

УДК 616.132.2-089:616.12-78

ЛОСКУТОВ О.А.<sup>1,2</sup>, ДРУЖИНА О.М.<sup>1,2</sup>, ШЛАПАК І.П.<sup>1</sup>, ТОДУРОВ Б.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кафедра анестезіології та інтенсивної терапії НМАПО імені П.Л. Шупика<sup>2</sup>ДУ «Інститут серця» МОЗ України, м. Київ

## БІЛАТЕРАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ЦЕРЕБРАЛЬНОЇ ОКСИГЕНАЦІЇ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ПЕРФУЗІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЙ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТУВАННЯ В УМОВАХ ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

**Резюме.** Робота присвячена вивченню залежності між значеннями рівня сатурації головного мозку та основними параметрами перфузії для оптимізації методики перфузіологічного забезпечення при проведенні операцій аортокоронарного шунтування в умовах штучного кровообігу. У дослідження були включені 23 пацієнти з ішемічною хворобою серця, яким була виконана операція ізольованого аортокоронарного шунтування. Під час дослідження була визначена пряма кореляційна залежність між значеннями рівня сатурації головного мозку та продуктивністю апарата штучного кровообігу: при зниженні об'ємної швидкості перфузії зазначалося пропорційне зниження показників рівня сатурації головного мозку ( $r = 0,62$ ), а збільшення продуктивності апарата штучного кровообігу призводило до зростання даних значень ( $r = 0,80$ ). При зниженні середніх значень артеріального тиску внаслідок зменшення загальнопериферійного судинного опору реєструвалося зменшення рівня сатурації головного мозку ( $r = 0,59$ ), а збільшення об'ємної швидкості перфузії дозволяло досягти вихідного рівня цих значень. У той же час збільшення показників артеріального тиску шляхом збільшення загальнопериферійного судинного опору не призводило до значимого підйому рівня сатурації головного мозку (відсутність кореляційного зв'язку,  $r < 0,3$ ).

**Ключові слова:** церебральна оксигенація, аортокоронарне шунтування, штучний кровообіг.

### Вступ

Неврологічні ускладнення в даний час залишаються однією з основних проблем хірургії «відкритого» серця [1, 2].

Так, згідно з дослідженнями F. Nicolini та співавт., серйозні ускладнення з боку центральної нервової системи (ЦНС) після проведення кардіохірургічних операцій виникають у 9,85 % пацієнтів [3]. При цьому в 11,7 % прооперованих визначається стійка мозкова симптоматика, а в 88,3 % випадків пацієнти мають тимчасові неврологічні розлади [3]. За даними І.І. Деметтьєвої та співавт., поширеність інсульту в кардіохірургічних пацієнтів у ранньому післяопераційному періоді становить близько 2 %, а у хворих на діабет і атеросклероз сонних артерій ризик його розвитку може зростати до 8 % [4].

Однак основний внесок у загальний відсоток ускладнень із боку ЦНС у кардіохірургічних хворих роблять нейропсихологічні дисфункції, що визначають якість життя людини. Згідно з дослідженнями W. Hueb і співавт., когнітивна дисфункція є найбільш поширеним післяопераційним неврологічним ускладненням у кардіохірургії, що виявляється в 30–65 % пацієнтів протягом 1 міс. після ревазуляризації міокарда та в 20–40 % прооперованих протягом наступних п'яти післяопераційних місяців [5].

Здебільшого подібні неврологічні розлади мають багатофакторну етіологію, до якої можна віднести поєднання гіпоперфузії та мікроемболізації, похилий вік і активність системно-запальної відповіді, наявність в анамнезі інсульту, гіпертонії, цукрового діабету та ін. [6]. Механізм цих асоціацій і вираженість їх шкідливої дії багато в чому пов'язані з вихідним станом кровеносних судин (як системи мікроциркуляції, так і магістральних судин голови та шиї), що, зі свого боку, визначає ступінь ішемії головного мозку та тяжкість післяопераційних ускладнень із боку ЦНС [1].

У даний час продовжується пошук найбільш інформативного методу діагностики інтраопераційної ішемії головного мозку. Різними авторами пропонується цілий ряд інструментальних методів дослідження функціонального стану ЦНС під час проведення оперативних втручань: югулярна оксиметрія, електроенцефалографія, вимірювання біспектрального індексу, реєстрація викликаних соматосенсорних потенціалів, траскраніальне доплерівське дослідження мозкового кровотоку та ін. Щодо цього одним із перспективних

© Лоскутов О.А., Дружина О.М., Шлапак І.П., Тодуров Б.М., 2015

© «Медицина невідкладних станів», 2015

© Заславський О.Ю., 2015

методів оцінки ішемії головного мозку є церебральна оксиметрія.

Ще в 1994 р. M.F. Newman із співавт. на великому клінічному матеріалі встановили тісний взаємозв'язок між зниженням когнітивної здатності в пацієнтів, які перенесли операцію в умовах штучного кровообігу (ШК), і рівнем насичення киснем гемоглобіну нейронального відділу головного мозку [7]. Автори показали, що всі хворі, у яких під час операції рівень сатурації головного мозку ( $rSO_2$ ) був нижчий від 60 %, у ранньому післяопераційному періоді мали зниження пізнавальної здатності [7]. У більш пізніх дослідженнях R.E. Carlin і співавт. установили тісний взаємозв'язок між інтракраніальним кровотоком і змінами оксигенації головного мозку при каротидній ендартеректомії [8].

Все це послужило приводом для того, що в даний час при проведенні оперативних втручань для контролю перфузії головного мозку все більш широко використовується моніторинг церебральної оксиметрії [9–11]. Це великою мірою пов'язано з тим, що стандартні способи моніторингу системного насичення киснем артеріальної та венозної крові не можуть повною мірою відобразити стан оксигенації периферійних тканин, таких як кора головного мозку. До того ж розрахунок показників церебральної оксигенації з використанням неінвазивної реєстрації  $SrO_2$  позбавлений недоліків інвазивних методів і дозволяє здійснювати безперервний моніторинг оксигенації головного мозку, оцінювати ефективність терапії та визначати тактику лікувальних заходів.

Однак у сучасних протоколах більшості кардіохірургічних клінік показники рівня сатурації головного мозку не використовуються як критерії прийняття клінічних рішень. Тому метою даної роботи була оптимізація методики перфузіологічного забезпечення при проведенні операцій аортокоронарного шунтування (АКШ) в умовах штучного кровообігу на підставі дослідження взаємозв'язку між значеннями  $rSO_2$  та основними параметрами перфузії.

## Матеріали та методи

У дослідження були включені 23 пацієнти з ішемічною хворобою серця (ІХС), яким на базі ДУ «Інститут серця» була виконана операція ізольованого аортокоронарного шунтування з накладенням 2–3 коронарно-венозних анастомозів в умовах ШК. Середня кількість коронарно-венозних анастомозів становила  $2,7 \pm 0,2$ .

Середній вік обстежених становив  $62,0 \pm 3,8$  року (від 63 до 70 років), середня вага —  $82,5 \pm 7,4$  кг. Чоловіків було 14 осіб (60,9 %), жінок — 9 осіб (39,1 %).

Соматичний стан пацієнтів відповідав 3–5 балам за Європейською системою оцінки ступеня ризику оперативного втручання для хворих із ІХС. Функціональний клас за NYHA становив  $3,3 \pm 0,28$  бала. Інфаркт міокарда в анамнезі відзначався в 21 (91,3 %) пацієнта. Вихідна фракція викиду у хворих обстеженої групи становила  $38,7 \pm 3,9$  %. Цукровий діабет 2-го типу був діагностований у 9 (39,1 %) осіб.

Усі пацієнти оперувалися в умовах загальної анестезії на основі севофлурану. Вступний наркоз включав у себе пропофол ( $1,5 \pm 0,3$  мг/кг) і фентаніл (1 мг/кг).

Міорелаксація забезпечувалася рокуронію бромідом (0,9 мг/кг). Підтримання анестезії: севофлуран (1,5–2,3 МАК) уздовж напівзакритого контура, аналгезія — фентаніл ( $21,5 \pm 3,4$  мкг/кг на весь час оперативного втручання), міорелаксація — рокуронію бромід (0,6 мг/кг одноразово перед початком ШК).

Штучна вентиляція легенів проводилася повітряно-кисневою сумішшю в режимі нормовентиляції під контролем газового складу крові з концентрацією кисню у вдихуваній суміші 40–70 % з підтриманням нормокапнії (середнє значення  $pCO_2$  артеріальної крові становило  $35,3 \pm 2,4$  мм рт.ст.).

Штучний кровообіг проводився на апаратах System-1 (Terumo, США) з використанням мембранних оксигенаторів Affinity NT (Medtronic, США) в умовах помірної гіпотермії ( $t$  стравохідна =  $29,3 \pm 2,4$  °C). Підключення апарата ШК (АШК) і перфузія до штучної фібриляції серця проводилися з використанням ламінарного режиму з подальшим переходом в пульсуючий режим ШК (розрахунковий перфузійний індекс становив  $2,5$  л/хв/м<sup>2</sup>, при цьому об'ємна швидкість перфузії в середньому становила  $4,50 \pm 0,02$  л/хв).

Первинний об'єм заповнення апарата ШК був стандартним, основою якого був ізоосмолярний та ізонкотичний розчин синтетичного колоїду (6% розчин гідроксietильованого крохмалю). Співвідношення потоку крові до потоку газової суміші, що проходить крізь оксигенуючу камеру, на початку штучного кровообігу встановлювалося на рівні 2/1 відповідно. Надалі, через 5 хвилин після початку штучного кровообігу, залежно від отриманих даних про газовий і кислотно-лужний стан крові пацієнта проводилася стандартна корекція цих показників.

Під час ШК використовувалася нормоволемічна гемодилуція при середньому рівні гематокриту  $29,5 \pm 3,4$  %, гемоглобіну —  $90,1 \pm 2,4$  г/л. Згортання крові контролювали за часом активованого згортання та підтримували в межах більше ніж 480 с. Адекватність перфузії оцінювали за показниками кислотно-лужного, газового й електролітного складу крові, стравохідно-ректального температурного градієнта, темпом діурезу та рівнем лактату, що в середньому дорівнював  $1,80 \pm 0,43$  ммоль/л.

Середній час перфузії становив  $43,7 \pm 8,4$  хв.

Усім хворим виконували передопераційне дуплексне дослідження брахіоцефальних артерій: у 82,6 % пацієнтів виявили стеноз менше 50 % або відсутність стенозів, у 17,4 % — стеноз більше 50 %.

Крім рутинних показників, що визначаються під час проведення анестезіологічного забезпечення подібного типу операцій (пульсоксиметрія, електрокардіографія, реєстрація інвазивного артеріального тиску, центрального венозного тиску, визначення рівня гемоглобіну та кислотно-лужного складу крові та ін.), проводилося монітування рівня церебральної оксигенації ( $rSO_2$ ) кортикального відділу головного мозку в режимі реального часу методом прямої церебральної інфрачервоної спектроскопії апаратом INVOS (Somnatics, США) за методикою, заснованою на принципі оптичної спектроскопії із застосуванням інфрачервоного світла з діапазоном хвилі від 650 до 1110 нм.

Реєстрація перерахованих вище параметрів проводилася починаючи з етапу вступного наркозу та кожні 10 хв перфузії, що дозволило сформувати базу даних із 197 спостережень.

Аналіз отриманих результатів проводився на персональному комп'ютері з використанням прикладних програм Excel 2007 та Statistica 6.

### Результати та їх обговорення

Вихідні показники  $rSO_2$  в обстежених пацієнтів становили  $68,2 \pm 2,4$  % (рис. 1). На етапі вступного наркозу значення рівня церебральної оксигенації зростали на  $9,43 \pm 1,20$  % і становили  $75,3 \pm 3,1$  % (рис. 1), що пояснюється початком штучної вентиляції легень із підвищеним вмістом кисню.

У період канюляції аорти показники  $rSO_2$  досягали рівня  $58,7 \pm 2,1$  % і в середньому були вірогідно нижчі на  $22,05 \pm 1,50$  % щодо попередніх значень ( $p < 0,05$ ) і на  $13,9 \pm 0,8$  % порівняно з вихідними показниками ( $p < 0,1$ ) (рис. 1), що ми пов'язуємо зі зниженням гемодинамічних показників у результаті хірургічних маніпуляцій на серці. Це, зі свого боку, могло призводити до спазму судин головного мозку внаслідок виходу з діапазону, в рамках якого мозковий кровотік зберігає стабільність і здатність до саморегуляції.

Початок штучного кровообігу супроводжувався підвищенням рівня церебральної оксигенації в середньому на  $24,1 \pm 3,4$  % порівняно з попереднім етапом дослідження ( $p < 0,05$ ) і на  $11,8 \pm 0,9$  % щодо вихідного рівня ( $p < 0,1$ ) (рис. 1). Така позитивна динаміка  $rSO_2$  пов'язана зі стабілізацією гемодинаміки та поглибленням анестезії на початку перфузії, що, зі свого боку, сприяло дилатації церебральних судин, оптимізації церебрального кровотоку та поліпшенню оксигенації головного мозку.

Отримані нами результати не узгоджуються з дослідженнями Б.І. Караваєва, опублікованими раніше [12], в яких автор указує, що початок ШК завжди супроводжувався зниженням  $rSO_2$ , пояснюючи цей факт низькою концентрацією гемоглобіну в першій фракції перфузату, та різким зниженням артеріального тиску

на початку перфузії [12]. У наших же дослідженнях протокол проведення перфузії передбачав підтримку гемоглобіну на рівні  $89 \pm 9$  г/л і значень артеріального тиску в межах  $78 \pm 6$  мм рт.ст., що і пояснює зростання рівня церебральної оксигенації.

При охолодженні хворого відбувалося плавне та статистично вірогідне зниження оксигенації крові кори головного мозку, що виражалося в зниженні рівня  $rSO_2$  в середньому на  $23,03 \pm 2,70$  % порівняно з попереднім етапом дослідження ( $p < 0,05$ ) (рис. 1). Даний факт можна пояснити зміною лінійної швидкості кровотоку по середній мозковій артерії та зменшенням екстракції кисню при гіпотермії під час проведення перфузії, а також шунтуванням крові на рівні вилізієва кола у відповідь на гіпотермію.

На етапі зігрівання та паралельної перфузії порівняно з етапом гіпотермії спостерігалось збільшення показників церебральної оксигенації в середньому на  $6,7 \pm 0,4$  % ( $p > 0,1$ ) і на  $22,93 \pm 3,60$  % ( $p < 0,05$ ) відповідно (рис. 1), що, на нашу думку, пов'язано зі збільшенням сумарної доставки кисню тканинам організму при включенні ШВЛ, відновленні серцевого викиду та нормалізації функції мікроциркуляторного русла кори головного мозку.

Під час дослідження була визначена пряма кореляційна залежність між значеннями  $rSO_2$  і продуктивністю апарата штучного кровообігу: при зниженні об'ємної швидкості перфузії зазначалося пропорційне зниження показників  $rSO_2$  ( $r = 0,62$ ), так само як і збільшення продуктивності АШК призводило до зростання даних значень ( $r = 0,80$ ) (рис. 2).

При зниженні середніх значень артеріального тиску внаслідок зменшення загальнопериферійного судинного опору реєструвалось зменшення  $rSO_2$  ( $r = 0,59$ ), а збільшення об'ємної швидкості перфузії дозволяло досягти вихідного рівня цих значень, тоді як збільшення показників артеріального тиску шляхом збільшення загальнопериферійного судинного опору не призводило до значимого підйому рівня  $rSO_2$  (відсутність кореляційного зв'язку,  $r < 0,3$ ).

### Висновки

1. Церебральна оксиметрія є високоінформативною складовою системи нейромоніторингу та може

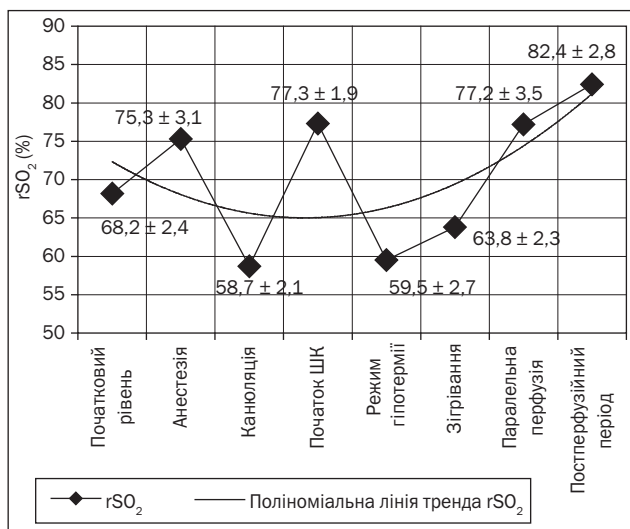


Рисунок 1. Динаміка показників  $rSO_2$  на етапах обстеження

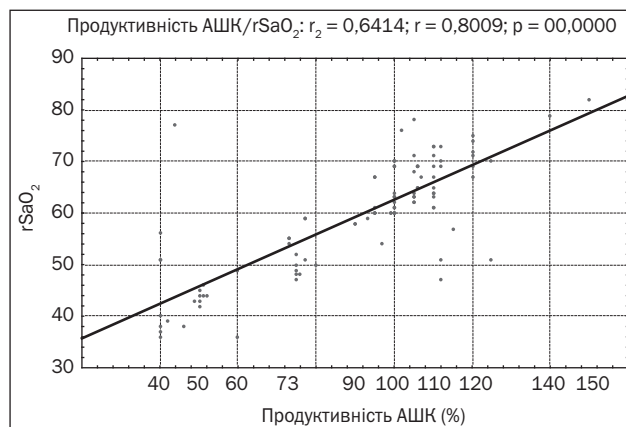


Рисунок 2. Кореляційна залежність між значеннями  $rSO_2$  і продуктивністю апарата штучного кровообігу



бути використана як критерій прийняття клінічних рішень.

2. Найбільш уразливими періодами при проведенні кардіохірургічних операцій зі штучним кровообігом у плані зниження церебральної оксигенації є період канюляції та період охолодження хворого, на яких рівень  $rSO_2$  знижувався відповідно на  $22,05 \pm 1,50 \%$  та  $23,03 \pm 2,70 \%$  щодо попередніх значень.

3. Під час дослідження була визначена пряма кореляційна залежність між значеннями  $rSO_2$  і продуктивністю апарата штучного кровообігу: при зниженні об'ємної швидкості перфузії зазначалося пропорційне зниження показників  $rSO_2$  ( $r = 0,62$ ), так само як і збільшення продуктивності апарата штучного кровообігу призводило до зростання даних значень ( $r = 0,80$ ).

## Список літератури

1. *Cognitive and neurologic outcomes after coronary-artery bypass surgery* / O.A. Selnes, R.F. Gottesman, M.A. Grega [et al.] // *N. Engl. J. Med.* — 2012. — Vol. 366, № 3. — P. 250-257.
2. *The preoperative neurological evaluation* / J. Probasco, B. Sahin, T. Tran [et al.] // *Neurohospitalist.* — 2013. — Vol. 3, № 4. — P. 209-220.
3. *Early neurological injury after cardiac surgery: insights from a single centre prospective study* / F. Nicolini, F. Maestri, C. Fragnito [et al.] // *Acta Biomed.* — 2013. — Vol. 84, № 1. — P. 44-52.
4. *Проблема церебральных микроэмболических осложнений у кардиохирургических больных и гемореологические методы их профилактики* / И.И. Дементьева, В.А. Сандриков, М.А. Чарная

Лоскутов О.А.<sup>1,2</sup>, Дружина А.Н.<sup>1,2</sup>, Шлапак И.П.<sup>1</sup>,  
Тодуров В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра анестезиологии и интенсивной терапии  
НМАПО имени П.Л. Шупика

<sup>2</sup>ГУ «Институт сердца» МЗ Украины, г. Киев

### БИЛАТЕРАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ОКСИГЕНАЦИИ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРФУЗИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЕРАЦИЙ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

**Резюме.** Работа посвящена изучению зависимости между значениями уровня сатурации головного мозга и основными параметрами перфузии для оптимизации методики перфузиологического обеспечения при проведении операций аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения. В исследование были включены 23 пациента с ишемической болезнью сердца, которым была выполнена операция изолированного аортокоронарного шунтирования. В ходе исследования была определена прямая корреляционная зависимость между значениями уровня сатурации головного мозга и производительностью аппарата искусственного кровообращения: при снижении объемной скорости перфузии отмечалось пропорциональное снижение показателей уровня сатурации головного мозга ( $r = 0,62$ ), а увеличение производительности аппарата искусственного кровообращения приводило к росту данных значений ( $r = 0,80$ ). При снижении средних значений артериального давления вследствие уменьшения общепериферического сосудистого сопротивления регистрировалось уменьшение уровня сатурации головного мозга ( $r = 0,59$ ), а увеличение объемной скорости перфузии позволяло достичь исходного уровня этих значений. В то же время увеличение показателей артериального давления путем увеличения общепериферического сосудистого сопротивления не приводило к значимому подъему уровня сатурации головного мозга (отсутствие корреляционной связи,  $r < 0,3$ ).

**Ключевые слова:** церебральная оксигенация, аортокоронарное шунтирование, искусственное кровообращение.

[и др.] // *Патология кровообращения и кардиохирургия.* — 2010. — № 3. — С. 50-55.

5. *A randomized comparative study of patients undergoing myocardial revascularization with or without cardiopulmonary bypass surgery: The MASS III Trial* / W. Hueb, N.H. Lopes, B.J. Gersh [et al.] // *Trials.* — 2008. — Vol. 28, № 9. — P. 52-58.

6. *Stroke and encephalopathy after cardiac surgery: an update* / G.M. McKhann, M.A. Grega, L.M. Jr Borowicz [et al.] // *Stroke.* — 2006. — Vol. 37, № 2. — P. 562-571.

7. *The effect of aging on cerebral autoregulation during cardiopulmonary bypass: association with postoperative cognitive dysfunction* / M.F. Newman, N.D. Croughwell, J.A. Blumenthal [et al.] // *Circulation.* — 1994. — Vol. 90, № 5 (Pt 2). — P. 243-249.

8. *The use of near-infrared cerebral oximetry in awake carotid endarterectomy* / R.E. Carlin, D.J. McGraw, J.R. Calimlim [et al.] // *J. Clin. Anesth.* — 1998. — Vol. 10, № 2. — P. 109-113.

9. *Rao G.S. Changing trends in monitoring brain ischemia: from intracranial pressure to cerebral oximetry* / G.S. Rao, P. Durga // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* — 2011. — Vol. 24, № 5. — P. 487-494.

10. *Near-infrared spectroscopy to indicate selective shunt use during carotid endarterectomy* / C.W. Pennekamp, R.V. Immink, H.M. den Ruijter [et al.] // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* — 2013. — Vol. 46, № 4. — P. 397-403.

11. *The role of cerebral oximetry in combination with awake testing in patients undergoing carotid endarterectomy under local anaesthesia* / J.C. Ritter, D. Green, H. Slim [et al.] // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* — 2011. — Vol. 41, № 5. — P. 599-605.

12. *Караваяв Б.И. Регионарная оксигенация, метаболизм глюкозы и электролитный баланс головного мозга в периоперационном периоде: Дис... д-ра мед. наук: спец. 14.00.37 «анестезиология и реаниматология»* / Б.И. Караваяв. — М., 2003. — 183 с.

Отримано 03.07.15 ■

Loskutov O.A.<sup>1,2</sup>, Druzhyna O.M.<sup>1,2</sup>, Shlapak I.P.<sup>1</sup>, Todurov V.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Anaesthesiology and Intensive Therapy  
of National Medical Academy of Postgraduate Education  
named after P.L. Shupik, Kyiv

<sup>2</sup>State Institution «Institute of Heart» of Ministry of Health, Kyiv,  
Ukraine

### BIATERAL MONITORING OF CEREBRAL OXYGENATION AND PERFUSION BASIC PARAMETERS DURING CORONARY BYPASS OPERATIONS WITH CARDIOPULMONARY BYPASS

**Summary.** The paper studies the relationship between the values of the basic parameters level of brain saturation and perfusion techniques to optimize perfusion support during coronary bypass operations with cardiopulmonary bypass. The study included 23 patients with coronary artery disease who underwent isolated coronary artery bypass graft surgery. The study determined a direct correlation between the values of level of brain saturation and heart-lung machine: at lower volume rate of perfusion, there was a proportional decline in level of brain saturation ( $r = 0.62$ ), and an increase in performance-lung machine led to an increase in these values ( $r = 0.80$ ). Reduction of mean arterial pressure due to the decrease in vascular resistance peripheral was associated with decreased level of brain saturation ( $r = 0.59$ ), and an increase in space velocity allowed achieve perfusion of the baseline values. Then, as an increase in blood pressure by increasing peripheral vascular resistance did not lead to a significant enhance of level of brain saturation (lack of correlation relationship,  $r < 0.3$ ).

**Key words:** cerebral oxygenation, coronary artery bypass surgery, cardiopulmonary bypass.