УДК 616.831-089.5-089.168:612.26](048.8)

DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872026288-95

Роль неінвазивного моніторингу церебральної оксигенації у виявленні порушень церебральної ауторегуляції та когнітивних дисфункцій під час анестезії в напівсидячому положенні

К. І. Лизогуб, М. В. Лизогуб

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

The beach chair position, commonly used in shoulder surgery, is associated with a potential risk of cerebral hypoperfusion due to hydrostatic gradient and anesthesia-induced hypotension. The role of cerebral autoregulation in maintaining adequate cerebral oxygenation under these conditions remains incompletely understood. Objective. Assess the relationships between indicators of systemic hemodynamics, cerebral oximetry and cognitive functions in patients in the perioperative period in a beach chair position. Methods. A total of 80 patients were included. Mean arterial pressure (MAP), heart rate, and regional cerebral oxygen saturation were continuously monitored using near-infrared spectroscopy (NIRS). Cerebral autoregulation was assessed using the correlation between MAP and rSO_2 (cerebral oximetry index, COx). Cognitive function was evaluated using the Montreal Cognitive Assessment (MoCA). Results. Preserved cerebral autoregulation was observed in 75 patients (93.75 %), who demonstrated no clinically significant decrease in rSO_2 after positioning. Five patients (6.25 %) developed marked reductions in MAP and cerebral oxygenation. During surgery, the decrease in rSO_2 was significantly greater in these patients compared with the preserved autoregulation group (–15.2 ± 4.6 % vs. –1.07 ± 4.79 %; $p < 0.001$). Postoperatively, the impaired autoregulation group showed a significant decline in MoCA scores from 28.4 ± 0.5 to 26.4 ± 0.5 points ($p = 0.011$), whereas cognitive performance remained unchanged in the remaining patients. Conclusions. Cerebral autoregulation remained preserved in most patients undergoing surgery in the beach chair position. Impaired cerebral autoregulation was associated with greater decreases in cerebral oxygenation and postoperative cognitive decline. NIRS monitoring may facilitate early identification of patients at risk of cerebral hypoperfusion and perioperative neurological complications. Keywords. Beach chair position, cerebral autoregulation, hemodynamic.

Напівсидяче положення, яке широко використовується під час нейрохірургічних та ортопедичних операцій, може супроводжуватися зниженням церебральної перфузії внаслідок гідростатичного градієнта й анестезіологічно індукованої гіпотензії. Роль церебральної ауторегуляції в підтриманні адекватної оксигенації мозку в цих умовах залишається недостатньо вивченою. Мета. Проаналізувати взаємозв'язок між показниками системної гемодинаміки, церебральної оксиметрії та когнітивних функцій у пацієнтів у періопераційному періоді у напівсидячому положенні (НСП). Методи. У проспективне дослідження включено 80 пацієнтів. Проводили моніторинг середнього артеріального тиску (САТ), частоти серцевих скорочень і регіональної церебральної оксигенації методом NIRS. Вивчення церебральної ауторегуляції здійснювали шляхом аналізу кореляції між САТ і rSO_2. Когнітивні функції оцінювали за шкалою МоСА. Результати. У 75 пацієнтів (93,75 %) під час переведення в напівсидяче положення не спостерігалося клінічно значущого зниження rSO_2, що свідчило про збережену церебральну ауторегуляцію. У 5 осіб (6,25 %) відзначалося виражене зниження САТ і rSO_2. Під час інтраопераційного моніторингу величина зниження rSO_2 становила –15,2 ± 4,6 проти (–1,07 ± 4,79) % у пацієнтів зі збереженою ауторегуляцією ($p < 0,001$). Післяопераційно у цій групі спостерігалося достовірне зниження показників МоСА з 28,4 ± 0,5 до (26,4 ± 0,5) бала ($p = 0,011$), тоді як у решти пацієнтів когнітивні функції залишалися стабільними. Висновки. У більшості прооперованих церебральна ауторегуляція в разі оперативних втручань у напівсидячому положенні залишається збереженою. ЇЇ порушення асоціюється зі значно вираженішим зниженням церебральної оксигенації та післяопераційним погіршенням когнітивних функцій. Моніторинг NIRS може бути корисним для раннього виявлення хворих із ризиком церебральної гіпоперфузії.

Ключові слова. Напівсидяче положення, церебральна ауторегуляція, системна гемодинаміка

© Лизогуб К. І., Лизогуб М. В., 2026

Вступ

Церебральна оксиметрія методом ближньої інфракрасної спектроскопії (NIRS) відображає регіонарну сатурацію в корі головного мозку та частково підкорковій білій речовині лобної долі, виступає індикатором балансу між доставкою та споживанням кисню мозковою тканиною. Показники NIRS значною мірою залежать від церебрального кровотоку, який, у свою чергу, визначається церебральним перфузійним тиском (ЦПТ), розрахованим як різниця між середнім артеріальним тиском (САТ) та внутрішньочерепним тиском (ВЧТ).

Традиційне уявлення про нижню межу ауторегуляції близько 50–60 мм рт. ст. не враховує значної міжіндивідуальної варіабельності; у дорослих нижня межа може коливатися приблизно від 40 до 90 мм рт. ст. [1], за умов збереженої церебральної ауторегуляції мозкові судини здатні підтримувати стабільний кровотік шляхом зміни судинного тонусу, тому коливання САТ не супроводжуються суттєвими змінами показників NIRS. Отже, у межах ауторегуляторного плато прямої кореляції між САТ і церебральною оксигенацією (rSO_2) не спостерігається. Натомість у разі порушень механізмів церебральної ауторегуляції (черепно-мозкова травма, гіпоксія, сепсис, вплив анестетиків, гіпокапнія, підвищення ВЧТ тощо) мозковий кровотік стає пасивно залежним від рівня системного артеріального тиску. У таких умовах зниження САТ призводить до зменшення ЦПТ, зниження як мозкового кровотоку, так і відповідних показників NIRS, що формує чітку пряму залежність між цими параметрами. Церебральна ауторегуляція відіграє вирішальну роль у різних клінічних сценаріях, включаючи періопераційний період. Дисфункція ауторегуляції може спричинити церебральну ішемію (гіпоперфузію) за умов епізодів низького церебрального кровотоку або вазогенного набряку та геморагічних інсультів (гіперперфузії) під час періодів підвищеного церебрального кровотоку. Крім того, порушена церебральна ауторегуляція може посилити первинне та вторинне ураження головного мозку [2, 3].

Оскільки від 70 до 80 % крові в мозку знаходиться у венозному просторі, значення NIRS переважно відображають оксигенацію венозної крові. Крім того, існує важлива внутрішньоіндивідуальна та міжіндивідуальна варіабельність початкового рівня. Нормальні значення NIRS становлять від 60 до 75 %, але у деяких пацієнтів із серцевими захворюваннями виявлено фізіологічні значення 55–60 %. Тому тенденції значень вважаються важливішими в клінічній практиці, ніж абсолютні значення [4]. Зниження показників NIRS на 20 % від базового рівня або на абсолютне значення менше ніж 50 %, вважається значним [5].

Напівсидяче положення (НСП) — це позиція, яка зазвичай використовується в хірургії верхніх кінцівок. Хоча втручання в цьому положенні має багато переваг, є також потенційні недоліки, включаючи неврологічні ускладнення, які вкрай рідкісні [6], проте мають серйозні наслідки. Відомо, що розвиток цих ускладнень зумовлений гравітаційним ефектом НСП, який спричиняє зниження мозкової перфузії.

Актуальність проблеми церебральної оксигенації під час анестезії в НСП обумовлена широким застосуванням артроскопічних втручань на плечовому суглобі, під час яких існує ризик розвитку церебральної гіпоперфузії внаслідок позиційних і гемодинамічних змін [7].

Розвиток післяопераційної когнітивної дисфункції (ПОКД) або делірію може бути одним із небажаних наслідків операцій у НСП, який можна пояснити зниженням інтраопераційного рівня rSO_2 більш ніж на 20 % від початкового значення [8]. Зниження rSO_2 розглядається як незалежний чинник ризику розвитку післяопераційної когнітивної дисфункції (ПОКД) [9]. Отже, залишається актуальним виявлення в передопераційному періоді факторів, які впливають на ризик виникнення періопераційних цереброваскулярних інцидентів.

Мета: проаналізувати взаємозв'язок між показниками системної гемодинаміки, церебральної оксиметрії та когнітивних функцій у пацієнтів у періопераційному періоді в напівсидячому положенні.

Матеріал та методи

Роботу виконано в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». Дослідження схвалене комітетом із біоетики відповідної установи, протокол № 263 від 04.05.2026 р. та проведене з дотриманням принципів належної клінічної практики (ICH GCP), Гельсінської декларації з прав людини та біомедицини (редакція 2024 р.), а також вимог чинного законодавства України.

До проспективного обсерваційного дослідження проведено скринінг 80 пацієнтів, яким здійснили артроскопічні втручання на плечовому суглобі в НСП. Середній вік хворих складав (42,44 ± 11,51) років.

Критерії виключення: порушення ритму, печінкова чи ниркова недостатність, втручання на головному мозку в анамнезі, відмова пацієнта від участі.

Фізичний стан пацієнтів у передопераційному періоді оцінювали за шкалою American Society of Anesthesiologists (ASA), причому всі прооперовані належали до I–II класу.

Дослідження проводилось у 3 етапи:

– 1 — за 24 год до операції пацієнтам визначали індекс церебральної оксиметрії (CO_X), який розраховується як коефіцієнт кореляції між САТ і регіональною rSO_2, отриманою методом NIRS. Такий підхід базується на аналізі взаємозв'язку між повільними коливаннями системного артеріального тиску та церебральної оксигенації і широко застосовується для неінвазивного визначення церебральної ауторегуляції. Значення CO_X коливаються від –1 до 1, якщо вище 0 — порушення церебральної ауторегуляції. Негативні значення свідчать про зміну сурогатних показників церебрального кровотоку незалежно від САТ, що відображає неушкоджену ауторегуляцію [10]. Після 5-хвилинного періоду адаптації у стані спокою проводили 3 послідовні вимірювання показників САТ та rSO_2 з інтервалом 3 хв у положенні лежачи на спині. Після переведення хворого в НСП та стабілізації гемодинамічних показників виконували ще 3 послідовні вимірювання з аналогічним інтервалом. Під час статистичного аналізу використовували середнє арифметичне значення 3 послідовних вимірювань для кожного положення тіла.

Залежно від характеру змін rSO_2 та показників гемодинаміки хворих розподілено на 2 групи: I — збережена церебральна ауторегуляція (n = 75); II — порушена церебральна ауторегуляція (n = 5).

У групі I переведення в НСП не супроводжувалося значущими змінами гемодинамічних показників та рівня rSO_2. Водночас у групі II під час зміни положення тіла зафіксовано зниження церебральної оксигенації та САТ;

– 2 — інтраопераційне дослідження. Первинне позиціювання пацієнтів було в стандартному положенні — лежачи на спині. Індукція включала: розчин пропофолу 1 % — 2 мг/кг, фентанілу 0,005 % — 0,2 мг, міоплегія під час інтубації трахеї забезпечувалась розчином суксаметонію 1 мг/кг і надалі міорелаксація підтримувалась розчином атракурію бесилат у дозуванні 0,3 мг/кг. Після протезування дихальних шляхів і переведення пацієнта на штучну вентиляцію легень апаратом Drager Atlan A350, режим вентиляції — pressure support, загальна анестезія підтримувалась розчином пропофолу 1 % залежно від показників BIS-моніторингу, дозування пропофолу 1 % складало 4,5–6,5 мг/кг/год. Знеболення проводили розчином фентанілу 0,005 %. Через 10 хв після індукції хворих переводили в НСП. Сатурацію периферичної крові (SpO_2), неінвазивний систолічний артеріальний тиск (СиАТ), діастолічний артеріальний тиск (ДіАТ), САТ визначено монітором Mediana YM 6000. Перше вимірювання здійснювали одразу після надходження в операційну, надалі — кожні 5 хв. Для контролю глибини седації та корекції інфузії пропофолу використовували BIS-моніторинг системою COVIDEN. Моніторинг rSO_2 проводили за допомогою апарата INVOS 5100 Regional Oximeter;

– 3 — аналіз когнітивних функцій у післяопераційному періоді. Стан когнітивних функцій оцінювали до операції та на 3 добу після за шкалою MoCA [11]. Результати післяопераційного тестування порівнювали з передопераційними показниками. Аналізували загальний бал MoCA, а також наявність ознак ПОКД. Отримані дані порівнювали між групами хворих.

Виконано статистичний аналіз, який проводили з використанням середовища R (R Foundation for Statistical Computing). Нормальність розподілу кількісних показників оцінювали за допомогою тесту Шапіро-Уілка та графічного аналізу Q–Q plots. За умови нормального розподілу результати подано у вигляді середнього значення та стандартного відхилення (M ± SD). Оскільки дані оцінювали у двох періодах спостереження — до операції та під час її проведення, для кожного пацієнта розраховували індивідуальну зміну показника між періодами (ΔrSO_2 та ΔCAT). Це дозволяло визначити напрямок і величину змін у межах показників одного хворого.

На першому етапі визначали зміну показника у відповідь на переведення пацієнта з позиції лежачи в НСП:

$$\Delta rSO_2 = rSO_{2\ напівсидячи} - rSO_{2\ лежачи};$$
$$\Delta CAT = CAT_{напівсидячи} - CAT_{лежачи}.$$

Такі показники характеризували безпосередню реакцію церебральної оксигенації та системної гемодинаміки на зміну положення тіла.

Для оцінювання зміни реакції на переведення пацієнтів у положення напівсидячи між перед- та інтраопераційним етапами розраховували показники $\Delta(\Delta rSO_2)$ та Δ(ΔCAT). Для цього визначали різницю між інтра- та передопераційною реакцією:

$$\Delta(\Delta rSO_2) = \Delta rSO_{2\ інтраопераційна} - \Delta rSO_{2\ преопераційна};$$
$$\Delta(\Delta CAT) = \Delta CAT_{інтраопераційна} - \Delta CAT_{преопераційна}.$$

Таким чином, $\Delta(\Delta rSO_2)$ відображав зміну церебральної оксигенаційної відповіді на переведення в НСП в умовах анестезії порівняно з передопера-

ційним станом, а Δ(ΔCAT) — зміну гемодинамічної відповіді за САТ. Використання показників Δ(ΔrSO_2) та Δ(ΔCAT) дозволяло оцінити не лише абсолютні значення rSO_2 та САТ, а саме зміну фізіологічної відповіді на однакове положення тіла у двох різних клінічних умовах — до операції та під час анестезії. Проаналізовано безпосередню реакцію rSO_2 та системної гемодинаміки на зміну положення тіла.

Для оцінювання зміни реакції на переведення пацієнтів у НСП між перед- та інтраопераційним етапами розраховували показники Δ(ΔrSO_2) та Δ(ΔCAT). Для цього розраховували різницю між інтра- та передопераційною реакцією.

Для внутрішньогрупових порівнянь показників у цих пацієнтів (положення лежачи та НСП) використовували парний t-test. Для характеристики величини ефекту розраховували Hedges' g та його 95 % довірчий інтервал (95 % CI).

Через значну нерівність чисельності груп і малу кількість хворих у II групі, міжгрупові порівняння виконували за допомогою Permutation (перестановочний) Welch-test. Для оцінки величини міжгрупових відмінностей додатково розраховували Hedges' g та 95 % CI [12].

Для оцінювання асоціацій між кількісними показниками використовували рангову кореляцію Спірмана (ρ). Цей метод не потребує припущення про нормальний розподіл даних і дозволяє виявити монотонний зв'язок між показниками, що є особливо важливим за малої кількості спостережень в окремих групах. Результати вважали статистично значущими за $p < 0,05$.

Результати

Аналіз CO_X у пацієнтів у передопераційному періоді

У пацієнтів I групи переведення в НСП не супроводжувалося значущими змінами гемодинамічних показників та рівня rSO_2. Водночас у II групи під час зміни положення тіла відзначалося зниження rSO_2 та САТ. Початкові показники наведено в таблиці 1.

У I групі середнє значення rSO_2 статистично значуще ($p = 0,003$) зменшувалося з (91,35 ± 3,77) % у положенні лежачи до (90,96 ± 3,99) % у НСП. У II групі також спостерігалося зниження rSO_2 з 89,00 ± 2,00 до (87,20 ± 2,17) %, проте через малу чисельність групи ці зміни не досягли статистичної значущості ($p = 0,137$). Порівняння груп показало, що в положенні лежачи статистично значущих відмінностей за рівнем rSO_2 не виявлено ($p = 0,055$). Після переведення в НСП рівень rSO_2 у II групі статистично значущо нижчий ($p = 0,013$), ніж у I групі, величина міжгрупової різниці відповідає великому ефекту ($g = 0,95$).

САТ у I групі знижувався з 100,55 ± 7,76 до (98,03 ± 10,13) мм рт. ст., різниця статистично не значуща ($p = 0,096$). У II групі після переведення в НСП спостерігалося виражене зниження САТ з 103,60 ± 2,97 до (87,60 ± 2,51) мм рт. ст., яке було статистично значущим ($p = 0,002$) та супроводжувалося дуже великим розміром ефекту ($g = 2,63$). Між групами статистично значущих відмінностей за САТ у положенні лежачи не виявлено ($p = 0,092$). Після переведення пацієнтів у напівсидяче положення САТ у II групі був суттєво нижчим порівняно з I ($p < 0,001$), а величина ефекту відповідала великому клінічно значущому ($g = 1,04$).

Для вивчення реакції на переведення пацієнтів у НСП за 24 год до операції аналізували ΔrSO_2 та ΔCAT, розраховані як різниця між показниками в НСП та лежачи (табл. 2).

У I групі переведення в НСП супроводжувалося незначним зниженням ΔrSO_2 (–0,4 ± 1,1) % та ΔCAT (–2,5 ± 12,9) мм рт. ст. У II групі зниження було вираженим і становило відповідно ΔrSO_2 (–1,8 ± 2,2) % та ΔCAT (16,0 ± 4,8) мм рт. ст. Порівняння груп показало, що величина зниження ΔrSO_2 у II групі більша, ніж у I, проте ця різниця не досягла статистичної значущості ($p = 0,267$).

Таблиця 1

Показники rSO_2 та САТ у передопераційному періоді

Показник	Положення		Внутрішньогрупове порівняння (t; p)	Hedges' g (95 % CI)
	лежаче	НСП		
rSO_2, %:				–0,36 [–0,59; –0,12]
– I група;	91,35 ± 3,77	90,96 ± 3,99	t = –3,113; p = 0,003	–0,66 [–1,46; 0,19]
– II група;	89,00 ± 2,00	87,20 ± 2,17	t = –1,857; p = 0,137	0,63 [–0,27; 1,53]
– міжгрупове порівняння	t = 2,361; p = 0,055	t = 3,498; p = 0,013		0,95 [0,04; 1,86]
САТ, мм рт. ст.:				–0,19 [–0,42; 0,03]
– I група;	100,55 ± 7,76	98,03 ± 10,13	t = –1,685; p = 0,096	–2,63 [–4,51; –0,75]
– II група;	103,60 ± 2,97	87,60 ± 2,51	t = –7,380; p = 0,002	–0,40 [–1,30; 0,50]
– міжгрупове порівняння	t = –1,899; p = 0,092	t = 6,408;	p < 0,001	1,04 [0,13; 1,95]

Водночас величина ефекту помірна (g = 0,66), що може свідчити про тенденцію до більш вираженого зниження ΔrSO_2 у пацієнтів II групи.

Для ΔCAT різниця між групами була статистично значущою (p = 0,0045). У II групі зниження ΔCAT під час переведення в НСП значно більше, ніж у I. Величина ефекту g = 1,26 свідчить про суттєві відмінності гемодинамічної відповіді між групами вже на передопераційному етапі.

За результатами аналізу, за 24 год до операції, пацієнти II групи демонстрували більш виражене зниження САТ під час переведення в НСП, тоді як відмінності за ΔrSO_2 мали характер тенденції та не досягли статистичної значущості.

Аналіз CO_X у пацієнтів в інтраопераційному періоді

Під час проведення операції, в обох групах фіксували показники rSO_2 та САТ у положенні лежачи під час наркозу та після переведення пацієнтів у НСП (табл. 3).

Таблиця 2

Оцінювання зміни показників гемодинаміки за 24 години до операції

Вихідний показник за групами	За 24 години до операції	
	ΔrSO_2	ΔCAT
– I (M ± SD); – II (M ± SD)	–0,4 ± 1,1 –1,8 ± 2,2	–2,5 ± 12,9 –16,0 ± 4,8
Міжгрупове порівняння: – p; – g; 95 % CI	 0,2673 0,66; [–0,37; 1,63]	 0,0045 1,26; [0,49; 2,00]

У I групі середній рівень rSO_2 практично не змінювався (p = 0,059) під час переведення пацієнтів у НСП — з 91,49 ± 3,80 до (90,42 ± 4,10) %. У II групі спостерігалося різке, статистично значуще (p = 0,002) зниження rSO_2 з 92,60 ± 1,95 до (77,40 ± 3,97) % та супроводжувалося дуже великим розміром ефекту (g = –2,63). Під час порівняння груп виявлено, що у положенні лежачи статистично значущих відмінностей за рівнем rSO_2 не було (p = 0,296), після переведення в НСП у II групі rSO_2 суттєво нижчий порівняно з I (p = 0,001; g = 3,15).

САТ під час інтраопераційного етапу статистично значущо (p < 0,001) знижувався після переведення пацієнтів у НСП в обох групах. У I групі з (163,23 ± 22,44) мм рт. ст. зменшився до (79,03 ± 9,38) мм рт. ст. із великим розміром ефекту (g = –3,35). У II групі САТ знижувався зі 154,47 ± 10,64 до (75,20 ± 4,58) мм рт. ст. також із ефектом (g = –6,19).

Незважаючи на виражене зниження САТ після переведення в НСП в обох групах, відмінності між ними не були статистично значущими ні у положенні лежачи (p = 0,152), ні в НСП (p = 0,146).

Отже, основні міжгрупові відмінності під час інтраопераційного дослідження були пов'язані не з рівнем САТ, а зі значно більш вираженим зниженням rSO_2 у пацієнтів II групи після переведення в НСП. Результати інтраопераційного контролю зміни ΔrSO_2 та ΔCAT наведені в табл. 4.

У I групі середнє зниження ΔrSO_2 становило (–1,07 ± 4,79) %, у II воно значно більше й дося-

Таблиця 3

Початкові показники rSO_2 та САТ в інтраопераційному періоді

Показник	Положення пацієнта		Порівняння між положеннями пацієнтів
	лежачи	НСП	
rSO_2, % I II	91,49 ± 3,80	90,42 ± 4,10	t = –1,9162, p = 0,059 g = –0,22; [–0,45; 0,01]
	92,60 ± 1,95	77,40 ± 3,97	t = –7,3818; p = 0,002 g = –2,63; [–4,51; –0,75]
Міжгрупове порівняння: t, p g; 95 %CI	 –1,140; 0,296 –0,30; [–1,19; 0,60]	 7,074; 0,001 3,15; [2,12; 4,17]	—
САТ, мм,рт,ст	163,23 ± 22,44	79,03 ± 9,38	t = –29,082, p < 0,001 g = –3,35; [–3,93; –2,76]
I II	154,47 ± 10,64	75,20 ± 4,58	t = –17,351; p < 0,001 g = –6,19; [–10,38; –2,08]
Міжгрупове порівняння: t, p g; 95 %CI	 t = 1,614; p = 0,152 0,39; [–0,51; 1,29]	 t = 1,649; p = 0,146 0,41; [–0,49; 1,31]	—

гало (–15,20 ± 4,60) % зі статистично значущою міжгруповою різницею ($p < 0,001$) та великим розміром ефекту ($g = 2,48$). Це свідчить про значно виражене зниження ΔrSO_2 у пацієнтів II групи під час переведення в НСП під час операції.

Зміни ΔCAT були значними в обох групах. У I групі ΔCAT дорівнювало (–84,20 ± 24,91) мм рт. ст., у II — (–79,27 ± 10,22) мм рт. ст. без статистично значущої міжгрупової різниці ($p = 0,402$).

Отже, під час інтраопераційного переведення пацієнтів у НСП в обох групах спостерігалося подібне за величиною зниження ΔCAT. Водночас лише хворі II групи демонстрували значно виражене зниження ΔrSO_2, що може свідчити про недостатню компенсацію церебрального кровообігу в умовах ортостатичного навантаження під час анестезії.

Для виявлення впливу анестезії на реакцію організму під час переведення пацієнтів в НСП аналізували показники $\Delta(\Delta rSO_2)$ та Δ(ΔCAT), які характеризували зміну реакції між перед- та інтраопераційним етапами (табл. 5).

У I групі зміна церебральної оксигенаційної відповіді ($\Delta(\Delta rSO_2)$) незначна і становить (–0,68 ± 4,86) %, що показує про відносно стабільну реакцію rSO_2 на переведення в НСП до операції та під час анестезії. У II групі цей показник становив (–13,40 ± 5,32) %, тобто під час операції зниження rSO_2 за переведення в НСП було значно вираженим, ніж на передопераційному етапі. Різниця між групами була статистично значущою ($p < 0,001$) та супроводжувалася дуже великим розміром ефекту ($g = 2,05$). Результати свідчать, що у пацієнтів II групи анестезія асоціювалася з істотним погіршенням rSO_2 відповіді на переведення в НСП порівняно з хворими I групи.

Аналіз змін Δ(ΔCAT) показав, що у I групі величина показника становила (–81,67 ± 25,46) мм рт. ст., у II — (63,27 ± 8,73) мм рт. ст., тобто різниця між групами також була статистично значущою ($p = 0,01756$) із великим ефектом ($g = –0,89$).

Анестезія суттєво змінювала реакцію на вертикалізацію в обох групах, проте характер цих змін різний. У пацієнтів II групи спостерігалося більш виражене погіршення rSO_2 під час переведення в НСП, тоді як зміни CAT між групами менш виражені. Це свідчить, що виявлені відмінності rSO_2 не можуть бути повністю пояснені лише змінами системної гемодинаміки.

Проведено кореляційний аналіз для виявлення зв'язку між ΔrSO_2 і ΔCAT на перед- та інтраопераційному етапах, а також для міжетапних змін ефектів переведення в НСП ($\Delta(\Delta SO_2)$ і Δ(ΔCAT)). Для аналізу використовували коефіцієнт Спірмена (r). За 24 год до операції не виявлено статистично значущого кореляційного зв'язку між ΔrSO_2 та ΔCAT. У I групі кореляція була дуже слабкою ($\rho = 0,027$; $p = 0,821$), у II спостерігався помірний негативний кореляційний зв'язок, який не досяг статистичної значущості ($\rho = -0,53$; $p = 0,362$). Аналогічні результати були отримані й у разі аналізу зв'язку ΔrSO_2 і ΔCAT під час операції. У групах не має зв'язків між показниками: $\rho = 0,031$; $p = 0,787$ для I групи; $\rho = 0,35$; $p = 0,553$ — для II.

Оцінювання зв'язку зміни ефектів ($\Delta(\Delta rSO_2)$ і Δ(ΔCAT)) також показала їхню відсутність між показниками. Так для I групи кореляція становила $\rho = 0,012$; $p = 0,911$, для II визначено середній негативний $\rho = –0,5$ та не значущий $p = 0,391$ зв'язок. Ураховуючи дуже малий розмір II групи, отримані кореляційні зв'язки треба оцінювати обережно.

Оцінювання когнітивної функції проводили за шкалою MoCA за 24 год до втручання та в раньому післяопераційному періоді (табл. 5).

У I групі середній бал за шкалою MoCA до операції становив 28,8 ± 1,0, після — (28,7 ± 0,8) бала. Виявлені зміни незначні та не досягли статистичної значущості ($p = 0,241$). Малий розмір ефекту ($g = 0,14$) свідчить про практичну відсутність змін когнітивної функції у пацієнтів I групи.

Таблиця 4

Інтраопераційні зміни показників гемодинаміки

Група	Операційний контроль	
	ΔrSO_2	ΔCAT
I	–1,07 ± 4,79	–84,20 ± 24,91
II	–15,20 ± 4,60 II	–79,27 ± 10,22
Міжгрупове порівняння: – p; – g; 95 % CI	 < 0,001 2,48; [0,76; 4,18]	 0,4018 –0,23; [–0,74; 0,29]

Таблиця 5

Оцінка ефекту переведення в НСП між перед- та інтраопераційним етапами

Група	Операційний контроль	
	$\Delta(\Delta rSO_2)$	Δ(ΔCAT)
I	–0,68 ± 4,86	–81,67 ± 25,46
II	–13,40 ± 5,32	–63,27 ± 8,73
Міжгрупове порівняння: – p; – g; 95 % CI	 < 0,001 2,05; [0,52; 3,54]	 0,012 –0,89; [–1,48; –0,27]

У II групі середній показник MoCA показав статистично значуще зниження (p = 0,011) з 28,4 ± 0,5 до (26,4 ± 0,5) бала та супроводжувалося великим розміром ефекту (g = 1,60), що може показувати суттєве погіршення когнітивної функції після лікування (табл. 6).

Отже, у пацієнтів I групи показники когнітивної функції залишалися стабільними протягом періоду спостереження, тоді як у хворих II групи відзначалося статистично та клінічно значуще зниження результатів MoCA та найбільш виражене інтраопераційне зниження rSO_2, отримані дані можуть свідчити про можливий зв'язок між її порушенням під час операції та погіршенням післяопераційних когнітивних показників, які. проявлялися переважно легким зниженням концентрації уваги, уповільненням психомоторних реакцій та помірними труднощами короткочасної пам'яті без розвитку клінічно значущого неврологічного дефіциту.

Обговорення

Ми виявили, що в більшості пацієнтів під час переведення в НСП спостерігалося помірне зниження артеріального тиску без клінічно значущого зниження rSO_2, що відповідає функціональним змінам. Низький коефіцієнт кореляції між показниками артеріального тиску та rSO_2 в II групі свідчить про збереження механізмів церебральної ауторегуляції. Це узгоджується зі сучасним уявленням про CO_X як показник «pressure–passive» церебральної перфузії: за збереженої ауторегуляції зміни САТ не повинні супроводжуватися паралельними змінами rSO_2, тоді як позитивна кореляція між ними вказує на втрату компенсаторної судинної відповіді [13]. Зауважимо, що пацієнти з нижчими інтраопераційними значеннями rSO_2 мали і нижчі показники за шкалою MoCA, що відповідало легким когнітивним порушенням. Це співпадає з даними M. Aguirre та співавт., які показали, що за загальної внутрішньовенної анестезії в НСП церебральні десатурації можуть виникати приблизно у 25 % випадків у пацієнтів ASA I–II та асоціюватися з порушенням церебрального кровотоку і погіршенням нейроповедінкових функцій у ранньому післяопераційному періоді. Разом із тим література з цього питання залишається неоднорідною: частина оглядів підкреслює асоціацію церебральної десатурації з когнітивними порушеннями, тоді як в окремих дослідженнях прямий причинний зв'язок не був переконливо доведений [14]. Окремо слід підкреслити роль гідростатичного градієнта між рівнем серця та головного мозку. У НСП церебральний перфузійний тиск є нижчим, ніж тиск, виміряний на рівні плеча або серця, і саме це може частково пояснювати, чому навіть «прийнятні» системні значення артеріального тиску не гарантують адекватної церебральної перфузії.

Таблиця 6

Когнітивні функції (MoCA)

Група	До операції (M ± SD)	Післяопераційний період (M ± SD)	Міжгрупове порівняння: t; p g, 95 % CI
I	28,8 ± 1,0	28,7 ± 0,8	1,1827; 0,241 0,14; [–0,09; 0,36]
II	28,4 ± 0,5	26,4 ± 0,5	4,472; 0,011 1,60; [0,30; 2,85]

У літературі наголошується, що під час операцій у НСП слід уникати контрольованої гіпотензії, а цільовий САТ має бути вищим у пацієнтів із гіпертензією чи цереброваскулярною патологією [15]. Таким чином, наші результати узгоджуються із сучасною концепцією — системний артеріальний тиск не є достатнім маркером церебральної безпеки під час оперативних втручань у НСП. Поєднане використання стандартного гемодинамічного моніторингу та NIRS дозволяє своєчасно виявляти пацієнтів із потенційно порушеною церебральною ауторегуляцією, у яких навіть помірне зниження артеріального тиску може супроводжуватися клінічно значущим падінням rSO_2 та гіршими когнітивними показниками [16].

Обмеження: невелика кількість пацієнтів із виявленими ознаками порушення ауторегуляції, що обмежує статистичну потужність міжгрупових порівнянь. Крім того, NIRS відображає регіональну, а не глобальну rSO_2, а результати можуть частково залежати від методики вимірювання, типу датчиків і вибраних порогів десатурації.

Висновки

У більшості пацієнтів під час переведення у напівсидяче положення церебральна ауторегуляція залишалася збереженою та не супроводжувалася значущим зниженням rSO_2.

Порушення церебральної ауторегуляції асоціювалося з більш вираженим зниженням артеріального тиску, церебральної оксигенації та нижчими показниками когнітивних функцій.

Моніторинг церебральної оксигенації методом NIRS є інформативним інструментом раннього виявлення церебральної десатурації та порушень церебральної ауторегуляції у пацієнтів під час оперативних втручань у напівсидячому положенні.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Удосконалення періопераційного в НСП під час проведення артроскопії плечового суглоба.

Інформація про фінансування. Зовнішнього фінансування дослідження не отримувало.

Внесок авторів. Лизогуб К. І. — аналіз отриманих даних, Лизогуб М. В. — розробка концепції дослідження.

Список літератури

1. Vu, E. L., Brown, C. H., Brady, K. M., & Hogue, C. W. (2024). Monitoring of cerebral blood flow autoregulation: Physiologic basis, measurement, and clinical implications. *British Journal of Anaesthesia, 132*(6), 1260–1273. https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.01.043
2. Donnelly, J., Budohoski, K. P., Smielewski, P., & Czosnyka, M. (2016). Regulation of the cerebral circulation: Bedside assessment and clinical implications. *Critical Care, 20*(1). https://doi.org/10.1186/s13054-016-1293-6
3. Sarwal, A., Robba, C., Venegas, C., Ziai, W., Czosnyka, M., & Sharma, D. (2023). Are we ready for clinical therapy based on cerebral Autoregulation? A pro-con debate. *Neurocritical Care, 39*(2), 269–283. https://doi.org/10.1007/s12028-023-01741-1
4. Maillard, J., Sologashvili, T., Diaper, J., Licker, M., & Keli Barcelos, G. (2019). A case of persistence of normal tissue oxygenation monitored by near-infrared spectroscopy (NIRS) values despite prolonged perioperative cardiac arrest. *American Journal of Case Reports,* 20, 21–25. https://doi.org/10.12659/ajcr.911399
5. Seshan, J. R., Kapoor, I., Prabhakar, H., & Mahajan, C. (2022). An unexpected reduction in the value of near-infrared spectroscopy in a child with moyamoya disease. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology, 38*(2), 336–337. https://doi.org/10.4103/joacp.joacp_117_20
6. Salazar, D., Sears, B. W., Aghdasi, B., Only, A., Francois, A., Tonino, P., & Marra, G. (2013). Cerebral desaturation events during shoulder arthroscopy in the beach chair position: Patient risk factors and neurocognitive effects. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 22*(9), 1228–1235. https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.12.036
7. Ozgultekın, A. (2023). Cerebral oxygen desaturation and postoperative cognitive effects in elderly patients operated in beach chair position. *Haydarpasa Numune Training and Research Hospital Medical Journal.* https://doi.org/10.14744/hnhj.2022.70446
8. Wu, X., Xu, W., Yu, Y., Han, L., Zhang, J., & Yang, L. (2017). Postoperative serum thioredoxin concentrations correlate with delirium and cognitive dysfunction after hip fracture surgery in elderly patients. *Clinica Chimica Acta,* 466, 93–97. https://doi.org/10.1016/j.cca.2017.01.009
9. Rivera-Lara, L., Geocadin, R., Zorrilla-Vaca, A., Healy, R., Radzik, B. R., Palmisano, C., Mirski, M., Ziai, W. C., & Hogue, C. (2017). Validation of near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral Autoregulation in comatose patients. *Neurocritical Care, 27*(3), 362–369. https://doi.org/10.1007/s12028-017-0421-8
10. Mewes, C., Wei, P., Yang, Y., Kainz, E., Kahl, U., Beck, S., Graefen, M., Zöllner, C., & Fischer, M. (2025). Cerebrovascular autoregulation-based optimal mean arterial pressure during prostate surgery – A secondary analysis of a prospective cohort study. *Therapeutics and Clinical Risk Management,* 21, 757–767. https://doi.org/10.2147/tcrm.s505676
11. Evered, L., Silbert, B., Knopman, D. S., Scott, D. A., DeKosky, S. T., Rasmussen, L. S., Oh, E. S., Crosby, G., Berger, M., & Eckenhoff, R. G. (2018). Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia and surgery — 2018. *Anesthesiology, 129*(5), 872–879. https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002334
12. Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for T-TesTs and ANOVAs. *Frontiers in Psychology,* 4. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863
13. Bensaidane, M. R., Turgeon, A. F., Lauzier, F., English, S. W., Leblanc, G., & Francoeur, C. L. (2025). Neuromonitoring with near-infrared spectroscopy (NIRS) in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A systematic review and meta-analysis. *Critical Care, 29*(1). https://doi.org/10.1186/s13054-025-05701-3
14. Aguirre, J. A., Etzensperger, F., Brada, M., Guzzella, S., Saporito, A., Blumenthal, S., Bühler, P., & Borgeat, A. (2019). The beach chair position for shoulder surgery in intravenous general anesthesia and controlled hypotension: Impact on cerebral oxygenation, cerebral blood flow and neurobehavioral outcome. *Journal of Clinical Anesthesia,* 53, 40–48. https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2018.09.035
15. Ensor, D., Gwilym, S. E., Imam, M., West, S., Elgebaly, A., & Baring, T. (2024). Should the beach chair position have national guidelines to reduce the risk of cerebrovascular complications? Results from a national survey of surgeons and anaesthetists. *Shoulder & Elbow, 17*(4), 459–465. https://doi.org/10.1177/17585732241269147
16. Laflam, A., Joshi, B., Brady, K., Yenokyan, G., Brown, C., Everett, A., Selnes, O., McFarland, E., & Hogue, C. W. (2015). Shoulder surgery in the beach chair position is associated with diminished cerebral Autoregulation but no differences in postoperative cognition or brain injury biomarker levels compared with supine positioning. *Anesthesia & Analgesia, 120*(1), 176–185. https://doi.org/10.1213/ane.0000000000000455

Стаття надійшла до редакції	Отримано після рецензування	Прийнято до друку
28.04.2026	22.05.2026	24.05.2026

THE ROLE OF NONINVASIVE CEREBRAL OXYGENATION MONITORING IN THE DETECTION OF CEREBRAL AUTOREGULATION IMPAIRMENT AND COGNITIVE DYSFUNCTION DURING ANESTHESIA IN THE BEACH CHAIR POSITION

K. I. Lyzohub, M. V. Lyzohub

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Kseniia Lyzohub, MD, PhD: kslizogub@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-9149-7208

✉ Mykola Lyzohub, MD, DMSci: nlizogub@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-4776-1635