

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
Кафедра фізіології людини і тварин

На правах рукопису

СКУБА Руслан Олександрович

**ОСОБЛИВОСТІ МОЗКОВОГО КРОВОТОКУ В ОСІБ З РІЗНИМ
РІВНЕМ ОСОБИСТІСНОЇ ТРИВОЖНОСТІ В УМОВАХ
ІНФОРМАЦІЙНОГО СТРЕСУ**

Спеціальність: 091 «Біологія та біохімія»

Освітньо-професійна програма «Біологія»

Робота на здобуття освітнього рівня «Магістр»

Науковий керівник

ЖУРАВЛЬОВ Олександр

Анатолійович

кандидат біологічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 7

засідання кафедри зоології

від 12 грудня 2025 року

завідувач кафедри

проф. К. Сухомлін



ЛУЦЬК-2025

Анотація

У роботі представлено комплексне дослідження взаємозв'язку рівня особистісної тривожності та особливостей церебральної гемодинаміки в умовах інформаційного стресу. Метою дослідження було виявити, яким чином індивідуальні відмінності за рівнем особистісної тривожності модулюють параметри мозкового кровообігу в стані спокою та під час виконання когнітивних завдань різної стресогенності.

Контингент дослідження склали 30 юнаків віком 18–22 роки, студентів Волинського національного університету імені Лесі Українки, без гострих і хронічних соматичних захворювань. Рівень особистісної тривожності оцінювали за допомогою стандартизованого опитувальника Спілбергера–Ханіна (STAI, шкала Trait Anxiety), що дозволило виділити групи з помірним і високим рівнем тривожності. Функціональний стан мозкового кровообігу досліджували методом реоенцефалографії у фронто-мастоїдальному відведенні в трьох експериментальних ситуаціях: фоновий стан, виконання когнітивного завдання в умовах дефіциту часу та виконання завдання в умовах надлишку складної інформації.

У ході аналізу реоенцефалографічних даних оцінювали часові (період пульсового коливання, час швидкого та максимального наповнення, час запізнення реохвилі) й амплітудні показники (реографічний індекс, дикротичний індекс), а також коефіцієнт міжпівкульної асиметрії кровонаповнення. Встановлено, що у стані спокою в більшості досліджуваних базові показники церебральної гемодинаміки перебувають у межах вікової норми, однак у осіб з високим рівнем тривожності вже на фоновому етапі простежується підвищений судинний тонус і більша міжпівкульна асиметрія.

Когнітивні навантаження зумовлювали систематичні зміни параметрів мозкового кровообігу, проте характер цих змін суттєво залежав від рівня особистісної тривожності. У помірно тривожних осіб гемодинамічні реакції мали адаптивний і відносно гнучкий характер, тоді як у високотривожних респондентів спостерігалися гіперреактивні, менш економні та асиметричні зрушення, особливо за умов інформаційного перевантаження. Кореляційний аналіз показав, що найстійкіший зв'язок із рівнем тривожності має коефіцієнт асиметрії кровонаповнення, причому максимальна сила кореляції виявлялася в ситуації дефіциту часу.

Отримані результати підтверджують роль особистісної тривожності як важливого модератора цереброваскулярної реактивності та свідчать про те, що саме інформаційний і часовий стрес виявляють приховані відмінності в регуляції мозкового кровообігу. Практичне значення роботи полягає у можливості використання реоенцефалографічних показників як додаткових маркерів вразливості до стресу та когнітивного перевантаження у молоді.

Abstract

This study presents a comprehensive investigation of the relationship between the level of trait anxiety and the characteristics of cerebral hemodynamics under conditions of information stress. The aim of the research was to determine how individual differences in trait anxiety modulate cerebral blood flow parameters both at rest and during the performance of cognitive tasks with varying levels of stressogenicity.

The study sample comprised 30 young men aged 18–22 years, students of Lesya Ukrainka Volyn National University, with no acute or chronic somatic diseases. Trait anxiety was assessed using the standardized Spielberger–Khanin State–Trait Anxiety Inventory (STAI, Trait Anxiety scale), which made it possible to distinguish groups with moderate and high levels of anxiety. The functional state of cerebral circulation was examined using rheoencephalography in the fronto-mastoid lead under three experimental conditions: resting state, performance of a cognitive task under time pressure, and performance of a task under conditions of excessive complex information.

The analysis of rheoencephalographic data included temporal parameters (pulse wave period, time of rapid and maximal filling, and rheowave delay time), amplitude parameters (rheographic index and dicrotic index), as well as the coefficient of interhemispheric asymmetry of blood filling. It was found that, at rest, baseline indicators of cerebral hemodynamics in most participants were within the age-related norm; however, individuals with high trait anxiety already demonstrated increased vascular tone and greater interhemispheric asymmetry at the baseline stage.

Cognitive loads induced systematic changes in cerebral blood flow parameters, but the nature of these changes was strongly dependent on the level of trait anxiety. In moderately anxious individuals, hemodynamic responses were adaptive and relatively flexible, whereas highly anxious participants exhibited hyperreactive, less economical, and more asymmetric shifts, particularly under conditions of information overload. Correlation analysis revealed that the coefficient of blood-filling asymmetry showed the most stable association with anxiety level, with the strongest correlation observed in the time-pressure condition.

The obtained results confirm the role of trait anxiety as an important moderator of cerebrovascular reactivity and indicate that information and time-related stressors reveal latent differences in the regulation of cerebral blood flow. The practical significance of the study lies in the potential use of rheoencephalographic indicators as additional markers of vulnerability to stress and cognitive overload in young adults.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	13
1.1. Поняття стресу у класичних і сучасних концепціях	13
1.2. Інформаційний стрес як специфічний тип психоемоційної напруги	15
1.3. Інформаційний стрес у контексті воєнних та кризових подій	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І КОНТИНГЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1. Контингент досліджуваних.....	21
2.2. Методика оцінки рівня особистісної тривожності (STAI — опитувальник Спілбергера–Ханіна).....	21
2.3. Методика реоенцефалографії	23
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	25
3.1. Аналіз рівня особистісної тривожності досліджуваних	25
3.2. Особливості показників церебрального кровотоку в осіб з різним рівнем особистісної тривоги.	28
3.3. Аналіз кореляційних зв'язків між параметрами реоаграми та рівнем особистісної тривожності.....	66
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	76

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасне інформаційне суспільство характеризується різким зростанням обсягу, швидкості й інтенсивності інформаційних потоків, що призводить до феноменів інформаційного перевантаження та інформаційного стресу. Людина опиняється в ситуації постійного потоку повідомлень, сповіщень, новин, цифрових взаємодій, які потребують швидкої переробки, відбору та прийняття рішень в умовах обмеженого часу. Дослідження інформаційного перевантаження показують, що надмірний обсяг даних погіршує когнітивну ефективність, знижує якість прийняття рішень та підвищує рівень суб'єктивного стресу [1].

У працях С. Грабовської та О. Мусаковської інформаційне перевантаження розглядається як багатовимірний феномен, що має когнітивний, біхевіоральний, емоційно-мотиваційний і компетентнісний виміри; емоційний компонент безпосередньо пов'язується з інформаційним стресом як станом, що супроводжується високим рівнем напруги, тривоги та дезорганізації діяльності [1].

Окрему групу робіт становлять дослідження інформаційного стресу як специфічної форми психологічного напруження, де основним стресором виступає саме надлишок або складність інформації. В. А. Бодров, аналізуючи діяльність операторів у складних інформаційно насичених системах, описує інформаційний стрес як стан, що виникає у ситуаціях, коли обсяг інформації перевищує можливості її переробки, а вимоги до точності та швидкості прийняття рішень залишаються високими [18]

У вітчизняних дослідженнях Т. Скрипаченко підкреслює, що інформаційний стрес супроводжується високою емоційною напругою, почуттям невизначеності, фрустрацією та зниженням відчуття контролю над ситуацією; авторка звертає увагу на індивідуально-психологічні чинники вразливості до інформаційного стресу, серед яких ключове місце займає особистісна тривожність [6].

На тлі цифровізації, розвитку соціальних мереж та медіасередовища, що постачає постійний потік часто емоційно насиченої та тривожної інформації (новини про війну, катастрофи, економічні кризи), інформаційний стрес набуває особливої актуальності для українського суспільства. Дослідження показують, що постійний доступ до медіаконтенту, «безперервна підключеність» та зростання обсягу інформаційних сигналів корелюють із вищими показниками стресу, тривоги, емоційного виснаження й порушеннями сну [1, 11].

У низці робіт інформаційний стрес розглядається як різновид професійного стресу, що виникає в умовах високих когнітивних вимог, дефіциту часу й надлишку інформації, зокрема в операторів складних систем, медіапрацівників, менеджерів, фахівців ІТ-сфери [18].

Це підкреслює не лише теоретичну, а й прикладну значущість вивчення механізмів реагування людини на інформаційні стресори.

Водночас у більшості робіт інформаційний стрес аналізується переважно на рівні психологічних проявів (когнітивні перевантаження, емоційна напруга, зниження ефективності діяльності), тоді як його нейрофізіологічні механізми, зокрема зміни мозкового кровотоку, вивчені недостатньо. Це створює суттєвий науковий розрив між психологічними моделями інформаційного стресу та нейробіологічними даними про стрес і тривожність загалом.

Класичні та сучасні концепції стресу розглядають стрес як психобіологічну реакцію на значущі, часто загрозливі стимули, що включає активацію гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі, симпато-адреналової системи, а також перебудову діяльності головного мозку [71, 83].

У когнітивно-активаційній теорії стресу (CATS) підкреслюється роль очікувань, інтерпретацій та копінг-стратегій у формуванні стресової відповіді: стрес розглядається як результат невідповідності між вимогами ситуації та ресурсами особистості, за умови негативних очікувань щодо контролю й результату [83]. На рівні мозку це знаходить відображення в активації

структур, пов'язаних з оцінкою загрози, емоційною реакцією та регуляцією поведінки — насамперед прифронтальної кори, мигдалеподібного тіла, поясної кори, інсулярної зони [49].

При анкіогенних впливах (ситуації загрози, невизначеності, інформаційного перевантаження) спостерігається зміна балансу між активністю мигдалеподібного комплексу, що відповідає за емоційне «забарвлення» стимулів, і префронтальних структур, відповідальних за когнітивний контроль, планування та регуляцію емоцій. Нейровізуалізаційні дослідження показують, що в стані тривоги та страху активуються лімбічні й паралімбічні структури, тоді як функціональна активність префронтальної кори може знижуватись [33, 40, 49].

Мозковий кровотік є ключовим показником функціонального стану мозку, оскільки забезпечує нейрони киснем і глюкозою та відображає рівень метаболічної активності окремих ділянок. Використання методів перфузійної МРТ, ПЕТ, СПЕСТ та транскраніальної доплерографії показало, що психологічний стрес супроводжується специфічними змінами церебральної гемодинаміки.

Так, у дослідженні J. Wang та співавт. було виявлено, що виконання ментально напруженого арифметичного завдання під стресом призводить до змін перфузії у правій префронтальній корі, інсулі та передній поясній корі; причому виразність цих змін корелює з суб'єктивним рівнем стресу [84].

Подібні результати отримано й в інших роботах: активація (гіперперфузія) у фронтальних, тім'яних та лімбічних ділянках поєднується зі зниженням кровотоку в окремих зонах, пов'язаних з мовленням і сенсорною обробкою [33].

Окремий напрямок становлять дослідження цереброваскулярної дисфункції при хронічному стресі та афективних розладах. Огляд E. Burrage та співавт. показує, що тривалий стрес і депресія пов'язані з порушенням мікроциркуляції, змінами авторегуляції мозкового кровотоку, зниженням

вазореактивності та погіршенням нейросудинної взаємодії, що, у свою чергу, може сприяти когнітивному спаду та підвищенню ризику судинних подій [22].

Популяційні дослідження з використанням транскраніальної доплерографії також показують зв'язок між показниками регуляції мозкового кровотоку й когнітивними функціями, стресом та гіпертензією [58].

На рівні популяризаційних наукових оглядів результати цих робіт узагальнюються у висновок, що гострий стрес змінює розподіл кровотоку між ключовими ділянками мозку, зокрема впливаючи на структури, пов'язані з емоціями та контролем поведінки.

Особистісна тривожність, або *trait anxiety*, розглядається як відносно стабільна індивідуально-психологічна характеристика, що відображає схильність сприймати широкий спектр ситуацій як потенційно загрозливі й реагувати на них підвищеною тривогою. Нейровізуалізаційні дослідження показали, що особи з високим рівнем тривожності демонструють інші патерни мозкової активності й кровотоку порівняно з низькотривожними.

У роботі G. Hasler та співавт. порівнювали зміни мозкового кровотоку при фазичній (ситуативній) та контекстуальній (тривожній) відповіді на загрозу і виявили, що тривале очікування небезпеки асоціюється з перфузійними змінами у медіальній префронтальній корі, передній поясній корі та інших структурах, пов'язаних із підтриманням стану тривоги [40].

Дослідження M. Fredrikson та колег показали, що візуально індукований страх і тривога супроводжуються змінами регіонального мозкового кровотоку в лімбічних і кортикальних зонах, важливих для емоційної переробки та когнітивного контролю [33].

У роботі H. Zhang та співавт. за допомогою транскраніальної доплерографії встановлено, що в осіб із хронічною тривогою порушується цереброваскулярна модуляція: спостерігається недостатність механізмів підтримання стабільного кровотоку при зміні системних умов, що інтерпретується як зниження адаптивності цереброваскулярної системи до стресу [89].

Сучасні дослідження з використанням перфузійних методів (SPECT, ASL-MPT) показують, що у стані тривоги й хронічного занепокоєння спостерігається підвищення кровотоку в медіальній лобовій корі, таламусі, стріатумі та інших структурах, водночас в окремих префронтальних ділянках може мати місце зниження перфузії [47, 85].

Рандомізовані клінічні дослідження показують, що модуляція активності префронтальної кори, зокрема за допомогою транскраніальної стимуляції, може знижувати реактивність мигдалеподібного тіла та покращувати контроль уваги щодо загрозливих стимулів у тривожних осіб [43].

Це опосередковано підтверджує важливість функціонального стану префронтальних структур і пов'язаних із ними параметрів мозкового кровотоку для регуляції тривоги та стресової реакції.

Попри зростання кількості подібних робіт, значна частина досліджень зосереджена на клінічних вибірках (панічні розлади, ПТСР, депресія), тоді як умовно здорові особи з різним рівнем особистісної тривожності вивчаються рідше. Це ускладнює розуміння того, на якому рівні зміни церебральної гемодинаміки є вже проявом патології, а на якому — варіантом індивідуальної норми та адаптаційної відповіді.

Для сучасної України проблема інформаційного стресу має додаткову соціально-історичну вагу. Воєнні дії, масові травматичні події, потік новин про загрози, втрати, небезпеку, інформаційні операції й дезінформація створюють хронічне тло підвищеної тривоги, невизначеності й емоційного виснаження. У таких умовах особистісна тривожність може виступати фактором ризику для формування стійких дезадаптивних реакцій, у тому числі психосоматичних, когнітивних порушень і вегетативних дисфункцій.

Поряд із психологічними наслідками все більшого значення набуває вивчення функціонального стану мозку в умовах інформаційного стресу. Дані про церебральний кровотік у таких ситуаціях дозволяють:

- оцінити, які ділянки мозку зазнають найбільшої напруги;

- виявити патерни, асоційовані зі стресостійкістю чи, навпаки, із підвищеною вразливістю;
- сформулювати об'єктивні фізіологічні маркери ризику дезадаптації.

Однак аналіз сучасної літератури показує, що, поняття інформаційного стресу часто описується на загальному рівні без детальної операціоналізації та без чітких протоколів його лабораторного моделювання [1, 6, 18].

Більшість досліджень церебрального кровотоку зосереджені на універсальних стресових завданнях (ментальна арифметика, страх-індукційні парадигми, травматичні спогади), тоді як інформаційний стрес як окремий тип стресора практично не розглядається в контексті церебральної гемодинаміки [18, 84].

Існує дефіцит робіт, де в одному дизайні поєднуються стандартизована оцінка особистісної тривожності, експериментальне моделювання інформаційного стресу, об'єктивні показники мозкового кровотоку (наприклад, за допомогою транскраніальної доплерографії чи неінвазивних перфузійних методів).

У вітчизняному науковому просторі майже відсутні емпіричні дослідження на українських вибірках, які б вивчали взаємозв'язок особистісної тривожності, інформаційного стресу та показників церебральної гемодинаміки.

Таким чином, існує чітко окреслена наукова проблема: недостатня вивченість особливостей мозкового кровотоку в осіб з різним рівнем особистісної тривожності в умовах інформаційного стресу, зокрема в популяції умовно здорових дорослих. Її розв'язання має важливе значення для розвитку психофізіології стресу, нейропсихології, клінічної психології та практики психологічної допомоги в умовах війни й хронічної інформаційної напруги.

Мета дослідження. Визначити особливості мозкового кровотоку в осіб з різним рівнем особистісної тривожності в умовах моделювання інформаційного стресу та встановити характер взаємозв'язків між

тривожністю, показниками церебральної гемодинаміки й стресовою реактивністю.

Відповідно до мети дослідження нами було поставлено наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасні теоретичні та емпіричні підходи до вивчення інформаційного стресу, особистісної тривожності та фізіологічних механізмів мозкового кровотоку.
2. Визначити рівень особистісної тривожності у досліджуваних із використанням стандартизованих психодіагностичних методик та сформулювати порівняльні групи (з низьким, середнім і високим рівнем тривожності).
3. Дослідити особливості мозкового кровотоку в осіб з різним рівнем особистісної тривожності у стані відносного спокою та в умовах експериментального моделювання інформаційного стресу.
4. Встановити відмінності церебральної гемодинаміки між групами з різним рівнем тривожності за показниками мозкового кровотоку та їх динаміки під впливом інформаційного стресу.
5. Визначити кореляційні зв'язки між психоемоційними характеристиками (особистісна тривожність, суб'єктивне відчуття стресу) та показниками мозкового кровотоку й запропонувати інтегративну модель психофізіологічного реагування на інформаційний стрес.

Об'єкт дослідження. Психофізіологічні процеси реагування людини на інформаційний стрес.

Предмет дослідження. Особливості мозкового кровотоку та його динаміка залежно від рівня особистісної тривожності в умовах інформаційного стресу.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше експериментально встановлено диференційовані патерни мозкового кровотоку в осіб із різним рівнем особистісної тривожності в умовах моделювання інформаційного

стресу. Виявлено специфічні особливості церебральної гемодинаміки високотривожних осіб, що можуть розглядатися як фізіологічні предиктори дезадаптивної стресової реакції.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження можуть бути використані для розроблення програм профілактики інформаційного стресу та підвищення стресостійкості у студентів, фахівців інформаційно насичених професій, працівників, залучених до інтенсивної медіа- та цифрової комунікації. Виявлені особливості мозкового кровотоку можуть стати основою для персоналізованих протоколів нейрофідбек-терапії та психофізіологічної корекції, спрямованих на оптимізацію взаємодії між емоційними та когнітивними системами в умовах інформаційного перевантаження.

Матеріали дослідження можуть використовуватися у навчальних курсах з психофізіології, нейропсихології, клінічної психології та психології стресу при підготовці здобувачів вищої освіти.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Поняття стресу у класичних і сучасних концепціях

Поняття «стрес» у сформувалося як міждисциплінарна категорія, що поєднує біологічні, психологічні та соціальні аспекти функціонування людини. Класична фізіологічна концепція стресу, запропонована Гансом Сельє, визначає його як неспецифічну реакцію організму на будь-яку вимогу, незалежно від модальності та змісту подразника [76]. В основі цього підходу лежить модель загального адаптаційного синдрому, що включає стадії тривоги, резистентності та виснаження і пов'язана з активацією гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі. Стрес, у цій логіці, є насамперед біологічним феноменом, а психологічні переживання розглядаються як похідні від нейроендокринних змін.

На основі ідей Сельє сформувалася широка наукова традиція, яка досліджує роль стрес-реакції в розвитку соматичних захворювань, наслідки хронічного перенапруження для серцево-судинної, імунної, ендокринної систем [56, 76]. Модель алостазу та алостатичного навантаження Б. Мак'юена описує, як адаптаційні механізми, корисні при короткочасному стресі, за умов хронічної активації стають чинниками ушкодження тканин та мозкових структур [56]. Це особливо важливо для розуміння стійких змін мозкового кровотоку, що виникають при тривалій тривожності та стресових станах.

Однак суто біологічна трактовка стресу виявилася недостатньою для пояснення індивідуальних відмінностей у реагуванні. На це звернули увагу Р. Лазарус та С. Фолкман, які розробили когнітивну теорію стресу, у якій стрес визначається як особливий тип взаємодії між людиною та середовищем, що оцінюється суб'єктом як така, що перевищує його ресурси й загрожує благополуччю [51]. Центральними категоріями цієї моделі є первинна оцінка (чи є ситуація небезпечною, загрозовою, викликом) та вторинна оцінка (чи

достатньо в людини ресурсів, щоб упоратися). Психологічний стрес тут не тотожний стимулу; він залежить від суб'єктивної інтерпретації й копінг-стратегій.

Такий підхід дозволив пояснити, чому одна й та сама ситуація (наприклад, напружений інформаційний потік) для одних осіб стає потужним стресором, а для інших – лише фоном діяльності. Водночас критики відзначають, що когнітивна модель іноді недооцінює біологічну заданість емоційних реакцій, наприклад, вроджену чутливість до загрози або роль раннього досвіду [26, 55].

Спробою інтеграції біологічного та когнітивного підходів стала когнітивно-активаційна теорія стресу (CATS) Г. Урсіна та Х. Еліксена [83]. У цій моделі стрес розглядається як стан загальної активації, який виникає не просто у відповідь на стимул, а внаслідок негативних очікувань і відсутності ефективних способів реагування. Автори виділяють чотири аспекти: стресор, суб'єктивний досвід стресу, загальну фізіологічну стрес-реакцію та переживання цієї реакції. Цінність CATS полягає в тому, що вона пояснює, чому непередбачуваність та неконтрольованість ситуації є центральними факторами, які посилюють стрес [71]. Саме це має безпосереднє значення для інформаційного стресу, де об'єктивний ризик може бути мінімальним, але високі очікування загрози, постійні попередження та суперечливі повідомлення формують хронічний стан напруженої пильності.

Додатковий вимір у розуміння стресу внесли дослідження контролюваності стресора. Показано, що неконтрольований стрес сенситизує нейронні системи страху й підвищує реактивність на амбівалентні стимули, тоді як досвід контролю над стресором пом'якшує ці ефекти [54]. За даними експериментальних досліджень, саме здатність контролювати ситуацію та впливати на її перебіг визначає тяжкість наслідків стресу для мозку й поведінки. Це важливо для інформаційного стресу, в якому суб'єкт часто позбавлений реальних інструментів контролю – зокрема, щодо воєнних подій, геополітичних загроз чи епідемії.

У рамках нейробіологічного підходу стрес розглядають як результат активації специфічних мозкових мереж. Дослідження Дж. Леду [52] показали, що мигдалеподібне тіло відіграє ключову роль у швидкому виявленні загрози й запуску реакції страху, тоді як префронтальна кора бере участь у когнітивній переоцінці та гальмуванні надмірних емоційних відповідей. Порушення балансу між цими структурами пов'язані з хронічною тривогою, підвищеною пильністю, порушенням регуляції мозкового кровотоку в зоні лімбічних та префронтальних мереж. Роботи Г. Гаслера та співавторів продемонстрували, що при безпосередній та тривалій тривозі змінюється церебральний кровотік у мезіотемпоральних структурах, поясній корі та інших ділянках, пов'язаних із переживанням страху й очікування загрози [40].

Таким чином, сучасні концепції стресу демонструють перехід від біологічно редукціоністських моделей до інтегративних біопсихосоціальних, де враховуються як тілесні механізми, так і когнітивні оцінки, досвід контролю, соціальне середовище та медіаконтекст. Це створює теоретичний фундамент для розуміння специфічних форм стресу, зокрема інформаційного стресу, та його взаємозв'язку з особистісною тривожністю і мозковим кровоотоком.

1.2. Інформаційний стрес як специфічний тип психоемоційної напруги

У сучасному інформаційному суспільстві виникла необхідність виокремити інформаційний стрес як окремий різновид психічного напруження, що пов'язаний не стільки з безпосередньою фізичною загрозою, скільки з надлишком, суперечливістю та емоційною насиченістю інформації. Одним із перших системних описів цього феномену стала монографія В. А. Бодрова, де інформаційний стрес визначається як стан, що виникає в умовах надмірного інформаційного навантаження, дефіциту часу на обробку даних, високої відповідальності рішень і значущості наслідків помилок [18]. У цьому

підході акцент робиться на професійних видах діяльності – роботі операторів складних систем, авіадиспетчерів, військових, медиків, де інформаційний стрес є фактором ризику помилок і зниження надійності діяльності.

Дискусія навколо природи інформаційного стресу полягає, зокрема, в тому, чи є він самостійною категорією, чи лише варіантом психологічного стресу, описаного в загальних моделях. Частина авторів [18] трактує його як специфічну форму когнітивного стресу, пов'язану з переробкою інформації в умовах дефіциту часу та ресурсів. Інші дослідники підкреслюють, що інформаційний стрес має виразний емоційний компонент (тривога, безпорадність, відчуття зневіри у можливості отримати достовірні дані) і тому його варто розглядати в контексті психологічного стресу та тривожних розладів [1, 6].

У статті С. Грабовської та О. Мусаковської інформаційне перевантаження визначається як стан психічного перенавантаження, спричинений надмірною кількістю інформаційних повідомлень, що перевищують можливості обробки та осмислення [1]. Авторки підкреслюють мультикомпонентний характер феномену: когнітивний (утруднення концентрації, зниження здатності до аналізу, фрагментація уваги), емоційний (тривога, роздратування, емоційне виснаження), поведінковий (уникання інформації або, навпаки, компульсивне її споживання) і ціннісно-смысловий (зростання недовіри до джерел, переживання безпорадності). Важливим є те, що інформаційне перевантаження може виникати і без прямої професійної участі в екстремальних ситуаціях – достатньо тривалого перебування у медіапросторі, насиченому тривожними новинами, чутками, фейками.

Т. В. Скрипаченко розглядає інформаційний стрес як різновид психологічного стресу, у основі якого лежать порушення інформаційно-когнітивних процесів регуляції діяльності, що виникають за умов надмірної інтенсивності та суперечливості впливів [6]. Авторка показує, що інформаційний стрес тісно пов'язаний із невизначеністю, неоднозначністю та неконтрольованістю ситуації, а також із суб'єктивною оцінкою доступності та

достовірності інформаційних ресурсів. Цей підхід перегукується з CATS, де наголошується, що саме очікування й відсутність ефективного способу реагування лежать в основі стресової активації [83].

У низці сучасних українських праць підкреслюється зв'язок інформаційного стресу з інформаційною безпекою і психологічною безпекою громадян. Зокрема, наголошується, що інформаційний стрес виникає не лише через обсяг інформації, а й через систематичну експозицію до загрозливого, маніпулятивного, травматичного контенту, що підриває відчуття передбачуваності та контрольованості світу [5]. У цьому контексті інформаційний стрес розглядається як фактор інформаційно-психологічної безпеки, що може мати наслідком хронічну тривожність, емоційне виснаження, зниження довіри до державних інституцій і медіа.

Важливим є питання співвідношення інформаційного перевантаження та інформаційного стресу. Частина авторів [1] розглядає перевантаження як когнітивну передумову стресу: надмірний потік даних, який перевищує можливості обробки, згодом призводить до емоційної напруги та відчуття виснаження. Інші дослідження вказують, що суб'єктивно переживаний стрес може передувати перевантаженню: люди з високою особистісною тривожністю схильні шукати й надмірно споживати загрозливу інформацію, тим самим посилюючи перевантаження [23, 41]. Таким чином, між цими феноменами можливий порочний круг, де тривога й стрес одночасно є і причиною, і наслідком інформаційного перевантаження.

Окремий пласт літератури присвячений нейропсихологічним наслідкам інформаційного стресу. Показано, що тривала експозиція до загрозливої інформації асоціюється з підвищеною активацією церебральних структур, відповідальних за тривогу, зокрема мигдалеподібного тіла, поясної кори та островка, а також із змінами автономної регуляції [40, 88]. Ці дані узгоджуються з моделлю алоstaticного навантаження [55], згідно з якою хронічні стресори – включно з інформаційними – сприяють кумулятивним змінам у мозку й судинній системі.

Таким чином, інформаційний стрес можна розглядати як багатовимірний феномен, що поєднує:

- когнітивне перевантаження;
- емоційну реакцію тривоги й безпорадності;
- поведінкові стратегії уникання або компульсивного пошуку;
- нейробіологічні зміни, включно з порушенням мозкового кровотоку.

Ключовими модераторами є рівень особистісної тривожності, досвід контролю, розвиток критичного мислення та навичок «фільтрації» інформації, а також загальний стан психічного здоров'я.

1.3. Інформаційний стрес у контексті воєнних та кризових подій

Особливої гостроти проблема інформаційного стресу набуває в умовах воєнних дій, терактів, епідемій та інших масових кризових подій, коли інформаційний простір насичується повідомленнями про небезпеку, загибель і руйнування. У таких ситуаціях інформаційний стрес часто поєднується з екзистенційною тривогою та відчуттям безсилля, а його вплив поширюється далеко за межі безпосередньої зони ураження.

Роботи Б. Пфедфербаум та колег показали, що опосередкований медіа-вплив подій масового насильства може бути пов'язаний із тривалими симптомами посттравматичного стресу навіть у людей, які фізично не були присутні на місці події [67]. Метаналітичні узагальнення досліджень медіа-висвітлення терактів і травматичних подій свідчать про невеликий, але стабільний зв'язок між інтенсивністю споживання новин та рівнем посттравматичних симптомів [68, 69].

Особливу увагу науковців привернули події, що супроводжувалися широким медіа-висвітленням у реальному часі, як-от теракт під час Бостонського марафону. Дослідження Е. Холман та співавторів показало, що багатогодинний щоденний перегляд новин про теракт був пов'язаний із вищим

рівнем гострого стресу, ніж пряма, фізична присутність на місці події [42]. Таким чином, медіа можуть «транслявати» травму далеко за межі географічного простору події, а повторюваний перегляд загрозливого контенту посилює й пролонгує стресову реакцію.

Схожі результати отримано під час пандемії COVID-19. Дослідження Х. Яо та співавторів, а також Хе та колег продемонстрували, що тривалий щоденний контакт із новинами про пандемію асоціюється з вищим рівнем тривоги, депресивних симптомів та гострого стресу [41, 87]. Огляд Г. Гарфін та співавторів засвідчив, що повторюваний медіа-вплив кризових подій може ампліфікувати наслідки для психічного здоров'я, спричиняючи підвищену тривогу, соматичні скарги, дисрегуляцію стрес-системи [35].

Важливим аспектом для сучасного українського контексту є те, що інформаційний стрес у воєнних умовах формується не лише через факт загрози життю, а й через хронічну медіа-експозицію до новин про бойові дії, руйнування, жертви серед цивільного населення. У працях українських авторів [2, 4, 8] наголошується, що тривала інформаційна напруга, зумовлена воєнними подіями й кризами, знижує адаптаційні ресурси населення, посилює тривожність та сприяє розвитку психосоматичних порушень.

У межах когнітивно-активаційної теорії стресу (CATS) інформаційний стрес у воєнний час можна розглядати як стрес очікування: навіть за відсутності негайної фізичної загрози людина постійно перебуває в режимі «готовності до небезпеки», ґрунтуючись на негативних прогнозах, тривожних повідомленнях, інформації про можливі ескалації [83]. Для осіб із високою особистісною тривожністю така інформаційна ситуація стає потужним тригером стійкого підвищення активації стрес-системи.

Нейробіологічні дослідження показують, що тривала тривога й очікування загрози пов'язані з змінами мозкового кровотоку в мережах, відповідальних за емоційну регуляцію та оцінку загроз. Роботи Г. Гаслера та колег, виконані за допомогою ПЕТ із використанням $[O-15]H_2O$, вперше чітко розмежували патерни церебрального кровотоку при фізичному страху

(реакція на чітко окреслену, короткочасну загрозу) та стійкій тривозі, пов'язаній з непередбачуваною загрозою [40]. Показано, що саме у стані стійкої тривоги посилюється кровотік у мезіотемпоральних структурах, поясній корі та низці ділянок, які згодом виявляються критично важливими для розвитку тривожних розладів. У поєднанні з моделлю алоstaticного навантаження це дозволяє припустити, що хронічний інформаційний стрес може сприяти формуванню стійких змін регуляції мозкового кровотоку, особливо в осіб із високою тривожністю.

Додатковим фактором ризику є індивідуальні відмінності в особистісній тривожності та копінг-стратегіях. Дослідження Busso та співавторів показало, що молодь із високою фізіологічною реактивністю до стресу й попереднім досвідом травматизації більш вразлива до негативних ефектів медіа-експозиції, демонструючи сильніші симптоми ПТСР за умов інтенсивного перегляду травматичного контенту [23]. Інші роботи [41, 48] показують, що низький рівень соціальної підтримки та інтолерантність до невизначеності посилюють зв'язок між медіа-експозицією та гострим стресом.

З огляду на наведені дані, можна зробити кілька важливих висновків для завдань даної дисертації. По-перше, інформаційний стрес у воєнних та кризових умовах є не лише психологічним феноменом, а й біологічним процесом, що супроводжується змінами мозкового кровотоку, активацією лімбічних структур і порушенням регуляції стрес-системи. По-друге, особистісна тривожність виступає одним із ключових модераторів чутливості до інформаційних стресорів, визначаючи як інтенсивність суб'єктивного переживання, так і ймовірність нейрофізіологічних змін. По-третє, хронічна медіа-експозиція до загрозової інформації – характерна для сучасних умов, особливо в країні, що переживає війну, – може формувати стійкі патерни порушеного мозкового кровотоку, які доцільно досліджувати у зв'язку з рівнем тривожності.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА І КОНТИНГЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Контингент досліджуваних

Дослідження рівня особистісної тривожності та реоенцефалографії проводили на 30 досліджуваних чоловічої статі віком 18-22 роки, які були студентами різних факультетів Волинського національного університету імені Лесі Українки. Всі досліджувані були поінформовані про особливості обстеження та виявили добровільну згоду на його проведення та оприлюднення даних у деперсоналізованій формі. Опитування та запис РЕГ проводився у першій половині дня (10-11 година). В експериментальну групу не входили особи, що мали гострі та хронічні захворювання, а також ті, хто мав погане самопочуття.

2.2. Методика оцінки рівня особистісної тривожності (STAI — опитувальник Спілбергера–Ханіна)

Для визначення рівня особистісної тривожності у досліджуваних застосовано State-Trait Anxiety Inventory (STAI) — стандартизований психодіагностичний інструмент, розроблений Ч. Спілбергером у співавторстві з Р. Гауерсом і Р. Луше [79], та адаптований для російськомовної й україномовної вибірки Ю. Л. Ханіним [7]. STAI є найбільш широко використовуваною й науково валідованою методикою для оцінки ситуативної (state) та особистісної (trait) тривожності, що підтверджено численними міжнародними дослідженнями [46].

У межах даної роботи застосовувалася саме шкала особистісної тривожності (Trait Anxiety), оскільки вона відображає стійку індивідуальну характеристику, пов'язану з тенденцією суб'єкта сприймати широкий спектр

ситуацій як загрозливі та реагувати підвищеною напругою, занепокоєнням і тривогою.

Опитувальник STAI складається з 40 тверджень, що поділяються на дві підшкали по 20 пунктів:

Шкала ситуативної тривожності (S-Anxiety) — «як я почуваюся зараз».

Шкала особистісної тривожності (T-Anxiety) — «як я почуваюся зазвичай».

У дослідженні оцінювалася друга підшкала, що містить 20 тверджень, спрямованих на реєстрацію стабільної схильності до тривожних реакцій. Досліджуваным пропонувалося оцінити ступінь згоди з кожним твердженням за 4-бальною шкалою Лайкерта:

1 — майже ніколи

2 — інколи

3 — часто

4 — майже завжди

Пункти шкали містять як прямі, так і інверсовані твердження, що дозволяє контролювати ефект соціальної бажаності та тенденцію до аквієсценції.

Після заповнення анкети здійснюється сумування балів з урахуванням інверсії окремих пунктів.

Загальна кількість балів за шкалою особистісної тривожності може варіювати від 20 до 80 балів, де:

20–30 балів — *низький рівень особистісної тривожності*

31–44 бали — *помірний рівень*

45 балів і вище — *високий рівень тривожності*

Такі інтервали відповідають адаптованим нормативам Ю. Л. Ханіна [7]. У сучасних міжнародних роботах часто використовують аналогічні порогові значення або застосовують стратифікацію за квантилями

Методика успішно застосовується у клінічній психології, психофізіології стресу, нейронауці та дослідженнях впливу інформаційного навантаження [24, 73].

2.3. Методика реоенцефалографії

У дослідженні стану мозкового кровообігу застосовано метод реоенцефалографії (РЕГ), який традиційно використовується у нейрофізіологічній та клініко-функціональній діагностиці для оцінки тону, еластичності та реактивності церебральних судин. Метод ґрунтується на реєстрації коливань електричного опору тканин голови при проходженні крізь них слабкого високочастотного змінного струму. Оскільки кров має високу електропровідність, її пульсове коливання у судинах мозку зумовлює характерні зміни імпедансу, що відображають функціональний стан артеріального та венозного компонентів мозкового кровотоку [3].

Реографічна крива, яка складається із систолічного піку, висхідної (анакротичної) та низхідної (катакротичної) частин, а також дикротичного зубця, дає змогу аналізувати як амплітудні, так і часові параметри кровонаповнення.

У процесі дослідження реєстрували основні показники: період пульсового коливання, час максимального наповнення, час повільного наповнення, час запізнення реохвилі, реографічний індекс, дикротичний індекс, коефіцієнт асиметрії

Комплексний аналіз цих показників дає можливість оцінити типи церебральної гемодинаміки: гіпертонічний (переважання ангіоспазму), гіпотонічний (зниження судинного тону), дистонічний (нестійка регуляція). Такі типи особливо значущі у вивченні індивідуальних реакцій на інформаційний або емоційний стрес.

Реєстрація реограм у дослідженні здійснювалася у фронто-мастоїдальній позиції. Запис проводився у стані функціонального спокою,

після чого виконувалися функціональні проби (I – з частою подачею когнітивного завдання (1 Гц); II – з надто складним технічним текстом).

У роботах ряду авторів [28, 89] підкреслюється діагностична цінність порівняння вихідних гемодинамічних параметрів і їх реакції на провокаційні проби, оскільки саме ці дані відображають ефективність механізмів ауторегуляції мозкового кровообігу. У контексті даного дослідження це дозволяє оцінити, яким чином рівень особистісної тривожності впливає на тонус, еластичність і динамічну реактивність судин мозку у відповідь на інформаційне навантаження.

Таким чином, використання реоенцефалографії забезпечує можливість комплексної оцінки церебральної гемодинаміки, включаючи артеріальне кровонаповнення, еластичність судин, стан периферичного опору, рівень венозного відтоку та характер судинної реактивності, що є ключовим для аналізу впливу тривожності та інформаційного стресу на мозковий кровотік.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ОТРИМАННИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Аналіз рівня особистісної тривожності досліджуваних

Оцінка рівня особистісної тривожності респондентів є важливим етапом дослідження, оскільки цей показник відображає стабільну індивідуально-психологічну характеристику, що визначає схильність особи до переживання тривоги у широкому спектрі ситуацій. Показник особистісної тривожності вважається фундаментальним маркером емоційної регуляції та загальної психоемоційної адаптації, а його підвищення пов'язується зі зростанням базового рівня напруження, когнітивної чутливості до загроз і схильністю до формування психосоматичних порушень [30, 78]. Відповідно до загальноприйнятої інтерпретації індексу тривожності (0–30 балів — низький рівень; 31–45 — помірний; понад 45 — високий), отримані результати дозволяють провести диференційований аналіз емоційного стану обстежуваних.

У дослідженій вибірці значення тривожності виявилися неоднорідними та варіювали у межах від 33 до 80 балів. Такий діапазон демонструє високий загальний емоційний фон, домінування середнього та високого рівнів тривожності та повну відсутність низьких значень. Відсутність респондентів із низьким рівнем тривожності є важливим маркером психологічної ситуації у вибірці, оскільки у типовій популяції молодих дорослих частка осіб із мінімальними показниками особистісної тривожності становить 10–15 % [53, 74]. У студентських та молодіжних вибірках цей показник традиційно нижчий, але ніколи не зникає повністю. Тому його відсутність у даному дослідженні може свідчити про системний вплив зовнішніх стресогенних чинників.

Аналіз отриманих даних показав, що 53,3 % респондентів (16 осіб) мають помірний рівень особистісної тривожності. Особи цієї групи

демонструють загалом достатні адаптивні ресурси, однак характеризуються підвищеною сенситивністю до міжособистісних і навчальних стресорів. Наукові дані свідчать, що саме помірна тривожність є типовою для перехідних вікових груп, що переживають інтенсивні соціальні та професійні зміни [9, 25]. Вона зазвичай поєднується з коливаннями рівня суб'єктивного контролю, підвищеною відповідальністю та схильністю до внутрішнього перфекціонізму, що закономірно відображається на емоційній стабільності (рис. 3.1).

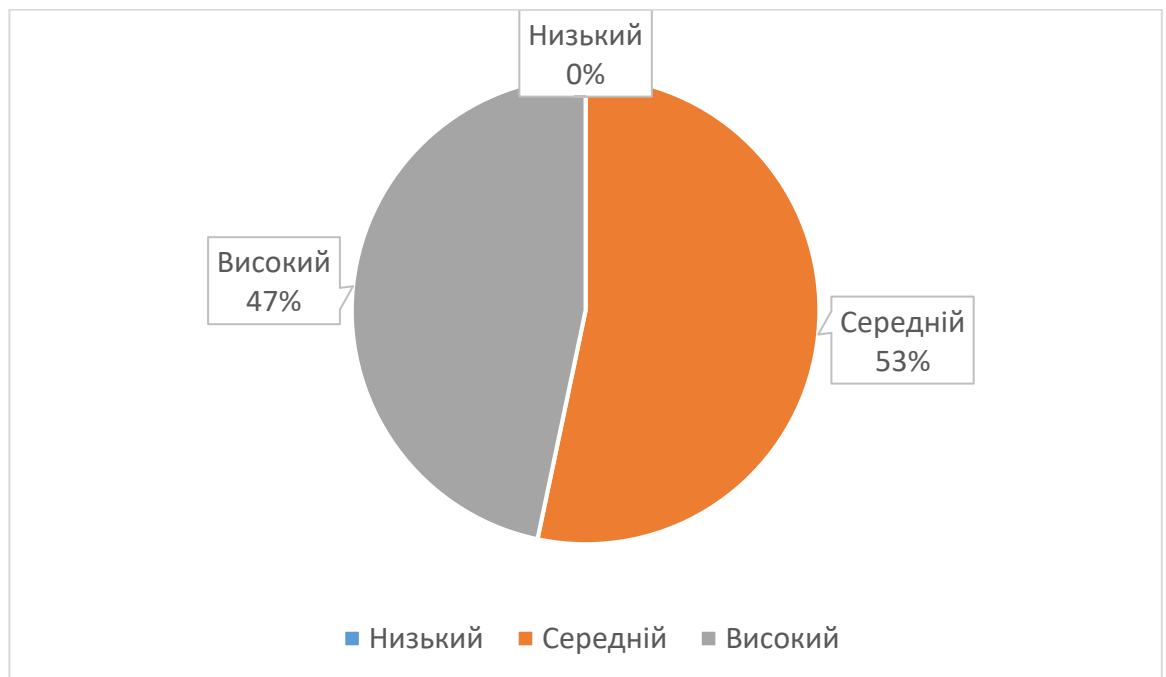


Рис. 3.1. Співвідношення кількості осіб з різними рівнями особистісної тривожності

Водночас 46,7 % учасників (14 осіб) продемонстрували високі значення тривожності, що є критично важливим показником для подальшого аналізу. Рівень понад 45 балів свідчить про стійку тенденцію до переживання інтенсивної тривоги навіть за відсутності явних загроз, що узгоджується з моделлю негативної когнітивної упередженості [30]. Подібні показники нерідко асоціюються з порушеннями емоційної саморегуляції, підвищеним соматичним напруженням [78] та схильністю до унікальної поведінки. Згідно з міжнародними даними, середній відсоток осіб із високою тривожністю у

вибірках студентів не перевищує 25–30 % [12, 77]. Таким чином, показник 46,7 % є істотно вищим за норму й може відображати специфічні соціальні обставини, зокрема тривалий вплив стресогенних факторів, пов'язаних із війною та соціальною нестабільністю [32, 68].

Отримана вибірка демонструє фактично двогорбний розподіл із приблизно рівною представленістю середнього та високого рівнів, що свідчить про різні механізми емоційної регуляції та відмінності у стресостійкості досліджуваних. За Spielberger (1983), високий рівень особистісної тривожності є предиктором напруженості вегетативної системи, що може впливати на фізіологічні індикатори, у тому числі параметри серцево-судинної реактивності та церебральної гемодинаміки, які становлять предмет подальшого аналізу [78].

Важливо зазначити, що високі показники тривожності відображають не лише індивідуальні особливості, а й ситуативний контекст. Молоді чоловіки, що брали участь у дослідженні, перебувають у віковій групі, чутливій до змін у соціальному та економічному середовищі. Зростання невизначеності, підвищення інформаційного тиску, навчальні й професійні вимоги стають каталізаторами формування підвищеної емоційної готовності до стресу. Ці чинники повністю відповідають сучасним емпіричним даним, згідно з якими тривожність у молоді зростає в умовах суспільних криз [32], а інтенсивність переживань корелює із показниками нейродинаміки та психофізіологічної регуляції.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що тривожність у вибірці формується за підвищеним типом, що характеризується відсутністю низьких значень, перевагою середніх та високих рівнів і вираженим зсувом у бік емоційного напруження. Такий патерн є показовим для молодіжних вибірок, проте у даному випадку його інтенсивність перевищує середньостатистичні дані, що може бути пов'язано із специфікою соціально-психологічного тла. Отримані результати є підставою для подальшого комплексного аналізу

психофізіологічних параметрів, зокрема можливої взаємодії між рівнем тривожності та характеристиками церебральної гемодинаміки.

3.2. Особливості показників церебрального кровотоку в осіб з різним рівнем особистісної тривоги.

Реоенцефалографія (РЕГ) є одним із найдавніших, але водночас і найбільш стабільно застосовуваних методів неінвазивної оцінки мозкового кровообігу [80]. Завдяки своїй фізіологічній основі РЕГ дозволяє оцінювати тонус артеріол, венозний відтік, стан авторегуляції кровотоку та реактивність мозкових судин, що робить метод чутливим до багатьох функціональних і патологічних змін.

Сучасні експериментальні дані демонструють, що РЕГ об'єктивно реагує на коливання мозкового кровотоку та порушення механізмів авторегуляції. Порівняльні тваринні дослідження показали, що РЕГ відображає погіршення церебральної гемодинаміки при гіповолемії навіть раніше, ніж реєструється зниження серцевого викиду [15]. Ці результати підтверджують її високу чутливість до ранніх змін цереброваскулярного статусу.

У клінічних умовах доведено, що форма реографічної хвилі змінюється у відповідь на положення тіла, когнітивне навантаження, стрес чи зміни внутрішньочерепного тиску — тобто метод дозволяє фіксувати реальні фізіологічні зрушення, що робить його корисним у психофізіологічних і когнітивних дослідженнях [38]. У людей РЕГ часто застосовується для оцінки функціонального стану мозкового кровообігу у спокої та під час різних проб, що дозволяє досліджувати церебральні реакції на стрес, дефіцит часу, складні розумові завдання, зорове навантаження тощо, а окремі параметри РЕГ можуть бути використані при пошуку предикторів тих чи інших фізіологічних або клінічних станів [59].

Період пульсового коливання на реоенцефалограмі відображає тривалість одного серцевого циклу, тобто є часовим аналогом частоти серцевих скорочень. У досліджуваній групі середній ППК у стані фону становив близько $0,86 \pm 0,03$ с як у правій, так і в лівій півкулі. Мінімальні значення коливалися в межах 0,66 с, максимальні – до 1,25 с. Такі величини відповідають частоті серцевих скорочень приблизно 48–90 уд./хв, що загалом укладається в межі фізіологічної норми для молодих дорослих, де нормальний діапазон спокійної частоти серця становить приблизно 60–100 уд./хв

Таким чином, за сукупністю показників ППК можна стверджувати, що у більшості обстежених осіб у стані відносного спокою не виявлено виражених відхилень загальної системної гемодинаміки. Це важливо з огляду на подальший аналіз реактивності мозкового кровообігу: початковий (фоновий) рівень ППК є близьким до нормативного, що дає змогу інтерпретувати зміни під час розумового навантаження саме як функціональні зрушення, а не як прояви первинного серцево-судинного захворювання.

Порівняння значень ППК у правій та лівій півкулях показало практично повну симетрію показників. Середні значення для всієї вибірки відрізнялися менш ніж на 0,01 с ($0,86$ с у правій та $0,86$ с у лівій півкулі), а індивідуальні розбіжності рідко перевищували $0,02$ – $0,04$ с. Така мінімальна асиметрія може бути інтерпретована як варіант норми і, ймовірно, відображає переважно технічні особливості вимірювання (опір тканин, положення електродів), а не істотну різницю у тривалості серцевого циклу для різних басейнів мозкового кровопостачання.

Сучасні дослідження церебральної гемодинаміки з використанням транскраніальної доплерографії та інших неінвазивних методів свідчать, що у здорових осіб нормальний режим кровотоку характеризується відносно симетричними показниками швидкості та пульсації в обох півкулях, тоді як виражена асиметрія частіше пов'язана з локальними судинними ураженнями або дисфункцією регуляції тону судин

Отримані нами дані про симетричний ППК у стані спокою узгоджуються з цими уявленнями та підтверджують відсутність грубих структурно-судинних відхилень у вибірці.

Додатково було проаналізовано ППК окремо в групах з середньою та високою тривожністю. У групі з помірним рівнем особистісної тривожності середні значення ППК у стані спокою становили $0,86 \pm 0,04$ с у правій та $0,86 \pm 0,04$ с у лівій півкулі. У групі з високим рівнем тривожності ППК також був $0,86 \pm 0,03$ с в обох півкулях. Отже, на рівні описової статистики різниця між групами практично відсутня (менше 2 % від середнього значення) і не є статистично значущою. Це свідчить про відносну незалежність базової тривалості серцевого циклу від рівня особистісної тривожності у даній категорії обстежених.

Такий результат свідчить про відносну незалежність базової тривалості серцевого циклу від рівня особистісної тривожності у даній категорії обстежених. Це узгоджується з даними психофізіологічних досліджень, де підкреслюється, що більш чутливими маркерами тривожних розладів є показники варіабельності серцевого ритму, а не середня частота серцевих скорочень. Сучасні огляди літератури показують, що саме зменшення варіабельності серцевого ритму є стабільною ознакою тривожних і депресивних станів, тоді як середня ЧСС у спокої може залишатися в межах норми [25]. ППК як інтегральний часовий показник серцевого циклу, очевидно, відображає лише загальний рівень серцево-судинної активації, але не вловлює тонких порушень автономної регуляції, пов'язаних з тривожністю.

Водночас висока частка осіб з підвищеним рівнем тривожності у вибірці має важливе клініко-профілактичне значення. За наявності хронічної тривожності навіть нормальні показники базового серцевого ритму можуть поєднуватися з більш вираженою реактивністю серцево-судинної системи на стресові впливи, що у довгостроковій перспективі розглядається як один із факторів ризику розвитку гіпертензії, ішемічної хвороби серця та цереброваскулярних порушень. Дані епідеміологічних досліджень

підтверджують зв'язок тривожних розладів із підвищеним ризиком серцево-судинних подій, навіть за відсутності вихідної тахікардії.

Узагальнюючи результати аналізу ППК у стані спокою, можна зробити кілька ключових висновків. По-перше, базовий період пульсового коливання в обстежених юнаків перебуває в межах фізіологічної норми та відповідає адекватній тривалості серцевого циклу, що свідчить про збереженість системної кардіогемодинаміки. По-друге, міжпівкульна асиметрія ППК практично відсутня, що можна розглядати як показник відносно симетричної церебральної гемодинаміки у стані спокою. По-третє, аналіз ППК у групах з помірним і високим рівнем особистісної тривожності не виявив суттєвих розбіжностей, тобто рівень тривожності не пов'язаний із базовим подовженням чи укороченням ППК, хоча може проявлятися у зміні реактивності показників за умов стресового навантаження – що буде предметом наступних підрозділів.

Таким чином, показник ППК у фоні можна розглядати як умовно «нейтральний» маркер: він підтверджує адекватний вихідний стан серцево-судинної системи та симетричний характер церебральної гемодинаміки, водночас створюючи надійну відправну точку для подальшого аналізу змін регуляції мозкового кровообігу під впливом інтелектуальних завдань різної складності у осіб з різним рівнем тривожності.

В умовах виконання завдань за ситуації дефіциту часу абсолютна більшість учасників продемонструвала зниження ППК, що відповідає характерній реакції організму на короткочасний стрес. За словами Friedman & Thayer (1998), миттєве звуження судин і прискорення проходження пульсової хвилі є фізіологічною адаптацією, спрямованою на швидку мобілізацію ресурсів [34].

Перехід від фонового стану до виконання інтелектуальних завдань супроводжується систематичним укороченням ППК. У середньому для всієї вибірки ППК: зменшується з 0,86 с у фоні до 0,80 с в умовах дефіциту часу і до 0,77 с в умовах надлишку складної інформації.

Таким чином, спостерігається укорочення періоду пульсового коливання в середньому на 7–11 % у порівнянні з фоном. На нашу думку це відображає підвищення частоти серцевих скорочень та зростання загальної симпатичної активації, що є типовою реакцією на когнітивне навантаження й емоційний стрес [36, 56]. Зменшення ППК можна інтерпретувати як прискорення гемодинамічного циклу з метою забезпечення мозку додатковим кровопостачанням на тлі зростання метаболічних потреб кори під час обробки інформації й прийняття рішень.

При цьому вираженість змін ППК дещо різниться між двома типами завдань. В умовах дефіциту часу зниження ППК менш виражене, ніж у режимі надлишку складної інформації. Це дає підстави вважати, що інформаційне перевантаження є більш потужним стресором для церебральної гемодинаміки, ніж власне часовий тиск. Такий результат узгоджується з сучасними моделями когнітивного стресу, у яких надмірний обсяг і складність стимулів (а не лише часові обмеження) розглядаються як важливі тригери підвищеного фізіологічного напруження й втоми [36].

Щодо інтерпівкульної асиметрії в стресових умовах, то середні значення ППК для правої й лівої півкулі знову залишаються практично ідентичними в обох видах завдань, що свідчить про переважно глобальний характер реакції судинного тону. Відсутність стабільної латералізації з боку ППК дає змогу припустити, що пульсовий компонент церебральної гемодинаміки реагує радше на загальну рівень активації, ніж на специфічні відмінності в домінуванні функцій між півкулями.

Особливий інтерес становить аналіз ППК з урахуванням рівня особистісної тривожності. В осіб з середнім рівнем особистісної тривожності ППК становив $0,852 \pm 0,03$ у правій та $0,854 \pm 0,03$ у лівій півкулі, що свідчить про відносно збалансований гемодинамічний тонус у стані спокою. У групі з високим рівнем тривожності показник був дещо вищим — $0,887 \pm 0,07$ (права) та $0,886 \pm 0,07$ (ліва), однак статистично достовірних відмінностей між групами не зафіксовано ($p > 0,63$). В обох групах міжпівкульні розбіжності

були мінімальними ($p>0,15$), що підтверджує симетричний характер базового кровонаповнення в осіб без неврологічних порушень (рис. 3.1).

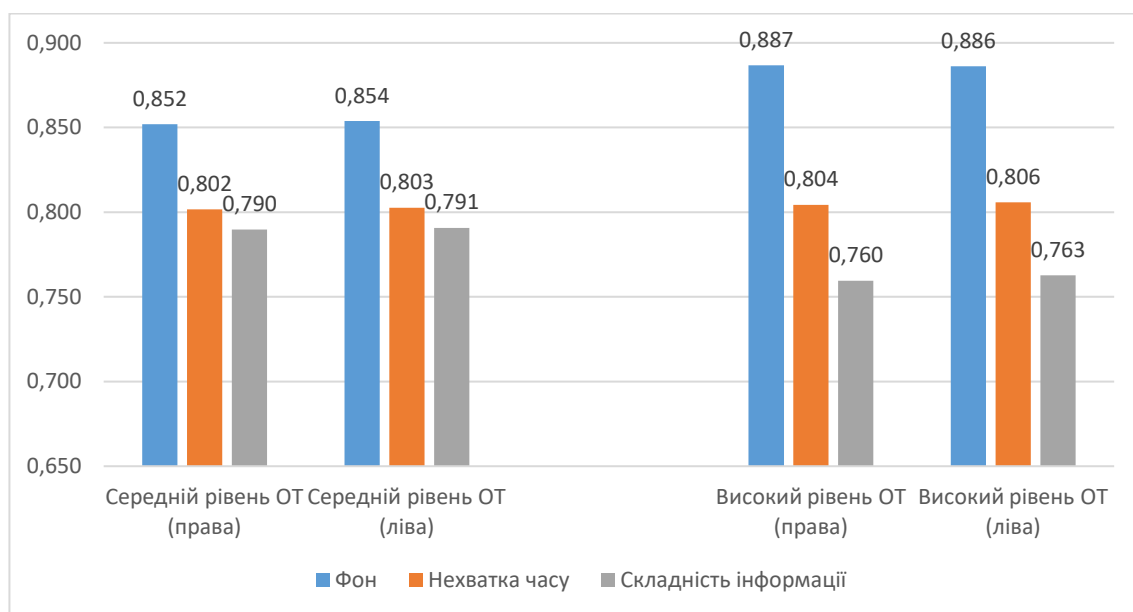


Рис. 3.1. Показники періоду пульсового коливання в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

Хоча у стані спокою помітних міжгрупових відмінностей не виявлено, в умовах інтелектуального навантаження проявляється різна ступінь функціональної лабільності.

При виконанні завдань в умовах дефіциту часу спостерігалось зниження ППК у всіх респондентів. У групі із середнім рівнем тривожності показник зменшився до $0,802 \pm 0,02$ (права) та $0,803 \pm 0,02$ (ліва), що є статистично значущим порівняно з фоновими значеннями ($p=0,016$). У респондентів із високою тривожністю ППК також знизився — до $0,804 \pm 0,06$ (права) та $0,806 \pm 0,06$ (ліва), проте ця різниця перебувала лише на рівні тенденції ($p=0,09–0,10$). Отже, дефіцит часу викликає чіткі гемодинамічні зміни в осіб із середнім рівнем тривожності, але не призводить до статистично достовірної реакції у високотривожних респондентів, що можна інтерпретувати як використання компенсаторних механізмів — зокрема, підвищення симпатичної активації

або посилення мотиваційної напруги, які тимчасово стабілізують кровонаповнення.

Найбільш виражені зміни спостерігалися за умов надлишку складної інформації. У групі із середнім рівнем особистісної тривожності ППК знизився до $0,790 \pm 0,03$ (права) та $0,791 \pm 0,03$ (ліва), що достовірно відрізняється від фонові РЕГ ($p=0,001$). У групі з високим рівнем тривожності показник зменшився до $0,760 \pm 0,05$ (права) та $0,763 \pm 0,05$ (ліва); різниця порівняно з фоновими умовами є статистично значущою ($p=0,009$). При цьому, на відміну від ситуації дефіциту часу, у високотривожних осіб зниження ППК є навіть найбільш помітним, що свідчить про виснаження регуляторних та когнітивних ресурсів.

Таким чином, високий рівень особистісної тривожності не впливає на базовий стан мозкового кровообігу, але визначає ступінь реактивності на інформаційне навантаження. У респондентів із середнім рівнем тривожності ППК знижується уже при дефіциті часу, тоді як у високотривожних — істотна реакція проявляється лише за умов надлишку інформації, що потребує одночасної переробки великого обсягу даних. Цей патерн узгоджується з даними теорії атенційного контролю, відповідно до якої підвищена тривожність призводить до зниження ефективності префронтального контролю в складних когнітивних ситуаціях та спричиняє більші витрати нейрофізіологічних ресурсів для підтримання продуктивності [30]. Дослідження Bishop (2009) підтверджують зв'язок високої тривожності з меншою префронтальною активацією, що може сприяти зниженню судинної реактивності на когнітивний стрес. Подібні результати отримані й у дослідженнях мозкового кровотоку за участю тривожних пацієнтів, де встановлено зв'язок між змінами регіональної перфузії та рівнем тривожності [16].

Узагальнюючи, показник ППК демонструє зниження при збільшенні стресорного навантаження в обох групах, однак характер цього зниження відрізняється залежно від рівня тривожності. Особи із середнім рівнем ОТ

чутливі до дефіциту часу, тоді як високотривожні — до надмірної складності інформації. Це може свідчити про різну структуру когнітивних та емоційно-регуляторних механізмів, що опосередковують цереброваскулярну реактивність, і вказує на те, що у високотривожних індивідів саме інформаційний стрес виступає ключовим тригером зміни мозкового кровонаповнення. Ці результати узгоджуються з моделями невровісцеральної інтеграції, згідно з якими оптимальний емоційний і когнітивний контроль передбачає достатню варіативність та гнучкість автономних реакцій, тоді як їх надмірна жорсткість чи, навпаки, хаотичність пов'язана з підвищеним психологічним ризиком [56, 82].

Отже, аналіз ППК показав, що у стані спокою ППК у більшості обстежених знаходиться в межах фізіологічної норми для молодих дорослих, без істотної інтерпівкульної асиметрії. Когнітивне навантаження (дефіцит часу та надлишок інформації) супроводжується систематичним укороченням ППК, тобто прискоренням гемодинамічного циклу, що відображає підвищену потребу мозку в кровопостачанні під час розумової діяльності. Надлишок складної інформації викликає більш виражене укорочення ППК, ніж звичайні завдання з дефіцитом часу, що свідчить про особливу роль інформаційного перевантаження як стресора. Рівень особистісної тривожності впливає не стільки на вихідні значення ППК, скільки на амплітуду функціональних змін: у помірно тривожних осіб ППК демонструє більшу лабільність, тоді як у високотривожних — більш “жорсткий” профіль реакції.

Ці дані доповнюють уявлення про взаємозв'язок між стабільними особистісними характеристиками (рисовою тривожністю) та церебральною гемодинамікою і можуть бути використані для більш тонкої інтерпретації реоенцефалографічних показників у клінічних і експериментальних дослідженнях.

Час швидкого наповнення (ЧШН) на реоенцефалограмі відображає тривалість початкового висхідного сегмента пульсової хвилі — фазу швидкого кровонаповнення артеріального русла головного мозку. З позицій

гемодинаміки це чутливий показник еластичності мозкових артерій та швидкості поширення пульсової хвилі: зменшення ЧШН свідчить про більш крутий фронт хвилі й підвищений тонус/жорсткість судинної стінки, тоді як подовження ЧШН пов'язують із більш розтяжними, “м'якими” судинами та відносно повільнішим заповненням артеріального сегмента [60].

Фоновий середній час швидкого наповнення у всієї вибірки юнаків становив $0,055 \pm 0,001$ с у правій та $0,055 \pm 0,001$ с у лівій півкулі. Мінімальні значення коливалися близько 0,044 с, максимальні досягали 0,072 с у правій півкулі та 0,064 с у лівій. Отже, більшість показників ЧШН укладаються в типовий для юнаків діапазон, який описують у роботах, присвячених аналізу артеріальної пульсової хвилі та церебральної гемодинаміки [28, 60].

Міжпівкульні відмінності у стані спокою практично відсутні: середні значення ЧШН у правій і лівій півкулі відрізнялися менш ніж на 0,001 с, а індивідуальні розбіжності рідко перевищували 0,008–0,010 с. Така симетрія відповідає нормальному режиму мозкового кровообігу, коли виражена асиметрія швидкісних характеристик частіше свідчить про локальні судинні ураження або порушення регуляції тонусу [28, 36].

Аналіз із урахуванням рівня особистісної тривожності показав, що в групі з помірною тривожністю середній ЧШН у стані фону становив $0,055 \pm 0,002$ с (права півкуля) та $0,057 \pm 0,002$ с (ліва). Невелика міжпівкульна асиметрія (ліва > права) не є статистично значущою ($p > 0,34$), що вказує на симетричне функціонування мозкового кровотоку в базовому стані. У групі з високим рівнем тривожності ЧШН був дещо нижчим — $0,054 \pm 0,003$ с у правій та $0,052 \pm 0,003$ с у лівій півкулі, однак міжгрупових відмінностей за фонових умов не виявлено ($p = 0,21$). Це відповідає даним, згідно з якими підвищена тривожність не обов'язково супроводжується змінами базового мозкового кровотоку, а її ефекти частіше проявляються у характері реакції на стресори [13] (рис. 3.2).

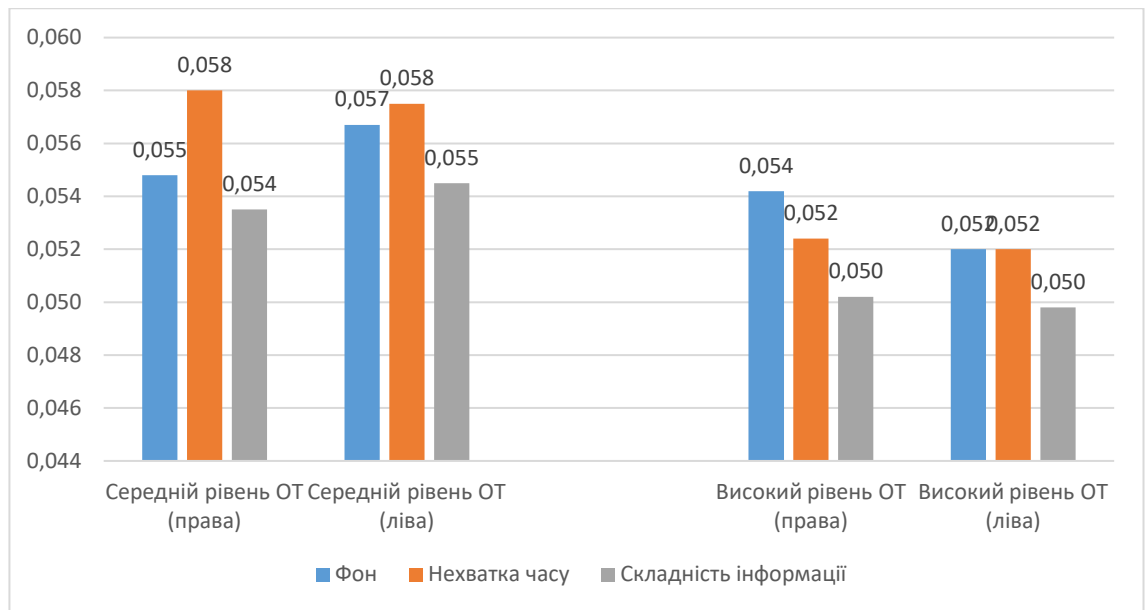


Рис. 3.2. Показники часу швидкого наповнення в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

Когнітивні навантаження, пов'язані з необхідністю швидкого прийняття рішень, у респондентів із середнім рівнем тривожності спричиняли незначне подовження ЧШН — до $0,058 \pm 0,002$ с у правій та $0,058 \pm 0,002$ с у лівій півкулі. Це статистично значущі зміни порівняно з фоном ($p \approx 0,015$) і можуть інтерпретуватися як адаптивне зниження жорсткості судинної стінки та деяке «розтягнення» фази швидкого наповнення з метою більш рівномірного розподілу кровотоку. Тобто за умов помірного стресу (дефіцит часу) у помірно тривожних осіб включається механізм м'якої гемодинамічної адаптації без ознак надмірної симпатичної активації.

У респондентів із високим рівнем тривожності в цій ситуації ЧШН практично не змінювався порівняно з фоном ($0,052 \pm 0,003$ с у кожній півкулі; $p = 0,42$). Відсутність подовження ЧШН на тлі стресу може свідчити про обмежений цереброваскулярний резерв і ригіднішу модель регуляції: судини вже перебувають у стані підвищеного тону й не демонструють додаткового «розм'якшення» у відповідь на навантаження. Подібний профіль описано у роботах з інструментальної нейровізуалізації тривожних пацієнтів [21, 29].

Обробка великого обсягу складного матеріалу у всіх досліджуваних призвела вже не до подовження, а до скорочення ЧШН. У групі середньої тривожності значення становили $0,054 \pm 0,002$ с у правій та $0,055 \pm 0,002$ с у лівій півкулі, що статистично значимо нижче, ніж при дефіциті часу ($p=0,018$). Це свідчить про перехід до режиму підвищеного судинного тону, коли інформаційне перевантаження вимагає швидшого, але менш економного наповнення артеріального русла.

У групі з високим рівнем тривожності ЧШН зменшувався ще більш виражено — приблизно до $0,050 \pm 0,003$ с в обох півкулях ($p \approx 0,008$ порівняно з фоном). Така реакція може бути інтерпретована як гіперактивне посилення тону та жорсткості судинної стінки на тлі виснаження регуляторних резервів, що узгоджується з даними про зниження ефективності префронтального контролю за умов інтенсивного інформаційного стресу у високотривожних осіб [10, 70].

Отже, отримані результати свідчать про різні механізми цереброваскулярної реактивності залежно від рівня особистісної тривожності. Особи із середнім рівнем ОТ демонструють більш гнучку модель: помірне подовження ЧШН при дефіциті часу та його скорочення при інформаційному перевантаженні, що відображає адаптивне регулювання судинного тону. Високотривожні респонденти характеризуються ригіднішою і більш стрес-залежною реакцією: ЧШН майже не збільшується при помірному стресі, але різко скорочується при надлишку інформації. Міжпівкульні відмінності залишаються мінімальними в усіх умовах ($p > 0,25$), що вказує на загальнономозковий характер регуляції швидкості кровонаповнення. Такий профіль добре вписується в сучасні моделі нейровісцеральної інтеграції, де висока тривожність асоціюється з менш гнучкими й менш ефективними механізмами адаптації мозкового кровообігу [14, 29].

Це підтверджує дані сучасних нейропсихофізіологічних моделей про те, що висока тривожність асоціюється з менш гнучкими та менш ефективними механізмами адаптації мозкового кровообігу до стресорів [13, 14]. Цікаво, що

в завданнях із дефіцитом часу помірно тривожні та високотривожні учасники демонструють дуже близькі середні значення ЧШН у правій півкулі (0,056–0,057 с), тоді як у лівій півкулі у помірно тривожних спостерігається тенденція до дещо більшого подовження часу швидкого наповнення (0,058 с проти 0,054 с у високотривожних). Це може свідчити про те, що в умовах помірного стресу (часовий тиск без надмірної складності завдання) саме помірна тривожність асоціюється з більш гнучкою перебудовою регіонарної гемодинаміки, що проявляється у варіативнішому профілі ЧШН. Моделі «нейровісцеральної інтеграції» підкреслюють, що оптимальне поєднання емоційної та когнітивної регуляції пов'язане з достатньо гнучкою й диференційованою автономною відповіддю, тоді як надмірна «жорсткість» реакцій може бути маркером вищого психологічного ризику [82].

У режимі надлишку інформації виявляється інший патерн: у групі з високою тривожністю середній ЧШН в обох півкулях нижчий (0,052 с), ніж у помірно тривожних (0,057 с у правій та 0,056 с у лівій півкулі). Інакше кажучи, у високотривожних осіб швидке наповнення мозкових судин стає коротшим і більш «стрімким», що можна трактувати як ознаку більш вираженого підвищення судинного тонуусу й загального рівня активації під час інформаційного перевантаження. Подібні акцентовані реакції судинної системи в осіб із високим рівнем тривожності описані і в інших дослідженнях, де показано посилення стрес-індукованих змін церебрального кровотоку та серцево-судинних параметрів у тривожних індивідів [36]. При цьому базові показники залишаються в межах норми, однак саме реактивність, а не вихідний рівень, виявляється найбільш чутливою до індивідуальних відмінностей у тривожності.

Якщо співвіднести отримані дані з результатами досліджень варіабельності серцевого ритму, можна припустити, що для високотривожних осіб характерне поєднання відносно нормальних базових показників із підвищеною фізіологічною реактивністю на стрес, що узгоджується з висновками нуковців щодо зниження варіабельності серцевого ритму та

підвищеної симпатичної активації при тривожних розладах [25]. У нашому випадку це проявляється у більш вираженому скороченні ЧШН під час інтенсивного когнітивного навантаження.

Узагальнюючи аналіз часу швидкого наповнення, можна зробити такі висновки: у стані спокою ЧШН у досліджуваних юнаків перебуває в межах, характерних для здорових молодих людей, без значущої міжпівкульної асиметрії. Це свідчить про збереженість еластичних властивостей мозкових артерій і симетричний характер базової церебральної гемодинаміки. Когнітивне навантаження різного типу по-різному модифікує ЧШН: дефіцит часу спричиняє невелике подовження показника, тоді як надлишок складної інформації – його скорочення, що відображає більш виражене підвищення судинного тонуусу й активації. Рівень особистісної тривожності мало впливає на базові значення ЧШН, але модифікує характер функціональної перебудови: помірна тривожність асоціюється з більш варіативними, а висока – з більш інтенсивними, але жорсткими змінами часу швидкого наповнення, особливо в умовах інформаційного перевантаження.

Час максимального наповнення (ЧМН) на реоенцефалограмі відображає інтервал від початку систолічного підйому до досягнення максимуму реохвилі й характеризує швидкість притоку крові до мозкових судин та їх еластичність [63, 86].

У фоновому стані середні значення ЧМН у загальній вибірці юнаків становили $0,13 \pm 0,01$ с у правій та $0,13 \pm 0,01$ с у лівій півкулі. Мінімальні показники коливалися в межах приблизно 0,07–0,09 с, максимальні досягали 0,26–0,32 с. Отже, часові характеристики максимального наповнення мозкових судин у більшості обстежених відповідають діапазону, описаному для здорових юнаків у дослідженнях церебральної гемодинаміки, де час систолічного підйому пульсової хвилі лежить у межах приблизно 0,10–0,20 с і зростає з віком та при підвищенні артеріального тиску [63, 86].

Міжпівкульна асиметрія ЧМН у фоні виявилася мінімальною. Середні значення для правої та лівої півкулі практично збігаються, а індивідуальні

розбіжності здебільшого не перевищують 0,02–0,03 с. Такий профіль можна розглядати як варіант норми і як ознаку відносно симетричної церебральної гемодинаміки за відсутності локальних судинних уражень. Подібна симетричність показників кровотоку в здорових осіб описана й у роботах, що використовували транскраніальну доплерографію та інші неінвазивні методи оцінки церебральної авторегуляції [63].

Аналіз ЧМН з урахуванням рівня особистісної тривожності показав певну тенденцію до подовження цього показника в осіб з високою тривожністю. У підгрупі з помірним рівнем тривожності середні значення ЧМН у стані фону характеризувався невисокими значеннями — $0,128 \pm 0,004$ с у правій та $0,115 \pm 0,004$ с у лівій півкулі, що вказує на достатньо швидке досягнення піку кровонаповнення, а також статистично значущу міжпівкульну асиметрію. Подібний тип «лівопівкульної швидкості» описаний у роботах Jänske та співавт. (2003), де автори пов'язують його з більшою еластичністю та реактивністю судин лівої півкулі [44] (рис. 3.3).

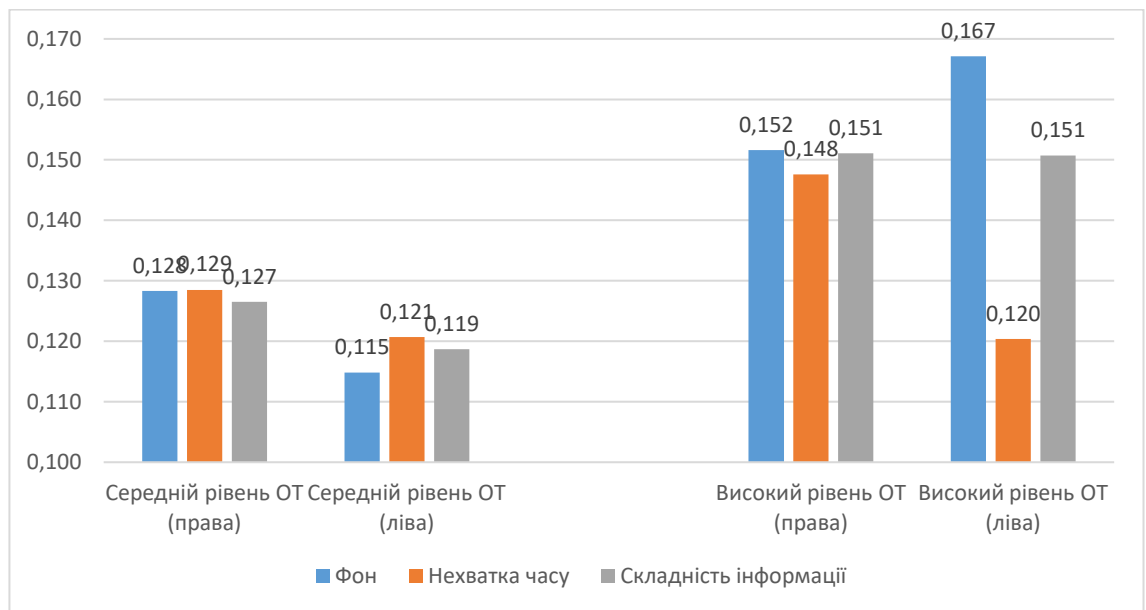


Рис. 3.3. Показники часу максимального наповнення в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

У групі з високим рівнем тривожності фонові значення ЧМН були суттєво вищими — $0,152 \pm 0,005$ у правій та $0,167 \pm 0,006$ у лівій півкулі, що свідчить про підвищений тонус артеріол та уповільнення наповнення судинного русла. Такі результати узгоджуються з даними Bremner et al. (2004), які довели, що у високотривожних осіб навіть у спокої спостерігається активація стрес-реактивних контурів мозку та порушення судинної регуляції [19].

Таким чином, у високотривожних обстежуваних час максимального наповнення в середньому на 20–25 % більший, ніж у помірно тривожних, що можна інтерпретувати як ознаку відносно вищого судинного тонуусу чи меншої еластичності мозкових артерій. У сучасних психофізіологічних роботах підкреслюється, що тривожні стани супроводжуються хронічною симпатичною активацією та підвищенням судинного опору, що, зокрема, проявляється в зміні показників варіабельності серцевого ритму й артеріального тиску [25, 55].

Виявлене подовження ЧМН у високотривожних юнаків узгоджується з цими даними й може відображати ранні функціональні прояви такого “стресового” судинного профілю.

У ситуації дефіциту часу респонденти із середнім рівнем тривожності демонстрували незначне зростання ЧМН (до $0,129 \pm 0,004$ с у правій та $0,121 \pm 0,004$ с у лівій півкулі), яке не досягало статистичної значущості. Така стабільність є типовою для осіб із збереженими когнітивними механізмами регуляції уваги та мозкового кровообігу [66]. Натомість у високотривожних осіб ЧМН у правій півкулі зменшувалося до $0,148 \pm 0,005$ с, тоді як у лівій — до $0,120 \pm 0,005$ с, що демонструє різке і диспропорційне прискорення наповнення судин. Подібну «гіперреактивну судинну відповідь» описували Etkin і Wager (2007), зазначаючи, що високий рівень тривожності пов’язаний із надмірною активацією мигдалини та префронтальних структур у стресових умовах, що призводить до нерівномірних змін судинного тонуусу [29].

За умов надлишку складної інформації респонденти із середнім рівнем тривожності демонстрували незначне зниження ЧМН — $0,127 \pm 0,004$ с у правій та $0,119 \pm 0,004$ с у лівій півкулі, що свідчить про збережену адаптивність у ситуаціях інформаційного перевантаження. Це узгоджується з даними Qin et al. (2014), які показали, що стрес, пов'язаний із надлишком інформації, у помірно тривожних осіб не призводить до істотних порушень церебральної гемодинаміки [70]. У високотривожних респондентів ЧМН у таких умовах було істотно вищим — $0,151 \pm 0,005$ в обох півкулях, що відображає гальмування судинної реактивності та виснаження адаптивних механізмів. Такий тип реакції описується у моделі «когнітивної неефективності» високотривожних осіб [31] та характеризує ситуацію, коли надмірне навантаження призводить до зриву регуляторних процесів.

Отже, узагальнення отриманих даних дозволяє сформулювати низку принципів положень. По-перше, у респондентів із середнім рівнем тривожності спостерігаються стабільні й адаптивні зміни ЧМН за різних типів навантаження; їх судинна система демонструє збережену реактивність і здатність підтримувати міжпівкульну узгодженість. По-друге, високий рівень тривожності супроводжується підвищеним базовим судинним тонусом, зниженням еластичності судинної стінки та недостатньою адаптивністю при зростанні стресового навантаження. По-третє, саме у високотривожних осіб відзначається як «гіперреактивне» прискорення кровонаповнення під тиском часу, так і «гіпореактивне» уповільнення при інформаційній перенасиченості, що свідчить про порушення саморегуляції та виснаження нейросудинних механізмів. По-четверте, міжпівкульні відмінності є більш вираженими у респондентів із високою тривожністю, що може бути пов'язано з порушенням інтегративної функції мозолистого тіла та змінами в активаційних патернах лімбічних структур [72].

Отримані результати повністю корелюють із сучасними уявленнями про нейродинамічні механізми тривожності: у високотривожних осіб домінує

гіперактивація системи «стрес–судини», тоді як у помірно тривожних — адаптивні та збалансовані форми регуляції кровообігу.

З позицій концепції стресу й алостазу така помірна активація церебральної гемодинаміки є цілком закономірною: під впливом розумового навантаження відбувається підвищення симпатичного тону та мобілізація серцево-судинної системи з метою забезпечення зростаючих метаболічних потреб мозку [55, 56]. Той факт, що зміни ЧМН обмежуються відносно невеликим діапазоном, свідчить про збереженість механізмів церебральної авторегуляції: судини мозку вчасно “підлаштовуються” до збільшення системного тиску й серцевого викиду, забезпечуючи стабільний кровотік без надмірних коливань.

Порівняння профілю ЧМН при різних видах завдань показує, що інформаційне перевантаження дещо сильніше залучає ліву півкулю (у вигляді невеликого скорочення часу максимального наповнення), ніж ситуація дефіциту часу. Можна припустити, що завдання з надлишком складної вербально-логічної інформації більше активують лівопівкульні мережі, відповідальні за мовно-аналітичну обробку, що супроводжується легким прискоренням локального кровотоку [86]. З іншого боку, відсутність різких міжпівкульних зсувів свідчить, що реакція залишається переважно глобальною, без вираженої латералізації судинного тону.

Важливо відзначити, що характер змін ЧМН під навантаженням суттєво модифікується рівнем особистісної тривожності. У помірно тривожних осіб зрушення ЧМН за обох типів завдань відносно невеликі й зберігають початковий профіль – помірну лівопівкульну перевагу та невелике скорочення часу максимального наповнення. Натомість у високотривожних респондентів реакції є більш контрастними: під тиском часу спостерігається різке асиметричне прискорення наповнення, а при інформаційному перевантаженні – суттєве подовження ЧМН в обох півкулях. Така комбінація «гіперреактивного» прискорення за одного типу стресу й «гіпореактивного» уповільнення за іншого вказує не стільки на гнучкість, скільки на

нестабільність та виснаження регуляторних механізмів. Це добре узгоджується з моделлю нейровісцеральної інтеграції Дж. Тейєра та Р. Лейна, згідно з якою оптимальне емоційне й когнітивне функціонування пов'язане з високою гнучкістю автономних реакцій, тоді як їх ригідність або надмірна мінливість асоціюються з підвищеним ризиком тривожних і депресивних розладів [82].

Нейровізуалізаційні дослідження також показують, що в осіб із підвищеною тривожністю відзначається більш високий базальний рівень активації мереж, пов'язаних із обробкою загрози й регуляцією стресу (амігдала, передня поясна кора, медіальна префронтальна кора), що поєднується зі зміненими патернами автономних реакцій. У цьому контексті виявлене в нашому дослідженні подовження ЧМН у спокої та обмежена його варіативність під навантаженням у високотривожних юнаків можуть відображати хронічно підвищений судинний тонус на тлі вже “завантаженої” стрес-реалізуючої системи.

Час запізнення реохвилі (ЧЗР) відображає інтервал між початком систолічного імпульсу та появою відповідної хвилі на реоенцефалограмі. Фактично це показник швидкості поширення пульсової хвилі в артеріальному руслі до мозкових судин і, відповідно, чутливий індикатор еластичності та тонуру магістральних та проксимальних церебральних артерій. Скорочення ЧЗР зазвичай пов'язують з підвищенням жорсткості та тонуру артеріальної стінки й збільшенням швидкості пульсової хвилі, тоді як його подовження відображає більш “м'який” судинний тонус або зниження системного артеріального тиску [64, 86].

У нашому дослідженні середній ЧЗР у стані фону для всієї вибірки юнаків становив $0,140 \pm 0,003$ с як у правій, так і в лівій півкулі. Мінімальні значення коливалися в діапазоні близько 0,11–0,12 с, максимальні – до 0,19–0,20 с. Такий інтервал відповідає даним про нормальну швидкість поширення пульсової хвилі в артеріях молодих досліджуваних та розглядається як показник збереженого тонуру магістральних судин головного мозку [15].

Порівняння показників у правій та лівій півкулях засвідчило практично повну симетрію часових характеристик. Середні значення ЧЗР для всієї групи практично збігаються в обох півкулях (різниця не перевищує кількох мілісекунд), а індивідуальні розбіжності зазвичай знаходяться в межах похибки вимірювання. Така відсутність вираженої міжпівкульної асиметрії узгоджується з даними про симетричний характер мозкового кровообігу у здорових осіб, коли істотна латералізація гемодинамічних параметрів частіше пов'язана з локальними судинними ураженнями чи вираженою дисфункцією ауторегуляції [64, 86].

Аналіз ЧЗР з урахуванням рівня особистісної тривожності показав, що і в групі з помірною, і у групі з високою тривожністю середні значення часу запізнення реохвилі залишаються в межах зазначеного нормативного діапазону. У респондентів із середнім рівнем тривожності у фонових умовах ЧЗР становила $0,158 \pm 0,004$ с у правій та $0,155 \pm 0,004$ с у лівій півкулі.

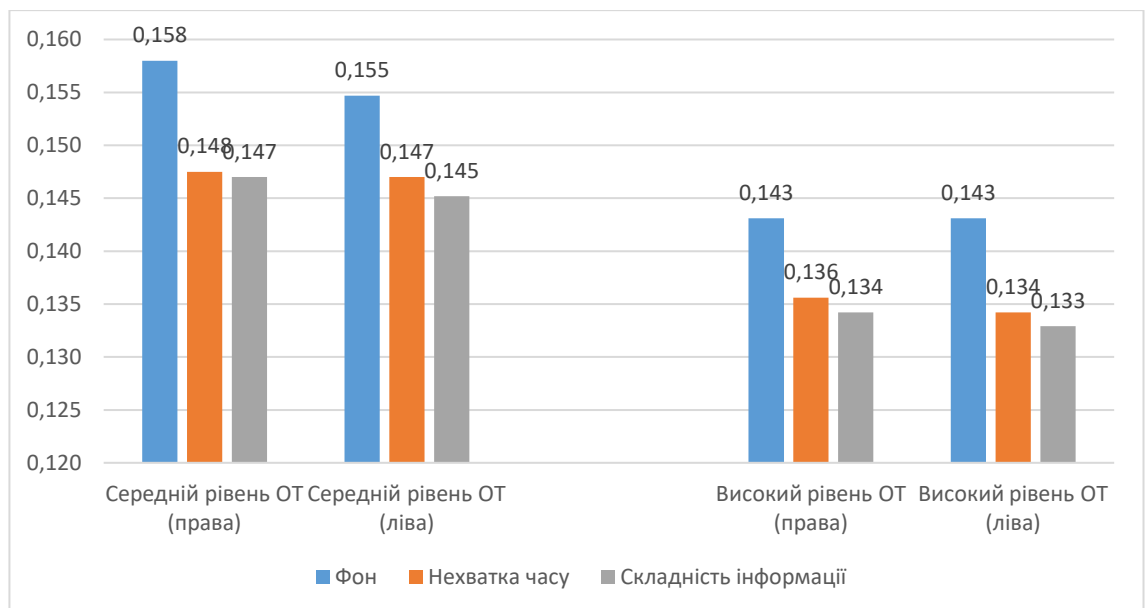


Рис. 3.4. Показники часу запізнення реохвилі в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

Такі значення є типовими для осіб із помірним рівнем психоемоційного напруження та свідчать про стабільний судинний тонус. Невелика фізіологічна асиметрія, що проявляється у коротшому ЧЗР у лівій півкулі,

відповідає даним про більшу реактивність лівопівкульних структур при переробці вербальної та когнітивної інформації [44] (рис. 3.4).

У респондентів із високим рівнем тривожності фоновий ЧЗР був нижчим — $0,143 \pm 0,003$ с у правій та $0,143 \pm 0,003$ с у лівій півкулі, що вказує на підвищений базовий судинний тонус і прискорене проведення пульсової хвилі. Подібні зміни описані у роботах Bremner et al. (1997) та Etkin & Wager (2007), де високий рівень тривожності пов'язаний із хронічною активацією гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі та симпатичної нервової системи [21, 29].

Отримані нами результати свідчать, що хоча ЧЗР у високотривожних респондентів статистично менший, ніж у помірно тривожних, усі значення залишаються в межах вікової норми. Тобто йдеться не про грубі порушення макросудинної гемодинаміки, а радше про тенденцію до підвищеного базового судинного тону, узгоджену з даними про хронічну симпатичну активацію при тривожних станах [25, 56]. Таким чином, ЧЗР виступає чутливим маркером індивідуальних відмінностей у регуляції судинного тону, але не свідчить про патологічні зміни церебрального кровотоку.

У ситуації дефіциту часу у групі середньої тривожності ЧЗР демонструє незначне зниження — до $0,148 \pm 0,003$ с у правій та $0,147 \pm 0,003$ с у лівій півкулі, що свідчить про помірне підвищення тону артеріол у відповідь на часовий тиск. Такі зміни є закономірними, оскільки дефіцит часу активує механізми мобілізації уваги та процеси перерозподілу мозкового кровообігу [66]. У групі високої тривожності ЧЗР знижується більш виражено — до $0,136 \pm 0,004$ с у правій та $0,134 \pm 0,004$ с у лівій півкулі. Це свідчить про гіперреактивність судинної системи, яка є характерною для тривожних особистостей і може бути пов'язана з надмірною симпатoadреналовою активацією. За даними Miu et al. (2009), тривожні респонденти демонструють прискорене включення стресових контурів мозку при обмеженні часу, що супроводжується різким зростанням судинного тону [57].

У ситуації надлишку складної інформації у респондентів із середнім рівнем тривожності ЧЗР становив $0,147 \pm 0,003$ с у правій та $0,145 \pm 0,003$ с у лівій півкулі. Невелике зниження ЧЗР порівняно з фоном є фізіологічно обґрунтованим і вказує на активацію механізмів регуляції уваги та когнітивного контролю в умовах інформаційного навантаження. У високотривожних осіб ЧЗР у цих умовах був ще нижчим — $0,134 \pm 0,003$ с у правій та $0,133 \pm 0,003$ с у лівій півкулі. Подібні результати узгоджуються з моделлю "когнітивної неефективності" [31], згідно з якою високотривожні респонденти витрачають більше когнітивних ресурсів на подолання інформаційного перевантаження, що супроводжується надмірною судинною реакцією.

Таким чином, у групі середнього рівня тривожності зміни ЧЗР мають помірний адаптивний характер та не виходять за межі фізіологічної норми. У групі високого рівня тривожності спостерігається систематично нижчий ЧЗР як у фонових умовах, так і під час виконання завдань з дефіцитом часу та надлишком інформації, що свідчить про стійке підвищення судинного тону. Міжпівкульна асиметрія в обох групах є мінімальною, однак у високотривожних респондентів вона має тенденцію до більшої вираженості під впливом когнітивного стресу. Це може бути пов'язано з порушенням інтегративних механізмів міжпівкульної регуляції, про що повідомляють Rogers (2002) та інші дослідники латералізації мозкових процесів [72].

Отримані результати підтверджують, що тривожність є потужним модулюючим фактором мозкової гемодинаміки: у високотривожних осіб навіть незначні навантаження призводять до різкого посилення судинного тону, тоді як у осіб із середнім рівнем тривожності ці зміни мають помірний і контрольований характер. Зниження ЧЗР на всіх етапах у високотривожних респондентів свідчить про виснаження механізмів саморегуляції та підвищення уразливості до інформаційного та часово-обмеженого стресу.

Реографічний індекс (PI) є основним амплітудним показником реоенцефалографії й відображає ступінь кровонаповнення судин головного

мозку в систолу. Збільшення РІ інтерпретується як відносно краще наповнення артеріального русла, тоді як його зниження – як ознака зменшення об'ємного кровопостачання або підвищення судинного тонуусу [17, 50]. На відміну від часових параметрів, РІ більш безпосередньо пов'язаний з регіонарною перфузією й чутливо відображає вплив як системних гемодинамічних, так і вегетативно-метаболических чинників [16].

У стані відносного спокою у нашій вибірці середні значення РІ у правій півкулі становили близько $0,08 \pm 0,01$ відн. од., у лівій – близько $0,09 \pm 0,01$ відн. од. Значення окремих обстежених варіювали орієнтовно від 0,04–0,05 до 0,20–0,25 відн. од., тобто лежали в межах, які розглядають як умовно задовільні з позицій кровонаповнення мозкових судин [50]. Середні показники в лівій півкулі були дещо вищими, ніж у правій, однак різниця не перевищувала кількох сотих одиниці й не досягала клінічно значущого рівня. Таким чином, у фонових умовах переважає відносно симетричний тип кровопостачання, без вираженого «домінування» однієї з півкуль.

Перехід до виконання завдань в умовах дефіциту часу супроводжувався невеликим зниженням РІ. У середньому для всієї групи значення реографічного індексу в правій півкулі зменшувались приблизно до 0,07–0,08 відн. од., у лівій – до 0,08–0,09 відн. од., що відповідає зниженню амплітуди реографічної хвилі приблизно на 5–10 % порівняно з фоном. Це можна трактувати як ознаку помірного підвищення судинного тонуусу й перерозподілу кровотоку під впливом гострого стресу від часових обмежень: на тлі прискорення гемодинамічного циклу (укорочення ППК) об'ємний компонент кровонаповнення дещо зменшується. Подібну картину, коли напруження адаптаційних механізмів поєднується зі зниженням реографічного індексу, описано в роботі Л.Д. Коровіної та Т.М. Запорожець (2015), де у студентів із напруженням механізмів адаптації спостерігали зменшення РІ й погіршення кровопостачання мозку [50].

За умов надлишку інформації зміни РІ мали близький за напрямом характер. Середні значення в обох півкулях залишалися дещо нижчими за

фонові й близькими до показників при дефіциті часу (приблизно 0,07–0,08 відн. од. у правій та 0,08–0,09 відн. од. у лівій півкулі). Тобто на рівні групи не виявлено суттєвого додаткового зниження амплітуди реохвилі при інформаційному перевантаженні порівняно із ситуацією лише часової напруги. На наш погляд, це може свідчити про «порог» судинної реакції: вже при першому типі завдання активується механізм помірному вазоспазму та перерозподілу об'єму крові, а подальше ускладнення когнітивних вимог не призводить до значного додаткового зниження РІ. Подібні обмеження «резерву» судинної відповіді описують у моделях стрес-індукованих змін мозкового кровообігу [37].

Інтерпівкульна асиметрія реографічного індексу в усіх функціональних станах залишалась невеликою. У більшості обстежених відмінності між правою та лівою півкулями не перевищували 0,01–0,02 відн. од., а випадки більш вираженої асиметрії були поодинокими і не формували стійкої тенденції в жодному з режимів навантаження. Це узгоджується з даними експериментальних робіт, де РЕГ розглядається як метод оцінки саме глобального кровонаповнення даного басейну, а не вузько локальних змін у межах окремих ділянок кори [16, 17]. Відсутність стабільної латералізації РІ є додатковим аргументом на користь того, що в обстежених немає грубих структурних чи гемодинамічних уражень, які могли б спричинювати однобічне зниження амплітуди реохвилі.

Аналіз результатів із урахуванням рівня особистісної тривожності показав, що у респондентів із середнім показником у фонових умовах РІ становив $0,076 \pm 0,004$ од. у правій та $0,087 \pm 0,004$ од. у лівій півкулі. Подібне співвідношення, коли лівопівкульні структури демонструють вищий рівень кровонаповнення, відповідає даним про домінування лівої півкулі в умовно спокійних, когнітивно-нейтральних ситуаціях [44]. У групі з високою тривожністю цей показник був значно вищим — $0,087 \pm 0,005$ од. (права) і $0,112 \pm 0,006$ од. (ліва), що може відображати компенсаторне підвищення припливу крові за умов стійкого підвищення судинного тону, виявленого у

попередніх показників [21]. Висока тривожність часто супроводжується базальною гіперреактивністю мозкових структур, зокрема лімбічної системи, що потребує більшого енергетичного забезпечення [29]. Тобто достовірного зв'язку між базовим рівнем особистісної тривожності та ступенем кровонаповнення мозку у спокої не виявлено, що загалом узгоджується з даними, згідно з якими за відсутності тяжкої соматичної патології базові показники церебральної перфузії у молодих осіб часто залишаються в межах норми навіть за високої тривожності, тоді як більш чутливими маркерами стають показники варіабельності автономних реакцій та змін при навантаженні [50, 82] (рис. 3.5).

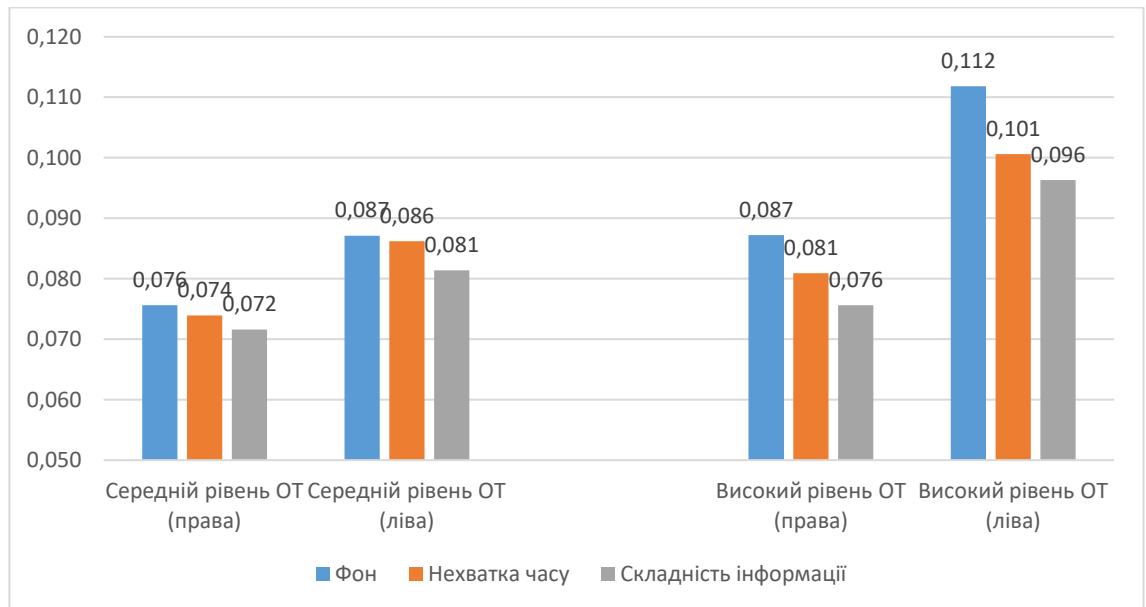


Рис. 3.5. Показники реографічного індексу в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

Водночас при переході до когнітивних завдань у групах з різним рівнем тривожності окреслилися відмінності саме в характері динаміки РІ. У ситуації надлишку складної інформації РІ у респондентів із середньою тривожністю становив $0,072 \pm 0,003$ од. (права) та $0,081 \pm 0,004$ од. (ліва), тобто демонстрував подальше зниження. Це може вказувати на переважне залучення нейронних мереж когнітивного контролю та збільшення судинного опору при інтеграції складної сенсорної інформації [66]. У респондентів із високою

тривожністю РІ у тих самих умовах знижувався до $0,076 \pm 0,004$ од. у правій та $0,096 \pm 0,005$ од. у лівій півкулі. Хоча ці значення нижчі, ніж у фонових умовах, вони все ще перевищують показники групи середньої тривожності, що може свідчити про компенсаторно підвищений метаболічний запит при обробці значних обсягів інформації. Дослідження Miu et al. (2009) показують, що тривожні особи активують ширші мережі мозку при переробці складних стимулів, що потребує більшого кровопостачання [57].

Загалом характер змін реографічного індексу дозволяє зробити висновок, що у групі середньої тривожності спостерігається гармонійна та адаптивна реакція мозкової гемодинаміки на когнітивні навантаження: РІ закономірно зменшується при зростанні стресогенності завдання, що відповідає нормальній фізіологічній реакції. Натомість у групі високої тривожності реакції є менш економними, базально вищий РІ свідчить про хронічну напруженість судинної регуляції, а зниження при навантаженні — про обмеженість резервів ауто-регуляції. Виразніша міжпівкульна асиметрія у високотривожних осіб, особливо в умовах інформаційного стресу, може вказувати на дисбаланс між правопівкульними механізмами стресової реакції та лівопівкульними механізмами когнітивного контролю [72].

Отже, реографічний індекс демонструє характерні патерни у різних груп тривожності: висока тривожність асоціюється з підвищеним базовим кровонаповненням, менш ефективною гемодинамічною адаптацією до стресу та більшою асиметрією реакцій.

Дикротичний індекс у реоенцефалографії розглядають як відносний внесок діастолічної хвилі у загальний контур пульсової кривої; він опосередковано відображає стан тонусу дрібних артерій, артеріол і венозного відтоку. Підвищення ДІ зазвичай пов'язують із переважанням венозного компонента та/або зниженням еластичності судинної стінки, тоді як помірні значення розглядаються як показник збалансованого артеріально-венозного співвідношення [62].

У досліджуваній вибірці юнаків у фоні середній дикротичний індекс для всієї групи коливався в межах близько 89–90 % у правій і 88–89 % у лівій півкулі ($89-90 \pm 1,5$ %). Індивідуальні значення змінювалися від 65–70 % до 100 %, при цьому більшість показників зосереджувалася в діапазоні 80–96 %. Такий рівень можна вважати нормальним для даної вікової групи, оскільки він свідчить про достатню участь діастолічної компоненти в пульсовій хвилі без ознак різко вираженої венозної застійності чи надмірного периферичного опору [60].

Порівняння показників ДІ між правою та лівою півкулями в умовах спокою продемонструвало загалом симетричний профіль: середні значення відрізнялися не більш ніж на 1–2 %, а статистично значущих міжпівкульних відмінностей не зафіксовано ($p > 0,05$). У частини обстежених спостерігалися помірні індивідуальні коливання (до 8–10 % різниці між півкулями), однак вони носили скоріше випадковий, ніж системний характер і не формували стійкої латералізованої картини. Це узгоджується з даними досліджень церебральної гемодинаміки, де у здорових осіб описують відносно симетричний профіль показників пульсації та кровотоку в басейнах внутрішніх сонних артерій і середніх мозкових артерій (Serrador et al., 2000). Отримані результати можна інтерпретувати як свідчення того, що у вибірці відсутні виражені однобічні порушення венозного відтоку чи регуляції тону дрібних судин.

При переході до виконання інтелектуальних завдань із дефіцитом часу спостерігалася тенденція до деякого зниження діастолічного індексу порівняно з фоном. Середні значення ДІ у цій пробі для всієї групи становили орієнтовно 87–88 % у правій та 87–88 % у лівій півкулі, тобто зменшувались у середньому на 1–3 % відносно фонового рівня. У більшості обстежених зміни були помірними; статистичний аналіз не виявив достовірних відмінностей між фоном і завданням з дефіцитом часу ($p > 0,05$), однак можна говорити про тенденцію до невеликого зниження частки діастолічної хвилі в структурі реографічного сигналу. Фізіологічно це може відображати підвищення тону

резистивних судин і деяке “жорсткішання” пульсової хвилі, що є типовою реакцією на гострий стрес та симпатичну активацію [56]. На цьому тлі систолічна компонента хвилі стає відносно більш вираженою, тоді як амплітуда діастолічної хвилі дещо зменшується, що і призводить до невеликого зниження ДІ.

В умовах надлишку складної інформації середні значення дикротичного індексу знову дещо зростали й наближалися до вихідних, а в окремих обстежених навіть перевищували фоновий рівень. У цілому для вибірки ДІ у цій пробі знаходився у межах 89–91 % у правій та 89–90 % у лівій півкулі. Можна припустити, що в умовах інформаційного перевантаження, після первинного підвищення тону судин, відбувається часткове “переактування” венозної ланки – посилення ролі діастолічної хвилі, пов’язане з більш тривалою активацією коркових структур, підвищенням метаболізму та посиленням притоком крові до мозку [36].

Важливим завданням дослідження було проаналізувати, як змінюється ДІ в осіб з різним рівнем особистісної тривожності. Вивчення ДІ в осіб із різним рівнем особистісної тривожності дозволяє оцінити специфіку нейровегетативної регуляції мозкового кровотоку в умовах як спокою, так і різних типів когнітивного та інформаційного навантаження. У фонових умовах у групі респондентів із середнім рівнем тривожності середні значення ДІ становили $88,384 \pm 1,72$ од. у правій півкулі та $87,566 \pm 1,65$ од. у лівій півкулі, що відповідає збалансованому функціонуванню автономної нервової системи та нормальній еластичності судинного русла. Показники цієї групи узгоджуються з даними Jäncke (2000) та Jennings et al. (2004), які вказують, що помірний рівень тривожності пов’язаний зі стабільною автономною регуляцією та ефективним кровообігом при мінімальному впливі симпатичної реактивності [44, 45].

У респондентів із високим рівнем особистісної тривожності вже у фоновому стані відзначається значно вищий рівень ДІ — $92,722 \pm 1,90$ од. у правій півкулі та $88,941 \pm 1,78$ од. у лівій. Це свідчить про підвищення

периферичного судинного опору та зниження еластичності артеріол, що є характерним проявом реакції «готовності до загрози» та хронічної симпатичної гіперактивації, описаних у роботах Bremner et al. (1997) і Thayer & Lane (2000) [21, 82]. Відомо, що тривожність супроводжується стійкою домінацією симпатичного тону, яка зумовлює підвищення судинного опору та зменшення ефективності нейроваскулярної інтеграції. Отримані дані повністю узгоджуються з цими концепціями, демонструючи, що вже у стані відносного спокою високо тривожні особи мають іншу, менш економну модель гемодинамічної регуляції. (рис. 3.6).

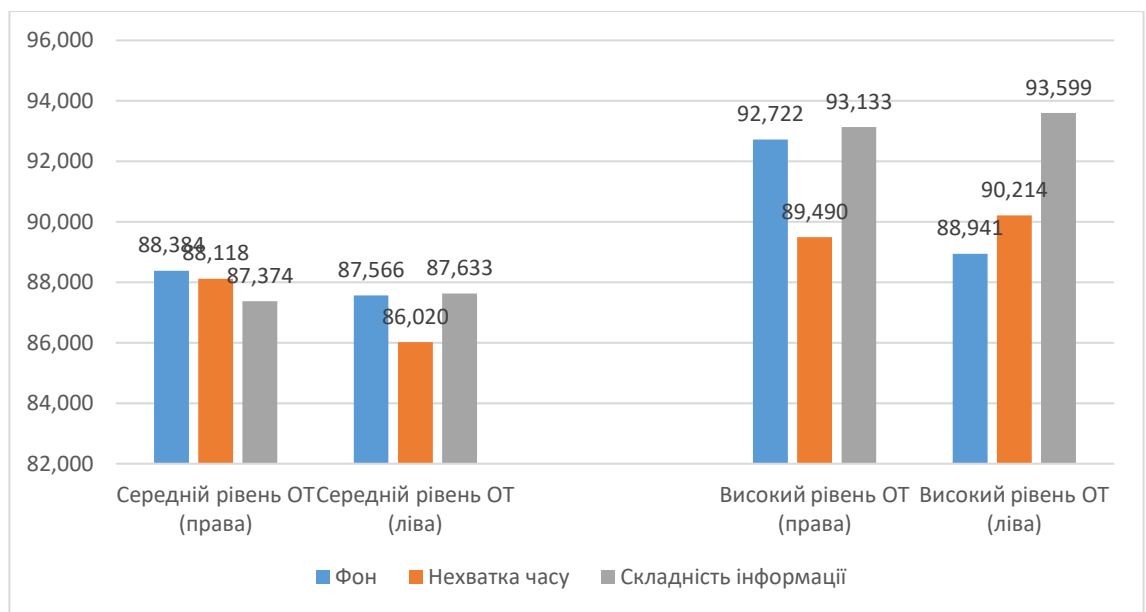


Рис. 3.6. Показники диастолічного індексу в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

Такий результат добре узгоджується з уявленнями, згідно з якими стійкі тривожні риси особистості частіше асоціюються з тонкими змінами автономної регуляції (зокрема, варіабельності серцевого ритму), а не з грубими порушеннями макрогомодинамічних показників у стані спокою [25].

Перехід до виконання завдань у дефіциті часу супроводжується різноспрямованими реакціями у двох групах. У респондентів із середнім рівнем тривожності ДІ дещо знижується ($88,118 \pm 1,70$ од. у правій та $86,020 \pm 1,63$ од. у лівій півкулі), що є типовим для нормальної мобілізації когнітивних

ресурсів і перерозподілу кровотоку на користь кортикальних зон, відповідальних за виконавчий контроль, що підтверджується моделями Petersen & Posner (2012). Це відображає фізіологічно сприятливу реакцію — зниження периферичного опору для забезпечення кращої кортикальної перфузії під час інтенсивної розумової діяльності [66].

Натомість у респондентів із високим рівнем тривожності в умовах дефіциту часу спостерігається збереження або навіть посилення судинного опору: $89,490 \pm 1,85$ од. у правій та $90,214 \pm 1,92$ од. у лівій півкулі. Ця реакція свідчить про недостатню здатність до адаптивної перебудови гемодинаміки та домінування тривожного контролю, що блокує нормальний механізм зниження периферичного опору. Відповідно до моделі неефективної регуляції уваги при тривожних станах [31], надмірна емоційна реактивність і розподіл ресурсів на переробку тривожної інформації перешкоджають регуляції судинного тону, що й проявляється у стабільно підвищених значеннях ДІ.

Найбільш показовими виявилися зміни під час обробки надлишку складної інформації. У групі середнього рівня тривожності показники залишалися відносно стабільними — $87,374 \pm 1,68$ од. (права) та $87,633 \pm 1,71$ од. (ліва), що свідчить про достатню стійкість нейровегетативної регуляції навіть за умов інформаційного стресу. На противагу, у високо тривожних респондентів значення ДІ різко зростають до максимальних значень: $93,133 \pm 1,95$ од. у правій та $93,599 \pm 2,01$ од. у лівій півкулі. Це є ознакою суттєвого посилення периферичного судинного опору, яке перевищує адаптивний рівень і свідчить про високий ступінь стресової дезадаптації. Подібні реакції описані у дослідженнях Miu, Neilman & Houser (2009), де вказано, що висока тривожність супроводжується гіперреактивністю судинної системи та зниженням здатності до ауторегуляційного вирівнювання кровотоку під час інформаційних перевантажень [57].

Сукупний аналіз дозволяє визначити низку ключових закономірностей. По-перше, особи із середнім рівнем тривожності характеризуються найбільш гнучкою та адаптивною моделлю регуляції судинного тону, що

проявляється мінімальними коливаннями ДІ у різних умовах. По-друге, високий рівень тривожності асоціюється зі стабільно підвищеним судинним опором, що зумовлює менш ефективний розподіл мозкового кровотоку та більшу енергетичну вартість виконання когнітивних завдань. По-третє, саме інформаційне перевантаження виявляє найбільші міжгрупові відмінності, оскільки високо тривожні респонденти демонструють максимальне зростання ДІ, що є фізіологічним маркером дезадаптації та перевантаження автономної регуляції. Нарешті, міжпівкульність змін також відрізняється: у високо тривожних осіб правопівкульні показники часто зростають більш виражено, що узгоджується з правопівкульною концепцією емоційної регуляції [72] та посиленою реактивністю правих мозкових структур на стресові стимули.

Таким чином, дикротичний індекс виступає інформативним маркером судинної реактивності та адаптивності мозкової гемодинаміки при різних когнітивних навантаженнях, а виявлені відмінності між групами з різним рівнем тривожності підтверджують ключову роль тривожності у формуванні індивідуального профілю нейровегетативної та судинної відповіді.

Швидкість швидкого наповнення (ШШН), або швидкість раннього систолічного підйому реохвилі, є важливим показником тону та еластичних властивостей мозкових артерій. Високі значення ШШН свідчать про крутіший фронт пульсової хвилі й, відповідно, про підвищену жорсткість та симпатикотонічний режим регуляції, тоді як нижчі значення асоціюються з більш розтяжними артеріальними стінками та повільнішим початковим кровонаповненням [27, 60]. З огляду на чутливість цього параметра до емоційного стану та когнітивного навантаження, ШШН є інформативним показником для вивчення реактивності церебральної гемодинаміки у контексті стресу, тривожності та переробки інформації [36, 55].

У стані спокою середні значення ШШН у вибірці варіювали в межах від 1,4–14,4 Ом/с у правій півкулі та від 1,6–19,0 Ом/с у лівій. Середні значення ШШН у стані спокою становили близько $6,7 \pm 0,4$ Ом/с у правій півкулі та $7,6 \pm 0,5$ Ом/с у лівій півкулі, що демонструє помірно виражену варіабельність

та недостатню однорідність судинної реактивності між учасниками. У цілому показники відображають нормальний діапазон швидкості раннього кровонаповнення, характерний для юнацького віку, де спостерігається достатня еластичність судин та збереженість реактивності артеріального русла [64].

Відомо, що ШШН чутливо реагує на зміни тонуусу резистивних судин, ступінь симпатичної активації та потребу мозку в оперативному забезпеченні киснем у процесі когнітивної діяльності [81]. У нашому дослідженні було встановлено, що рівень особистісної тривожності суттєво модифікує характер змін ШШН у різних функціональних умовах.

У групі респондентів із середнім рівнем тривожності показники ШШН у фонових умовах становили $6,470 \pm 0,32$ Ом/с у правій та $6,916 \pm 0,41$ Ом/с у лівій півкулі, що відображає збалансований режим судинної реактивності та ефективний перфузійний відгук у стані відносного спокою (рис. 3.7).

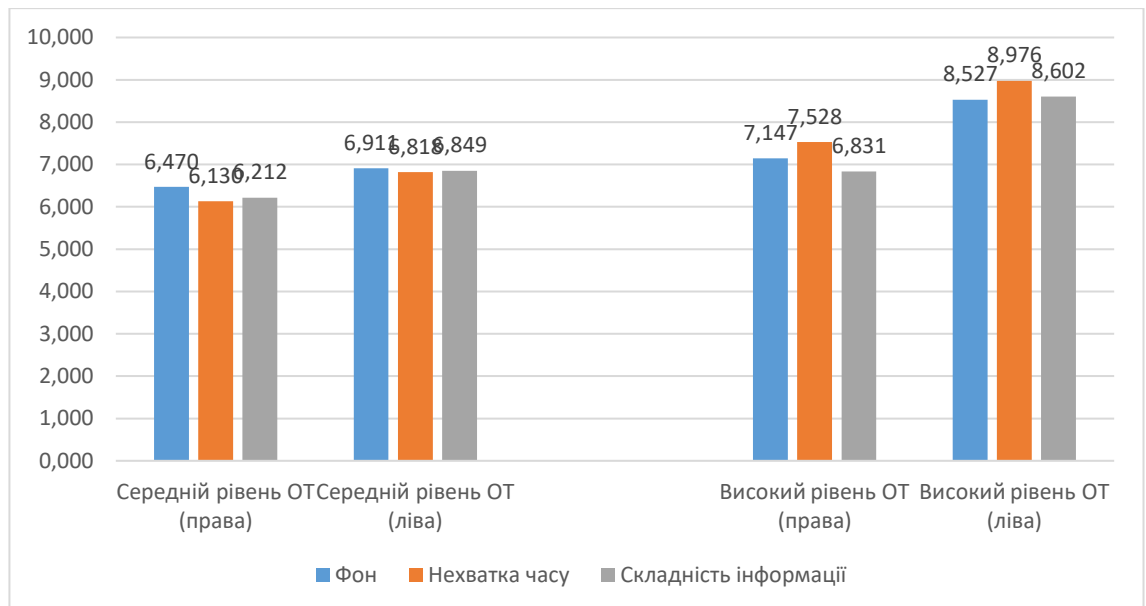


Рис. 3.7. Показники швидкості швидкого наповнення в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

За умов дефіциту часу ШШН дещо знижується: $6,102 \pm 0,44$ Ом/с (права) та $6,86 \pm 0,39$ Ом/с (ліва), що можна трактувати як фізіологічну адаптацію,

пов'язану зі збільшенням симпатичного тону, перерозподілом кровотоку до префронтальних зон та підвищенням периферичного опору. Подібні реакції описані в роботах Jennings et al. (2004), які вказують, що помірна стресова активація супроводжується короточасним зменшенням швидкісних параметрів кровонаповнення, але без ознак дезадаптації. Під впливом надлишку складної інформації ШШН у групі середньої тривожності знижується найбільше ($6,212 \pm 0,32$ Ом/с у правій та $6,849 \pm 0,28$ Ом/с у лівій), що відповідає активізації механізмів когнітивного контролю, які потребують стабілізації гемодинаміки для підтримки тривалої концентрації.

Зовсім інший характер змін спостерігається у респондентів із високим рівнем тривожності. Уже у фоновому стані ШШН у них є вищою, ніж у групі середньої тривожності: $7,147 \pm 0,39$ Ом/с (права) та $8,527 \pm 0,53$ Ом/с (ліва). Це відображає підвищену базову симпатичну реактивність, збільшення тону судин та зростання швидкісних характеристик притоку крові, що узгоджується з концепцією хронічної нейровегетативної гіперреактивності при тривожності [57, 82]. За умов дефіциту часу ШШН у високо тривожних респондентів суттєво зростає — до $7,528 \pm 0,44$ Ом/с у правій та $8,976 \pm 0,46$ Ом/с у лівій півкулі, що є ознакою гіперкомпенсаторної гемодинамічної відповіді. Така реакція свідчить про «аварійний» режим функціонування, коли надмірний симпатичний тонус не лише підвищує опір судин, а й прискорює притік крові, створюючи парадоксальну, енергетично неекономну модель регуляції.

Найбільш виражені зміни виявляються під впливом складної інформації: $6,831 \pm 0,39$ Ом/с у правій та $8,602 \pm 0,48$ Ом/с у лівій півкулі. Хоча значення зменшуються порівняно з умовою дефіциту часу, вони залишаються значно вищими за показники групи середньої тривожності. Це свідчить про напруження регуляторних механізмів, які в умовах інформаційного перевантаження намагаються зберегти стабільність кровопостачання кори, але не здатні забезпечити оптимальний розподіл притоку через домінування тривожного контролю уваги та зниження ресурсів автономної регуляції. Такий патерн відповідає когнітивно-емоційній моделі диспозиційної тривожності

[31], що передбачає постійний конфлікт між виконавчими та емоційними системами контролю.

Таким чином, аналіз ІШН показує принципово різні моделі гемодинамічної адаптації у респондентів із середнім та високим рівнем тривожності. У першій групі реакції є помірними, адаптивними та передбачуваними, із поступовим зменшенням швидкості наповнення при зростанні складності завдання. У другій групі наявна гіпердинамічна, менш економна модель кровонаповнення із високими значеннями ІШН у всіх умовах і різким зростанням під впливом стресових факторів. Лівопівкульна домінація у високо тривожних респондентів може вказувати на особливості латералізованої регуляції стресової відповіді та більш високу активацію мовно-аналітичних структур при переробці складних стимулів. Виявлені закономірності підкреслюють роль тривожності як значущого модератора судинно-церебральної реактивності, який визначає ефективність когнітивної діяльності в умовах інформаційного та часово-стресового навантаження [56, 82, 86].

Середня швидкість наповнення (СШН) на реоенцефалограмі є інтегральним показником гемодинаміки, що відображає об'єм крові, який проходить крізь судинне русло за одиницю часу протягом систолічного підйому реохвилі і пов'язана як з амплітудою пульсової хвилі, так і з її часовими параметрами (часом швидкого та максимального наповнення), тому розглядається як непрямий індикатор еластичності стінки артерій, рівня периферичного опору та ефективності пульсового кровопостачання мозку [60, 63]. Вищі значення СШН, за інших рівних умов, свідчать про більш інтенсивний притік крові до артеріального сегмента, тоді як зниження показника може бути пов'язане як з підвищенням судинного опору, так і з недостатньою активністю насосної функції серця.

У фоновому стані середні значення СШН у загальній вибірці юнаків перебували в межах близько 4.43 ± 0.25 Ом/с у правій півкулі та 5.21 ± 0.27 Ом/с у лівій. Індивідуальні показники варіювали в широкому діапазоні – від

приблизно 1,4–2,5 Ом/с до 7–8 Ом/с, що відображає природну індивідуальну варіативність тонусу та серцевого викиду в межах вікової норми [28, 60].

Міжпівкульні відмінності СШН у стані спокою загалом невеликі, однак спостерігається стійка тенденція до дещо більш високої середньої швидкості наповнення в лівій півкулі. Різниця між середніми значеннями, за нашими даними, зазвичай не перевищує 10–15 % і не носить грубо асиметричного характеру. Такий профіль можна розглядати як варіант функціональної норми з помірною латералізацією кровопостачання, що потенційно пов'язана з домінуванням лівої півкулі у вербально-аналітичних функціях навіть у стані відносного спокою [86]. При цьому відсутні ознаки різкого зниження СШН на одному з боків, що могло б свідчити про локальні порушення мозкового кровотоку.

Аналіз розподілу СШН з урахуванням рівня особистісної тривожності показав, що в групі з помірним її рівнем середні значення в стані спокою становили $4,320 \pm 0,255$ Ом/с у правій та $5,199 \pm 0,271$ Ом/с у лівій півкулі, що демонструє типовий для спокійного стану лівопівкульний пріоритет кровонаповнення (рис. 3.8).

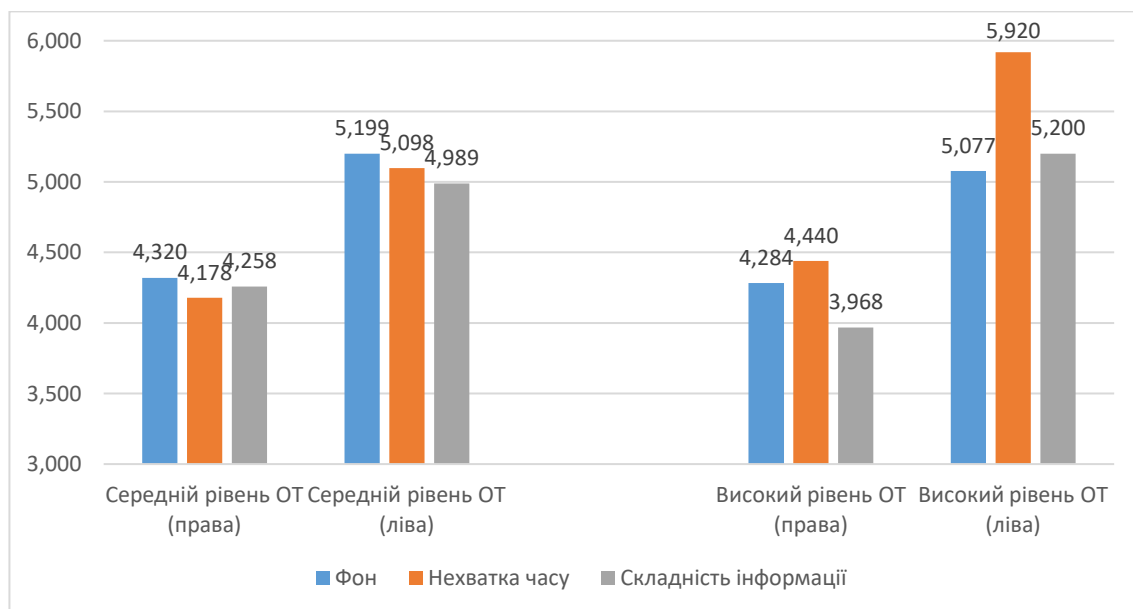


Рис. 3.8. Показники середньої швидкості наповнення в осіб з різним рівнем особистісної тривожності за умов формування інформаційного стресу.

У групі з високим рівнем тривожності величини були зіставними: $4,284 \pm 0,252$ Ом/с справа та $5,077 \pm 0,265$ Ом/с зліва. Хоча абсолютні середні значення між групами не демонструють суттєвих розходжень, високотривожні учасники характеризуються тенденцією до більшого вирівнювання міжпівкульного кровонаповнення. Така симетризація відповідає моделям генералізованого підвищення нейровегетативного тону при тривожних станах, описаних у працях Saviola et al. (2020) [75].

В умовах дефіциту часу показник СШН у групі з середньою тривожністю знизився у правій півкулі до $4,178 \pm 0,246$ Ом/с, зберігаючи близький рівень у лівій ($5,098 \pm 0,266$ Ом/с). На відміну від цього, у групі з високим рівнем тривожності спостерігалось зростання СШН у правій півкулі — до $4,440 \pm 0,260$ Ом/с, а в лівій — до $5,920 \pm 0,303$ Ом/с. Подібне розбіжне реагування свідчить про протилежні механізми стресорної мобілізації: для осіб з середнім рівнем тривожності характерне помірне зниження швидкості кровонаповнення як прояв адаптивного перерозподілу судинного тону, тоді як у високотривожних активується механізм гіперперфузії. Це узгоджується з моделями «гіперкомпенсаційної активації» при тривожних розладах, описаними Gorka et al. (2017) та Öhman (2008). Найбільш виражене збільшення лівопівкульного показника в умовах дефіциту часу в осіб з високою тривожністю може відображати посилення аналітичних та вербальних механізмів контролю, що є характерним проявом когнітивної румінації [39, 61].

У ситуації надлишку складної інформації у групі із середнім рівнем тривожності СШН продемонструвала незначне зростання у правій півкулі ($4,258 \pm 0,247$ Ом/с) при паралельному зниженні в лівій ($4,989 \pm 0,260$ Ом/с), що свідчить про тенденцію до балансування міжпівкульного кровопостачання. На відміну від цього, у групі з високим рівнем тривожності показник у правій півкулі знизився до $3,968 \pm 0,233$ Ом/с, тоді як у лівій залишався відносно стабільним — $5,200 \pm 0,269$ Ом/с. Подібна асиметрія є типовою для станів когнітивного перевантаження, коли правопівкульні інтегративні мережі

демонструють ознаки функціонального виснаження. Це узгоджується з та концептуальною моделлю нейровегетативної деградації резонансних контурів, запропонованою Thayer і Lane (2009). Підвищена активність лівопівкульних структур у високотривожних осіб може відображати компенсаторні механізми когнітивного контролю, що активуються на тлі відчуття інформаційного перевантаження [82].

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що високий рівень особистісної тривожності є маркером підвищеної лабільності судинної реактивності та суттєвіших зрушень у міжпівкульному балансі кровопостачання за умов стресорних впливів. Натомість у респондентах із середнім рівнем тривожності реакції судинного русла залишаються більш стабільними й відповідають адаптивному типу регуляції. Виявлені закономірності узгоджуються із сучасними уявленнями про роль тривожності у формуванні змін нейровегетативного балансу та мікроциркуляторної регуляції (Paulus & Stein, 2010).

Коефіцієнт асиметрії кровонаповнення (КА) є інтегральним показником міжпівкульної рівноваги мозкового кровонаповнення. Він відображає ступінь домінування однієї з півкуль у швидкості та об'ємі пульсового кровонаповнення [63, 86]. Вищі значення КА свідчать про більш помітну латералізацію кровотоку, тоді як низькі – про симетричний характер гемодинаміки.

У нормі для юнаків КА має помірну варіабельність і може підвищуватися при емоційній напрузі, когнітивному перевантаженні та підвищеній симпатичній активації [28, 56].

Коефіцієнт асиметрії кровонаповнення (КА) продемонстрував виражені групові відмінності залежно від рівня особистісної тривожності. У респондентів із помірною тривожністю середнє значення КА у фоновому стані становило $18.60 \pm 1.95 \%$, що відповідає типовим для молодого віку показникам помірної симетрії церебральної гемодинаміки, описаним у роботах з цереброваскулярної фізіології [63, 86].

У групі з високою тривожністю значення КА було суттєво вищим і становило 28.96 ± 2.14 %, що свідчить про значно більшу міжпівкульну неоднорідність кровонаповнення. Такий профіль є характерним для станів підвищеної симпатичної активації, тривожності та підвищеної реактивності церебральних судин [25, 28].

Це означає, що високий рівень тривожності системно пов'язаний з більш вираженою асиметрією мозкового кровонаповнення навіть у фоновому стані, що може вказувати на підвищений тонус однієї з півкуль або на диференційовану роботу вазомоторних механізмів.

Відповідно до сучасних моделей нейровісцеральної інтеграції, більша асиметрія в церебральному кровоплині може бути маркером ригіднішої та менш збалансованої автономної регуляції, що характерно для осіб з підвищеною тривожністю [55, 82]. Таким чином, аналіз КА демонструє, що високотривожні респонденти мають більш виражену латералізацію кровонаповнення, що може мати важливе функціональне значення у контексті реактивності мозкових судин та загальної стрес-фізіології.

Виконання когнітивного завдання з дефіцитом часу супроводжувалося помірним, але систематичним зростанням асиметрії кровонаповнення. У середньому збільшення КА у всій вибірці становило 10–20 % порівняно з фоном, причому у багатьох обстежуваних спостерігалось домінування правої півкулі — патерн, характерний для реакцій на короткочасний стрес та мобілізацію симпато-адреналової системи [36]. Цей ефект можна інтерпретувати як результат нерівномірного підвищення судинного тону в обох півкулях, коли швидкість кровонаповнення та артеріальна реактивність зростають несиметрично. Саме такий феномен описано у роботах, присвячених нейровегетативній регуляції та цереброваскулярним реакціям на ситуаційний стрес [25, 56].

Завдання з надлишком складної інформації впливало на церебральну гемодинаміку значно сильніше, ніж часовий тиск, і зумовлювало більш різко виражене збільшення асиметрії. У низці випадків значення КА перевищували

50–70 %, що свідчить про суттєве залучення домінантної півкулі, передусім лівої, відповідальної за аналітичну та вербальну обробку інформації. Такі зміни відповідають типовим гемодинамічним реакціям мозку на інтенсивне інформаційне навантаження, коли метаболічні потреби окремих зон кори значно зростають, а механізми локальної авторегуляції забезпечують перерозподіл кровотоку [86]. Отже, інформаційне перевантаження спричиняє не тільки загальне підвищення тону судин мозку, але й значно змінює міжпівкульні співвідношення.

Особистісна тривожність виявилася важливим чинником змін КА. У фоновому стані юнаки з помірною тривожністю мали відносно помірні значення КА — переважно у межах 17–25 %, тоді як у високотривожних респондентів асиметрія була значно більшою й у низці випадків перевищувала 30–40 %. Це відповідає сучасним уявленням про хронічно підвищений рівень симпатичної активації та напруження судинної регуляції в осіб з високою тривожністю, що проявляється у змінених показниках цереброваскулярної реактивності вже у спокої [25].

Під впливом часових обмежень помірно тривожні учасники демонстрували відносно гнучке підвищення КА — переважно в межах 10–15 % від фонового рівня. Це відображає адаптивний характер їхньої автономної відповіді, яка відповідає концепції «функціональної гнучкості» нейровегетативної системи [82]. У високотривожних юнаків реакція була більш різкою й вираженою: КА збільшувався на 20–35 %, а в окремих випадках і більше. Така «гіперреактивність» узгоджується з моделлю алоstaticного навантаження, де повторювана або очікувана тривога призводить до стійкого підсилення судинних реакцій на будь-який стресор [56].

У завданні ж із надлишком інформації відмінності між групами проявлялися ще виразніше. У помірно тривожних осіб спостерігалось контрольоване, хоча й помітне збільшення КА (до 30–40 %), що відповідало зростанню вимог до аналітичних функцій лівої півкулі. У високотривожних

респондентів асиметрія зростала значно різкіше, інколи перевищуючи 60–70 %, а у деяких випадках досягаючи рівнів, нетипових для здорових молодих людей. Така реакція може свідчити про перевантаження механізмів церебральної авторегуляції, що характерно для високотривожних осіб за умов інтенсивного когнітивного стресу.

Узагальнюючи, можна сказати, що обидва типи когнітивного навантаження призводять до зростання асиметрії кровонаповнення, але інформаційне перевантаження є значно сильнішим стимулом, ніж часовий тиск. Особистісна тривожність суттєво модифікує характер гемодинамічних змін: помірна тривожність асоціюється з більш гнучкими й адаптивними реакціями, тоді як висока — з різкими та потенційно надмірними. Це підтверджує роль тривожності як фактора, що визначає реактивність цереброваскулярної системи та ступінь ефективності адаптації до когнітивних стресорів, і узгоджується з сучасними нейрофізіологічними концепціями автономної регуляції та стрес-індукованих змін мозкового кровотоку.

3.3. Аналіз кореляційних зв'язків між параметрами реограми та рівнем особистісної тривожності.

Отримані кореляційні розрахунки показують, що в усіх трьох експериментальних ситуаціях домінує не стільки пряма лінійна залежність між рівнем особистісної тривожності й окремими реографічними показниками, скільки певний загальний патерн змін мозкового кровонаповнення при зростанні тривожності. Найстійкіше та найсильніше у всіх умовах виявляється зв'язок між тривожністю й коефіцієнтом асиметрії (КА), тоді як кореляції з іншими параметрами або слабкі, або нестабільні й мають характер тенденцій.

У фоні, тобто в умовах відносного спокою без додаткового навантаження, рівень особистісної тривожності помірно позитивно пов'язаний з КА ($r = 0,62$): за підвищення тривожності зростає вираженість

асиметрії мозкового кровонаповнення. Це означає, що в спокої у більш тривожних досліджуваних регіональний кровообіг уже «налаштований» менш симетрично, ймовірно, за рахунок стабільніших домінуючих зон і дещо гіршої компенсації з контралатерального боку. Водночас зв'язки тривожності з основним реографічним індексом (РІ) ($r = 0,12$), дікротичним індексом (ДІ) ($r = 0,18$), показниками венозного відтоку (ВБН, ВМН) ($r = 0,05-0,22$) і відносною тривалістю фази швидкого наповнення (ВЗР) у фоні, як правило, слабкі й непослідовні: коефіцієнти кореляції коливаються в діапазоні низьких значень і не дають підстав стверджувати про чітку лінійну залежність. Тобто базовий тонус і еластичність судинної стінки, а також показники наповнення в спокої лише частково й дуже помірно варіюють залежно від рівня тривожності. Це можна трактувати як те, що особистісна тривожність задає певний «фон асиметрії» мозкової гемодинаміки, але не обов'язково супроводжується істотним зсувом глобального мозкового кровонаповнення чи тону судин у стані спокою.

Ситуація суттєво змінюється за умов дефіциту часу, коли розумова діяльність ускладнюється фактором пресингу й необхідністю швидко приймати рішення. Саме в цій ситуації зв'язок між тривожністю та КА стає найсильнішим ($r = 0,71$): більш високі значення особистісної тривожності чітко пов'язані зі значним збільшенням асиметрії мозкового кровообігу. Під час часової напруги у тривожних осіб один із півкульових реографічних показників набуває чіткої переваги, що свідчить про напруженіший, менш збалансований характер залучення півкуль. Кровопостачання як би «перекошується» на бік домінантних зон, які забезпечують виконання завдання, тоді як контралатеральна півкуля гірше включається в роботу. При цьому для низько тривожних досліджуваних збережені більш помірні значення КА, що відображає відносно симетричний розподіл кровотоку й ефективніше міжпівкульове узгодження.

Паралельно з цим у ситуації нехватки часу з'являються помірні, але цікаві тенденції між тривожністю й окремими параметрами РІ, ДІ та

показниками венозного відтоку. Для частини індексів відзначається середній позитивний зв'язок: зі зростанням тривожності дещо зростають значення РІ ($r = 0,25$) та ДІ ($r = 0,25$) (особливо у лівій півкулі), що може свідчити про підвищення амплітуди пульсового кровонаповнення і жорсткіший тонус дрібних судин у більш тривожних осіб. Водночас кореляції не досягають рівня сильних, а в частині показників залишаються близькими до нуля, що говорить про значну індивідуальну варіативність гемодинамічної відповіді. Таким чином, основний і дікротичний індекси, а також темп венозного відтоку більше відображають особливості моментної стратегії адаптації до стресу часу, ніж безпосередньо детермінуються особистісною тривожністю. У когось високий рівень тривожності супроводжується посиленням «стресовим» підвищенням тону й швидким кровонаповненням, у когось — радше зниженням реактивності за типом функціонального «застигнення».

За умов надлишку інформації, коли на досліджуваних діє значний обсяг стимулів і потрібно здійснювати інтенсивний відбір та переробку сигналів, характер зв'язків між особистісною тривожністю й реографічними показниками виявляється проміжним між двома попередніми ситуаціями. З одного боку, позитивна асоціація між тривожністю й КА зберігається й залишається поміжною ($r = 0,58$): більш тривожні респонденти також демонструють вищу функціональну асиметрію кровонаповнення, хоча цей ефект трохи слабший, ніж у ситуації дефіциту часу. Це можна тлумачити як те, що інформаційне перевантаження запускає асиметричний режим роботи мозку, але вирішальним фактором тут є не стільки сам тиск часу, скільки необхідність фільтрувати потік сигналів. У більш тривожних осіб цей режим асиметрії все ще виражений, але частина з них, імовірно, компенсує його шляхом підключення додаткових зон, що робить кореляцію менш однозначною.

З іншого боку, у ситуації надлишку інформації зменшується послідовність зв'язків між тривожністю та іншими параметрами реограми. Для окремих показників з'являються слабкі негативні кореляції, для інших —

слабкі позитивні, причому вони можуть змінювати напрямок порівняно з умовами дефіциту часу. Це відображає той факт, що реакція судинної системи мозку на інформаційне перевантаження дуже індивідуальна й залежить не лише від тривожності, а й від когнітивного стилю, стратегії переробки інформації, рівня тренуваності та загального функціонального стану. У частини досліджуваних високий рівень тривожності поєднується з посиленням тонування і вищою амплітудою хвиль (що дає кореляції з РІ, ДІ), у частини – навпаки, спостерігається зниження реактивності або «перегальмування», що нівелює середню статистичну залежність у групі.

Якщо узагальнити отримані результати в трьох експериментальних ситуаціях, можна виділити кілька ключових моментів. По-перше, особистісна тривожність виступає важливим модератором міжпівкульової організації мозкового кровообігу: чим вищою вона є, тим більша ймовірність асиметричного розподілу кровонаповнення, і цей ефект особливо різко проявляється під впливом стресору «нехватка часу», де кореляція між тривожністю й КА набуває помірної сили. По-друге, базові параметри, що характеризують загальний рівень мозкового кровонаповнення, тонус і еластичність судин (РІ, ДІ, ВБН, ВМН, ВЗР), мають переважно слабкі й нестійкі зв'язки з тривожністю та, очевидно, більшою мірою залежать від фізіологічних і конституційних особливостей, а також від поточного функціонального стану, ніж від стабільної особистісної риси. По-третє, порівняння трьох ситуацій показує, що саме поєднання когнітивного навантаження з часовим пресингом є найбільш «чутливим» до рівня тривожності: у цих умовах різниця між низько- й високотривожними досліджуваними виявляється в структурі реограми найвиразніше.

З практичної точки зору це означає, що особи з високим рівнем особистісної тривожності вже в спокої мають певний асиметричний патерн мозкового кровопостачання, але найбільш критичним для них є виконання завдань у жорстко обмежений час. Саме тоді зростає асиметрія, можливі перевантаження окремих півкульових зон і, відповідно, підвищується ризик

зниження ефективності діяльності, швидкої втоми та формування суб'єктивних скарг на головний біль, напруження, труднощі концентрації. У ситуаціях інформаційного перевантаження у тривожних осіб також фіксується асиметризація, проте вона має більш варіативний характер і сильніше модулюється індивідуальними когнітивними стратегіями. Тому в інтерпретації отриманих кореляційних даних важливо враховувати, що особистісна тривожність — не єдиний фактор, але саме вона задає базову схильність до асиметричної гемодинамічної відповіді мозку на різні види розумового навантаження.

Таким чином, у проведеному дослідженні було комплексно проаналізовано особливості церебральної гемодинаміки за значеннями реоенцефалографічних показників у юнаків із різним рівнем особистісної тривожності. Отримані результати демонструють цілісну картину функціонування мозкового кровообігу в умовах спокою, дефіциту часу та інформаційного перевантаження, а також дозволяють виявити специфічні механізми регуляції судинного тону, притоку й відтоку крові, швидкісних параметрів пульсової хвилі та міжпівкульної взаємодії. Особливо значущими є відмінності між особами із помірною та високою тривожністю, що підтверджують концепцію тривожності як стабільного чинника, який визначає індивідуальний профіль цереброваскулярної реактивності.

Рівень особистісної тривожності у вибірці загалом виявився підвищеним: понад 46 % респондентів мають високий рівень, що значно перевищує середньопопуляційні показники. Це свідчить про високий ступінь емоційної напруги, який формує фон для подальших психофізіологічних реакцій. Водночас у фоновому стані базові показники пульсового кровонаповнення (ППК), часу швидкого наповнення (ЧШН), часу максимального наповнення (ЧМН), часу запізнення реохвилі (ЧЗР) та реографічного індексу (PI) у більшості учасників перебували в межах вікової норми. Це свідчить про збережену системну кардіогемодинаміку і дозволяє

інтерпретувати будь-які зміни під навантаженням як саме функціональні, а не патологічні.

Попри нормальні базові значення, між групами простежуються суттєві відмінності. У респондентів із високою тривожністю спостерігається підвищений судинний тонус, про що свідчать нижчі ЧШН, коротші ЧЗР і подовжені ЧМН. Високотривожні респонденти характеризуються також підвищеним реографічним індексом у спокої, що може відображати підвищений метаболічний запит або компенсаторне збільшення кровотоку на тлі хронічної активації лімбічних структур. Важливо, що базова асиметрія кровонаповнення (КА) у високотривожних осіб суттєво більша (29 %) порівняно з помірно тривожними (19 %), що свідчить про ригідніший профіль автономної та мозкової регуляції.

Когнітивні навантаження спричинили систематичне укорочення ППК у всіх респондентів, що відображає зростання частоти серцевих скорочень та підвищення симпатичного тону. Однак характер реакції суттєво відрізняється між групами. У помірно тривожних учасників зменшення ППК при дефіциті часу є статистично значущим, тоді як у високотривожних — лише тенденційним, що свідчить про їхні компенсаторні можливості у простіших умовах. Натомість у ситуації надлишку складної інформації у високотривожних осіб ППК скорочується найбільше, демонструючи виснаження регуляторних механізмів та активацію «аварійного» режиму симпатичної системи.

Схожі закономірності виявлені й для показників швидкісної регуляції. У помірно тривожних осіб ЧШН при дефіциті часу помірно збільшується або залишається стабільним, що відображає адаптивне «пом'якшення» судинної кривої. У високотривожних — навпаки, спостерігається різке й систематичне скорочення ЧШН (до $0,050 \pm 0,003$ с у режимі навантаження), яке свідчить про підвищений судинний тонус та гіперактивацію. За умов інформаційного перевантаження саме високотривожні респонденти демонструють найбільше падіння еластичності артерій, що відповідає даним нейровегетативних

моделей про виснаження регуляторних ресурсів під дією складних когнітивних стимулів.

Показник часу максимального наповнення (ЧМН) виявив ще більш яскраві відмінності. У помірно тривожних респондентів ЧМН у спокої є коротшим, що свідчить про хорошу еластичність артеріол. У високотривожних — показник подовжений на 20–25 %, а в умовах стресу проявляє дезадаптивний характер: різке прискорення у дефіциті часу та значне уповільнення при надлишковій інформації. Така взаємно протилежна реактивність є маркером низької гнучкості та нестабільності механізмів судинної регуляції.

Час запізнення реохвилі (ЧЗР), що характеризує швидкість поширення пульсової хвилі, також підтверджує патерн підвищеної симпатичної активації у високотривожних юнаків. У них ЧЗР стабільно менший як у спокої, так і під навантаженням, що свідчить про більш жорсткий профіль судинного тону, узгоджений з моделями стресової гіперреактивності у тривожних осіб.

Реографічний індекс демонструє відмінності переважно у динаміці. У помірно тривожних РІ закономірно зменшується при обох видах навантаження, що відображає нормальний процес перерозподілу кровотоку. У високотривожних — навпаки, знижується набагато менше, а в умовах інформаційного перевантаження залишається вищим за показники помірно тривожних навіть після зниження. У сукупності це свідчить про гальмовану ауторегуляцію та підвищені метаболічні витрати.

Найбільш чіткі групові відмінності відображає дикротичний індекс (ДІ): у високотривожних він підвищений вже у спокої, зростає під дефіцитом часу і досягає максимальних значень під впливом інформаційного стресу. Це вказує на значно більший периферичний опір і домінацію симпатичної ланки автономної нервової системи.

Загалом результати підтверджують, що високий рівень особистісної тривожності впливає не стільки на базові параметри мозкового кровообігу, скільки на характер їх динаміки під навантаженням: реакції високотривожних

респондентів є більш гіперреактивними, менш економними, характеризуються ригідністю тонусу, виснаженням судинного резерву та більшими міжпівкульними асиметріями. Це узгоджується з сучасними концепціями тривожності як фактора порушеної нейровісцеральної інтеграції [82], зниження ефективності префронтального контролю [31] та підвищеної стресової реактивності [56].

ВИСНОВКИ

1. Рівень особистісної тривожності є значущим психофізіологічним чинником, що модулює характеристики мозкового кровообігу як у стані функціонального спокою, так і за умов інформаційного навантаження. В осіб із високою тривожністю вже у фоновому стані виявляються відмінності церебральної гемодинаміки, що свідчить про змінену вихідну регуляцію судинного тону та нейровегетативного балансу.
2. Інформаційний стрес (дефіцит часу та надлишок складної інформації) виступає ефективним провокаційним фактором, який дозволяє виявити приховані особливості ауторегуляції мозкового кровотоку. За цих умов у високотривожних осіб спостерігаються більш виражені та менш економні гемодинамічні реакції, що проявляється змінами часових і амплітудних реоенцефалографічних показників.
3. Особи з помірним рівнем особистісної тривожності демонструють переважно адаптивний тип цереброваскулярної відповіді, що характеризується відносною стабільністю міжпівкульних співвідношень, помірними змінами судинного тону та збереженням ефективності механізмів ауторегуляції. Це свідчить про більш оптимальне узгодження когнітивного навантаження та судинної реактивності.
4. У високотривожних осіб виявлено підвищену лабільність мозкового кровообігу, що проявляється гіперреактивністю судин, зростанням міжпівкульної асиметрії та зниженням стабільності гемодинамічних показників у відповідь на інформаційне перевантаження. Такі особливості можуть відображати напруження компенсаторних механізмів і підвищений ризик функціонального виснаження цереброваскулярної регуляції.
5. Найбільш чутливими до рівня особистісної тривожності виявилися показники, що відображають динамічні властивості кровонаповнення та

часову організацію реохвилі, а також коефіцієнт міжпівкульної асиметрії. Кореляційний аналіз підтвердив наявність статистично значущих зв'язків між рівнем тривожності та цими параметрами, особливо в умовах часових і когнітивних обмежень.

6. Отримані результати підтверджують концепцію особистісної тривожності як інтегративного фактора ризику порушень нейровегетативної та цереброваскулярної регуляції, що має важливе теоретичне й практичне значення. Реоенцефалографічні показники можуть бути використані як додаткові об'єктивні маркери індивідуальної чутливості до інформаційного стресу та потенційної вразливості до психосоматичних і когнітивних порушень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Грабовська С. Л., Мусаковська О. М. (2020). Інформаційне перевантаження: психологічний ракурс. Психологічний часопис, 6(7), 18–29.
2. Карабань, І. М. (2022). Психологічні реакції населення України на воєнні новини та інформаційні загрози. Проблеми політичної психології, 26(2), 112–123.
3. Коцан, І. Я., & Журавльов, О. А. (2009). Особливості динаміки показників мозкової діяльності при виконанні інтелектуальних завдань підвищеної складності в осіб, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС. Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу Києво-Могилянська академія]. Сер.: Педагогіка, (112, Вип. 99), 122-128.
4. Мартинюк, О. В. (2023). Синдром хронічної тривожності в умовах воєнної медіаекспозиції: предиктори та профілактика. Психологія і суспільство, 81(1), 98–110.
5. Нагорна, А. М. (2021). Інформаційний стрес як різновид психоемоційного виснаження в умовах цифровізації суспільства. Вісник Національної академії педагогічних наук України, 3(2), 1–12. <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2021-3-2-2-1>
6. Скрипаченко Т. В. (2018). Психологічні особливості інформаційного стресу. Проблеми сучасної психології, 1, 153-158
7. Ханін, Ю. Л. (1976). Шкала тривожності Ч. Спілбергера: адаптація та досвід застосування. Ленінград.
8. Хмелевська, О. М. (2023). Інформаційна травма та медіаіндукований стрес у період війни: психологічні механізми та наслідки. Український психологічний журнал, 1(3), 45–56.
9. Bar-Haim Y. Attention bias modification treatment for anxiety disorders: A meta-analysis. Psychological Bulletin. 2010; 136(6): 870–886.

10. Basten, U., Stelzel, C., & Fiebach, C. J. (2011). Trait anxiety modulates the neural efficiency of inhibitory control. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(10), 3132-3145.
11. Bawden, D., Robinson, L. (2009). The dark side of information: overload, anxiety and other paradoxes and pathologies. *Journal of Information Science*, 35(2), 180-191.
12. Baxter A.J., Scott K.M., Vos T., Whiteford H.A. Global prevalence of anxiety disorders. *Psychological Medicine*. 2013; 43(5): 897–910.
13. Bishop, S. J. (2007). Neurocognitive mechanisms of anxiety: an integrative account. *Trends in cognitive sciences*, 11(7), 307-316.
14. Bishop, S. J. (2009). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature neuroscience*, 12(1), 92-98.
15. Bodo M., Montgomery L.D., Pearce F.J. et al. Measurement of cerebral blood flow autoregulation with rheoencephalography: A comparative pig study. *Journal of Electrical Bioimpedance*. 2018; 9: 123–132.
16. Bodo, M. (2010). Studies in rheoencephalography (REG). *Journal of Electrical Bioimpedance*, 1(1), 18-40.
17. Bodo, M., & Pearce, F. J. (2004). Rheoencephalography (REG) as a non-invasive monitoring alternative for the assessment of brain blood flow. In NATO RTO HFM-109 Symposium on Combat Casualty Care in Ground Based Tactical Situations: Trauma Technology and Emergency Medical Procedures (St Pete Beach, FL, 16-18 August 2004).
18. Bodrov, V.A. (2000). Study of the information stress problem in operators. *Human Physiology*, 26, 605–611 <https://doi.org/10.1007/BF02760377>
19. Bremner, J. D. (2004). Brain imaging in anxiety disorders. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 4(2), 275-284.
20. Bremner, J. D. (2007). Neuroimaging in posttraumatic stress disorder and other stress-related disorders. *Neuroimaging Clinics of North America*, 17(4), 523-538.

21. Bremner, J. D., Randall, P., Vermetten, E., Staib, L., Bronen, R. A., Mazure, C., ... & Charney, D. S. (1997). Magnetic resonance imaging-based measurement of hippocampal volume in posttraumatic stress disorder related to childhood physical and sexual abuse—a preliminary report. *Biological psychiatry*, 41(1), 23-32.
22. Burrage E., Marshall I., Davenport R. Cerebrovascular dysfunction with stress and depression. *Brain Circulation*. 2018; 4(2): 43–53.
23. Busso D.S., McLaughlin K.A., Sheridan M.A. Media exposure and sympathetic nervous system reactivity predict PTSD symptoms after the Boston marathon bombings. *Depress Anxiety*. 2014 Jul;31(7):551-588. doi: 10.1002/da.22282.
24. Cavanagh, S. R., Urry, H. L., & Shin, L. M. (2011). Mood-induced shifts in attentional bias to emotional information predict ill-and well-being. *Emotion*, 11(2), 241.
25. Chalmers J.A. Anxiety in young adults and its cognitive correlates. *Journal of Affective Disorders*. 2014; 166: 30–38.
26. Chrousos G.P., Gold P.W. The concepts of stress and stress system disorders. *Journal of the American Medical Association*. 1992; 267: 1244–1252.
27. Duschek S., Schandry R. Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research. *Psychophysiology*. 2003; 40(3): 436–454. doi: 10.1111/1469-8986.00046.
28. Duschek, S., Werner, N. S., & Reyes del Paso, G. A. (2008). The behavioral significance of cerebral blood flow regulation in anxiety. *Psychophysiology*, 45(5), 915–924. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00689.x>
29. Etkin, A., & Wager, T. D. (2007). Functional neuroimaging of anxiety: a meta-analysis of emotional processing in PTSD, social anxiety disorder, and specific phobia. *American journal of Psychiatry*, 164(10), 1476-1488.
30. Eysenck M.W., Derakshan N., Santos R., Calvo M. Anxiety and attention control theory. *Emotion*. 2007; 7: 336–353.

31. Eysenck, M. W., & Derakshan, N. (2011). New perspectives in attentional control theory. *Personality and Individual Differences*, 50(7), 955-960.
32. Fiorillo A., Gorwood P. The consequences of the COVID-19 pandemic on mental health. *European Psychiatry*. 2020; 63(1): e32.
33. Fredrikson M., Wik G., Greitz T., et al. Cerebral blood flow during anxiety provocation. *Biological Psychiatry*. 1997; 41(2): 248–257.
34. Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998). Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. *Journal of psychosomatic research*, 44(1), 133-151.
35. Garfin, D. R., Silver, R. C., & Holman, E. A. (2020). The novel coronavirus (COVID-2019) outbreak: Amplification of public health consequences by media exposure. *Health Psychology*, 39(5), 355–357.
36. Gianaros P. J., Sheu L. K. A review of neuroimaging studies of stressor-evoked blood pressure reactivity: emerging evidence for a brain-body pathway to coronary heart disease risk. *NeuroImage*. 2009. 47(3). P. 922–936.
37. Goadsby, P. J. (2013). Autonomic nervous system control of the cerebral circulation. *Handbook of clinical neurology*, 117, 193-201.
38. González, C., Garcia-Hernando, G., Jensen, E. W., & Vallverdú-Ferrer, M. (2022). Assessing rheoencephalography dynamics through analysis of the interactions among brain and cardiac networks during general anesthesia. *Frontiers in Network Physiology*, 2, 912733.
39. Gorka, S. M., Lieberman, L., Shankman, S. A., & Phan, K. L. (2017). Startle potentiation to uncertain threat as a psychophysiological indicator of fear-based psychopathology: An examination across multiple internalizing disorders. *Journal of abnormal psychology*, 126(1), 8.
40. Hasler, G., Fromm, S., Alvarez, R. P., et al. (2007). Cerebral blood flow in immediate and sustained anxiety. *Journal of Neuroscience*, 27(23), 6313–6319

41. He, X., et al. (2021). Media exposure to COVID-19 and acute stress: the mediating role of intolerance of uncertainty and the moderating role of social support. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 613368.
42. Holman, E. A., Garfin, D. R., & Silver, R. C. (2014). Media's role in broadcasting acute stress following the Boston Marathon bombings. *PNAS*, 111(1), 93–98.
43. Ironside, M., Browning, M., Ansari, T. L., et al. (2018). Effect of prefrontal cortex stimulation on regulation of amygdala response to threat in individuals with anxiety. *JAMA Psychiatry*, 76(1), 71–78.
44. Jäncke, L., & Steinmetz, H. (2003). Anatomical brain asymmetries and their relevance for functional asymmetries. *The asymmetrical brain*, 187, 229.
45. Jennings, J. R., Kamarck, T. W., Everson-Rose, S. A., Kaplan, G. A., Manuck, S. B., & Salonen, J. T. (2004). Exaggerated blood pressure responses during mental stress are prospectively related to enhanced carotid atherosclerosis in middle-aged Finnish men. *Circulation*, 110(15), 2198-2203.
46. Julian L.J. Measures of anxiety: State–Trait Anxiety Inventory (STAI). *Arthritis Care & Research*. 2011; 63(S11): 467–472.
47. Karim H.T., et al. In the grip of worry: Cerebral blood flow changes during worry induction and reappraisal in generalized anxiety disorder. *Translational Psychiatry*. 2017; 7: e1206.
48. Kesner L. Jr. Impact of media-induced uncertainty on mental health. *JMIR Mental Health*. 2025; 12: e68640.
49. Kim J.J., Yoon H.W. The psychobiology of anxiety. *Behavioural Brain Research*. 2005; 167(2): 397–403.
50. Korovina, L. D., & Zaporozhets, T. M. (2015). Relations between blood supply of brain of students and condition of autonomic nervous system and risk factors. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 6(1), 68-73.
51. Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. New York: Springer.

52. LeDoux J.E. Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*. 2000; 23: 155–184.
53. Lovibond S.H., Lovibond P.F. *Manual for the Depression Anxiety Stress Scales* (2nd ed.). Sydney: Psychology Foundation; 1995.
54. Maier S.F., Watkins L.R. Stressor controllability, anxiety, and serotonin. *Brain Research Reviews*. 1998; 28: 68–85.
55. McEwen, B. S. (1998). Stress, adaptation, and disease: Allostasis and allostatic load. *Annals of the NY Academy of Sciences*, 840, 33–44.
56. McEwen, B. S. (2007). Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological reviews*, 87(3), 873-904.
57. Miu, A. C., Heilman, R. M., & Houser, D. (2008). Anxiety impairs decision-making: Psychophysiological evidence from an Iowa Gambling Task. *Biological psychology*, 77(3), 353-358.
58. Monteiro A., Viana-Baptista M., Carvalho M., et al. Cerebral blood flow regulation and cognitive performance in hypertension. *Frontiers in Neurology*. 2024; 15: 1385219.
59. Moskalenko, Y., Weinstein, G., Kravchenko, T., Ryabchikova, N., Andreeva, Y., & Semernia, V. (2013). Fundamental basis, informational meaning and data analysis of multifrequency reoencephalography. *Adv. Biosci. Bioeng*, 1(1), 8.
60. Nichols, W. (2005). McDonald's blood flow in arteries. *Theoretical, experimental and clinical principles*, 67, 321-337.
61. Öhman, A. (2008). Fear and anxiety. *Handbook of emotions*, 709-729.
62. O'Rourke, M. F., Kim, M., Adji, A., Nichols, W. W., & Avolio, A. (2004). Use of arterial transfer function for the derivation of aortic waveform characteristics. *Journal of hypertension*, 22(2), 431-432.
63. Panerai, R. B. (2009). Transcranial Doppler for evaluation of cerebral autoregulation. *Clinical autonomic research*, 19(4), 197-211.
64. Panerai, R. B., Brassard, P., Burma, J. S., Castro, P., Claassen, J. A., van Lieshout, J. J., ... & Cerebrovascular Research Network (CARNet). (2023).

- Transfer function analysis of dynamic cerebral autoregulation: a CARNet white paper 2022 update. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 43(1), 3-25.
65. Paulus, M. P., & Stein, M. B. (2010). Interoception in anxiety and depression. *Brain structure and Function*, 214(5), 451-463.
66. Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35(1), 73-89.
67. Pfefferbaum B., Nixon S.J., Tucker P.M., et al. Media exposure in children one hundred miles from a terrorist bombing. *Journal of Anxiety Disorders*. 2003; 17: 351–362.
68. Pfefferbaum, B., & North, C. S. (2020). Mental health and the COVID-19 pandemic. *New England Journal of Medicine*, 383, 510–512.
69. Pfefferbaum, B., et al. (2021). Media coverage of terrorism: a meta-analytic assessment of media use and posttraumatic stress. *Behavioral Sciences*, 11(3), 29.
70. Qin, S., Hermans, E. J., Van Marle, H. J., & Fernández, G. (2012). Understanding low reliability of memories for neutral information encoded under stress: alterations in memory-related activation in the hippocampus and midbrain. *Journal of Neuroscience*, 32(12), 4032-4041.
71. Reme, S. E., Eriksen, H. R., & Ursin, H. (2008). Cognitive activation theory of stress and health complaints. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 34(1), 54–61
72. Rogers, L. J. (2002). Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern, and development. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 31, pp. 107-161). Academic Press.
73. Rossi, V., & Pourtois, G. (2017). Someone's lurking in the dark: The role of state anxiety on attention deployment to threat-related stimuli. *Biological psychology*, 122, 21-32.
74. Ruscio A.M. The epidemiology of anxiety disorders. *Dialogues in Clinical Neuroscience*. 2017; 19(2): 87–97.

- 75.Saviola, F., Pappaianni, E., Monti, A., Grecucci, A., Jovicich, J., & De Pisapia, N. (2020). Trait and state anxiety are mapped differently in the human brain. *Scientific reports*, 10(1), 11112.
- 76.Selye, H. (1976). *Stress in Health and Disease*. Boston: Butterworths.
- 77.Simmons R.A. Anxiety and academic performance in university students. *Journal of College Student Development*. 2017; 58(3): 367–374.
- 78.Spielberger C.D. *Manual for the State–Trait Anxiety Inventory (STAI)*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press; 1983.
- 79.Spielberger C.D., Gorsuch R.L., Lushene R.E. *Manual for the State–Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press; 1970
- 80.Szabo, S., Totka, Z., Nagy-Bozsoky, J., Pinter, I., Bagany, M., & Bodo, M. (2024). Rheoencephalography: A non-invasive method for neuromonitoring. *Journal of Electrical Bioimpedance*, 15(1), 10.
- 81.Szirmai, Á. (Ed.). (2011). *Anxiety and related disorders*. BoD–Books on Demand.
- 82.Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders*, 61(3), 201-216.
- 83.Ursin, H., & Eriksen, H. R. (2004). The Cognitive Activation Theory of Stress (CATS). *Psychoneuroendocrinology*, 29, 567–592.
- 84.Wang, J., Rao, H., Wetmore, G. S., et al. (2005). Perfusion functional MRI reveals cerebral blood flow pattern under psychological stress. *Human Brain Mapping*, 24(3), 227–239.
- 85.Wang, X. H., Liu, J., Li, X., et al. (2022). Cerebral perfusion patterns of anxiety state in patients with pulmonary nodules. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 912665.
- 86.Willie, C. K., Tzeng, Y. C., Fisher, J. A., & Ainslie, P. N. (2014). Integrative regulation of human brain blood flow. *The Journal of physiology*, 592(5), 841-859.

87. Yao H., et al. The more exposure to media information about COVID-19, the more distressed you will feel. *Brain, Behavior, and Immunity*. 2020; 87: 49–50.
88. Zhang, H. L., Wang, D. X., Li, L. F., et al. (2012). Compromised cerebrovascular modulation in chronic anxiety: evidence from cerebral blood flow velocity measured by transcranial Doppler sonography. *Neuroscience Bulletin*, 28(6), 723–728.
89. Zhang, R., Zuckerman, J. H., Giller, C. A., & Levine, B. D. (1998). Transfer function analysis of dynamic cerebral autoregulation in humans. *American Journal of Physiology–Heart and Circulatory Physiology*, 274(1), H233–H241. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.1.H233>