

Білецький О.В., Курсов С.В.

Харківська медична академія післядипломної освіти, м. Харків, Україна

Можливість вивчення церебрального кровообігу за допомогою реоенцефалографії

Резюме. Проводилися реоенцефалографічні дослідження постраждалих із політравмою з провідним компонентом тяжкої черепно-мозкової травми, в яких було діагностовано смерть головного мозку. Смерть головного мозку констатували на підставі клінічних діагностичних критеріїв, затверджених Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 821 (2013 р.), та додаткового визначення напруження кисню в артеріальній крові та крові, що була взята з внутрішньої яремної вени. Обидва пацієнти продовжували перебувати на штучній вентиляції легенів. За допомогою безперервної інфузії дофаміну та фенілефрину усунуто артеріальну гіпотензію й брадикардію. Систолічний артеріальний тиск доведено до 180 мм рт.ст. Спроможність серцевого викиду контролювалася за допомогою тетраполярої грудної реографії за методом Кубічека. Однак ефективна гемодинамічна підтримка не дозволила зареєструвати комплекси реоенцефалограми, що за величиною амплітуди могли б свідчити про наявність ефективного церебрального кровообігу. Автори стверджують, що головна роль у формуванні комплексів імпедансної реоплетизмограми при проведенні реоенцефалографічного дослідження належить церебральному кровообігу, а не кровообігу в тканинах скальпа.

Ключові слова: реоенцефалографія; мозковий кровообіг; смерть головного мозку; політравма

Вступ

Значно поширені дослідження мозкового кровообігу за допомогою імпедансної реоплетизмографії в певний час були призупинені. Причиною такої події стала поява публікацій про те, що реоенцефалографія (РЕГ) відображає не стільки стан церебрального кровотоку, скільки кровообіг у тканинах скальпу та кістках черепа. Внаслідок цього значно скоротилася кількість наукових публікацій, присвячених спостереженню за мозковим кровоплином у неврології, нейрохірургії й інтенсивній терапії [1, 2]. Основна частка РЕГ-досліджень тривала в умовах кабінетів функціональної діагностики районних поліклінічних закладів, де неможливе накопичення досвіду роботи з пацієнтами, які перебувають у невідкладних станах передусім внаслідок тяжких розладів церебрального кровообігу, що поєднуються із суттєвою депресією функції свідомості. Проте більш обізнані в діагностичних можливостях РЕГ фахівці продовжували свою роботу. Парадоксально, що лідерами в галузі імпедансних досліджень стану го-

ловного мозку за останні 10 років є саме спеціалісти з тих країн, де РЕГ-дослідження були призупинені в першу чергу. На сьогодні численну кількість спроб використати результати РЕГ із метою неінвазивної оцінки величини внутрішньочерепного тиску здійснюють фахівці США, Ізраїлю та країн Західної Європи. Провідні фахівці в галузі РЕГ (Michael Bodo) намагаються застосувати реоенцефалографічний моніторинг при наданні спеціалізованої медичної допомоги постраждалим у військових конфліктах, він впроваджується для спостереження за станом астронавтів у програмі NASA. Розробляються та випробовуються безконтактні імпедансні девайси для негайної діагностики походження розладів функції головного мозку [4–6].

З останніх досліджень, що присвячені вирішенню питання про те, наскільки РЕГ показує стан мозкового кровотоку і наскільки відбиває кровообіг у скальпі, привертає робота Хуана Переса (Juan Perez). Дослідження Переса виконано на волонтерах. РЕГ реєстрували при накладанні на голову під-

дослідних роздувальної манжети, що була з'єднана з сфігмоманометром. Залежно від того, чи була манжета туго роздутою або не була, судили про роль церебрального й екстрацеребрального компонента кровообігу у формуванні реоплетизмографічної кривої. Екстрацеребральний компонент виявився дуже потужним. Проте церебральний компонент є завжди обов'язково наявним. У кількох хворих частка церебрального компонента у формуванні РЕГ-комплексів досягала 65–68 % [7]. За допомогою сучасних технічних приладів цей компонент завжди може бути підсилений та покращений системою фільтрів. Отже, результати цього дослідження висвітлюють правильний шлях у реєстрації церебральної плетизмограми. В умовах обмеженого технічного забезпечення для усунення впливу екстрацеребрального компонента при реєстрації РЕГ потрібно обов'язково використовувати тугі гумові стрічки, тугі гумові шоломи, роздувальні манжети. До електричних схем реоплетизмографів мають бути обов'язково включені прецизійні підсилювачі сигналу. Або підсилення може відбуватися за допомогою комп'ютерної техніки. Проте краще, якщо будуть наявні обидва компоненти оптимізації.

Метою нашого дослідження та публікації було надання доказів того, що РЕГ показує насамперед саме стан мозкового кровотоку, а не кровообігу скальпа.

Матеріали та методи

Мозковий кровотік вивчався за допомогою РЕГ у постраждалих із політравмою в умовах відділення анестезіології та інтенсивної терапії саме для таких хворих міської багатопрофільної клінічної лікарні швидкої та невідкладної медичної допомоги. Використано обладнання «ХАЙ-Медика» — 4-канальний реограф «Реоком». Реєстрація РЕГ та обчислення показників проводилися на персональному комп'ютері із залученням програмного забезпечення «ХАЙ-Медика». РЕГ реєстрували у фронтостойдальних відведеннях з обох сторін. Одночасно реєструвалися тетраполярна грудна реограма за методикою Кубічека, одне відведення електрокардіограми. Після запису РЕГ у фронтостойдальних відведеннях з метою усунення можливих запитань ми також зареєстрували РЕГ у мастоїдоокципітальних та фронтотемпоральних відведеннях, а ще використали фронтотемпоральні відведення [8].

Для вивчення мозкового кровообігу, щоб надати відповідну інформацію саме із зазначеної проблеми, ми обрали та висвітлюємо результати дослідження пацієнтів, в яких було констатовано смерть головного мозку. Смерть мозку — повна і необоротна втрата головним мозком людини всіх його функцій, що реєструється на фоні працюючого серця та примусової вентиляції легень. Діагноз смерті головного мозку в постраждалих встановлювався за критеріями, що були затверджені в протоколі Наказу № 821 Міністерства охорони здоров'я України (МОЗ) (23.09.2013 р.) «Про встановлення діагностичних

критеріїв смерті мозку та процедури констатації моменту смерті людини».

Згідно з Наказом МОЗ № 821 (2013 р.) клінічними діагностичними критеріями смерті головного мозку є: 1) повна та стійка відсутність свідомості; 2) атонія всіх груп м'язів; 3) відсутність реакцій на великі больові подразнення в зоні тригемінальних точок та будь-яких інших рефлексів, що замикаються вище шийного відділу спинного мозку; 4) відсутність реакції зіниць на пряме яскраве світло, при цьому повинно бути відомо, що жодні препарати, що розширюють зіниці, не застосовувались; 5) нерухомі очні яблука («очі ляльки»); 6) відсутність корнеальних рефлексів; 7) відсутність окулоцефалічних рефлексів; 8) відсутність окуловестибулярних рефлексів; 9) відсутність фарингеальних та трахеальних рефлексів, що визначаються шляхом руху ендотрахеальної трубки в трахеї та верхніх дихальних шляхах, а також при просуванні катетера в бронхах для аспірації секрету; 10) відсутність самостійного дихання [9].

Підтверджувальними (інструментальними) діагностичними критеріями смерті мозку є: 1) відсутність чи інверсія діастолічного мозкового кровотоку або низький із поодинокими піками систолічний мозковий кровотік, що визначається за результатами доплер-сонографії; 2) відсутність засвоєння кисню мозковою тканиною (відсутність артеріовенозної різниці за парціальним тиском, що встановлюється шляхом визначення парціального тиску кисню в артеріальній крові та крові з яремної вени тричі з проміжком у 30 хвилин; 3) відсутність мозкового кровотоку у внутрішньомозкових судинах, що встановлюється шляхом двократною контрастною панангіографії чотирьох магістральних артерій голови (двох загальних сонних та двох вертебральних) [9].

Смерть мозку може бути встановлена за результатами проведеної процедури діагностики смерті мозку на підставі тільки клінічних діагностичних критеріїв або клінічних діагностичних критеріїв, доповнених одним із підтверджувальних (інструментальних) діагностичних критеріїв [9].

Результати та обговорення

Ми наводимо 2 клінічні випадки смерті мозку, що настали в умовах відділення інтенсивної терапії. Обидва постраждали (віком 63 та 48 років) стали жертвами дорожньо-транспортної пригоди. До приймального відділення їх було доставлено з місць події в стані декомпенсованого травматичного шоку з наявністю скелетної травми, одночасного пошкодження органів черевної порожнини з формуванням гемоперитонеуму. Проте провідним компонентом поєднаної травми було травматичне пошкодження головного мозку з формуванням інтрацеребральних крововиливів та швидким поширенням крові по лікворній системі мозку. Саме тяжка черепно-мозкова травма стала в обох випадках причиною трансформації гіповолемічного травматичного шоку в дистрибутивний шок центрального походження, що поєднувався з розвитком атонічної коми. На

фоні проведення штучної вентиляції легень у режимі control mechanical ventilation та безперервної інфузії дофаміну в дозах, що зростали та сягнули 18–20 мкг/кг/хв, у постраждалих було констатовано наявність всіх клінічних діагностичних критеріїв смерті головного мозку, що перераховані в Наказі МОЗ України № 821 (2013 р.), у тому числі відсутність самостійного дихання, яку визначали за тестом відключення від респиратора з дотриманням всіх запобіжних вимог. Розвитку смерті мозку в умовах поєднання травматичного шоку з його тяжким пошкодженням, безумовно, сприяла артеріальна гіпотензія, наявність якої сприяє збільшенню летальності при тяжкій черепно-мозковій травмі в 13 разів. Як додатковий діагностичний критерій був використаний тест порівняння напруження кисню в артеріальній крові (PaO_2) та в крові, що була взята з внутрішньої яремної вени ($PjvO_2$). Різниця становила лише 4 мм рт.ст. ($PaO_2 = 140$ мм рт.ст., $PjvO_2 = 136$ мм рт.ст. та $PaO_2 = 132$ мм рт.ст., $PjvO_2 = 128$ мм рт.ст.), що при перерахуванні на концентрацію гемоглобіну в крові 100 г/л та 99% сатурацію крові киснем дає об'ємну артеріовенозну різницю, що не перевищує 0,15 мл на 1000 мл крові. Адже на тлі смерті мозку, що часто виникає в умовах тяжкого прогресуючого набряку його тканини та появи «централізації» мозкового кровообігу, поглинання кисню триває клітинами судинного ендотелію [9–11].

Після констатації смерті головного мозку в постраждалих ми провели РЕГ-дослідження, що поєднували з підтримкою серцевого викиду та судинного тону за допомогою дофаміну та фенілефрину. За даними останніх досліджень, найбільш ефективним заходом підвищення церебрального перфузійного тиску є застосування фенілефрину, що має перевагу над норадреналіном. Проте дофамін потрібен як інотропний агент, що допомагає усунути брадикардію, яку дуже часто спостерігають в умовах розвитку

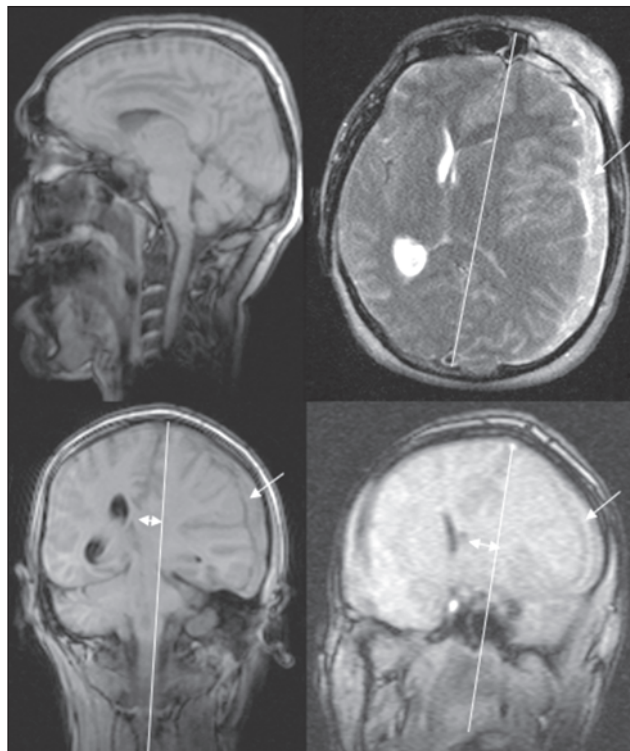


Рисунок 1. Рівень первинного ушкодження у хворого 1 за даними магнітно-резонансної томографії

необоротних патологічних змін у тканині головного мозку, що асоційовані з атонічною комою [12, 13].

Результати дослідження кровообігу в першого постраждалого демонструє рис. 2. Під час дослідження за допомогою інфузії симпатоміметиків із модулюванням потрібної дози величина систолічного артеріального тиску була доведена з 60 (рис. 2А) до 180 мм рт.ст. (рис. 2Б). Реєструвалися РЕГ у лівих та правих відведеннях та одночасно тетраполярна грудна реограма за методом Кубічека.

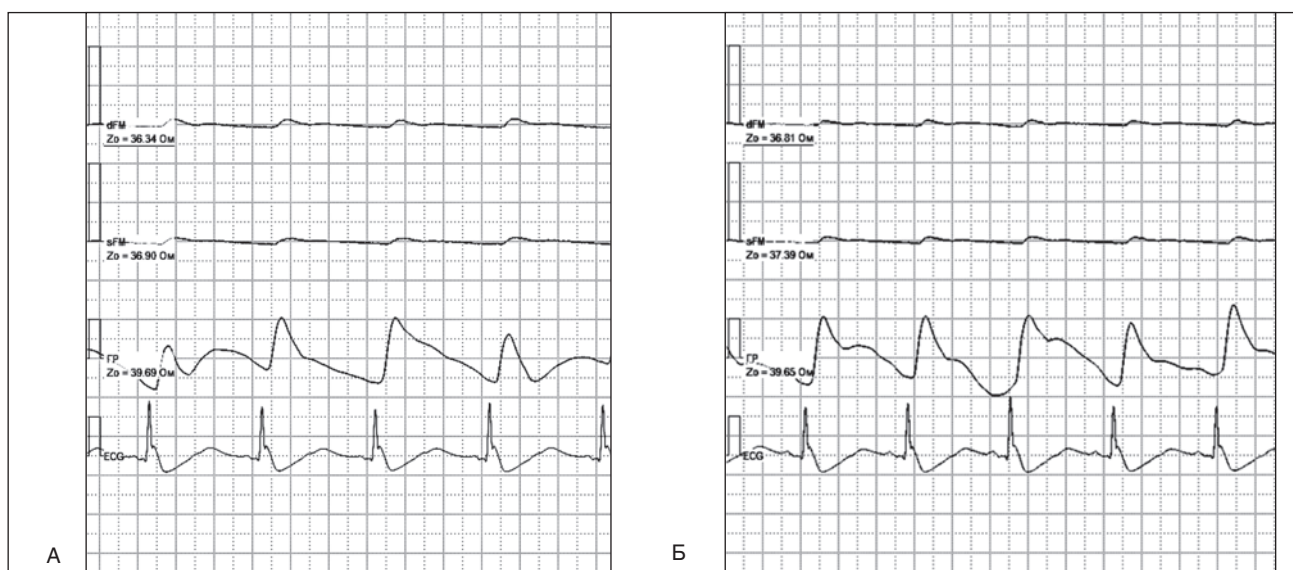


Рисунок 2. Реєстрація РЕГ у правому та лівому фронтостойдальних відведеннях разом із тетраполярною грудною реограмою та відведенням ЕКГ на фоні проведення штучної вентиляції легень та гемодинамічної підтримки за допомогою симпатоміметиків у постраждалого 48 років з діагнозом смерті головного мозку. Швидкість запису — 25 мм/с

У першому випадку величина ударного об'єму серця становить 58 мл при частоті серцевих скорочень 77 (RR = 0,78), отже, хвилинний об'єм кровообігу (ХОК) становить 4466 мл. Якщо припустити, що частка мозкового кровообігу може становити 8–10 % від ХОК, то цієї кількості крові має бути цілком достатньо, щоб зареєструвати РЕГ із зниженою до 50 % від норми амплітудою. Та краніальні реографічні комплекси ледь помітні. Артеріальний тиск становить 180/120 мм рт.ст. Проте ефективного краніального кровотоку не реєструється. Такого ніколи не спостерігається у хворих із життєздатним головним мозком. На фоні інтенсивної інотропної підтримки та зростання серцевого викиду й системного артеріального тиску амплітуда реограми залишається критично низькою, адже судини скальпа не здатні вмістити таку кількість крові, як життєздатний головний мозок. Аналогічні події зображені на рис. 3.

У другому випадку величина ударного об'єму серця становить 51 мл при частоті серцевих скорочень 125 (RR = 0,48). ХОК становить 6375 мл. Арте-

ріальний тиск доведено до 180/120 мм рт.ст., проте ефективного мозкового кровотоку не реєструється. Адже найбільша частка крові в організмі завжди спрямовується на користь органа, що працює.

Отже, обидва випадки демонструють, що частка скальпового кровотоку при записі РЕГ є настільки малою, що не здатна забезпечити реєстрування РЕГ із нормальною амплітудою. До речі, всі опитані нами фахівці з імпедансної плетизмографії, які підтримують концепцію формування РЕГ за рахунок кровообігу в скальпі, ніколи не проводили РЕГ-досліджень у відділенні інтенсивної терапії, де лікуються пацієнти, які перебувають у стані сопору та коми.

Слід зазначити, що кількість публікацій за зазначеним питанням, що сьогодні можна знайти за допомогою прицільного пошуку в Інтернеті, є надзвичайно обмеженою. Та одна з них привернула нашу увагу. У роботі L. Basano et al. (2001) РЕГ реєстрували також в осіб із смертю головного мозку в умовах проведення штучної вентиляції легень. Початкова

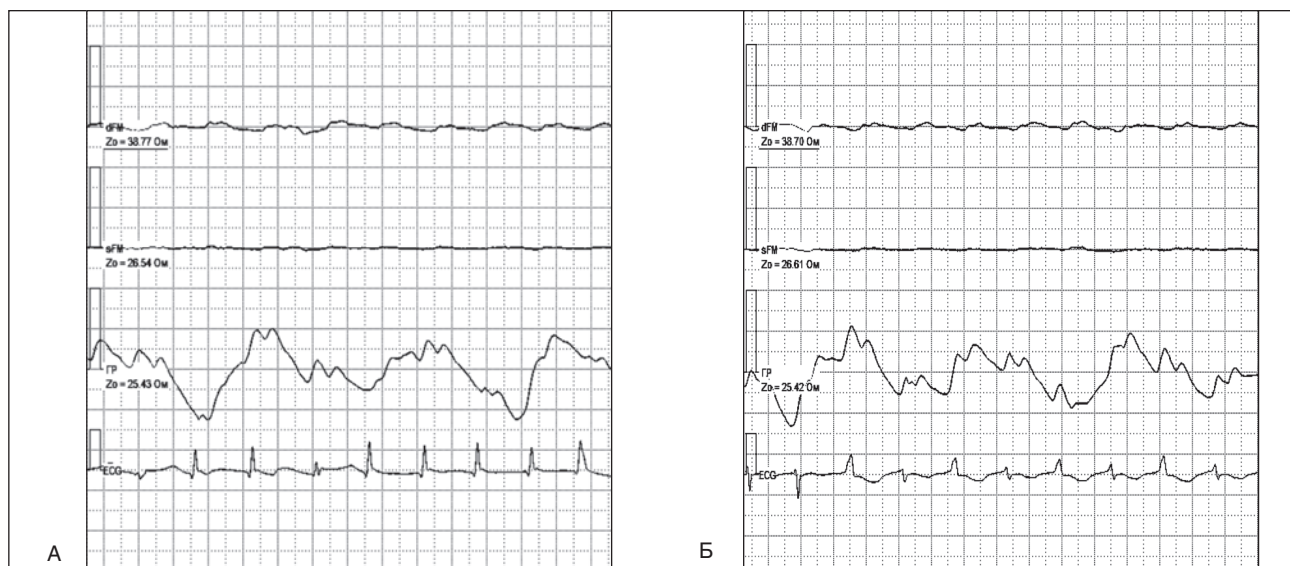


Рисунок 3. Реєстрація РЕГ у правому та лівому фронтостойдальних відведеннях разом із тетраполярою грудною реограмою та відведенням ЕКГ на фоні проведення штучної вентиляції легень та гемодинамічної підтримки за допомогою симпатоміметиків у постраждалого 63 років з діагнозом смерті головного мозку. Швидкість запису — 25 мм/с

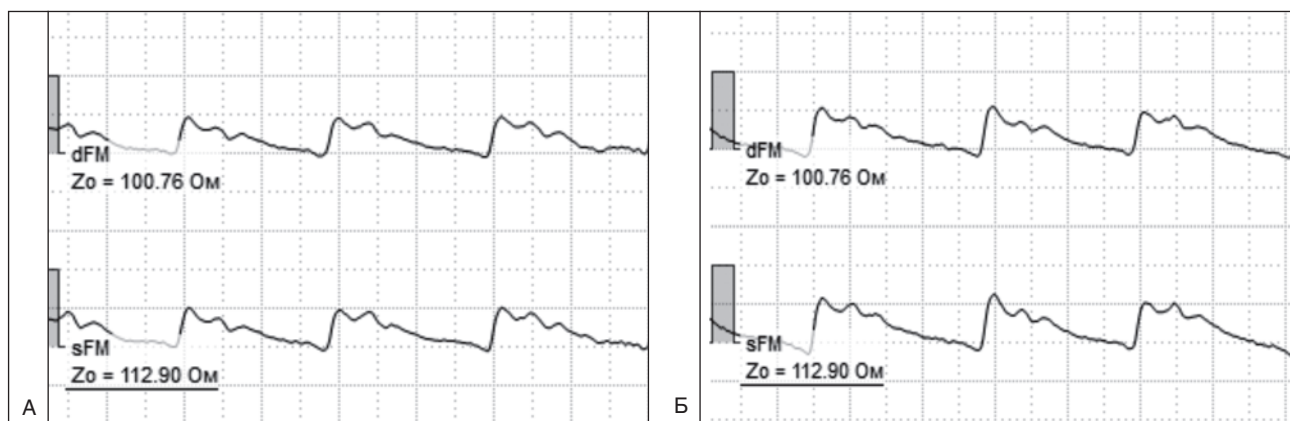


Рисунок 4. Реєстрація РЕГ у правому та лівому фронтостойдальних відведеннях у здорового добровольця на фоні проби з психічним навантаженням. Швидкість запису — 25 мм/с

мета цієї роботи полягала в перевірці можливості використання РЕГ як діагностичної допомоги для оцінки стану смерті мозку в дорослих. Проте автори вирішили, що РЕГ як додатковий діагностичний критерій не може бути використана, адже в осіб із загиблим головним мозком реєструвалися коливання краніального імпедансу (тобто реєструвалася електрична плетизмограма), що автори пояснили збереженням серцевої діяльності та скальпового кровотоку, а також можливості передачі механічних впливів, що створюються під час змін внутрішньогрудного тиску при проведенні штучної вентиляції легень [14].

Навпаки, при реєстрації РЕГ у здорових добровольців із проведенням проби з психічним навантаженням спостерігається суттєва зміна її характеристик, що в переважній кількості випадків полягає в підвищенні амплітуди систолічної хвилі. Проте при втомі реєструють її зниження. Тест із психічним навантаженням полягає в тому, що РЕГ реєструють двічі: перший раз у стані абсолютного спокою, а згодом пропонують пацієнту швидко вирішити тривале (у кілька дій) арифметичне завдання. При цьому може чітко проявлятися природна асиметрія, що полягає в переважному кровопостачанні певної домінуючої півкулі головного мозку. Слід зазначити, що чітку асиметрію й особливо її підсилення в умовах проби з психічним навантаженням можна знайти далеко не завжди, проте нам вдалося зареєструвати її яскравий приклад. На рис. 4 можна спостерігати зростання амплітуди основної хвилі РЕГ на тлі психічного навантаження [15]. У стані абсолютного спокою (рис. 4А) амплітуда основної хвилі РЕГ сягає 50 % амплітуди стандартного калібрувального сигналу величиною в 0,1 Ом. А отже, показник реографічного систолічного індексу (РСІ) дорівнює 0,05 Ом. На тлі когнітивного навантаження (рис. 4Б) висота основної хвилі РЕГ-комплексів збільшується майже на 20 %, та РСІ вже дорівнює 0,06 Ом. Зверніть увагу на те, що амплітуда РЕГ в особи з нормально функціонуючим головним мозком є значно більшою, ніж у тих, хто перебуває в стані термінальної коми, навіть в умовах підтримки серцевого викиду та судинного тонуусу зі створенням артеріальної гіпертензії.

Висновки

Проведені дослідження демонструють, що під час реоенцефалографічного дослідження реєструються зміни краніального імпедансу, що в основному зумовлені саме динамікою церебрального кровотоку, а не кровообігом у скальпі. Адже при розвитку смерті головного мозку, навіть в умовах ефективної гемодинамічної підтримки, домогтися появи на РЕГ комплексів, амплітуда яких хоча б віддалено відповідала характеристикам кровотоку в живому функціонуючому органі, неможливо.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів під час підготовки даної статті.

Список літератури

1. Brazovskii K.S. Modeling the Ability of Rheoencephalography to Measure Cerebral Blood Flow / K.S. Brazovskii, J.S. Pekar, O.S. Umanskii // *Journal of Electrical Bioimpedance*. — 2014. — Vol. 5. — P. 110-113.
2. Perez J.J. Quantification of Sensibility to Conductivity Changes in Bipolar Rheoencephalography / J.J. Perez, E. Guisjarro, J.A. Barcia // *Engineering in Medicine and Biology, 1999. 21st Annual Conference and the 1999 Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society*. — Access mode: doi: 10.1109/IEMBS.1999.802533.
3. Correlation of Rheoencephalography and Laser Doppler Flow: a Rat Study / M. Bodo, R. Sheppard, A. Hill et al. // *Journal of Electrical Bioimpedance*. — 2016. — Vol. 7. — P. 55-58. — Access mode: doi:10.5617/jeb.2985.
4. Impaired Cerebrovascular Autoregulation and Reduced CO₂ Reactivity after Long Duration Spaceflight / K.A. Zuj, P. Arbeille, J.K. Shoemaker et al. // *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*. — 2012. — Vol. 302, № 12. — P. 2592-2598. — Access mode: doi: 10.1152/ajp-heart.00029.2012.
5. Patent US 20070287899 A1, IPC6 A61B5/04. Non-Invasive Intracranial Monitor / B. Poupko, Y. Reichman, A. Rapaport, S. Ben-Ari; Orsan Medical Technologies Ltd. — № US 11/1610,553; заявл. 14.11.2006; опубл. 13.12.2007. — Access mode: <https://www.google.com/patents/US20070287899>.
6. Bodo M. Rheoencephalography (REG) as a Non-Invasive Monitoring Alternative for the Assessment of Brain Blood Flow / M. Bodo, F.J. Pearce // *North Atlantic Treaty Organization: Research and Technology Organization: Combat Casualty Care in Ground-Based Tactical Situations: Trauma Technology and Emergency Medical Procedures (Published: September 2004)*. — Access mode: www.rta.nato.int; MP-HFM-109-\$\$\$ALL-PDF-X Change-Viewer.
7. Perez J.J. To What Extent is the Bipolar Rheoencephalographic Signal Contaminated by Scalp Blood Flow? A Clinical Study to Quantify its Extra and Non-Extracranial Components // *Biomedical Engineering*. — 2014. — Vol. 13. — P. 131 (Published online 2014 Sep 6). — Access mode: doi: 10.1186/1475-925X-13-131.
8. ХАИ-Медика: научно-технический центр радиоэлектронных медицинских приборов и технологий. Медицинское оборудование ХАИ-Медика. Версии [Электронный ресурс]. — 2016. — Access mode: <https://xai-medica.com/products.htm#reocom>.
9. Наказ МОЗ України № 821 (23.09.2013) «Про встановлення діагностичних критеріїв смерті мозку та процедури констатації моменту смерті людини» [Електронний ресурс]; [Публічна інформація від 23.09.2013]. — Access mode: http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20130923_0821.html.
10. Early and Late Systemic Hypotension as a Frequent and Fundamental Source of Cerebral Ischemia Following Severe Brain Injury in the Traumatic Coma Data Bank / R.M. Chesnut, S.B. Marshall, J. Piek et al. // *Acta Neurochirurgica*. — 1993. — Vol. 50, Suppl. — P. 121-125.
11. Hyperoxia of Internal Jugular Venous Blood in Brain Death / T. Minami, M. Ogawa, T. Sugimoto et al. // *Journal of Neurosurgery*. — 1973. — Vol. 39, № 4. — P. 442-447.
12. Catecholamines as Outcome Markers in Isolated Traumatic Brain Injury: the COMA-TBI Study / S.B. Rizoli, B.N.R. Jaja, A.P. Di Batista et al. // *Critical Care*. — 2017. — Vol. 21. — P. 37.

13. *Vasopressor Use and Effect on Blood Pressure After Severe Adult Traumatic Brain Injury* / P. Sookplung, A. Siriuswakul, A. Malakouti et al. // *Neurocritical Care*. — 2011. — Vol. 15, № 1. — P. 46-54.

14. *Pulsatile Electrical Impedance Response from Cerebrally Dead Adult Patients Is not a Reliable Tool for Detecting Cerebral Perfusion Changes* / L. Basano, P. Ottonello, F. Nobili et al. // *Physiological Measurement*. — 2001. — Vol. 22. — P. 341-349.

15. *Динамика каротидного кровотока при выполнении когнитивной пробы при регулярных физических нагрузках* / А.В. Кабачкова, А.Н. Захарова, Г.С. Лалаева и др. / *The 4th International Interdisciplinary Conference on «Modern Problems in Systemic Regulation of Physiological Functions»*, Moscow, Russia, September 17–18, 2015. — P. 282-285. doi: 10.12737/12359.

Отримано 15.12.2017 ■

Белецкий А.В., Курсов С.В.

Харьковская медицинская академия последипломного образования, г. Харьков, Украина

Возможность изучения церебрального кровообращения с помощью реоэнцефалографии

Резюме. Проводились реоэнцефалографические исследования пострадавших с политравмой с ведущим компонентом тяжелой черепно-мозговой травмы, у которых была диагностирована смерть головного мозга. Смерть головного мозга констатировали на основе клинических диагностических критериев, утвержденных Приказом № 821 Министерства здравоохранения Украины (2013 г.), и дополнительного определения напряжения кислорода в артериальной крови и крови, взятой из внутренней яремной вены. Оба пациента продолжали находиться на искусственной вентиляции легких. С помощью непрерывной инфузии дофамина и фенилэфрина устранены артериальная гипотензия и брадикардия. Систолическое артериальное давление доведено

до 180 мм рт.ст. Состоятельность сердечного выброса контролировалась с помощью тетраполярной грудной реографии по методу Кубичека. Тем не менее эффективная гемодинамическая поддержка не позволила зарегистрировать комплексы реоэнцефалограммы, которые по величине амплитуды могли бы свидетельствовать о наличии эффективного церебрального кровообращения. Авторы утверждают, что главная роль в формировании комплексов импедансной реоплетизмограммы при проведении реоэнцефалографического исследования принадлежит церебральному кровообращению, а не кровообращению в тканях скальпа.

Ключевые слова: реоэнцефалография; мозговой кровоток; смерть головного мозга; политравма

O.V. Biletskiy, S.V. Kursov

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Kharkiv, Ukraine

The possibility of studying cerebral blood flow with rheoencephalography

Abstract. Rheoencephalographic studies were carried out in victims with polytrauma with a prevalent component of severe traumatic brain injury, who were diagnosed with brain death on the basis of clinical criteria approved by Order No. 821 of the Ministry of Health of Ukraine (2013) and additional determination of oxygen tension in arterial blood and blood taken from the internal jugular vein. Both patients continued to be on artificial ventilation. With the help of continuous infusion of dopamine and phenylephrine, arterial hypotension and bradycardia are eliminated. Systolic blood pressure was adjusted to 180 mm Hg. The cardiac output was controlled

with the help of tetrapolar thoracic rheography according to Kubicek. Nevertheless, effective hemodynamic support did not allow the registration of complexes of the rheoencephalogram, which in amplitude at least remotely indicated the presence of effective cerebral blood flow. The authors claim that the main place in the formation of impedance rheoplethysmogram complexes during the rheoencephalographic study belongs to the cerebral blood flow, and not to the blood flow in the scalp tissues.

Keywords: rheoencephalography; cerebral blood flow; brain death; polytrauma