співавтори [24] провели проспективне дослідження за участю 228 пацієнтів, з яких тільки у 22 була ЧМТ. Для профілактики вентрикуліту хворим однієї групи призначали уназин, другої — уназин/азтреонам. Заміна катетера проведена більшості пацієнтів. У другій групі відзначена менша частота виникнення вентрикуліту, ніж у першій (відповідно 3 та 11%), а також екстракраніальних інфекційних ускладнень (20 і 42%). Проте, у пацієнтів другої групи частіше виявляли резистентні стафілококи і грибову інфекцію.

В дослідженні, проведеному у 584 потерпілих за тяжкої ЧМТ, K.L. Holloway та співавтори [25] виявили, що ризик виникнення вентрикуліту збільшувався в перші 10 діб моніторингу, після цього він значно зменшувався. Автори не виявили різниці у пацієнтів, яким на 5-ту добу замінювали вентрикулостомний катетер, і тих, яким цю маніпуляцію не робили. Автори зробили висновок про ефективність заміни вентрикулостомного катетера, а також встановили залежність між частотою виникнення вентрикуліту, тяжкістю системної інфекції і величиною вентрикулярного крововиливу.

Показання до проведення моніторингу ВЧТ.

Крім безпосереднього ушкодження мозку, при ЧМТ протягом годин і днів формуються численні вторинні його ушкодження. У дослідженнях, присвячених проблемі вторинного ушкодження мозку, встановлено, що агресивна терапія вторинного пошкодження мозку дозволяє значною мірою зменшити смертність і частоту ускладнень у потерпілих з ЧМТ [25–27]. Розроблені протоколи для лікування вторинного пошкодження мозку, в яких обговорені питання ранньої інтубації, швидкого транспортування потерпілих до спеціалізованих медичних закладів, швидкої ресусцитації, раннього проведення КТ і негайної евакуації гематом. Велика увага приділена й ретельному моніторингу ВЧТ.

Основний напрямок терапії потерпілих з ЧМТ — підтримка адекватного ПТМ, оксигенації та попередження вторинного пошкодження мозку.

Незадовільні результати терапії пов'язані з системною гіпотензією та внутрішньочерепною гіпертензією [1]. ПТМ відображає ступінь перфузії мозку і практично завжди знижується у потерпілих за тяжкої ЧМТ. Зменшення його менше 50 мм рт. ст. завжди зумовлює несприятливі результати лікування. Єдиний шлях визначення ПТМ — це постійний моніторинг ВЧТ та АТ [28].

Встановлена тісна кореляція між внутрішньочерепною гіпертензією і негативними результатами лікування [27, 29]. Потерпілі з ЧМТ у стані коми (за ШКГ менше 9 балів) віднесені до групи з найвищим ризиком виникнення внутрішньочерепної гіпертензії. Результати КТ також дозволяють передбачати її появу. У 1982 р. R. Narayan та співавтори [3] опублікували результати проспективного дослідження, проведеного у пацієнтів за тяжкої ЧМТ, вони встановили, що за наявності коми частота внутрішньочерепної гіпертензії становила 53–63%, за її відсутності — не перевищувала 13%. Проте, у пацієнтів за нормальної КТ виявлені три значущих чинники: вік старше 40 років, одно- або двобічні рухові розлади і зниження систолічного АТ менше 90 мм рт. ст. При виявленні двох з цих трьох чинників ризик виникнення внутрішньочерепної гіпертензії також становив 53–63%.

Дані вимірювання ВЧТ дозволяють прогнозувати результати терапії, частоту ускладнень під час лікування, контроль ПТМ, дренивання СМР при підвищенні ВЧТ. ВЧТ є важливим чинником прогнозування результатів лікування кожного потерпілого з ЧМТ, а пороговий рівень ВЧТ і ПТМ вкрай важливий для ефективної терапії ЧМТ [26, 27].

Підвищення ВЧТ може бути першим симптомом виникнення ускладнень у порожнині черепа.

ПТМ не можна визначити без вимірювання ВЧТ і середнього АТ. Величину ПТМ використовують з метою визначення доцільності терапевтичних інтервенцій та оцінки їх ефективності. Проведення профілактичних заходів щодо зниження ВЧТ без його вимірювання становить певний ризик для пацієнта. За тривалої гіпервентиляції підвищується смертність, значно знижується МК. За профілактичного введення міорелаксантів збільшується частота виникнення пневмонії та тривалість перебування хворих у відділенні інтенсивної терапії. Застосування барбітуратів становить значний ризик виникнення гіпотензії, отже, їх профілактичне введення не рекомендують. Манітол, особливо за повторного введення, по-різному впливає на ВЧТ, аж до протилежного ефекту.

Проведені дослідження ефективності моніторингу ВЧТ. H. Eisenberg та співавтори [30] здійснили багаточентрове дослідження з використання пентобарбіталу для лікування внутрішньочерепної гіпертензії, рефрактерної до інших методів терапії. Отримані задовільні результати. Смертність в групі пацієнтів, у яких вдавалося контролювати ВЧТ, була істотно нижчою, ніж у хворих, у яких ВЧТ не контролювали.

В проспективному дослідженні [31] у 127 пацієнтів за тяжкої ЧМТ інтенсивну терапію з зниження ВЧТ (дренивання СМР, манітол) розпочинали при підвищенні ВЧТ до 20–25 мм рт. ст., у 106 пацієнтів — до 15 мм рт. ст. Автори встановили достовірне зниження смертності у пацієнтів другої групи.

T. Howells та співавтори [37] встановили, що пацієнти, у яких під впливом терапії, спрямованої на

підтримку ПТМ вище 70 мм рт. ст., знижувався ВЧТ, мають кращі результати лікування ніж ті, у яких при підвищенні ПТМ підвищувався ВЧТ.

Варто зазначити, що моніторинг ВЧТ у потерпілих за тяжкої ЧМТ обов'язковий. Внутрішньочерепну гіпертензію не можна прогнозувати тільки на підставі даних КТ. Моніторинг ВЧТ дуже ефективний у контролі терапії, що сприяє зниженню смертності та частоти ускладнень у хворих.

Технологія моніторингу ВЧТ. Оптимальний монітор повинен забезпечити точне вимірювання ВЧТ, його вартість і вартість витратних матеріалів не повинна бути високою, їх використання супроводжується мінімальними ускладненнями.

Асоціація медичного інструментарію США (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) разом з Нейрохірургічним комітетом [32] розробили Американські національні стандарти для моніторів ВЧТ. За цими стандартами монітор для вимірювання ВЧТ повинен:

- забезпечувати вимірювання ВЧТ в межах 0–100 мм рт. ст.
- мати точність ± 2 мм рт. ст. в діапазоні 0–20 мм рт. ст.
- помилки монітора не повинні перевищувати 10% в діапазоні 20–100 мм рт. ст.

Монітори ВЧТ комплектують зовнішніми (трансдюсери) і внутрішніми датчиками, які розміщують в порожнині черепа. Внутрішні датчики можуть бути напівпровідниковими (силіконовими) або фібероптичними.

Зовнішні трансдюсери з'єднують з шлуночком мозку через катетер, заповнений ізотонічним розчином натрію хлориду, внутрішні — розміщують безпосередньо в порожнині шлуночка мозку. Зовнішні трансдюсери дуже точні, вони можуть бути рекалібровані, а через катетер, при необхідності, можливе дренування СМР. Важливо підкреслити їх низьку вартість (особливо в порівнянні з внутрішніми трансдюсерами).

Внутрішні трансдюсери калібруються перед їх встановленням, їх не можна видаляти з шлуночка до завершення моніторингу. Це істотно знижує їх точність, особливо за тривалого моніторингу (кожен трансдюсер має дрейф нуля). Їх вартість набагато більша, ніж зовнішніх трансдюсерів, проте, з їх допомогою можна вимірювати тиск у паренхімі мозку.

Для правильного вибору монітора для вимірювання ВЧТ необхідно брати до уваги його параметри.

1. Точність і надійність.
2. Оптимальна інтракраніальна локалізація монітора.
3. Частота ускладнень.
4. Вартість.

1. Питання точності і надійності вимірювання ВЧТ обговорюється протягом усього періоду застосування методу. Запропонований метод вимірювання ВЧТ шляхом катетеризації шлуночка мозку і вимірювання в ньому тиску вважають «золотим стандартом» [33]. Спроби змінити, спростити технологію моніторингу ВЧТ пов'язані з зменшенням точності або з значним збільшенням вартості моніторингу. Деякі автори одночасно вимірювали тиск в шлуночках мозку різними моніторами [34–39] за різної локалізації трансдюсерів. При порівнянні тиску у шлуночку і паренхімі мозку

різниця показників моніторів коливалася у межах 2 мм рт. ст. [34–36]. Інші автори [38, 39] порівнювали результати вимірювання тиску в шлуночку з показниками паренхіматозного фібероптичного катетера. Встановлена тісна кореляція показників двох моніторів [39]. При цьому розбіжності показників моніторів дорівнювали дрейфу нуля паренхіматозного монітора [34, 40–42].

2. Пристрій для зняття показань розташовують в епідуральному, субдуральному, субарахноїдальному просторі, паренхімі мозку і порожнині шлуночка мозку.

Вимірювання тиску в порожнині шлуночка є стандартом для оцінки тиску в порожнині черепа і оцінки показників інших моніторів [32, 34–38, 40, 41]. Вимірювання тиску в паренхімі мозку аналогічно такому в порожнині шлуночка, може різнитися на 2–5 мм рт. ст. і коливається разом з коливанням тиску в порожнині шлуночка [39, 40–42].

Епідуральний пристрій або субарахноїдальний болт і пневматичні епідуральні пристрої менш точні, ніж шлуночкові, їх застосовують рідко [32, 37, 42].

3. Ускладнення під час проведення моніторингу ВЧТ включають виникнення інфекції, кровотечі, порушення функціонування монітора, обструкцію катетера, неправильну позицію катетера або датчика. За даними літератури, ці ускладнення не представляють значної загрози життю пацієнта, проте, можуть передавати неточні показники тиску, що зумовлює збільшення вартості моніторингу та тривалості госпіталізації хворих.

Деякі дослідники виявили кровотечу, пов'язану з моніторингом ВЧТ [3, 21, 23, 41]. Частота цього ускладнення становила 1,1%, при встановленні субарахноїдального болта, субдуральних катетерів та паренхіматозних датчиків [34] — досягла 11%. Значні гематоми, що потребують хірургічного втручання, виникли у 0,5% спостережень [3, 21, 39].

Порушення функціонування монітора і оклюзія катетера як основна причина цього ускладнення виявлені у 6,3% пацієнтів, яким встановлювали венстригулоному, у 16% — субарахноїдальних болтів, у 10,5% — субдуральних катетерів [32].

4. Вартість моніторингу ВЧТ при використанні різних типів моніторів різна (**табл. 1**). За даними Brain Trauma Foundation, вартість моніторингу в одного пацієнта при використанні фібероптичних і паренхіматозних моніторів становить 6000–10 000 доларів США, зовнішнього трансдюсера — 208 доларів США.

Порівняльна оцінка ВЧД моніторів на підставі їх точності, надійності та вартості наведена у **табл. 2**.

ВЧТ моніторинг з використанням зовнішнього датчика через катетер, встановлений у шлуночок мозку, є найбільш точним, ефективним і дешевим методом. Крім того, він дозволяє видаляти СМР, швидко й ефективно знижувати ВЧТ: частота ускладнень під час проведення такого моніторингу невелика і не обмежує застосування ВЧТ моніторингу.

Паренхіматозні датчики небезпечні щодо неточного вимірювання ВЧТ через неможливість перекалібрування датчика. Субарахноїдальні, субдуральні і епідуральні датчики менш точні в порівнянні з зовнішніми венстрикулярними датчиками.

Рівень ВЧТ. Кількісна інформація необхідна для трактування результатів моніторингу ВЧТ. ПТМ

Таблиця 1. Порівняльна вартість моніторингу ВЧТ при використанні різних моніторів

Локалізація монітора	Метод вимірювання ВЧТ	Опис ВЧД монітора	Вартість моніторингу, доларів США (2005 р.)
Шлуночок	Зовнішній трансдюсер	Шлуночковий катетер	75
		Ємкість для СМР	80
		Трансдюсер	53
	Фібероптичний	Ємкість для СМР	80
		Набір для вимірювання ВЧТ	450
		Монітор	6600
Паренхіма мозку	Внутрішній датчик	Мікросенсорний датчик	600
		Монітор	6600
	Фібероптичний	Датчик	450
		Монітор	10000

Таблиця 2. Порівняльні характеристики ВЧД моніторів

Локалізація датчика	Вид датчика	Точність	Рекалібрування	Вартість, доларів США
Шлуночки мозку	Зовнішній датчик	+	+	208
	Внутрішній мікродатчик	+	+	600
	Фібероптичний датчик	н/д	+	450
Паренхіма мозку	Внутрішній мікродатчик	+	-	600
	Фібероптичний датчик	н/д	-	450
Субарахноїдальна	Зовнішній датчик	-	+	53
Субдуральна	Внутрішній мікродатчик	-	-	600
	Фібероптичний датчик	н/д	-	450
	Зовнішній датчик	-	+	53
Епідуральна	Зовнішній датчик	-	+	85

Примітка. н/д — немає даних.

змінюється при підвищенні АТ в значних межах, що загрожує утворенням грижі мозку. Основна мета терапевтичних заходів — встановити баланс між ризиком утворення грижі мозку і надмірною терапією.

Сьогодні немає великих рандомізованих досліджень, в яких безпосередньо порівнювали б величини ВЧТ і визначали момент початку терапії. Більшість робіт присвячені статистичному регресійному аналізу результатів лікування з кроком 5 мм рт. ст. Встановлено, що оптимальною величиною ВЧТ для початку терапії внутрішньочерепної гіпертензії є 20 мм рт. ст. [2, 3, 26, 31].

T.G. Saul, T.B. Ducker [31] досліджували ефективність зниження ВЧТ з 25 до 15 мм рт. ст. і відзначили зниження смертності з 46 до 28%.

H. Eisenberg та співавтори [30] в проспективному подвійному сліпому плацебо контрольованому дослідженні встановили, що ВЧТ вище 15 мм рт. ст. є одним з п'яти чинників незадовільного результату терапії.

Утворення грижі мозку можливе при ВЧТ нижче 20–25 мм рт. ст. Вірогідність цього в основному визначається локалізацією гематоми в порожнині черепа [43].

L.F. Marshall та співавтори [43] розширення зіниць спостерігали вже при підвищенні ВЧТ до 18 мм рт. ст. Тому результати ВЧТ моніторингу слід аналізувати разом з клінічною інформацією та даними КТ.

Слід зазначити, що у деяких пацієнтів неврологічні порушення виникають при ВЧТ вище 20–25 мм рт. ст., у них ВЧТ 20 мм рт. ст. не супроводжується неврологічними розладами.

Дані проведених досліджень свідчать, що ВЧТ 20 мм рт. ст. є верхньою межею для початку інтенсивних заходів, спрямованих на зниження ВЧТ [2, 3, 30, 31].

Рівень ПТМ. За системної гіпотензії у потерпілих з ЧМТ підвищується смертність і збільшується частота ускладнень за даними як клінічних, так і гістологічних досліджень [4].

ПТМ визначають як різницю між середнім АТ і середнім ВЧТ. Ретельне дослідження ролі ПТМ в клініці почалося з кінця 80-х років минулого століття [28] поряд з появою концепції, що штучна гіпертензія може поліпшити результати лікування тяжкої ЧМТ.

Дослідження M.J. Rosner і S. Daughton [28] відкрили нові можливості у лікуванні потерпілих з тяжкою ЧМТ. Автори відзначили, що підтримка ПТМ вище 70 мм рт. ст. забезпечує зниження смертності та частоти ускладнень. Проте, є й інша точка зору, за якою підвищення ПТМ може бути більш шкідливим, ніж корисним.

Компоненти ПТМ (АТ і ВЧТ) радикально впливають на результати лікування ЧМТ. Системна гіпотензія тісно пов'язана з незадовільними результатами у потерпілих з тяжкою ЧМТ [1, 4], як і за підвищення ВЧТ збільшуються смертність і частота ускладнень у потерпілих з ЧМТ [26, 29]. У межах ауторегуляції МК низький ПТМ пов'язаний з підвищеним ВЧТ через компенсаційну вазодилатацію у відповідь на зниження ПТМ. Аналізуючи величину сатурації венозної крові, що відтікає від головного мозку, і величину МК з використанням транскраніального доплерівського дослідження, встановлено, що ці параметри забезпечують стабілізацію ПТМ на рівні 60–70 мм рт. ст., підтримуючи цим нижній рівень ПТМ за працюючої ауторегуляції МК. При зниженні ПТМ знижується вміст кисню у тканині мозку і його сатурація, що корелювало з незадовільними результатами у потерпілих з ЧМТ [44].

У міжнародному багатоцентровому рандомізованому подвійному сліпому дослідженні встановлено, що зниження ПТМ менше 60 мм рт. ст. тісно пов'язане з поганими результатами у потерпілих з ЧМТ [45].

Прихильники активного впливу на ПТМ відзначали покращення результатів лікування тяжкої ЧМТ при його підвищенні. M.J. Rosner і S. Daughton [28] у проспективному дослідженні у 34 пацієнтів

підтримували ПТМ вище 70 мм рт. ст. При порівнянні отриманих результатів з результатами Traumatic Coma Data Bank автори встановили зниження смертності та частоти ускладнень внаслідок підвищення ПТМ. При підвищенні ПТМ на 30 мм рт. ст. у пацієнтів за інтактною ауторегуляції МК не спостерігали підвищення ВЧТ за порушеної ауторегуляції МК — виявляли підвищення ВЧТ [28].

Аналізуючи коливання ВЧТ і ПТМ у пацієнтів за порушеної ауторегуляції МК, слід відзначити, що навіть при підвищенні ВЧТ його величина була меншою, ніж підвищення ПТМ.

При підвищенні ПТМ не виявляли збільшення частоти внутрішньочерепної кровотечі [28, 44].

C.S. Robertson та співавтори [44] порівняли ефективність підвищення ПТМ і зниження ВЧТ у рандомізованому контрольованому дослідженні. У пацієнтів однієї групи контролювали ПТМ (вище 70 мм рт. ст.), в іншій — ВЧТ (контрольною величиною ПТМ було вище 50 мм рт. ст., ВЧТ нижче 20 мм рт. ст.). Достовірні відмінності в групах не виявлені.

Список літератури

- The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury / R.M. Chesnut, L.F. Marshall, M.R. Klauber [et al.] // *J Trauma* — 1993. — V.34. — P.216-222.
- Impact of ICP instability and hypotension on outcome in patients with severe head trauma / A. Marmarou, R.L. Anderson, J.D. Ward [et al.] // *J. Neurosurg.* — 1991. — V.75. — P.159-166.
- Intracranial pressure: to monitor or not to monitor? A review of our experience with head injury / R. Narayan, P. Kishore, D. Becker, [et al.] // *J. Neurosurg.* — 1982. — V.56. — P.650-659.
- The deleterious effects of intraoperative hypotension on outcome in patients with severe head injuries / J.A. Pietropaoli, F.B. Rogers, S.R. Shackford [et al.] // *J. Trauma* — 1992. — V.33. — P.403-407.
- 7.5% sodium chloride/dextran for resuscitation of trauma patients undergoing helicopter transport / M.J. Vassar, C.A. Perry, W.L. Gannaway [et al.] // *Arch. Surg.* — 1991. — V.126. — P.1065-1072.
- Kieinschmidt DeMasters B.K. Rapid correction of hyponatremia causes demyelination: Relation to central pontine myelinolysis / B.K. Kieinschmidt DeMasters, M.D. Norenberg // *Science* — 1981. — V.211. — P.1068-1070.
- Loughhead M.G. Brain resuscitation and protection / M.G. Loughhead // *Med. J. Aust.* — 1988. — V.148. — P.458-466.
- Schrot R.J. Mannitol in acute traumatic brain injury / R.J. Schrot, J.P. Muizelaar // *Lancet.* — 2002. — V.350. — P.1633-1634.
- Shackford S.R. The effect of hypertonic resuscitation on pial arteriolar tone after brain injury and shock / S.R. Shackford, J.D. Schmoker, J. Zuang // *J. Trauma.* — 1994. — V.37. — P.899-908.
- Shackford S.R. Intravenous fluid tonicity: effect of intracranial pressure, cerebral blood flow, and cerebral oxygen delivery in focal brain injury / S.R. Shackford, J. Zuang, J. Schmoker // *J. Neurosurg.* — 1992. — V.76. — P.91-98.
- Use of hypertonic (3%) saline/acetate infusion in the treatment of cerebral oedema: effect on intracranial pressure and lateral displacement of the brain / A.I. Qureshi, J.I. Suares, A. Bhardwaj [et al.] // *Crit. Care Med.* — 1998. — V.26. — P.440-446.
- Prolonged hypernatremia controls elevated intracranial pressure in head-injured patients / B. Peterson, S. Khanna, B. Fisher, [et al.] // *Crit. Care Med.* — 2000. — V.28. — P.1136-1143.
- Goodpasture H.C. A prospective study of tracheobronchial bacterial flora in acutely brain-injured patients with and without antibiotic prophylaxis / H.C. Goodpasture, D.A. Romig, D.W. Voth // *J. Neurosurg.* — 1977. — V.47. — P.228-235.
- Ventriculostomy-related infection: a critical review of the literature / A.P. Lozier, R.R. Sciaccia, M. Romanoli [et al.] // *Neurosurgery.* — 2002. — V.51. — P.170-182.
- Aucoin P.J. Intracranial pressure monitors: epidemiologic study of risk factors and infections / P.J. Aucoin, H.R. Kotilainen, N.M. Gantz // *Am. J. Med.* — 1986. — V.80. — P.369-376.
- Ventriculostomy-related infections. A prospective epidemiologic study / C.G. Mayhall, N.H. Archer, V.A. Lamb, [et al.] // *New Engl. J. Med.* — 1984. — V.310. — P.553-559.
- Risk of infection with prolonged ventricular catheterization / P. Park, H.J.L. Garton, M.J. Kocan, [et al.] // *Neurosurgery.* — 2004. — V.55. — P.594-601.
- Duration of Intracranial pressure monitoring does not predict daily risk of infections complications / J.A. Winfield, P. Rosenthal, R. Kanter [et al.] // *Neurosurgery.* — 1993. — V.33. — P.424-431.
- Efficacy of antimicrobial-impregnated external ventricular drain catheters: a prospective, randomized, controlled trial / J.M. Zambranski, D. Whiting, R.O. Darouiche [et al.] // *Neurosurgery.* — 2003. — V.98. — P.725-730.
- Failure of regular external ventricular drain exchange to reduce cerebrospinal fluid infection: result of a randomised controlled trial / G.K.C. Wong, W.S. Poon, S. Wai [et al.] // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* — 2002. — V.73. — P.759-761.
- Paramore C.G. Relative risks of ventriculostomy infection and morbidity / C.G. Paramore, D.A. Turner // *Acta Neurochir. (Wien).* — 1994. — V.127. — P.79-84.
- Antibiotic prophylaxis to reduce respiratory tract infections and mortality in adults receiving intensive care / A. Liberati, R. D'Amico, S. Pifferi [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.* — 2004. — CD000022.
- Sundberg G. Complication due to prolonged ventricular fluid pressure recording / G. Sundberg, C.H. Nordstrom, S. Soderstrom // *Br. J. Neurosurg.* — 1988. — V.2. — P.485-495.
- Poon W.S. CSF antibiotic prophylaxis for neurosurgical patients with ventriculostomy: a randomized study / W.S. Poon, S. Wai // *Acta Neurochir.* — 1998. — V.71, suppl. — P.146-148.
- Holloway K.L. Ventriculostomy infections: the effect of monitoring duration and catheter exchange in 584 patients / K.L. Holloway, T. Barnes, S. Choi // *J. Neurosurg.* — 1996. — V.85. — P.419-424.
- Marshall L. The outcome with aggressive treatment in severe head injuries. Part I. The significance of intracranial pressure monitoring / L. Marshall, R. Smith, H. Shapiro // *J Neurosurg.* — 1979. — V.50. — P.20-25.
- Further experience in the management of severe head injury / J.D. Miller, J.F. Butterworth, S.K. Gudeman [et al.] // *J. Neurosurg.* — 1981. — V.54. — P.289-299.
- Rosner M.J. Cerebral perfusion pressure management in head injury / M.J. Rosner, S. Daughton // *J. Trauma* — 1990. — V.30. — P.933-940.
- The outcome from severe head injury with early diagnosis and intensive management / D.P. Becker, J.D. Miller, J.D. Ward [et al.] // *J. Neurosurg.* — 1977. — V.47. — P.491-502.
- High-dose barbiturate control of elevated intracranial pressure in patients with severe head injury / H. Eisenberg, R. Frankowski, C. Contant [et al.] // *J. Neurosurg.* — 1988. — V.69. — P.15-23.
- Saul T.G. Effect of intracranial pressure monitoring and aggressive treatment on mortality in severe head injury / T.G. Saul, T.B. Ducker // *J. Neurosurg.* — 1982. — V.56. — P.498-503.
- Clinical evaluation of two methods of subdural pressure

- monitoring / P. Barlow, A.D. Mendelow, A.E. Lawrence [et al.] // J. Neurosurg. — 1985. — V.63. — P.578–582.
33. Lundberg N. Continuous recording and control of ventricular fluid pressure in neurosurgical practice / N. Lundberg // Acta Psychiatr. Scand. — 1960. — V.36, N149, suppl. — P.1–193.
 34. Koskinen L.O. Clinical experience with the intraparenchymal intracranial pressure monitoring Codman Microsensor system / L.O. Koskinen, M. Olivecrona // Neurosurgery. — 2005. — V.56. — P.693–698.
 35. Piek J. Continuous monitoring of cerebral tissue pressure in neurosurgical practice — experiences with 100 patients / J. Piek, W.J. Bock // Intens. Care Med. — 1990. — V.16. — P.184–188.
 36. A practical technique for continuous monitoring of cerebral tissue pressure in neurosurgical patients. Preliminary results / J. Piek, B. Kosub, F. Kuch [et al.] // Acta Neurochir. (Wien). — 1987. — V.87. — P.144–149.
 37. Pressure reactivity as a guide in the treatment of cerebral perfusion pressure in patients with brain trauma / T. Howells, K. Elf, P. Jones [et al.] // J. Neurosurg. — 2005. — V.102. — P.311–317.
 38. Schickner D.J. Intracranial pressure monitoring: fiberoptic monitor compared with the ventricular catheter / D.J. Schickner, R.F. Young // Surg. Neurol. — 1992. — V.37. — P.251–254.
 39. Shapiro S. The fiberoptic intraparenchymal cerebral pressure monitor in 244 patients / S. Shapiro, R. Bowman, C.J. Surg // Neurology. — 1996. — V.45. — P.278–282.
 40. Camino intracranial pressure monitor: prospective study of accuracy and complications / R.M. Martinez-Manas, D. Santamarta, J.M. de Campos [et al.] // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. — 2000. — V.69. — P.82–86.
 41. The Camino intracranial pressure device in clinical practice: reliability, handling characteristics and complications / E. Munch, R. Weigel, P. Schmiedek [et al.] // Acta Neurochir. (Wien). — 1998. — V.140. — P.1113–1119.
 42. The Camino intracranial pressure sensor: is it optimal technology? An internal audit with a review of current intracranial pressure monitoring technologies / I. Piper, A. Barnes, D. Smith [et al.] // Neurosurgery. — 2001. — V.49. — P.1158–1164.
 43. The oval pupil: Clinical significance and relationship to intracranial hypertension / L.F. Marshall, D. Barba, B.M. Toole [et al.] // J. Neurosurg. — 1983. — V.58. — P.566–568.
 44. Prevention of secondary ischemic insults after severe head injury / C.S. Robertson, A.B. Valadka, H.J. Hannay [et al.] // Crit. Care Med. — 1999. — V.27. — P.2086–2095.
 45. Intracranial hypertension and cerebral perfusion pressure: influence on neurological deterioration and outcome in severe head injury. The Executive Committee of the International Selfotel Trial / N. Juul, G.F. Morris, S.B. Marshall [et al.] // J. Neurosurg. — 2000. — V.92. — P.1–6.

Одержано 15.03.11

Загрийчук І.В.**Ефективність одночасного моніторингу внутрішньочерепного тиску та перфузійного тиску мозку у потерпілих за тяжкої черепно-мозкової травми**

Тернопільська університетська лікарня

Висвітлене значення гіпотензії, гіпоксії, внутрішньочерепної гіпертензії та перфузійного тиску мозку (ПТМ) у потерпілих за тяжкої черепно-мозкової травми (ЧМТ). Обговорюється значення моніторингу внутрішньочерепного тиску (ВЧТ) і ПТМ у таких пацієнтів.

Артеріальна гіпотензія і внутрішньочерепна гіпертензія згубні для травмованого мозку. Штучне підвищення ПТМ захищається як засіб його підтримки на адекватному рівні, хоча оптимальне значення ПТМ для лікування тяжкої ЧМТ не встановлене. Крім того, мозковий кровоток (МК) значно змінюється протягом тривалого часу після ЧМТ. Тому доцільно визначати оптимальне значення ПТМ у даного пацієнта в конкретний час замість того, щоб використовувати довільні величини в усіх пацієнтів.

Важливу інформацію для оптимізації МК забезпечує моніторинг ВЧТ в поєднанні з оцінкою адекватності МК за допомогою глобальних показників (наприклад, яремної оксиметрії).

Ключові слова: ішемія мозку, черепно-мозкова травма, перфузійний тиск мозку, внутрішньочерепний тиск, внутрішньочерепна гіпертензія.

Загрийчук И.В.**Эффективность одновременного мониторинга внутричерепного давления и перфузионного давления мозга у пострадавших при тяжелой черепно-мозговой травме**

Тернопольская университетская больница

Рассмотрено значение гипотензии, гипоксии, внутричерепной гипертензии и перфузионного давления мозга (ПДМ) у пострадавших при тяжелой черепно-мозговой травме (ЧМТ). Обсуждается также значение мониторинга внутричерепного давления (ВЧД) и ПДМ у таких пациентов.

Артериальная гипотензия и внутричерепная гипертензия губительны для травмированного мозга. Искусственное повышение ПДМ защищается как средство его поддержания на адекватном уровне, хотя оптимальное значение ПДМ для лечения тяжелой ЧМТ не установлено. Кроме того, мозговой кровоток (МК) значительно изменяется в течение длительного времени после ЧМТ. Поэтому целесообразно определять оптимальное ПДМ у каждого пациента в конкретный момент вместо того, чтобы использовать произвольные величины у всех пациентов.

Важную информацию для оптимизации МК обеспечивает мониторинг ВЧД в сочетании с оценкой адекватности МК с помощью глобальных показателей (например, яремной оксиметрии).

Ключевые слова: ишемия мозга, черепно-мозговая травма, перфузионное давление мозга, внутричерепное давление, внутричерепная гипертензия.

Zagriychuk I.V.

The effectiveness of simultaneous monitoring of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients with severe cranio-cerebral trauma

Ternopol University hospital

The role of hypotension, hypoxia, intracranial hypertension and cerebral perfusion pressure (CPP) in patients with severe cranio-cerebral trauma (CCT) was observed. The importance of intracranial pressure (IP) and CPP monitoring in these patients also was discussed.

Arterial hypotension and intracranial hypertension are detrimental to the injured brain. CPP artificial elevation is important for an adequate cerebral blood flow (CBF) maintaining, although the optimal CPP for CCT treatment remains unclear. In addition, CBF evolves significantly over time after CCT, so it should be taken into consideration that CBF may vary considerably from patient to patient.

Important information for CBF optimizing is provided by IP monitoring in combination with assessment of CBF adequacy using global indicators (for example, jugular oximetry).

Key words: cerebral ischemia, cranio-cerebral trauma, cerebral perfusion pressure, intracranial pressure, intracranial hypertension.

Коментар

до огляду літератури Загріичука І.В. «Ефективність одночасного моніторингу внутрішньочерепного тиску та перфузійного тиску мозку у потерпілих за тяжкої черепно-мозкової травми»

Первинне ушкодження мозку, що виникає безпосередньо внаслідок травми, необоротне. Воно зумовлює летальний наслідок одразу після травми або в найближчі години — доби після неї. Завданням нейрохірургів, реаніматологів є профілактика та усунення вторинного ушкодження, яке ускладнює перебіг травми і може бути фатальним. Основними чинниками, що визначають результати лікування потерпілих з тяжкою ЧМТ, є гіпоксія, артеріальна гіпотензія, високий внутрішньочерепний тиск та низький перфузійний тиск мозку.

Ще у 80-ті роки минулого століття доведена важливість визначення цих показників у нейрохірургічних хворих. Без контролю внутрішньочерепного та перфузійного тиску мозку ведення хворих з тяжкою ЧМТ неможливе. Проте, у нейрохірургічних відділеннях України, де переважно лікують хворих з ЧМТ, контроль цих показників не проводять, що є грубим порушенням протоколів ведення хворих з тяжкою ЧМТ.

Є поодинокі дослідження ЛШМД (м. Київ), лікарні № 17 (м. Київ) та ОКЛ (м. Дніпропетровськ), в яких доведено, що контроль та адекватна вчасна корекція ВЧТ зменшують летальність майже на 20% і дозволяють ефективно використовувати терапію, спрямовану на зниження ВЧТ, що зменшує витрати лікарських засобів. Визначення перфузійного тиску мозку, на жаль, не

знайшло належної уваги і в цих клініках.

Без вимірювання ВЧТ, ПТМ стану газів крові неможливо ведення хворих з тяжкою ЧМТ, як не можна госпіталізувати їх у лікарні, де немає цілодобової нейровізуалізації. В огляді літератури детально висвітлено ефективність одночасного контролю ВЧТ та ПТМ у потерпілих за тяжкої ЧМТ. Детально описані показання, методики проведення моніторингу ВЧТ, можливі ускладнення та їх попередження, висвітлені такі важливі питання, як артеріальна гіпотензія, гіперосмолярна терапія, що безпосередньо впливають на ВЧТ та ПТМ.

Оптимальним є контроль ВЧТ з використанням внутрішньошлуночкових катетерів та зовнішніх датчиків, що є більш точним та дешевшим, дозволяє знижувати ВЧТ шляхом парціального відведення спинномозкової рідини.

Слід відзначити, що розроблені за участі співробітників кафедри нейрохірургії НМАПО ім. П.Л. Шупика МОЗ України вітчизняні апарати з зовнішніми датчиками повністю відповідають вимогам контролю ВЧТ внутрішньошлуночкового, паренхіматозного, суб- та епідурального, дозволяють вимірювати ПТМ. Перевагами цих апаратів є цифрове та графічне зображення показань, збереження їх в пам'яті. Суттєвою перевагою вітчизняних моніторів є доступна ціна та невисока вартість датчиків.

*М.Є. Поліщук, член-кор. НАМН України, професор
завідувач кафедри нейрохірургії
НМАПО ім. П.Л. Шупика МОЗ України*