

## ВПЛИВ ТРИВОЖНОСТІ Й НАВЧАЛЬНОГО СТРЕСУ НА ПОКАЗНИКИ ФІЗІОЛОГІЧНОГО ТРЕМОРУ КИСТІ ОСІБ ЖІНОЧОЇ СТАТІ

І. Гнатчук, С. Бичкова, Т. Король\*, Л. Бачинська, Л. Сербин

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: tetiana.korol@lnu.edu.ua*

Стрес є причиною появи посиленого фізіологічного тремору [4]. Навчальна діяльність сама по собі є напруженою та стресогенною [6], особливо у період написання модульних контрольних робіт чи складання іспитів. Тривожність може посилювати тремор через підвищення збудливості нервової системи, що проявляється підвищеною реактивністю моторних нейронів. Це збільшує схильність до неконтрольованих м'язових скорочень і, відповідно, тремору. Метою роботи було дослідити вплив навчального стресу (модульної контрольної роботи) на показники фізіологічного тремору верхніх кінцівок студенток загалом і залежно від рівня їхньої тривожності зокрема, а також виявити взаємозв'язок між показниками тремору та частотою серцевих скорочень і артеріальним тиском обстежуваних.

Ми проаналізували амплітудно-частотні показники тремору кисті правої та лівої руки, а також рівень тривожності 14 студенток віком 19–20 років. Обстежувані надали письмову згоду щодо участі у дослідженні. Усі студентки не мали в анамнезі неврологічних і рухових розладів, 93 % (13/14) із них були праворукими.

Частоту й амплітуду тремору реєстрували у двох позиціях – у вільному положенні (кисть звисала з опорної поверхні долонею донизу) та у постуральному положенні (кисть була розміщена паралельно опорній поверхні долонею донизу) за допомогою акселерометра MPU6050 (InvenSense, Китай). Для зчитування результатів з акселерометра використовували авторську програму. Артеріальний тиск визначали за методом Короткова. Вимірювання артеріального тиску й частоти серцевих скорочень здійснювали за допомогою осцилометричного тонометра Microlife BP N1 Basic (Switzerland). Для визначення рівня тривожності застосовували опитувальник DASS-21, на основі якого поділили досліджуваних осіб на три групи відповідно до рівня тривожності: помірний (1–5 балів), середній (6–7 балів) і сильний (8–20 балів). До першої групи увійшло 5 студенток (одна з них ліворука, решта праворукі), до другої групи увійшли 4 студентки (усі праворукі) та до третьої групи увійшли 5 студенток (усі праворукі).

Вірогідність різниці середніх арифметичних двох вибірок оцінювали за критерієм Стьюдента за умов, що дані були розподілені нормально. У разі відхилення розподілу від нормального для порівняння вибірок використовували тест Манна–Вітні.

Для усієї групи студенток (n=14) показники фізіологічного тремору правої та лівої кінцівки як у вільному, так і у постуральному положенні кисті не відрізнялися перед модульним контролем та у звичайний навчальний день.

Після розподілу студенток за рівнем тривожності з'ясували, що у групі з помірним рівнем тривожності було зниження частоти тремору правої руки у вільному положенні кисті на 10,2 % ( $p \leq 0,05$ ) перед модульним контролем порівняно із навчальним днем без заміру знань. У дні без модульного контролю знань у осіб зі сильним рівнем тривожності встановили прямий кореляційний зв'язок між рівнем тривожності й частотою фізіологічного тремору лівої руки ( $r=0,99$ ;  $p \leq 0,05$ ), а також

між рівнем тривожності й амплітудою тремору правої руки ( $r=0,95$ ;  $p\leq 0,05$ ) у вільному положенні. Частота тремору лівої руки у цій групі була нижчою на 12,87 % ( $p\leq 0,05$ ), порівняно з особами зі середнім рівнем тривожності. У осіб із помірним рівнем тривожності спостерігали сильну кореляцію між рівнем тривожності й частотою тремору лівої ( $r=0,84$ ;  $p\leq 0,05$ ) та правої ( $r=0,76$ ;  $p\leq 0,05$ ) руки у вільному положенні за відсутності модульного контролю знань.

У всій вибірці студенток за умов навчального стресу встановили сильний кореляційний зв'язок між ЧСС і частотою тремору ( $r=-0,70$ ;  $n=14$ ;  $p\leq 0,05$ ), а також амплітудою тремору ( $r=0,75$ ;  $n=14$ ;  $p\leq 0,05$ ) правої руки у постуральній позиції кисті. Безпосередньо перед написанням модульної контрольної роботи негативна середньої сили кореляція була між амплітудою тремору правої руки у вільному положенні кисті й  $AT_{\max}$  ( $r=-0,62$ ;  $p\leq 0,05$ ) і  $AT_{\min}$  ( $r=-0,63$ ;  $p\leq 0,05$ ).

Отже, амплітуда і частота фізіологічного тремору правої та лівої руки студенток у вільному положенні кисті частково залежить від рівня тривожності особи. За відсутності контрольної роботи в осіб зі сильним рівнем тривожності частота тремору лівої руки була статистично значуще нижчою, порівняно з особами зі середнім рівнем тривожності. У осіб із помірним рівнем тривожності спостерігали зниження частоти тремору правої руки у вільному положенні кисті перед модульним контролем, порівняно з навчальним днем без заміру знань. У всій вибірці студенток за умов навчального стресу встановили кореляційний зв'язок між ЧСС і амплітудою й частотою тремору правої руки у постуральному стані кисті, а також між  $AT_{\max}$  і  $AT_{\min}$  й амплітудою тремору правої руки у стані спокою кисті.

*Ключові слова:* стрес, тремор, тривожність, акселерометрія

У здорової людини можна зареєструвати фізіологічний тремор, який характеризують як низькоамплітудні рухи з частотою 8–12 Гц [10, 21]. За певних умов (тривога, хвилювання, м'язова втома, вплив деяких ліків, кофеїну тощо) амплітуда фізіологічного тремору може зрости понад нормальне значення [4, 16.]. Такий тремор називають посиленням фізіологічним тремором.

Навчальна діяльність є напруженою та стресогенною [6], особливо у період виконання модульних контрольних робіт чи складання іспитів. У студентів вищих навчальних закладів стрес може бути сукупним емоційним результатом навчальної роботи, невизначеності в майбутньому, труднощів у формуванні міжособистісних стосунків, невпевненості в собі тощо [3]. Доведено, що емоційний стрес призводить до якісних і кількісних змін показників тремору у здорових осіб [23]. Навчальний, чи академічний, стрес впливає на емоційне благополуччя, якість життя й успішність студентів. Встановлено позитивний кореляційний зв'язок між такими видами навчальної діяльності, як виконання домашнього завдання, проходження тестування, робота в аудиторії, та рівнем хронічного стресу у студентів університету [13].

На сьогодні навчальний стрес із його проявами та наслідками більшою мірою вивчено з точки зору психології та педагогіки. Тому дослідження впливу навчального стресу на фізіологічні показники студентів залежно від рівня їхньої тривожності є актуальною проблемою вивчення реакції організму здобувачів освіти на дію академічних стресорів. У зв'язку з цим ми вирішили дослідити показники фізіологічного тремору кисті студенток у вільному положенні (кисть звисає з опорної поверхні долонею донизу) та у постуральному положенні (витагнута кисть, яка розміщена паралельно опорній поверхні долонею донизу) безпосередньо перед модульною контрольною роботою.

Підвищене нервово-емоційне й інтелектуальне навантаження пов'язане зі збільшенням тремору кінцівок. Так, розумова діяльність, а саме виконання вправ на

обчислення, посилювала постуральний тремор кінцівок здорових добровольців [2]. Нейрофізіологічні зміни, а відтак посилення амплітуди фізіологічного тремору в постуральному стані кінцівки, Vudini et al. спостерігали під час виконання когнітивних завдань. Ми ж вирішили дослідити показники фізіологічного тремору студенток в умовах підвищеної тривожності перед контролем знань.

Написання контрольної роботи пов'язане з підвищеним нервово-емоційним напруженням студентів. Активна розумова діяльність, посилена концентрація уваги, стислі часові рамки у сукупності є стресогенним чинником для більшості з них. Визначення ЧСС – один із об'єктивних методів оцінювання рівня стресу [18]. Тому метою роботи було дослідити, чи змінюються показники фізіологічного тремору та ЧСС як індикатори активації симпатичної нервової системи під час стресової ситуації (у нашому випадку перед модульною контрольною роботою) загалом та залежно від рівня тривожності обстежуваних осіб зокрема.

Тривожність – це психологічний, фізіологічний і поведінковий стан, спричинений у людини і тварин загрозою благополуччю або виживанню, фактичною або потенційною. Він характеризується підвищеним збудженням, очікуванням загрози чи небезпеки, вегетативною та нейроендокринною активацією та специфічними моделями поведінки. Функція цих змін полягає у тому, щоб полегшити подолання несприятливої або несподіваної ситуації [17]. Тривога часто супроводжується соматичними проявами, які свідчать про активацію симпатичної нервової системи, а саме підвищення ЧСС, збільшення частоти дихання, посилення потовиділення тощо. Більшою мірою зв'язок між тривожністю та функціональним станом автономної нервової системи досліджено в осіб з депресією, панічними атаками та генералізованим тривожним розладом [15, 8]. Тривога посилює тремор. Дослідження взаємозв'язку між тривожністю і тремором активно вивчали у осіб, професійна діяльність яких пов'язана з дрібною моторикою рук. Зниження інтенсивності тремору у хірургів-стажерів може бути зумовлене зменшенням тривожності [20]. Відомо, що раніше досліджували ефективність впливу  $\beta$ -адреноблокаторів на зменшення тремору, спричиненого хвилюванням у хірургів-стажерів [5] чи сценічним страхом у музикантів [9].

Ми припустили, що зміна показників фізіологічного тремору перед модульною контрольною роботою, яка є стресогенним чинником, може відрізнитися залежно від рівня тривожності. Оскільки у науковій літературі недостатньо даних про взаємодію між рівнем тривожності та тремором у контексті навчального стресу з акцентом на фізіологічні показники у різних положеннях кисті рук, дослідження тремору у вільному та постуральному положеннях набуває важливого значення. Таке порівняння дає змогу глибше зрозуміти механізми впливу тривожності й навчального стресу на тремор рук і оцінити різні аспекти рухової активності у відповідь на стресові чинники.

Дослідження впливу навчального стресу на фізіологічний тремор, ЧСС і АТ, які контролює автономна нервова система, допоможе зрозуміти відповідь організму студенток на академічні стресори загалом. Тому метою роботи було дослідити вплив навчального стресу (модульної контрольної роботи) на показники фізіологічного тремору верхніх кінцівок студенток загалом і залежно від рівня їхньої тривожності зокрема, а також з'ясувати наявність взаємозв'язку між показниками тремору та ЧСС і значенням АТ обстежуваних.

#### Матеріали та методи

У дослідженні взяли участь 14 студенток біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка віком 19–20 років. Дослідження виконано

згідно з Гельсінською декларацією Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини як об'єкта дослідження». Студентки надали письмову згоду щодо участі у ньому. Дослідження проводили у жовтні–листопаді 2023 року.

Реєстрацію тремору здійснювали безпосередньо перед модульною контрольною роботою та у звичайні навчальні дні, коли у студентів не було контрольних замірів знань. Обстежувані не вживали каву чи міцний чай, не виконували важку фізичну роботу перед дослідженнями. 93 % студенток (13/14) були праворукими, 100 % студенток не мали неврологічних розладів, які супроводжуються тремором рук, але у 14 % дівчат (2/14) близькі родичі мають нервово-м'язові патології, пов'язані з тремором верхніх кінцівок. Перед реєстрацією тремору у звичайний навчальний день 86 % студенток (12/14) повідомили, що на них не діють жодні стресові чинники, а 14 % студенток (2/14) – що на них стресові чинники діють. Натомість перед модульним контролем 86 % студенток (12/14) відчували вплив стресових чинників, а 14 % студенток (2/14) – ні.

Частоту й амплітуду тремору реєстрували у двох положеннях кисті – у вільному положенні (кисть звисала з опорної поверхні долонею донизу) та у постуральному положенні (кисть була розміщена паралельно опорній поверхні долонею донизу), як це описано раніше [1]. Дослідження проводили за допомогою акселерометра MPU6050 (InvenSense, Китай). Відкалібрований акселерометр розміщували на 2 см проксимальніше другого п'ястково-фалангового суглоба. Тривалість запису становила 30 с у кожній позиції кисті. Тремор, спричинений згинанням-розгинанням променево-зап'ясткового суглоба, реєстрували навколо фронтальної осі (вісь z акселерометра).

Під час запису обстежувані зручно сиділи на стільці висотою 46 см з прямою спинкою. Передпліччя розташовували на ручках стільця так, щоб ліктьовий відросток був на рівні кінця поверхні ручки стільця. У цій позиції кут згинання ліктьового суглоба становив 90°. Плечовий суглоб був злегка відведений. Положення тіла загалом і верхньої кінцівки зокрема під час реєстрації тремору має вирішальне значення для того, щоб ізолювати фізіологічний тремор рук від будь-яких інших рухів тіла, які потенційно можуть спотворити сигнал акселерометра [21].

Для зчитування результатів з акселерометра використовували авторську програму. Отримані показники прискорення у певний момент часу (0–30 с) внесено в середовище програми «OriginPro» і побудовано графіки залежності зміни прискорення від часу. За допомогою функції швидке перетворення Фур'є цієї програми (довірчий інтервал 0,05) отримано частотні й амплітудні характеристики коливань. Для подальшого опрацювання використано частоту і амплітуду першої гармоніки [1].

Аналіз проводили в частотному діапазоні 2–30 Гц, що дає змогу відокремити компоненти фізіологічного тремору від балістичного серцевого імпульсу, таким чином скорочення серця і кровотік не впливали на вимірювані показники.

Безпосередньо перед реєстрацією тремору вимірювали артеріальний тиск (АТ) і частоту серцевих скорочень (ЧСС). Артеріальний тиск визначали за методом Короткова. Вимірювання АТ і ЧСС здійснили за допомогою осцилометричного тонометра Microlife BP N1 Basic (Switzerland).

Усі обстежені 14 студенток пройшли анкетування за валідованим опитувальником «DASS-21» [7], який був запропонований їм у вигляді гугл-форми. Під час заповнення опитувальника студентки мали оцінити свої емоції та дії в ситуаціях, наведених у пунктах запитань. За відповіді по кожній із трьох підшкал набиралися бали, що оцінювали тривожність як нормальний рівень (1–4), помірний (4–5), середній (6–7), важкий (8–9) і надзвичайно важкий (10 і вище). Для подальшого аналізу ми згрупували студенток у три

групи: з помірним рівнем тривожності (1–5), середнім (6–7) і сильним (8 і вище). До першої групи увійшли 5 студенток (одна з них ліворука, решта праворукі), до другої групи увійшли 4 студентки (усі праворукі) й до третьої групи увійшли 5 студенток (усі праворукі).

#### Статистичний аналіз

Перевірку розподілу на нормальність здійснили за допомогою тесту Шапіро–Вілка. Оцінювали середнє значення ( $M$ ), стандартну похибку середнього ( $m$ ) та середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) для кожного показника. Вірогідність різниці середніх арифметичних двох вибірок оцінювали за критерієм Стьюдента за умов, що дані були розподілені нормально. У разі відхилення розподілу від нормального для порівняння вибірок використовували тест Манна–Вітні. Проводили кореляційний аналіз для визначення коефіцієнта кореляції Пірсона. Значення коефіцієнта кореляції Пірсона інтерпретували таким чином: від 0,5 до 0,69 середній рівень кореляції; від 0,7 до 1 – сильний кореляційний зв'язок. Позитивні значення коефіцієнта кореляції свідчать про прямий зв'язок, а негативні – про обернений зв'язок між досліджуваними показниками. Оцінювали значущість кореляції за  $p < 0,05$ : якщо розраховане значення  $t$ -критерію було більшим за критичне значення для відповідної вибірки. Необхідні статистичні розрахунки виконували за допомогою програми Microsoft Office Excel.

#### Результати і їхнє обговорення

Ми зосередилися на вивченні тремору кистей рук, оскільки ця частина тіла найчастіше уражається тремором за патологічних станів і у стресових ситуаціях. За допомогою акселерометра зареєстрували і проаналізували частоту й амплітуду фізіологічного тремору кистей рук студенток ( $n=14$ ) у двох положеннях (позиціях) кисті – вільному (кисть звисає з опорної поверхні долонею донизу) і постуральному (витягнута долоня утримується паралельно опорній поверхні долонею донизу). У вільному положенні кисті частота фізіологічного тремору правої та лівої руки за відсутності контрольних робіт становила  $8,92 \pm 0,33$  та  $8,15 \pm 0,26$  Гц відповідно (рис. 1). Безпосередньо перед модульним контролем частота тремору становила  $8,47 \pm 0,32$  та  $8,01 \pm 0,21$  Гц відповідно для кистей правої і лівої руки.

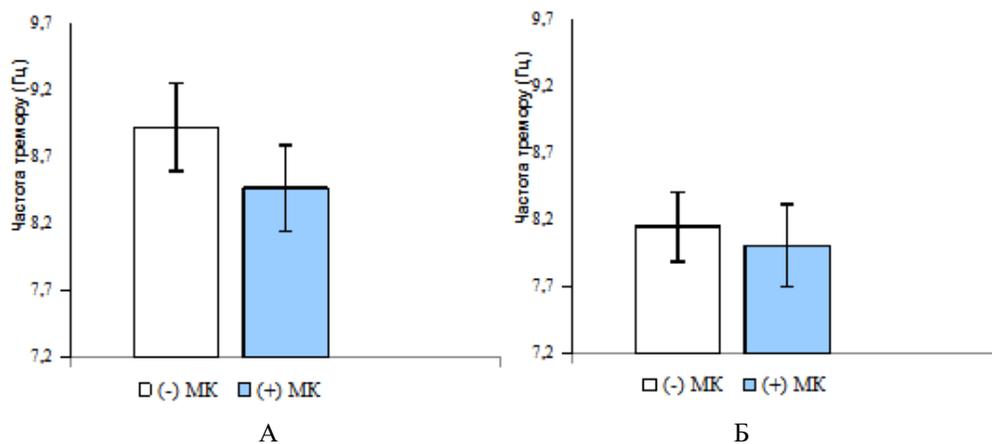


Рис. 1. Частота тремору кистей правої (А) та лівої (Б) руки у вільному положенні для усієї вибірки студенток ( $n=14$ ): (-) МК – без модульного контролю знань; (+) МК – з модульним контролем знань

Переведення кисті у постуральну позицію, тобто паралельно опорній поверхні, не зумовило статистично-достовірних змін частоти тремору правої та лівої рук ні у день

контрольної роботи, ні у звичайний навчальний день.

У вільному положенні кисті, коли вона звисала з опорної поверхні, амплітуда фізіологічного тремору правої руки становила  $0,44 \pm 0,12$  мм, а лівої руки –  $0,27 \pm 0,04$  мм у день без модульних контрольних робіт (рис. 2). Перед контролем знань амплітуда тремору правої руки зменшилася на 41 % і становила  $0,26 \pm 0,03$  мм, проте ці зміни виявилися недостовірними. У постуральному положенні кисті не спостерігали статистично-достовірних змін амплітуди тремору правої та лівої руки порівняно з вільним положенням кисті як у звичайний навчальний день, так і перед контрольною роботою. Не виявили також змін амплітуди тремору у постуральній позиції кисті правої та лівої руки перед модулем, порівняно із днем без заміру знань.

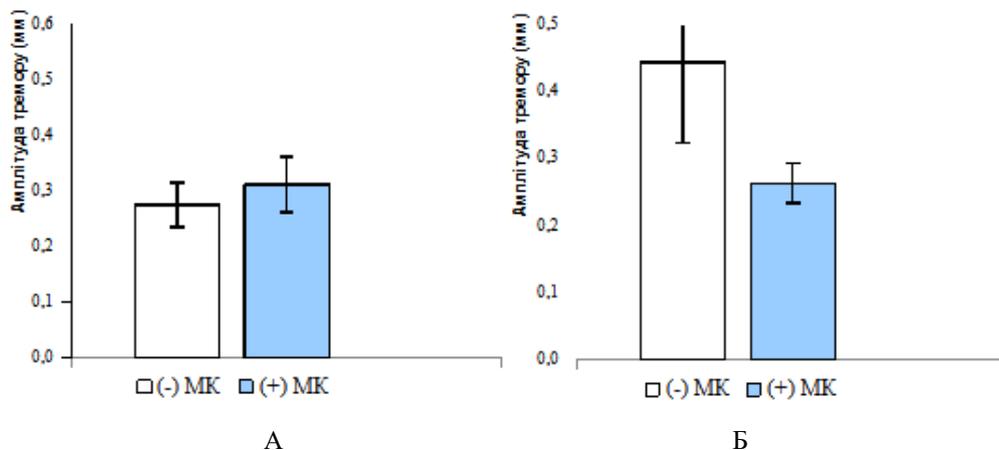


Рис. 2. Амплітуда тремору кистей правої (А) та лівої (Б) руки у вільному положенні для усієї вибірки студенток (n=14): (-) МК – без модульного контролю знань; (+) МК – з модульним контролем знань

Отже, амплітудно-частотні параметри фізіологічного тремору правої та лівої руки студенток не змінилися залежно від навчального навантаження як у вільному, так і в постуральному положенні кисті.

Ми також встановили, що усереднені показники  $AT_{\text{макс}}$  і  $AT_{\text{мін}}$  для усієї вибірки студенток (n=14) практично не відрізнялися у дні написання модульних контрольних робіт і у звичайні навчальні дні. Аналогічно не було статистично достовірних змін ЧСС у день контрольного заміру знань, порівняно зі звичайним навчальним днем. Усереднена ЧСС перед модулем становила  $91 \pm 4,8$  уд/хв, а отже, ми спостерігали незначну тахікардію внаслідок хвилювання, що є нормальною фізіологічною реакцією організму.

Про наявність зв'язку між показниками тремору та значенням  $AT$  чи ЧСС в усій вибірці студенток робили висновок на підставі коефіцієнта кореляції Пірсона. З'ясували, що у звичайний день без модульного контролю між показниками тремору правої та лівої руки в обох положеннях кисті (вільному і постуральному) та ЧСС,  $AT_{\text{макс}}$  і  $AT_{\text{мін}}$  не було достовірного кореляційного зв'язку. Натомість перед контрольною роботою встановили обернений кореляційний зв'язок середньої сили між ЧСС і частотою тремору правої руки у вільному положенні кисті ( $r = -0,60$ ;  $p \leq 0,05$ ) та у постуральному положенні ( $r = -0,70$ ;  $p \leq 0,05$ ) (рис. 3; 4).

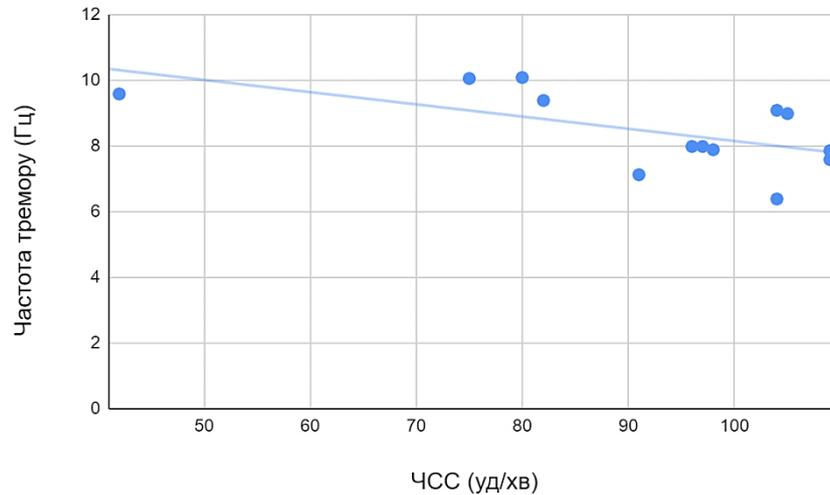


Рис. 3. Лінійна залежність між ЧСС і частотою тремору правої руки у вільному положенні ( $r=-0,60$ ;  $p\leq 0,05$ ) перед модульною контрольною роботою

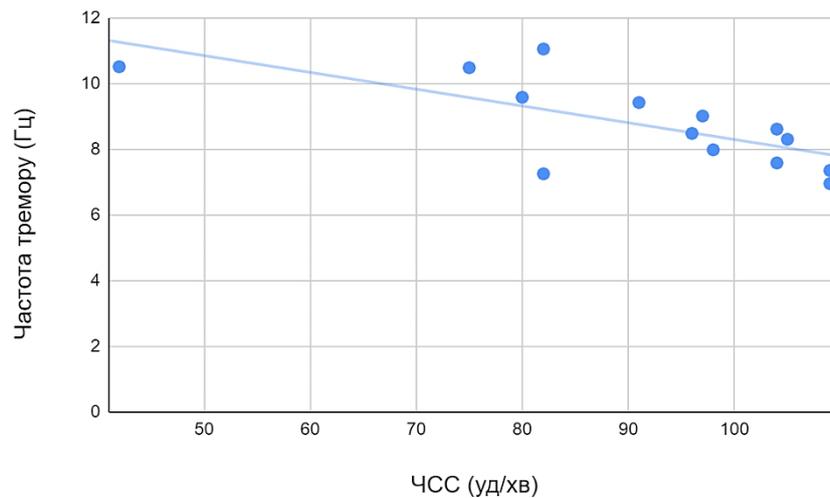


Рис. 4. Лінійна залежність між ЧСС і частотою тремору правої руки у постуральному положенні кисті ( $r=-0,70$ ;  $p\leq 0,05$ ) перед модульною контрольною роботою

Безпосередньо перед написанням модульної контрольної роботи негативна середньої сили кореляція була між амплітудою тремору правої руки у стані спокою кисті й  $AT_{\text{макс}}$  ( $r=-0,62$ ;  $p\leq 0,05$ ) і  $AT_{\text{мін}}$  ( $r=-0,63$ ;  $p\leq 0,05$ ). Сильну пряму кореляцію спостерігали між ЧСС і амплітудою тремору правої руки у постуральному стані під час утримання кисті паралельно опорній поверхні ( $r=0,75$ ;  $p\leq 0,05$ ) (рис. 5).

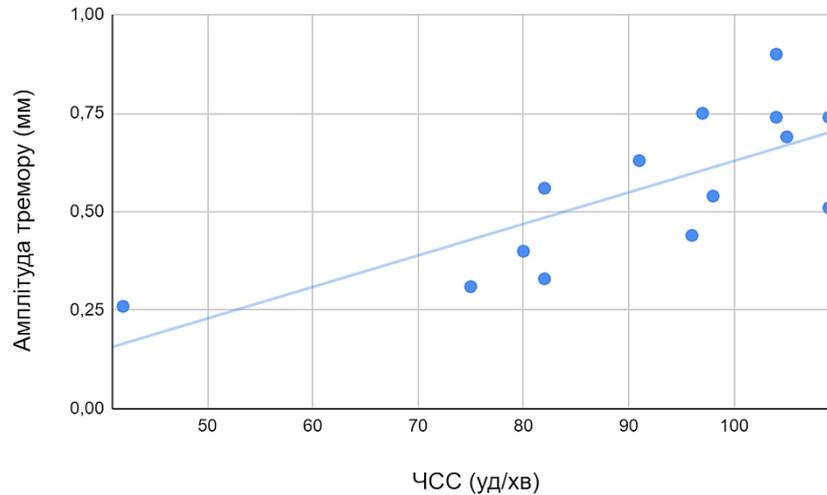


Рис. 5. Лінійна залежність між ЧСС і амплітудою тремору правої руки у постуральному положенні ( $r=0,75$ ;  $p\leq 0,05$ ) перед модульною контрольною роботою

Отже, за умов навчального стресу найбільш виражений взаємозв'язок спостерігали для правої руки між такими досліджуваними показниками: а) ЧСС і амплітудою та частотою тремору кисті у постуральному положенні; б)  $AT_{\text{макс}}$  і  $AT_{\text{мін}}$  й амплітудою тремору кисті у вільному положенні. Для лівої руки розрахований нами коефіцієнт Пірсона відповідав прямій середньої сили кореляції між  $AT_{\text{макс}}$ ,  $AT_{\text{мін}}$  і частотою тремору кисті у постуральній позиції ( $r=0,56$  та  $r=0,50$  відповідно), проте ці дані виявилися статистично недостовірними.

Як свідчать літературні джерела, Morrison et al. (2013) виявили сильний зв'язок між ЧСС та фізіологічним тремором в осіб різних вікових груп з нормотензією та гіпертензією [11]. Автори також встановили сильний зв'язок між значенням артеріального тиску та показниками фізіологічного тремору.

Ми поділили досліджуваних осіб за рівнем тривожності на три групи: помірний (1–5 балів), середній (6–7 балів) і сильний рівень тривожності (8–20 балів) та дослідили, як показники фізіологічного тремору залежать від тривожності осіб.

Встановили (рис. 6 і 7), що частота тремору лівої руки становить  $8,28\pm 0,52$  Гц у осіб із помірним рівнем тривожності (2–5 балів за опитувальником) (рис. 6). У цій групі виявили наявність сильної кореляції між рівнем тривожності й частотою тремору лівої руки ( $r=0,84$ ;  $p\leq 0,05$ ) (див. таблицю). Для правої руки частота тремору становила  $9,11\pm 0,59$  Гц, що також сильно корелювало з рівнем тривожності ( $r=0,76$ ;  $p\leq 0,05$ ). У осіб із помірним рівнем тривожності встановлено, що амплітуда тремору лівої руки у середньому становила  $0,21\pm 0,02$  мм, а правої руки –  $0,31\pm 0,05$  мм, що не корелювало з рівнем тривожності ( $r_{\text{правої}}=-0,13$ ;  $r_{\text{лівої}}=0,19$ ) (рис. 8 і 9) (див. таблицю).

Безпосередньо перед модулем у групі осіб із помірним рівнем тривожності частота тремору лівої руки не відрізнялася статистично достовірно від частоти тремору в дні без модульного контролю. Проте на правій руці ми спостерігали статистично достовірне ( $p\leq 0,05$ ) зниження частоти тремору на 10,2%. безпосередньо перед модулем у групі осіб із помірним рівнем тривожності. У цій групі лише одна студентка була ліворукою, однак у неї спостерігали такі ж зміни частоти фізіологічного тремору, як і в інших.

Показники коефіцієнта кореляції Пірсона ( $r$ ) між рівнем тривожності й параметрами фізіологічного тремору спокою у вільному положенні руки (\*  $p \leq 0,05$ )

Тривожність	Тремор			
	Амплітуда		Частота	
	ПРАВА рука	ЛІВА рука	ПРАВА рука	ЛІВА рука
Нормальний і помірний рівень	-0,13	0,19	0,76*	0,84*
Середній рівень	N/A	N/A	N/A	N/A
Надзвичайно важкий рівень	0,95*	0,07	0,26	0,99*

Амплітуда тремору лівої руки безпосередньо перед модулем проявляла статистично недостовірну тенденцію до зростання від  $0,21 \pm 0,02$  мм до  $0,34 \pm 0,06$  мм, а правої руки – до зниження тремору від  $0,31 \pm 0,05$  мм до  $0,23 \pm 0,02$  мм у групі осіб із помірним рівнем тривожності. Хоча обидві зміни не були статистично достовірними, однак слід звернути увагу на чіткі відмінності між правою та лівою рукою. Слід сказати, що у трьох праворуких дівчат із цієї групи амплітуда тремору лівої руки підвищувалась у дні з модульним контролем, а у однієї праворукої та у однієї ліворукої студенток – ні.

У групі осіб зі середнім рівнем тривожності (6–7 балів) частота тремору лівої руки становила  $8,87 \pm 0,23$  Гц, а для правої руки цей показник дорівнював  $8,09 \pm 0,19$  Гц у звичайні дні без написання модульної контрольної роботи (рис. 6). У цій групі ми не могли врахувати кореляційних зв'язків між тривожністю і показниками тремору, оскільки всі студенти в цій групі мали однаковий рівень тривожності згідно з опитувальником. Амплітуда тремору становила  $0,41 \pm 0,07$  мм для правої руки і  $0,27 \pm 0,04$  мм для лівої – у групі осіб зі середнім рівнем тривожності у звичайні дні без написання модульної контрольної роботи (рис. 7).

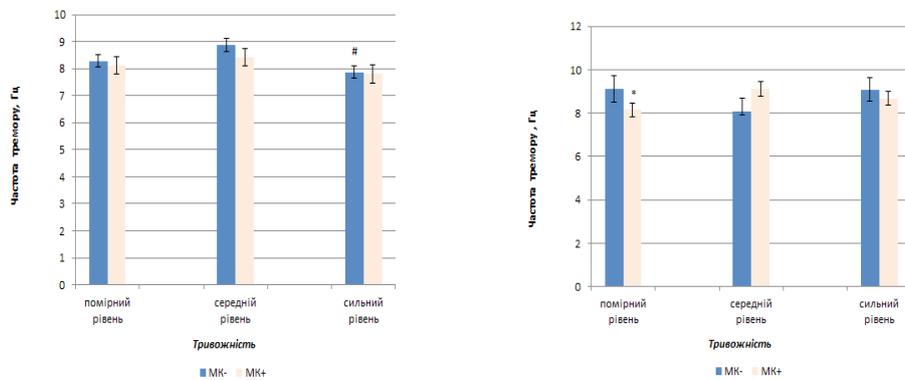
Безпосередньо перед написанням модульної контрольної роботи у групі осіб зі середнім рівнем тривожності (6–7 балів) частота тремору правої руки зростала від  $8,15 \pm 0,55$  Гц до  $9,11 \pm 1,98$  Гц, проте це підвищення є статистично недостовірним. Так само для лівої руки не зафіксовано статистично достовірних змін частоти тремору у звичайні дні та дні перед написанням модульної контрольної роботи. Амплітуда тремору для лівої руки знизилася (рис. 7) статистично недостовірно від  $0,27 \pm 0,04$  мм у дні без контролю знань до  $0,18 \pm 0,02$  мм перед написанням модуля, а на правій руці – від  $0,41 \pm 0,07$  мм до  $0,28 \pm 0,12$  мм. Усі студенти в цій групі були праворукими. Отже, у осіб зі середнім рівнем тривожності ми не зафіксували статистично достовірних змін показників фізіологічного тремору за дії навчального стресу.

У осіб зі сильним рівнем тривожності (8–20 балів за опитувальником) у дні без модульного контролю частота тремору лівої руки була статистично значуще нижчою на 12,87 % ( $p \leq 0,05$ ), порівняно з особами зі середнім рівнем тривожності і становила  $7,86 \pm 0,35$  Гц. У цій групі частота тремору виявилася прямо пропорційною рівню тривожності ( $r=0,99$ ;  $p \leq 0,05$ ). Варто зазначити, що всі студенти в цій групі були праворукими. Для правої руки частота тремору у групі становила  $9,05 \pm 0,49$  Гц, що слабо корелювало з рівнем тривожності ( $r=0,26$ ). Амплітуда тремору у дні без заміру знань для осіб зі сильним рівнем тривожності становила  $0,33 \pm 0,07$  мм для лівої руки, що не корелювало з рівнем тривожності ( $r=0,07$ ) (див. таблицю), а на правій руці амплітуда тремору в середньому дорівнювала  $0,52 \pm 0,23$  мм та прямо пропорційно залежала від рівня тривожності, визначеного за опитувальником ( $r=0,95$ ;  $p \leq 0,05$ ) (рис. 7).

Перед написанням модульної контрольної роботи у групі осіб зі сильним рівнем тривожності простежуємо тенденцію до зниження частоти тремору на лівій руці від  $9,05 \pm 0,49$  Гц до  $8,68 \pm 0,33$  Гц, а на правій руці частота тремору змінилася від  $7,86 \pm 0,35$  Гц за відсутності контролю знань до  $7,95 \pm 0,44$  Гц у день, коли студенти писали модульну контрольну роботу. Проте ці зміни не є статистично достовірними. Амплітуда тремору лівої руки знизилась від  $0,33 \pm 0,07$  мм у дні без модулю до  $0,26 \pm 0,05$  мм перед написанням модульної контрольної роботи. На правій руці ми спостерігали зниження амплітуди тремору від  $0,52 \pm 0,23$  мм до  $0,25 \pm 0,04$  мм. Проте ці зміни амплітуди тремору були статистично недостовірними.

На основі отриманих даних можна припустити, що в осіб із помірним рівнем тривожності, які менш сприйнятливі до стресу, організм може ефективніше адаптуватися до навчального навантаження, що зумовлює зниження частоти тремору. Це може бути результатом кращої регуляції симпатичної нервової системи або ефективного управління гормонами стресу. Підвищення амплітуди тремору правої кінцівки може свідчити про більше напруження м'язів на домінуючій руці. На користь цього припущення свідчить той факт, що у ліворукої студентки амплітуда тремору правої руки не змінилась.

Виявлене нами зменшення частоти тремору лівої руки у осіб зі сильним рівнем тривожності можна пояснити складною взаємодією фізіологічних, психологічних і нейробіологічних чинників. Відомо, що є фізіологічні відмінності у контролі рухів різних рук мозком. У праворуких людей домінуюча права рука керується лівою півкулею мозку, яка відповідає за більшість моторних функцій. Ліва рука, керована правою півкулею, може демонструвати інші патерни реакції на стрес і тривожність, які впливають на нервову систему та м'язову активність по-різному. Зокрема, доведено, що тривожність відрізняється у праворуких і ліворуких осіб [22].



**А** **Б**  
 Рис. 6. Частота тремору лівої (А) та правої руки (Б) залежно від рівня тривожності (помірний, середній і сильний) у дні без модульного контролю (МК-) та у дні з модульним контролем (МК+): # –  $P \leq 0,05$  щодо групи зі середнім рівнем тривожності у дні без модульного контролю. \* $P \leq 0,05$  у групі з помірним рівнем тривожності у дні з модульним контролем щодо днів без модульного контролю

Загальноприйнятним положенням є те, що ліворуки більше тривожаться та хвилюються, ніж праворуки [22]. Такі ж відмінності були характерні і для бабаків [19]. У цьому дослідженні, зокрема, показано, що ліворуки демонструють менш активну соціальну поведінку та мають нижчий базальний рівень кортизолу, ніж амбідекстри та праворуки [19].

Праворукі люди зазвичай більше використовують праву руку, що може робити її менш чутливою до змін у нервовій системі, спричинених тривожністю. Ліва рука, менш тренована і менш задіяна в повсякденному житті, може бути більш чутливою до таких змін, що призводить до краще виражених змін частоти тремору. Окрім того, тут залучені психосоматичні механізми, адже високий рівень тривожності може впливати на різні системи організму, зокрема, на серцево-судинну та нервову системи.

Щоби пояснити зв'язок між тривожністю і серцево-судинними порушеннями, було запропоновано кілька проміжних механізмів, у тому числі симпатичну активацію, порушення вагусного контролю, зниження варіабельності серцевого ритму, стимуляцію гіпоталамо-гіпофізарної осі, окислювальний стрес, підвищення медіаторів запалення тощо [12].

Це може призводити до компенсаторних механізмів, які знижують активність в одних частинах тіла (наприклад, ліва рука), щоб зменшити загальний стрес на організм. Варто також враховувати, що кожна людина має унікальні особливості нервової системи, які можуть змінювати реакцію різних частин тіла на стрес. У праворуких осіб ліва рука може бути більш чутливою до змін рівня тривожності через індивідуальні відмінності у функціонуванні нервової системи.

Не виключено, що люди можуть несвідомо контролювати рухи своєї домінуючої руки краще, ніж недомінуючої, особливо в умовах стресу або тривожності. Це може призводити до різних проявів тремору правої та лівої руки.

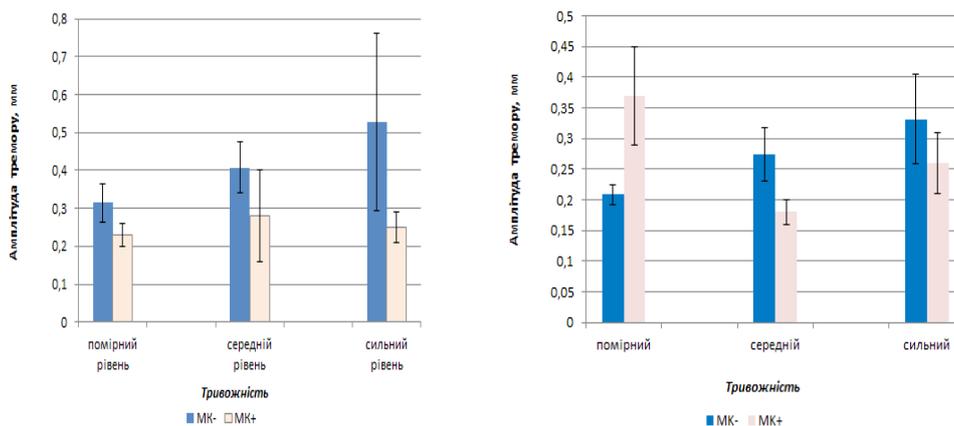


Рис. 7. Амплітуда тремору правої (А) та лівої руки (Б) залежно від рівня тривожності студентів (помірний, середній і сильний) у дні без модульного контролю (МК-) та у дні з модульним контролем (МК+): \* –  $P \leq 0,05$  щодо групи з помірним рівнем тривожності у дні з модульним контролем

Отже, отримані результати ми пояснюємо функціональною асиметрією мозку, про що вже говорилося раніше, та психосоматичними механізмами. У праворуких осіб права рука є домінуючою і контролюється лівою півкулею мозку. Підвищена активність лівої півкулі в умовах стресу і тривожності може призводити до більш вираженого тремору саме у правій руці. Ліва рука, яка контролюється правою півкулею, може демонструвати іншу реакцію на стресові фактори, що відображається у меншій амплітуді тремору. Тривожність може впливати на різні фізіологічні процеси, зокрема, на м'язовий тонус і нервову активацію, які по-різному діють на тремор лівої та правої рук [14]. В умовах

підвищеної тривожності організм може застосовувати компенсаторні механізми для підтримання стабільності рухів. Ці механізми можуть бути більш ефективними для недомінантної руки, що забезпечує менший тремор. Таким чином, результати дослідження демонструють складну взаємодію між тривожністю і фізіологічним тремором, зокрема, різну реакцію правої та лівої рук на підвищення рівня тривожності у студентів.

Для усієї групи студенток ( $n=14$ ) показники фізіологічного тремору правої та лівої кінцівки у вільному і поструральному положенні не змінилися перед контролем знань, порівняно зі звичайним навчальним днем. Аналіз параметрів фізіологічного тремору окремо у групах осіб із різним рівнем тривожності показав, що за відсутності контрольної роботи у осіб зі сильним рівнем тривожності (8–20 балів за опитувальником) частота тремору лівої руки була статистично значуще нижчою на 12,87 % ( $p \leq 0,05$ ), порівняно з особами зі середнім рівнем тривожності. У день, коли був модульний контроль, встановлено зниження частоти тремору правої руки у вільному положенні кисті на 10,2 % ( $p \leq 0,05$ ) лише у студенток із помірним рівнем тривожності, порівняно з навчальним днем без заміру знань.

У всій вибірці студенток перед модулем виявили сильний кореляційний зв'язок між ЧСС та частотою тремору ( $r=-0,70$ ;  $n=14$ ;  $p \leq 0,05$ ), а також амплітудою тремору ( $r=0,75$ ;  $n=14$ ;  $p \leq 0,05$ ) правої руки у поструральному положенні кисті. Перед модульним контролем спостерігали негативну середньої сили кореляцію між амплітудою тремору правої руки у вільному положенні кисті й  $AT_{\max}$  ( $r=-0,62$ ;  $p \leq 0,05$ ) і  $AT_{\min}$  ( $r=-0,63$ ;  $p \leq 0,05$ ).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гнатчук І. Ю., Манько В. В. Зміни параметрів фізіологічного тремору кисті під час різної активності м'язів верхньої кінцівки людини // Фізіол. журн. 2019. Т. 65. № 4. С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.15407/fz65.04.059>
2. Budini F., Mocnik R., Tilp M. et al. Mental calculation increases physiological postural tremor, but does not influence physiological goal-directed kinetic tremor // Eur. J. Appl. Physiol. 2022. Vol. 122. P. 2661–2671. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05039-6>
3. Chao R. C. L. Managing perceived stress among college students: the roles of social support and dysfunctional coping // J. College Counsel. 2012. N 15. P. 5–21. doi: 10.1002/j.2161-1882.2012.00002.x
4. Crawford P., Zimmerman E. Tremor: Sorting Through the Differential Diagnosis // Am. Fam. Physician. 2018. N 97 (3). P. 180–186.
5. Elman M. J., Sugar J., Fiscella R. et al. (1998) The effect of propranolol versus placebo on resident surgical performance. Trans Am Ophthalmol Soc 96:283–291 discussion 291–4
6. Haldorsen H., Hasle Bak N., Dissing A., Petersson B. Stress and symptoms of depression among medical students at the University of Copenhagen // Scand. J. Public. Health. 2014. Vol. 42. N 1. P. 89–95. <https://doi.org/10.1177/1403494813503055>
7. Henry J. D., Crawford J. R. The short-form version of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21): construct validity and normative data in a large non-clinical sample // Br. J. Clin. Psychol. 2005. Vol. 44. N 2. P. 227–39. <https://doi.org/10.1348/014466505X29657>
8. Hu M. X., Lamers F., de Geus Eco J. C. et al. Differential Autonomic Nervous System Reactivity in Depression and Anxiety During Stress Depending on Type of Stressor // Psychosomatic Medicine. 2016. Vol. 78 (5). P. 562–572. DOI: 10.1097/PSY.0000000000000313
9. James I. M., Griffith D. N., Pearson R. M., Newbury P. Effect of oxprenolol on stagefright in musicians. Lancet 2:952–954, 1977. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(77\)90890-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(77)90890-X)

10. *Lakie M., Vernooij C., Osborne T.* et al. The resonant component of human physiological hand tremor is altered by slow voluntary movements // *J. Physiol.* 2012. Vol. 590 (10). P. 2471–2483. doi: 10.1113/jphysiol.2011.226449
11. *Morrison S., Sosnoff J., Heffernan K. S.* et al. Aging, hypertension and physiological tremor: The contribution of the cardiobalistic impulse to tremorgenesis in older adults // *J. Neurol. Sci.* 2013. Vol. 326. Issues 1–2. P. 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2013.01.016>
12. *Olafiranye O., Jean-Louis G., Zizi F.* et al. Anxiety and cardiovascular risk: Review of Epidemiological and Clinical Evidence // *Mind Brain.* 2011. Vol. 2 (1). P. 32–37. PMID: 21822473; PMCID: PMC3150179.
13. *Pozos-Radillo B., Preciado-Serrano M. D. L., Acosta-Fernandez M.* et al. Academic stress as a predictor of chronic stress in university students // *Psicol. Educ.* 2014. N 20. P. 47–52. doi: 10.1016/j.pse.2014.05.006
14. *Rowland D. L., van Lankveld JJDM.* Anxiety and Performance in Sex, Sport, and Stage: Identifying Common Ground // *Front. Psychol.* 2019. Vol. 10. P. 1615. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01615
15. *Sharma R. K., Sagar R., Deepak K. K.* et al. Clinical and autonomic functions: a study of childhood anxiety disorders // *Ann. Saudi Med.* 2011. Vol. 31. No 3. P. 250–257. doi: 10.4103/0256-4947.81533
16. *Sharma S., Pandey S.* Approach to a tremor patient // *Ann. Indian. Acad. Neurol.* 2016. Vol. 19 (4). P. 433–443. doi: 10.4103/0972-2327.194409
17. *Steimer T.* The biology of fear- and anxiety-related behaviors // *Dialogues Clin Neurosci.* 2002. Vol. 4 (3). P. 231–249. doi: 10.31887/DCNS.2002.4.3/tsteimer
18. *Taelman J., Vandeput S., Spaepen A., Van Huffel S.* Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability. Part of the IFMBE Proceedings book series (IFMBE, vol. 22). 2008. P. 1366–1369.
19. *Vaughan E., Le A., Casey M.* et al. Baseline cortisol levels and social behavior differ as a function of handedness in marmosets (*Callithrix jacchus*) // *Am. J. Primatol.* 2019. Vol. 81 (9): e23057. doi: 10.1002/ajp.23057
20. *Verrelli D. I., Qian Y., Wilson M. K.* et al. Intraoperative tremor in surgeons and trainees // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016. Vol. 23 (3). P. 410–415
21. *Vial F., Kassavetis P., Merchant S.* et al. How to do an electrophysiological study of tremor // *Clin Neurophysiol Pract.* 2019. Vol. 4. P. 134–142. DOI: 10.1016/j.cnp.2019.06.002
22. *Wright L., Hardie S. M.* Left-handers look before they leap: handedness influences reactivity to novel Tower of Hanoi tasks. *Front Psychol*, 2015; 6:58. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00058
23. *Zillmer R., Newby B., Treloar R.* A controlled study for measuring stress induced changes of physiologic tremor with a wearable activity sensor // *Proceedings of the International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing.* Vol. 0BIOSTEC. 2014. ESEO, Angers, Loire Valley, France. P. 178–182. DOI:10.5220/0004789701780182

*Стаття надійшла до редакції 18.06.24*

*доопрацьована 19.09.24*

*прийнята до друку 27.09.24*

---

**THE INFLUENCE OF ANXIETY AND ACADEMIC STRESS ON PHYSIOLOGICAL TREMOR INDICATORS OF THE HAND IN FEMALE INDIVIDUALS**

**I. Gnatchuk, S. Bychkova, T. Korol, L. Bachynska, L. Serbyn**

*Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine  
e-mail: tetiana.korol@lnu.edu.ua*

Stress is the cause of increased physiological tremor [4]. Educational activity in itself is intense and stressful [6], especially during the period of writing modular test papers or passing exams. Anxiety can increase tremor due to increased excitability of the nervous system, which is manifested by increased reactivity of motor neurons. This increases the tendency to uncontrolled muscle contractions and, accordingly, tremors. The purpose of the work was to investigate the effect of educational stress (modular control work) on indicators of physiological tremor of the upper limbs of female students in general and depending on their level of anxiety in particular, as well as to find out the existence of a relationship between indicators of tremor and heart rate and blood pressure of the subjects.

We analyzed the amplitude-frequency indicators of the tremor of the right and left hand, as well as the level of anxiety of 14 female students aged 19–20 years. Subjects provided written consent to participate in the study. All female students had no history of neurological and motor disorders, 93 % (13/14) of them were right-handed.

Tremor frequency and amplitude were recorded in two positions - in a free position (the hand hung from the support surface with the palm down) and in a postural position (the hand was placed parallel to the support surface with the palm down) using an MPU6050 accelerometer (InvenSense, China). The author's program was used to read the results from the accelerometer. Blood pressure was determined by the Korotkov method. Blood pressure and heart rate were measured using an oscillometric tonometer Microlife BP N1 Basic (Switzerland). To determine the level of anxiety, the DASS-21 questionnaire was used, on the basis of which the subjects were divided into three groups according to the level of anxiety: moderate (1–5 points), medium (6–7 points) and strong (8–20 points). The first group included 5 female students (one of them left-handed, the rest right-handed), the second group included 4 female students (all right-handed), and the third group included 5 female students (all right-handed).

The probability of the difference between the arithmetic means of two samples was estimated by the Student's test under the condition that the data were normally distributed. If the distribution deviated from normal, the Mann-Whitney test was used to compare the samples.

For the entire group of female students ( $n=14$ ), indicators of physiological tremor of the right and left limbs both in the free and in the postural position of the hand did not differ before the modular control and on a regular school day.

After dividing female students according to the level of anxiety, it was found that in the group with a moderate level of anxiety there was a decrease in the frequency of tremor of the right hand in the free position of the hand by 10.2 % ( $p \leq 0.05$ ) before the module control compared to the school day without measuring knowledge. On days without modular control of knowledge in persons with a strong level of anxiety, a direct correlation was established between the level of anxiety and the frequency of physiological tremor of the left hand ( $r=0.99$ ;  $p \leq 0.05$ ), as well as between the level of anxiety and the amplitude of tremor of the right hand ( $r=0.95$ ;  $p \leq 0.05$ ) in a free position. The frequency of left hand tremor in this group was lower by 12.87 % ( $p \leq 0.05$ ) compared to individuals with an average level of anxiety. In persons with a moderate level of anxiety, a strong correlation was observed between the level of anxiety and the frequency of tremor of the left ( $r=0.84$ ;  $p \leq 0.05$ ) and right

( $r=0.76$ ;  $p\leq 0.05$ ) hands in a free position in the absence of modular control of knowledge.

In the entire sample of female students under conditions of academic stress, a strong correlation was established between heart rate and tremor frequency ( $r=-0.70$ ;  $n=14$ ;  $p\leq 0.05$ ), as well as tremor amplitude ( $r=0.75$ ;  $n=14$ ;  $p\leq 0.05$ ) of the right hand in the postural position of the hand. Immediately before writing the modular control paper, there was a negative correlation of average strength between the amplitude of tremor of the right hand in the free position of the hand and  $A_{max}$  ( $r=-0.62$ ;  $p\leq 0.05$ ) and  $A_{min}$  ( $r=-0.63$ ;  $p\leq 0.05$ ).

So, the amplitude and frequency of the physiological tremor of the right and left hand of female students in a free position of the hand partially depends on the level of anxiety of the person. In the absence of a control task, individuals with a high level of anxiety had a statistically significantly lower frequency of left hand tremor compared to individuals with an average level of anxiety. In persons with a moderate level of anxiety, a decrease in the frequency of tremor of the right hand in the free position of the hand was observed before the modular control compared to the educational day without measuring knowledge. In the entire sample of female students, under conditions of educational stress, a correlation was established between heart rate and the amplitude and frequency of tremor of the right hand in the postural state of the hand, as well as between  $AT_{max}$  and  $AT_{min}$  and the amplitude of tremor of the right hand in the resting state of the hand.

*Keywords:* stress, tremor, anxiety, accelerometry