

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

УДК 612.17:612.821-057.875

doi: 10.25128/2078-2357.25.4.4

О. В. ГУЛЬКА 

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
E-mail: olhahulka@ukr.net

СТАН ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС НАВЧАННЯ (ЛОНГІТЮДНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

У статті проаналізовано особливості формування адаптаційних реакцій серцево-судинної системи студенток різних спеціальностей у процесі навчання та проходження педагогічної практики. Встановлено, що на I курсі в усіх групах спостерігалися підвищені ЧСС, ХОК, КЕК й АП та ІР. У студенток факультету іноземних мов найбільших змін за час навчання зазнали ЧСС, ХОК, СІ і КЕК, які на IV курсі достовірно зменшилися ($p \leq 0,001$) на тлі підвищення ЗПО і ППО ($p \leq 0,01$). У жінок фізичного виховання виражені зрушення стосувалися зниження СТ, ПТ, ЧСС, ХОК, СІ, АП, ІР ($p \leq 0,001$), а після практики – підвищення ЧСС, ХОК і зниження ЗПО, ППО ($p \leq 0,001$). У студенток фізики і математики на IV курсі домінували зміни судинного компоненту регуляції – підвищення ЗПО і ППО при зменшенні ХОК і СІ ($p \leq 0,001$), тоді як після практики відмічалось зростання ЧСС і ХОК, сек.об'єму крові, СІ ($p \leq 0,001$). У жінок хімії та біології протягом навчання спостерігали відносно стабільні гемодинамічні показники ($p \geq 0,05$). Найбільш істотними були зниження ЧСС і СІ ($p \leq 0,01$) на IV курсі та зменшення СТ ($p \leq 0,01$), ДТ ($p \leq 0,001$) і ЗПО ($p \leq 0,05$) після практики.

Ключові слова: серцево-судинна система, гемодинаміка, навчальне навантаження, студенти.

Навчальний процес у закладі вищої освіти (ЗВО) супроводжується значним психоемоційним навантаженням, яке виступає джерелом як гострого, так і хронічного стресу для студентів [13, 16]. Академічний стрес може виникати через інтенсивність навчальних програм, часті контрольні заходи, іспити, конкуренцію серед студентів та високі вимоги до особистої успішності [11, 13]. Встановлено, що навчальне навантаження впливає не лише на психоемоційний стан студентів, але й на функціонування серцево-судинної системи, змінюючи частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск та інші гемодинамічні показники [7, 12, 15, 16]. Зміни в стані центральної гемодинаміки є одними із перших фізіологічних реакцій організму на дію стресових чинників. Індивідуальні відмінності у гемодинамічній відповіді можуть визначати рівень реактивності організму та здатності адаптуватися до навчального навантаження [10].

Дослідження показали, що під час підготовки до іспитів і безпосередньо в екзаменаційний період відбувається активація симпатичної ланки вегетативної нервової системи, що супроводжується підвищенням пульсу, систолічного та діастолічного артеріального тиску, середнього артеріального тиску та індексу Робінсона, який відображає



©2025 О. В. Гулька. Стаття відкрита для доступу та розповсюджується на умовах ліцензії [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), яка дозволяє необмежене використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії за умови належного цитування оригінальної роботи.

навантаження на міокард [8, 12]. Подібні зміни розглядають як маркери термінової адаптації до психоемоційного напруження [3, 18]. За умов гострого стресу зміни гемодинамічних показників зазвичай є нетривалими, оскільки серцево-судинна система функціонує як саморегульована система з високим рівнем пластичності [9, 10].

Водночас дослідники відзначають, що вплив стресогенних факторів позначається на стані гемодинаміки студентської молоді [4, 8, 12]. Хронічний стрес, який виникає протягом місяців або років, може призвести до кумулятивних несприятливих наслідків для здоров'я. Окрім впливу на нейрогормональну активність, він може бути причиною ендотеліальної дисфункції, яка лежить в основі змін судинної реактивності та підвищенні коагуляції [17]. Також, як результат розвитку адаптацій, набута короткозорість в умовах інформаційного стресу тісно пов'язана із станом серцево-судинної системи [4].

Опанування фаху є тривалим процесом, протягом якого студенти систематично зазнають повторюваних когнітивних та емоційних навантажень. У таких умовах короточасні стрес-реакції можуть трансформуватися у стійкі патерни функціонування серцево-судинної системи, що відображають процеси довготривалої адаптації [3, 8].

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо впливу на організм стресових умов навчання, більшість із них має поперечний дизайн і не дозволяє простежити індивідуальні зміни центральної гемодинаміки у зв'язаних вибірках студентів під час навчання. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають лонгітюдні дослідження, спрямовані на аналіз стану гемодинамічних показників та інтегральних індексів. Такий скринінг дозволить дати оцінку механізмів формування довготривалої адаптації під впливом хронічного стресора, яким для студентів є навчальне навантаження.

Мета дослідження – проаналізувати зміни гемодинамічних показників студентів різних спеціальностей під час навчання та проходження практики.

Матеріали та методи досліджень

У дослідженні взяли участь студенти (125 жінок) Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, які навчалися за такими напрямками: іноземні мови (ІМ, n=33), фізичне виховання (ФВ, n=32), фізика і математика (ФМ, n=30), хімія та біологія (ХБ, n=30). Студентки різних спеціальностей обрані через те, що навчальний процес на кожному факультеті передбачає різне когнітивне навантаження.

Для оцінки стану центральної гемодинаміки вимірювали у стані фізіологічного спокою: частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд./хв), артеріальний тиск систолічний (СТ, мм рт. ст.) та діастолічний (СД, мм рт. ст.). ЧСС реєстрували пальпаторно: затиснувши променевою артерією підраховували кількість ударів пульсу за 1 хв. Артеріальний тиск визначали за допомогою механічного тонометра MicroLife BP AG 1–30 методом Короткова. Також були виміряні маса тіла (за допомогою підлогової ваги, кг) та ріст (за допомогою ростоміра, см).

На основі отриманих масо-ростових даних, ЧСС та артеріального тиску розраховували показники центральної гемодинаміки: пульсовий тиск (ПТ, мм рт. ст.), систолічний об'єм крові (СОК, мл), хвилинний об'єм крові (ХОК, л/хв), секундний об'єм крові (Сек. об'єм крові, мл/с), серцевий індекс (СІ, л/хв/м²), загальний периферичний опір (ЗПО, дин×с×см^{-0,5}), питомий периферичний опір (ППО, дин×с×см^{-0,5}×м²), коефіцієнт економічності кровообігу (КЕК, ум. ом.), індекс Робінсона (ІР, ум. од.), адаптаційний потенціал (АП, ум. од.) [5].

Вимірювання проводили у дні з найвищим навчальним навантаженням (вівторок, середа, четвер) у першій половині дня – з 9.30 по 12.30 год.

Обстежували студенток під час навчання на I курсі через місяць після початку навчального семестру (у жовтні), щоб вони пройшли адаптацію до умов ЗВО. Середній вік першокурсниць становив 17,54±0,05 років. Вони були повторно обстежені на IV курсі через місяць після початку навчального семестру (у жовтні). Середній вік – 20,12±0,05 років. Після проходження практики у школі ми ще раз обстежили цих же студенток (у кінці березня – на початку квітня), щоб виявити як впливають умови самостійної практичної діяльності на стан їх організму.

Отримані дані були опрацьовані за допомогою програми STATISTICA 6.0. Результати вимірювань та обрахованих показників перевіряли на нормальність розподілу за допомогою критерію Шапіро-Уілке. Оскільки майже усі показники мали ненормальний розподіл, то

описували дані медіаною (Me) та верхнім і нижнім квантилями (25 %; 75 %). Достовірність відмінностей зв'язаних вибірок перевіряли непараметричним критерієм Вілкоксона.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами обстежень першокурсниць ІМ (табл. 1) видно, що більшість показників були в межах норми. Високе ЧСС зумовило високі ХОК, секундний об'єм крові та КЕК, порівнюючи з референтними значеннями [5]. АП свідчив про напруження механізмів адаптації, а ІР – про низький стан систолічної роботи серця.

Під впливом навчального навантаження (на IV курсі до практики) у студенток ІМ спостерігали значне зниження СТ, ЧСС ($p \leq 0,001$), які зумовили достовірне зменшення ХОК, сек.об'єму крові, КЕК, СІ ($p \leq 0,001$). При цьому зростання ЗПО та ППО ($p \leq 0,01$) вказувало на включення механізмів перерозподілу крові, що забезпечувало підтримку гомеостазу під впливом інформаційного стресу. Зниження АП і ІР ($p \leq 0,001$) свідчили про розвиток задовільної адаптації та хороший стан функціональних резервів.

Таблиця 1

Зміни показників гемодинаміки студентів ІМ (Me (25 %; 75 %), n=33)

Показники	Студенток 1 курсу	Студенток 4 курсу до пед. практики	Студенток 4 курсу після пед. практики
СТ, мм.рт.ст.	123 (118; 131) ***	117 (114; 125) ***	125 (115; 130)
ДТ, мм.рт.ст.	74 (63; 78)	72 (64; 75)	70 (67; 80)
ПТ, мм.рт.ст.	50 (48; 57)	47 (42; 51)	48 (45; 57)
ЧСС, уд/хв	83 (74; 89) ***	71 (64; 78) *** ♦	76 (75; 81) ♦
СОК, мл	73,3 (65,7; 78,5)	69,2 (66,0; 71,3)	70,0 (66,4; 74,5)
ХОК, л	6,0 (5,4; 6,6) ***	4,9 (4,6; 5,4) ***	5,5 (4,7; 5,7)
Сек. об'єм крові, мл/с	100,0 (90,3; 110,0) ***	82,2 (76,0; 90,2) ***	91,0 (77,8; 94,8)
КЕК, ум. од.	4450 (3705; 4815) ***	3360 (2958; 3956)***	3621 (3280; 4408)
СІ, л/хв/м ²	3,6 (3,4; 4,4) ***	3,0 (2,9; 3,2) ***	3,3 (2,9; 3,5)
ЗПО, дин×с×см ^{-0,5}	1223 (1007; 1364) **	1377 (1312; 1430) **	1333 (1156; 1479)
ППО, дин×с×см ^{0,5} ×м ²	1977 (1587; 2170) **	2221 (2089; 2506) **	2182 (1851; 2312)
АП, ум. од.	2,17 (2,07; 2,42) ***	2,00 (1,81; 2,12) ***	2,15 (2,01; 2,35)
ІР, ум. од.	98 (92; 114) ***	84 (69; 96) *** ♦	95 (82; 102) ♦

Примітки: * – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ** – при $p \leq 0,01$, *** – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів на 1 та 4 курсі (критерій Вілкоксона);

♦ – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ♦♦ – при $p \leq 0,01$, ♦♦♦ – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів 4 курсу до та після проходження педагогічної практики (критерій Вілкоксона).

Після проходження практики достовірно змінилися лише ЧСС та ПД ($p \leq 0,05$). На розвиток напруження вказували тільки знижений рівень енергопотенціалу (ІР зріс з 84 (69; 96) до 95 (82; 102) ум. од., $p \leq 0,05$) та незначне напруження адаптаційних механізмів (АП $p \geq 0,05$). Проте це швидше свідчить про індивідуальні зміни гемодинамічних характеристик, ніж про закономірність у цій групі.

У студенток-першокурсниць ФВ високі СТ і ПТ (табл. 2) позначилося на високих ХОК, КЕК відносно референтних значень [5]. Показники АП та ІР вказували, що жінки групи характеризувалися напруженням механізмів адаптації за низької систолічної роботи серця. Під час навчання на IV курсі до практики майже усі гемодинамічні показники значно змінилися ($p \leq 0,001$): зниження СТ зменшило ПТ, що сприяло зменшенню СОК; сповільнився пульс у стані спокою, що разом із зниженим СОК зменшило ХОК; нижчі ЧСС і ПТ сприяли покращенню економічності кровообігу, підвищення ЗПО і ППО свідчило про покращення перерозподілу крові; зміни АП і ІР вказували на задовільну адаптацію та хороші функціональні резерви серцево-судинної системи.

Зміни показників гемодинаміки студентів ФВ (Me (25 %; 75 %), n=32)

Показники	Студенток 1 курсу	Студенток 4 курсу до пед. практики	Студенток 4 курсу після пед. практики
СТ, мм.рт.ст	131 (124; 138)***	124 (120; 128)***	124 (118; 129)
ДТ, мм.рт.ст.	71 (64; 79)	70 (68; 76)	72 (68; 73)
ПТ, мм.рт.ст.	61 (52; 64)***	52 (48; 55)***	52 (50; 56)
ЧСС, уд/хв	77 (65; 82)***	63 (56; 71)***♦♦	75 (71; 79)♦♦
СОК, мл	75,6 (70,1; 83,0)***	71,7 (68,3; 73,7)***	71,9 (70,3; 72,6)
ХОК, л	5,7 (5,2; 6,0)***	4,4 (4,0; 5,0)***♦♦	5,4 (5,1; 5,8)♦♦
Сек. об'єм крові, мл/с	95,6 (86,8; 100,6)***	75,0 (67,4; 83,4)***♦♦	90,0 (85,3; 96,0)♦♦
КЕК, ум. од.	4717 (3705; 4981)***	3306 (2849; 3780)***♦♦	3995 (3744; 4288)♦♦
СІ, л/хв/м ²	3,4 (3,1; 3,8)***	2,7 (3,0; 3,1)***♦♦	3,3 (3,1; 3,6)♦♦
ЗПО, дин×с×см ^{-0,5}	1333 (1246; 1443)***	1599 (1469; 1763)***♦♦	1325 (1232; 1420)♦♦
ППО, дин×с×см ^{-0,5×м²}	2115 (1951; 2345)***	2638 (2307; 2889)***♦♦	2182 (1978; 2377)♦♦
АП, ум. од.	2,20 (1,96; 2,44)***	1,86 (1,75; 2,06)***♦♦	2,00 (1,97; 2,11)♦♦
ІР, ум. од.	98 (86; 114)***	79 (68; 90)***♦♦	91 (87; 100)♦♦

Примітки: * – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ** – при $p \leq 0,01$, *** – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів на 1 та 4 курсі (критерій Вілкоксона);

♦ - достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ♦♦ – при $p \leq 0,01$, ♦♦♦ – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів 4 курсу до та після проходження педагогічної практики (критерій Вілкоксона).

Після проходження практики підвищилися ЧСС, ХОК, сек. об'єм крові, КЕК, СІ при цьому знизилися ЗПО та ППО ($p \leq 0,001$). Хоча показники залишалися в межах норм, але суттєвий приріст може вказувати на залучення функціональних резервів для підтримки оптимального стану організму за дії стресу від практичної діяльності. АП залишився на рівні по задовільній адаптації ($p \leq 0,001$) при підвищенні ІР ($p \leq 0,01$).

Студентки ФМ на I курсі характеризувалися середніми показниками гемодинаміки, які відповідали референтним значенням [5]. Високий показник КЕК був зумовлений підвищеним ЧСС (табл. 3). АП вказував на незначне напруження механізмів адаптації, ІР – на середній рівень енергетично-обмінних процесів в організмі. На IV курсі спостерігали зниження ЧСС ($p \leq 0,05$), яке зумовило зменшення ХОК ($p \leq 0,01$), що у свою чергу сприяло зменшенню сек.об'єму крові ($p \leq 0,01$) та СІ ($p \leq 0,001$). АП та ІР залишилися без змін і вказували на напруження механізмів адаптації за середнього рівня функціональних можливості серцево-судинної системи.

Зміни показників гемодинаміки студентів ФМ (Me (25 %; 75 %), n=30)

Показники	Студенток 1 курсу	Студенток 4 курсу до пед. практики	Студенток 4 курсу після пед. практики
СТ, мм.рт.ст	124 (118; 136)	124 (119; 136)	121 (118; 128)
ДТ, мм.рт.ст.	75 (72; 87)	78 (72; 81)♦	75 (68; 79)♦
ПТ, мм.рт.ст.	48 (41; 55)	47 (46; 59)	46(44; 56)
ЧСС, уд/хв	79 (72; 89) *	70 (62; 79) ♦♦	80 (68; 85) ♦♦
СОК, мл	67,1 (62,1; 71,8)	64,2 (62,3; 72,4)	66,0 (62,6; 72,8)
ХОК, л	5,3 (5,0; 5,8)♦♦	4,6 (4,2; 5,2)♦♦♦	5,4 (4,4; 5,8)♦♦
Сек. об'єм крові, мл/с	88,2 (83,2; 96,2)♦♦	76,2 (69,2; 86,2)♦♦♦	89,3 (72,7; 96,2)♦♦
КЕК, ум. од.	3842 (3312; 4410)	3348 (2990; 3762)	3859 (3036; 4160)
СІ, л/хв/м ²	3,2 (3,0; 3,8)***	2,8 (2,7; 3,1)***♦♦	3,1 (3,0; 3,4)♦♦
ЗПО, дин×с×см ^{-0,5}	1387 (1362; 1505)***	1551 (1517; 1787)***♦♦	1361 (1231; 1654)♦♦
ППО, дин×с×см ^{-0,5×м²}	2285 (2155; 2463)***	2606 (2543; 2777)***♦♦	2407 (2140; 2575)♦♦
АП, ум. од.	2,18 (2,01; 2,62)	2,14 (2,09; 2,36)	2,11 (2,05; 2,31)
ІР, ум. од.	94 (85; 122)	86 (81; 95)	92 (80; 106)

Примітки: * – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ** – при $p \leq 0,01$, *** – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів на 1 та 4 курсі (критерій Вілкоксона);

♦ – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ♦♦ – при $p \leq 0,01$, ♦♦♦ – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів 4 курсу до та після проходження педагогічної практики (критерій Вілкоксона).

Після практики у жінок ФМ спостерігали зниження ДТ ($p \leq 0,05$) та підвищення ЧСС ($p \leq 0,01$). Це зумовило зростання ХОК ($p \leq 0,001$), яке сприяло підвищенню сек.об'єму крові, СІ ($p \leq 0,001$). Збільшення ДТ разом із ХОК привело до закономірного зниження ЗПО та ППО ($p \leq 0,01$). АП і ІР залишалися без змін.

У студенток ХБ на І курсі показники гемодинаміки відповідали нормам. Про напруження регуляторних механізмів свідчили дещо підвищений ЧСС, що зумовлював високий КЕК, та показники АП і ІР, які вказували на напруження механізмів адаптації і знижений рівень енергопотенціалу. При обстеженні під час навчання на ІV курсі, виявили зміни показників гемодинаміки: знизилась ЧСС, СІ ($p \leq 0,01$) та зріс ППО ($p \leq 0,01$) (табл. 4). Такі явища є закономірними регуляторними впливами на судинний тонус – при посиленні хронотропної функції серця зростає периферичний опір судин [20]. Після практики спостерігали достовірне зниження СТ ($p \leq 0,01$), ДТ ($p \leq 0,001$), ЗПО і АП ($p \leq 0,05$). Це може вказувати на зменшення регуляторних впливів судинного тону при формуванні пристосувальних реакцій.

Таблиця 4

Зміни показників гемодинаміки студентів ХБ (Ме (25 %; 75 %), n=30)

Показники	Студенток 1 курсу	Студенток 4 курсу до пед. практики	Студенток 4 курсу після пед. практики
СТ, мм.рт.ст.	123 (119; 133)	126 (117; 133) **	117 (112; 127) **
ДТ, мм.рт.ст.	78 (69; 81)	74 (68; 82) ***	68 (65; 76) ***
ПТ, мм.рт.ст.	48 (42; 56)	49 (45; 59)	49 (46; 51)
ЧСС, уд/хв	80 (76; 97) **	74 (70; 85) **	76 (68; 84)
СОК, мл	68,2 (63,5; 71,9)	68,5 (65,1; 73,5)	71,7 (66,5; 75,7)
ХОК, л	5,7 (5,1; 6,1)	5,1 (4,7; 6,0)	5,1 (4,9; 5,9)
Сек.об'єм крові, мл/с	95,7 (84,5; 102)	84,8 (78,3; 99,3)	85,3 (82,3; 98,0)
КЕК, ум. од.	4081 (3360; 4692)	3672 (3136; 4514)	3876 (3520; 4128)
СІ, л/хв/м ²	3,6 (3,2; 3,9) **	3,0 (2,7; 3,7) **	3,1 (2,9; 3,6)
ЗПО, дин×с×см ^{-0,5}	1368 (1127; 1441)	1362 (1294; 1530) *	1221 (1110; 1509) *
ППО, дин×с×см ^{-0,5} ×м ²	2106 (1826; 2231)**	2341 (2108; 2424)**	1994 (1822; 1509)
АП, ум. од.	2,20 (1,98; 2,48)	2,24 (1,93; 2,50) *	2,13 (1,99; 2,25) *
ІР, ум. од.	97 (91; 124)	93 (83; 114)	94 (87; 98)

Примітки: * – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ** – при $p \leq 0,01$, *** – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів на 1 та 4 курсі (критерій Вілкоксона);

* – достовірні відмінності при $p \leq 0,05$, ** – при $p \leq 0,01$, *** – при $p \leq 0,001$ між показниками студентів 4 курсу до та після проходження педагогічної практики (критерій Вілкоксона).

Як видно із результатів вимірювань, навчальне навантаження по-різному впливало на стан організму студенток різних спеціальностей, що проявилось у формуванні різних патернів функціонування серцево-судинної системи при розвитку адаптивних реакцій. Студентки на І курсі характеризувалися нераціональним забезпеченням пристосувальних реакцій до умов навчання, оскільки високі значення ХОК формувалися при високому ЧСС, що посилювало сек.об'єм крові та зумовило низьку економічність кровообігу. Під час навчання на ІV курсі регуляторні впливи були менш вираженими, що проявилось у достовірному покращенні гемодинамічних показників, які характеризують роботу лівого шлуночка (СТ, ХОК, сек.об'єм крові, $p \leq 0,001$), судинний тонус (ЗПО, ППО $p \leq 0,01$) та серцеву діяльність (ЧСС, СІ, КЕК, $p \leq 0,001$). Проходження практики не мало негативного впливу на організм жінок ІМ – гемодинамічні показники залишилися в межах норм при зниженні функціональних можливостей серцево-судинної системи (ІР зріс до 91 (87;100) ум. од., $p \leq 0,05$). Такі зміни швидше вказують на розвиток втоми при дії психоемоційних чинників практично-прикладної діяльності.

Подібна картина спостерігалась і у жінок ФВ: на І курсі вплив регуляторних механізмів проявився у високих показниках СТ, ПТ, ХОК, КЕК, СІ, що вказувало на посилення роботи серця, а саме лівого шлуночка [6]. Це можна пояснити особливостями навчального навантаження жінок даної групи: висока рухова активність поєднується із розумовим

навантаженням, що посилює стресовий вплив на організм [19]. На старших курсах навчання у студенток спостерігали суттєве покращення усіх досліджуваних гемодинамічних показників ($p \leq 0,001$), крім ДТ, який знаходився у межах норми. Пояснити це можна тим, що у формуванні регулюючих впливів гемодинаміки більший вклад мають показники, які характеризують роботу серця та судин під час систоли. У молодих людей судини є еластичними і зміни судинного тону та кровонаповнення під час діастолі не мають суттєвих відхилень. Після практики більшість гемодинамічних показників ФВ підвищилися ($p \leq 0,001$), проте залишалися в межах норм, що може швидше вказувати на індивідуальні прояви регулюючих впливів на організм при дії стресових чинників.

Студентки I курсу навчання ФМ та ХБ мали показники гемодинаміки, які не виходили за межі референтних значень. На IV курсі у студенток ФМ спостерігали підвищення ДТ ($p \leq 0,05$), ЗПО і ППО ($p \leq 0,001$) при зниженні показників, які вказують на роботу серця. Тобто формування пристосувальних реакцій до навчального навантаження відбувалося при підвищенні регуляторних впливів судинного тону. Після практики зросли показники ЧСС ($p \leq 0,01$), ХОК, сек.об'єм крові, СІ ($p \leq 0,001$) – отже, регулюючі механізми мали більший вклад показників серцевої діяльності.

Студентки IV курсу мали відносно стабільні показники гемодинаміки, що свідчило про оптимальне функціонування організму при напруженні механізмів адаптації та середньому рівні обмінно-енергетичних процесів як під час навчання, так і під час практики.

Отже, можемо констатувати, що студенти під час адаптації до змінених умов навчання на I курсі відчували гострий стрес, що проявився у високих показниках ЧСС та артеріального тиску. Це підтверджує дані науковців, які зазначають, що зміни ЧСС та артеріального тиску є фізіологічною регуляцією емоційних станів як захисних реакцій організму [11]. При дії гострого стресу організм спрямовує ресурси на підтримання гомеостазу і включає активацію симпатичної ланки регуляції з вивільненням адреналіну, що зумовлює підвищення частоти серцевих скорочень та зміну артеріального тиску [14]. Також отримані нами дані узгоджуються із даними Л. А. Сарафінюк і співавторів, що достовірно вищі показники гемодинаміки, які характеризують роботу лівого шлуночка і потужність енерговитрат на переміщення крові [6], вказують на формування нераціональної адаптації у першокурсників при дії гострого стресу.

На старших курсах спостерігали зниження показників гемодинаміки, що вказувало на підвищення тону парасимпатичної іннервації і вдосконалення координаційних механізмів, які визначають рівень артеріального тиску та інших показників гемодинаміки, як результат розвитку довготривалої адаптації студентів до навчального навантаження. Отримані нами результати узгоджуються із даними науковців, які показали, що тривалий академічний стрес впливає на кардіоваскулярну регуляцію у здорових молодих людей [12], і для жінок з низькою руховою активністю характерні нижчий артеріальний тиск та переважно еукінетичний тип гемодинаміки при дещо вищому периферичному опорі судин та меншій економічності кровообігу [2].

Сучасні дослідження показали, що β -адренергічна вазодилатація компенсує вазоконстрикторні ефекти α -адренергічної вазоконстрикції, що може сприяти загальному зниженню артеріального тиску у молодих жінок. Підвищення артеріального тиску пов'язане зі зміненою чутливістю α - та β -адренорецепторів, ендотеліальною дисфункцією, підвищеним судинним опором та ремоделюванням функцій судин [20]. Тому підвищення ЧСС, СТ та ДТ під впливом навчального навантаження можна пояснити розвитком симптоадреналової реакції на стрес через активацію барорецепторного рефлексу, а зниження даних показників свідчить про зменшення серцевого викиду як результат формування компенсаторних реакцій.

Зростання ЗПО пов'язують із значним статичним навантаженням [1]. Можемо припустити, що підвищення ЗПО та ППО під час навчання є результатом алостатичних змін при тривалих статичних навантаженнях, коли студенти змушені довго сидіти готуючись до академічних занять. Якщо проаналізувати таблиці показників гемодинаміки студенток усіх спеціальностей, то видно, що після проходження практики ЗПО та ППО знизилися при підвищенні ЧСС, СОК та інших гемодинамічних показників, які характеризують роботу серця. Пояснити такі зміни можна тим, що після тривалих статичних навантажень в організмі формуються компенсаторні реакції для підтримки адекватного рівня венозного повернення

крові і належного забезпечення насосної функції серця. Адже, як зазначають дослідники, «статичне навантаження може призвести до зменшення об'єму крові у венозній ділянці великого кола кровообігу» [1]. Такі зміни циркуляторного русла вимагають компенсаторних реакцій, які будуть проявлятися у підвищенні ЧСС і СОК.

Висновки

Лонгітюдне дослідження показників гемодинаміки у студентів різних спеціальностей показало, що під впливом навчання, яке відрізняється інформаційним навантаженням, формуються адаптивні реакції із різними патернами показників серцево-судинної системи.

На I курсі студентки ІМ характеризувалися неекономічним типом кровообігу з підвищеним ЧСС і ХОК та напруженням адаптаційних механізмів. На IV курсі у них відбулося достовірне покращення показників серцевої діяльності та судинного тону, що свідчило про формування ефективної довготривалої адаптації, тоді як педагогічна практика спричинила лише помірні, переважно індивідуальні зрушення.

Першокурсники ФВ мали ознаки підвищеної систолічної роботи серця і напруження регуляторних механізмів. На старших курсах навчання у них сформувався економічніший тип гемодинаміки з добрими функціональними резервами, а після практики спостерігалася активація серцевої діяльності при збереженні показників гемодинаміки у межах норм.

У жінок ФМ гемодинамічні показники на I курсі навчання відповідали віковим нормам із помірним напруженням адаптації. На IV курсі пристосувальні зміни відбувалися через підвищення судинного тону при зниженні серцевого викиду. Після практики відзначено переорієнтацію регуляції із залученням серцевих механізмів.

У студенток першого курсу ХБ виявили ознаки помірного напруження регуляції при зниженому енергетичному потенціалі. На IV курсі зміни були мінімальними і свідчили про оптимальну довготривалу адаптацію, а після практики зниження артеріального тиску і периферичного опору вказувало на формування компенсаторних пристосувальних реакцій без ознак перевантаження.

1. Бакуновський О. М., Лук'янцева Г. В., Малога С. С., Котляренко Л. Т. Зміни центральної гемодинаміки у період раннього відновлення після різних режимів фізичного навантаження. *Фізіол. журн.*, 2021, Т. 67, № 6. С. 13–20. <https://doi.org/10.15407/fz67.06.013>.
2. Бергтраум Д., Вовканич Л., Свищ Я., Дунець-Лесько А., Крась С. Гендерні особливості центральної гемодинаміки студентів-фізіотерапевтів. *Науковий дискурс у фізичному вихованні і спорті*. 2025. № 1. С. 3–11. <https://doi.org/10.69468/2786-7544-2025-1-1>.
3. Задорожня В., Кучковський О., Ковальова О. Особливості вегетативного статусу й адаптаційні можливості студентської молоді залежно від типу саморегуляції кровообігу. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. № 83. С. 83–97. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2020.83.10>.
4. Івасенко А., Шейко В. Показники центральної гемодинаміки на тлі набутої короткозорості. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2024. Вип. 24 (2). С. 27–30. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.24.2.27>.
5. Маліков М. В., Богдановська Н. В., Сват'єв А. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті. Навчальний посібник. Запоріжжя, 2006. 182 с.
6. Сарафінюк Л. А., Лижньова О. В., Качан В. В. Центральна гемодинаміка та прогнозування їх належних величин у футболістів юнацького віку. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип. 3. Том 3 (138). С. 154–159.
7. Шушковська Ю. Ю., Афанасюк О. І., Шмалій В. І. Стрес і діяльність серцево-судинної системи: сучасний стан проблеми (огляд літератури). *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2023. Т. 27, № 3. С. 489–494. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(3\)-22](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(3)-22).
8. al'Absi M. Stress and Addiction: When a Robust Stress Response Indicates Resiliency. *Psychosom Med*. 2018. 80 (1). P. 2–16. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000520>.
9. Berhtraum D. I., Vovkanych L. S., Svyshch Y. S., Dukh T. I., Dunets-Lesko A. V. The impact of moderate physical loads on central hemodynamics of physical therapy students. *Світ медицини та біології*. 2024. № 2 (88). С. 15–19. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-2-88-15-19>.
10. Boylan J. M., Cundiff J. M., Matthews K. A. Socioeconomic Status and Cardiovascular Responses to Standardized Stressors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychosom Med*. 2018. 80 (3). P. 278–293. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000561>.
11. Charles R. L., Nixon J. Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Appl Ergon*. 2019. 74. P. 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.028>. Epub 2018 Sep 13.

12. Fejes I., Ábrahám G., Légrády P. The effect of an exam period as a stress situation on baroreflex sensitivity among healthy university students. *Blood Pressure*. 2020. 29 (3). P. 175–181. <https://doi.org/10.1080/08037051.2019.1710108>.
13. Ginty A. T., Tyra A. T., Young D. A., Brindle R. C., de Rooij S. R., Williams S. E. Cardiovascular reactions to acute psychological stress and academic achievement. *Psychophysiology*. 2022. 59 (10):e14064. <https://doi.org/10.1111/psyp.14064>.
14. Godoy L. D., Rossignoli M. T., Delfino-Pereira P., Garcia-Cairasco, N., de Lima Umeoka, E. H. A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. 12. P. 127. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00127>.
15. Mahdavi N., Tapak L., Darvishi E., Doosti-Irani A., Shafiee Motlagh M. Unraveling the interplay between mental workload, occupational fatigue, physiological responses and cognitive performance in office workers. *Sci Rep*. 2024. 14 (1). P. 17866. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68889-4>.
16. Nath S. K., Bhowmik P., Roy S., Pallathadka H. Cardiovascular Responses to Academic Stress in Allied Health Students: A Comprehensive Narrative Review. *Asian Journal of Cardiology Research*. 2025. 8 (1). P. 805–817. <https://doi.org/10.9734/ajcr/2025/v8i1342>.
17. Osborne M. T., Shin L. M., Mehta N. N., Pitman R. K., Fayad Z. A., Tawakol A. Disentangling the Links Between Psychosocial Stress and Cardiovascular Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2020. 13 (8):e010931. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.120.010931>.
18. Senn O., Bullerjahn C., Kilchenmann L., von Georgi R. Rhythmic Density Affects Listeners' Emotional Response to Microtiming. *Front. Psychol*. 2017. 8. P. 1709. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01709>.
19. Sutton N., Martaindale H. M., Uriegas S., Dillard C. C., McAllister J. M. Virtual reality based active shooter training: Added physical stress increases anxiety but not stress biomarkers. *Psychoneuroendocrinology*. 2025. 182. P. 107628. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2025.107628>.
20. Taşkin S. Altered autonomic functions in exam stress: Cardiovascular-pulmonary interactions. *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 2021. 18. P. 138–144. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1642854>.

References

1. Bakunovskiy O. M., Lukiantseva H. V., Maliuha S. S., Kotliarenko L. T. Zminy tsentralnoi hemodynamiky u period rannoho vidnovlennia pislia riznykh rezhymiv fizychnoho navantazhennia. *Fiziol. zhurn.*, 2021, T. 67, No 6. S. 13–20. <https://doi.org/10.15407/fz67.06.013>. [in Ukrainian]
2. Berhtraum D., Vovkanych L., Svyshch Ya., Dunets-Lesko A., Kras S. Henderni osoblyvosti tsentralnoi hemodynamiky studentiv-fizioterapevtiv. *Naukovyi dyskurs u fizychnomu vykhovanni i sporti*. 2025. No 1. S. 3–11. <https://doi.org/10.69468/2786-7544-2025-1-1>. [in Ukrainian]
3. Zadorozhnia V., Kuchkovskiy O., Kovalova O. Osoblyvosti vehetatyvnogo statusu y adaptatsiyni mozhlyvosti studentskoi molodi zalezno vid typu samorehuliatcii krovoobihu. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biologichna*. 2020. No 83. S. 83–97. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2020.83.10>. [in Ukrainian]
4. Ivasenko A., Sheyko V. Pokaznyky tsentralnoi hemodynamiky na tli nabutoi korotkozorosti. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk Ukrainiskoi medychnoi stomatolohichnoi akademii*. 2024. Vyp. 24 (2). C. 27–30. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.24.2.27>. [in Ukrainian]
5. Malikov M. V., Bohdanovska N. V., Svatiev A. V. Funktsionalna diahnostyka u fizychnomu vykhovanni i sporti. Navchalnyi posibnyk. Zaporizhzhia, 2006. 182 s. [in Ukrainian]
6. Sarafiniuk L. A., Lyzhnova O. V., Kachan V. V. Tsentralna hemodynamika ta prohnozuvannia ikh nalezhnykh velychyn u futbolistiv iunatskoho viku. *Visnyk problem biologii i medytsyny*. 2017. Vyp. 3. Tom 3 (138). S. 154–159. [in Ukrainian]
7. Shushkovska Yu. Yu., Afanasiuk O. I., Shmalii V. I. Ctres i diialnist sertsevo-sudynnoi systemy: suchasnyi stan problemy (ohliad literatury). *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*. 2023. T. 27, No 3. S. 489–494. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(3\)-22](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(3)-22). [in Ukrainian]
8. al'Absi M. Stress and Addiction: When a Robust Stress Response Indicates Resiliency. *Psychosom Med*. 2018. 80 (1). P. 2–16. doi: 10.1097/PSY.0000000000000520.
9. Berhtraum D. I., Vovkanych L. S., Svyshch Y. S., Dukh T. I., Dunets-Lesko A. V. The impact of moderate physical loads on central hemodynamics of physical therapy students. *Світ медицини та біології*. 2024. № 2 (88). C. 15–19. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-2-88-15-19>.
10. Boylan J. M., Cundiff J. M., Matthews K. A. Socioeconomic Status and Cardiovascular Responses to Standardized Stressors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychosom Med*. 2018. 80 (3). P. 278–293. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000561>.
11. Charles R. L., Nixon J. Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Appl Ergon*. 2019. 74. P. 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.028>. Epub 2018 Sep 13.

12. Fejes I., Ábrahám G., Légrády P. The effect of an exam period as a stress situation on baroreflex sensitivity among healthy university students. *Blood Pressure*. 2020. 29 (3). P. 175–181. <https://doi.org/10.1080/08037051.2019.1710108>.
13. Ginty A. T., Tyra A. T., Young D. A., Brindle R. C., de Rooij S. R., Williams S. E. Cardiovascular reactions to acute psychological stress and academic achievement. *Psychophysiology*. 2022. 59 (10):e14064. <https://doi.org/10.1111/psyp.14064>.
14. Godoy L. D., Rossignoli M. T., Delfino-Pereira P., Garcia-Cairasco, N., de Lima Umeoka, E. H. A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. 12. P. 127. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00127>.
15. Mahdavi N., Tapak L., Darvishi E., Doosti-Irani A., Shafiee Motlagh M. Unraveling the interplay between mental workload, occupational fatigue, physiological responses and cognitive performance in office workers. *Sci Rep*. 2024. 14 (1). P. 17866. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68889-4>.
16. Nath S. K., Bhowmik P., Roy S., Pallathadka H. Cardiovascular Responses to Academic Stress in Allied Health Students: A Comprehensive Narrative Review. *Asian Journal of Cardiology Research*. 2025. 8 (1). P. 805–817. <https://doi.org/10.9734/ajcr/2025/v8i1342>.
17. Osborne M. T., Shin L. M., Mehta N. N., Pitman R. K., Fayad Z. A., Tawakol A. Disentangling the Links Between Psychosocial Stress and Cardiovascular Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2020. 13 (8):e010931. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.120.010931>.
18. Senn O., Bullerjahn C., Kilchenmann L., von Georgi R. Rhythmic Density Affects Listeners' Emotional Response to Microtiming. *Front. Psychol*. 2017. 8. P. 1709. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01709>.
19. Sutton N., Martaindale H. M., Uriegas S., Dillard C. C., McAllister J. M. Virtual reality based active shooter training: Added physical stress increases anxiety but not stress biomarkers. *Psychoneuroendocrinology*. 2025. 182. P. 107628. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2025.107628>.
20. Taşkin S. Altered autonomic functions in exam stress: Cardiovascular-pulmonary interactions. *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 2021. 18. P. 138–144. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1642854>.

O. V. Hulka

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

THE STATE OF CENTRAL HEMODYNAMICS IN STUDENTS DURING LEARNING (LONGITUDINAL STUDY)

The article examines the characteristics of adaptive cardiovascular responses in female students from various specialties during their training and pedagogical practice under conditions of chronic academic stress. The study involved 125 women from V. Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, specializing in foreign languages (FL, n = 33), physical education (PE, n = 32), physics and mathematics (PM, n = 30), and chemistry and biology (CB, n = 30). This longitudinal study was conducted during the first year, in the fourth year before practice, and after its completion. Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), and diastolic blood pressure were measured, and integral indicators of central hemodynamics were calculated, including minute blood volume (MBV), stroke volume, cardiac index (CI), total peripheral vascular resistance (TPVR), specific peripheral vascular resistance (SPVR), Robinson index (IR), blood circulation efficiency coefficient (BCEC), and adaptation potential (AP). Statistical analysis was performed using the Shapiro-Wilk test and the nonparametric Wilcoxon test; data are presented as medians and quartiles.

In the first year, all groups exhibited signs of an acute adaptive response, characterized by increases in heart rate (HR), mean blood volume (MBV), and blood cell energy consumption (BCEC), alongside a strain on adaptive potential. Among FL students, the most significant changes during their studies were observed in HR, MBV, cardiac index (CI), and BCEC, all of which significantly decreased by the fourth year ($p \leq 0.001$). This decrease occurred concurrently with increases in total peripheral vascular resistance (TPVR) and systemic peripheral vascular resistance (SPVR) ($p \leq 0.001$), indicating the development of a more economical type of blood circulation. In women studying physical education (PE), the most notable changes included decreases in systolic blood pressure (SBP), pulse pressure, HR, MBV, CI, and arterial pressure (AP) ($p \leq 0.001$). After practical training, there was an increase in HR and MBV, accompanied by a decrease in vascular resistance ($p \leq 0.001$), reflecting the mobilization of functional reserves. Among fourth-year preventive medicine (PM) students, vascular regulatory changes predominated, with increases in TPVR and SPVR and decreases in MBV and CI ($p \leq 0.001$). Following practical training, HR, MBV, and secondary blood volume

increased significantly ($p \leq 0.001$). In female CB students, hemodynamic parameters remained relatively stable throughout training; the most pronounced changes were decreases in HR and CI ($p \leq 0.01$) in the fourth year, and reductions in blood pressure and vascular resistance after practical training ($p \leq 0.05$), indicating optimization of regulatory mechanisms.

The results indicate that the academic workload, which varies across faculties, generates distinct patterns of long-term adaptation in the cardiovascular system. These adaptations are primarily influenced by the differing contributions of cardiac and vascular regulatory mechanisms.

Key words: cardiovascular system, hemodynamics, educational load, students.

Надійшла до редакції: 27.11.2025

Прийнята до друку: 15.12.2025

Опублікована: 30.12.2025