

ВПЛИВ МАСИ ТІЛА НА ПОКАЗНИКИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ СТУДЕНТІВ-ФІЗІОТЕРАПЕВТІВ

Дзвенислава БЕРГТРАУМ, Любомир ВОВКАНИЧ,
Ярослав СВИЩ, Антоніна ДУНЕЦЬ-ЛЕСЬКО, Станіслав КРАСЬ
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, м. Львів, Україна

THE IMPACT OF BODY WEIGHT ON CENTRAL HEMODYNAMIC PARAMETERS IN PHYSIOTHERAPY STUDENTS

Dzvenyslava BERHTRAUM, Lyubomyr VOVKANYCH,
Yaroslav SVYSHCH, Antonina DUNETZ-LESKO, Stanislav KRAS
Ivan Bobersky Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine

Анотація.

Попри очевидний зв'язок складу тіла, величини індексу маси тіла й показників артеріального тиску, фізичної працездатності та аеробних можливостей студентів, залишаються мало вивченими зміни багатьох параметрів гемодинаміки в студентів з дефіцитом чи надмірною масою тіла. Тож **мета** нашого дослідження — вивчити особливості показників гемодинаміки студентів різної статі з дефіцитом і з надмірною масою тіла (МТ) через порівняння з їхніми однокурсниками з нормальною масою тіла.

Матеріали й методи. Учасники дослідження — студенти спеціальності 227 «Фізична терапія та реабілітація» віком 17–18 років з дефіцитом МТ (5 чоловіків, 8 жінок), нормальною МТ (51 чоловік, 27 жінок) та надмірною МТ (10 чоловіків, 4 жінок). Вимірювали частоту серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск систолічний (АТс) та діастолічний (АТд). Розрахунковим методом визначали пульсовий тиск (ПТ), середній тиск (СТ), ударний об'єм крові (УО), ударний індекс (УІ), хвилинний об'єм крові (ХОК), периферичний опір (ПО), індекс периферичного опору (ІПО), вегетативний індекс (Кердо) (ВІК), серцевий індекс (СІ), індекс

Abstract.

Although the relationship between body composition, body mass index, blood pressure, physical performance, and aerobic capacity in students is well established, changes in many hemodynamic parameters among those with underweight or overweight remain insufficiently explored. Therefore, the **aim** of our study was to investigate the distinctive characteristics of hemodynamic indicators in male and female students with underweight and overweight, in comparison to their peers with normal body weight (BW).

Materials and Methods. The study participants were 17–18-year-old students enrolled in the Physical Therapy and Rehabilitation program (specialty 227), including individuals with underweight (5 males, 8 females), normal BW (51 males, 27 females), and overweight (10 males, 4 females). Heart rate (HR), systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were measured. The main indices of central hemodynamics were calculated: pulse pressure (PT), mean pressure (MP), stroke volume (SV), stroke index (SI), minute blood volume (MBV), peripheral resistance (PR), autonomic index (AI), cardiac index (CI), blood supply index (BSI), Robinson

кровопостачання (IK), індекс Робінсона (IP), індекс адаптотропності (IAT) та адаптаційний потенціал (АП).

Результати. У студентів із різною МТ виявлено значущі зміни в показниках серцево-судинної системи. У чоловіків із дефіцитом МТ величина ЧСС була вищою на 15% ($p < 0,05$), АТд — нижчим на 8% ($p < 0,05$), а периферичний опір — знижений на 27–34% ($p < 0,05$). У жінок із надмірною МТ показники АТс, УО, ХОК та IAT були достовірно підвищені (на 18–46%, $p < 0,05$), що свідчить про інотропний тип регуляції. У чоловіків із дефіцитом МТ зафіксовано гіперкінетичний тип гемодинаміки: CI вищий на 26% ($p < 0,05$), IK — на 38% ($p < 0,05$), IPO — нижчий на 35% ($p < 0,05$). У жінок із надмірною МТ показник IPO був вищим на 18% ($p < 0,05$), а АП — на 21% ($p < 0,05$), що вказує на зниження адаптаційних можливостей.

Висновки. Виявлено особливості показників гемодинаміки студентів із відхиленнями від нормальної МТ. Дефіцит МТ зумовлює більші зміни гемодинаміки в осіб чоловічої статі, які проявляються в підвищенні ЧСС і серцевого індексу, зниженні артеріального тиску та периферичного опору судин. За надмірної МТ зміни гемодинаміки більш виражені в осіб жіночої статі, вони проявляються в підвищенні систолічного й пульсового тиску, ударного об'єму, ударного індексу, адаптаційного потенціалу та зниженні периферичного опору судин.

Ключові слова: артеріальний тиск, периферичний опір, ударний об'єм крові, індекс Робінсона, вегетативний індекс, адаптаційний потенціал.

index (RI), adaptotropic index (AI), and adaptive potential (AP).

Results. Significant differences in cardiovascular parameters were observed among students with varying body weight (BW). In underweight males, HR was elevated by 15% ($p < 0.05$), DBP was reduced by 8% ($p < 0.05$), and peripheral resistance was lower by 27–34% ($p < 0.05$). In overweight females, SBP, SV, CO, and AI were significantly higher — ranging from 18% to 46% ($p < 0.05$), indicating an inotropic pattern of cardiovascular regulation. Males with underweight exhibited a hyperkinetic hemodynamic profile, with CI increased by 26% ($p < 0.05$), IK by 38% ($p < 0.05$), and PR decreased by 35% ($p < 0.05$). In overweight females, PR was 18% higher ($p < 0.05$), and AP rose by 21% ($p < 0.05$), suggesting reduced cardiovascular adaptability.

Conclusions. Hemodynamic characteristics were identified in students with body weight deviations from the norm. In males with underweight, changes were more pronounced and included increased heart rate and cardiac index, along with reduced blood pressure and peripheral vascular resistance. In females with overweight, hemodynamic changes were more evident, marked by elevated systolic and pulse pressure, stroke volume, stroke index, and adaptive potential, as well as decreased peripheral vascular resistance.

Key words: blood pressure, peripheral resistance, systolic volume, Robinson index, autonomic index, adaptive potential.

Вступ. Сучасні дослідження засвідчують певні негативні тенденції в рівні фізичного розвитку й адаптаційних можливостей студентської молоді [1–3]. Аналіз наукових публікацій останніх років указує на тенденцію до змін компонентного складу тіла, зокрема жирової і чистої маси тіла студентів [4–7], що може призводити до зниження рівня їхньої загальної фізичної підготовленості, погіршення стану серцево-судинної системи [8] та зниження якості життя. Збільшення

вмісту жирової тканини, індексу маси тіла (IMT) й обводу талії за період навчання в університеті це підтверджують [9].

Особливої актуальності виявлені негативні тенденції набувають для студентів спеціальності 227 «Фізична терапія та реабілітація», належний рівень функціональних резервів серцево-судинної системи й фізичної підготовленості відіграє особливо важливу роль у виконанні майбутніх професійних обов'язків [10–14]. Кількома дослідженнями

встановлено, що рівень фізичної підготовленості студентів-фізіотерапевтів дещо нижчий за середній [15], вони мають найвищу масу тіла та найвищий рівень жиру, як порівняти зі студентами інших спеціалізацій [16].

На сьогодні наявні дослідження, що демонструють значну позитивну кореляцію між ІМТ та показниками систолічного і діастолічного артеріального тиску в студентів. Установлено, що студенти з надмірною вагою та ожирінням мають вищий ризик передгіпертензії і гіпертензії, як порівняти з ровесниками з нормальною вагою, і серед чоловіків, і серед жінок [17–21]. Вищий ІМТ також поєднується з підвищеними частотою серцевих скорочень і частотою дихання в стані спокою [17, 18]. У деяких дослідженнях виявлено, що вищі величини ІМТ поєднуються з несприятливим ліпідним профілем, зокрема підвищеним рівнем холестерину, ліпопротеїдів низької щільності, тригліцеридів [20, 22]. Виявлено негативний зв'язок між ІМТ та показниками аеробних можливостей організму й рівнем розвитку витривалості [22, 23].

Отже, станом на сьогодні можна вважати обґрунтованим припущення про тісний взаємозв'язок складу маси тіла, величини ІМТ й окремих показників серцево-судинної системи, фізичної підготовленості та аеробних можливостей студентів. Водночас залишаються мало вивченими зміни багатьох параметрів гемодинаміки, які можуть виникати в студентів із дефіцитом маси тіла. Також практично відсутні роботи, у яких було б комплексно відображено вплив надмірної маси тіла на гемодинаміку

студентів. Тож мета нашого дослідження — вивчити особливості показників гемодинаміки студентів різної статі з дефіцитом та надмірною масою тіла через порівняння з їхніми однокурсниками з нормальною масою тіла.

Матеріали й методи. У дослідженні взяли участь студенти кафедри терапії та реабілітації Львівського державного університету фізичної культури. Усі учасники надали інформовану згоду на участь у дослідженнях. Дослідження відповідали встановленим стандартам Гельсінської декларації, прийнятої 1964 р. та переглянутої 59-ю Генеральною асамблеєю ВМА (Сеул, жовтень 2008).

Дослідження виконували в стані фізіологічного спокою. Вимірювали основні показники серцево-судинної системи (ССС): частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд./хв), артеріальний тиск систолічний (АТс, мм рт. ст.) та діастолічний (АТд, мм рт. ст.). Вимірювання ЧСС виконували пульсоксиметром РМ 100. Артеріальний тиск визначали методом Короткова за допомогою механічного тонометра Microlife BP AG 1–30. За допомогою антропометричних методів і біоімпедансного аналізу (Omron BF-511) визначали такі показники: зріст (металевий штанговий антропометр), вагу тіла, індекс маси тіла (ІМТ). Усіх досліджуваних розподілили за шкалою оцінювання рівня ожиріння Всесвітньої організації охорони здоров'я [24]. Згідно із цією шкалою, маса тіла може бути нормальною (НМТ, $ІМТ = 18,5–24,99 \text{ кг/м}^2$), недостатньою (ДефМТ, $16–18,5 \text{ кг/м}^2$) чи надлишковою (НадМТ, $25–30 \text{ кг/м}^2$). Характеристику дослідних груп подано в табл. 1.

Таблиця 1

Основні показники дослідних груп ($M \pm m$)

Стать	Чоловіча			Жіноча		
Група	дефіцит МТ (ЧДефМТ)	норма МТ (ЧНМТ)	надмірна МТ (ЧНадМТ)	дефіцит МТ (ЖДефМТ)	норма МТ (ЖНМТ)	надмірна МТ (ЖНадМТ)
Кількість учасників	5	51	10	8	27	4
Вік, р	$17,00 \pm 0,01$	$17,33 \pm 0,08$	$17,30 \pm 0,21$	$19,40 \pm 2,16$	$17,17 \pm 0,15$	$17,00 \pm 0,01$
Зріст, см	$187,00 \pm 5,29$	$177,53 \pm 0,88$	$180,50 \pm 4,09$	$163,80 \pm 1,66$	$167,06 \pm 1,01$	$165,25 \pm 2,39$
Маса тіла, кг	$62,13 \pm 5,26$	$68,00 \pm 0,89$	$87,90 \pm 4,03$	$46,86 \pm 1,61$	$60,44 \pm 1,43$	$75,33 \pm 3,16$
ІМТ, кг/м^2	$17,69 \pm 0,53$	$21,62 \pm 0,22$	$27,74 \pm 1,04$	$17,24 \pm 0,27$	$21,59 \pm 0,37$	$27,55 \pm 0,50$

Примітка. МТ — маса тіла.

Показники гемодинаміки визначали розрахунковим методом [25]. До них належали: пульсовий тиск (ПТ, мм рт. ст.), середній тиск (СТ, мм рт. ст.) ударний об'єм крові (УО, мл), ударний індекс (УІ, мл/м²), хвилинний об'єм крові (ХОК, л/хв), периферичний опір (ПО дін/с. см⁻⁵), вегетативний індекс (Кердо) (ВІК, ум. од.), серцевий індекс (СІ, мл/(хв × м²)), індекс Робінсона (ІР, ум. од.), індекс адаптотропності (ІАТ, ум. од.) та адаптаційний потенціал (АП, ум. од.).

Отримані цифрові дані аналізували методами описової статистики з використанням табличного редактора Microsoft Excel 2010 і програми Origin 2018. Нормальність розподілу експериментальних даних оцінювали за критерієм Шапіра — Вілка. Оскільки розподіл не відрізнявся від нормального, для опису й аналізу використовували значення середнього арифметичного (М) та стандартної похибки середньої арифметичної величини (m). Значимість різниці

в показниках оцінювали на основі t-критерію Стюдента, за критичний рівень приймали $p \leq 0,05$.

Результати дослідження. Аналіз показників не виявив відмінностей між групами осіб однієї статі з різною масою тіла (МТ) за показниками віку та зросту (див. табл. 1), окрім групи ЖДефМТ, чий середній зріст був нижчим за зріст осіб ЖНМТ ($p < 0,05$). Проте встановлено, що МТ осіб груп із надмірною масою тіла обох статей була вищою, як порівняти з двома іншими групами ($p < 0,05$). Середні значення ІМТ достовірно відрізнялися між усіма групами.

Оцінюючи ЧСС у стані спокою в групах студентів і студенток із низьким ІМТ (рис. 1), виявили, що в чоловіків цей показник перевищує показники групи ЧНМТ на 15% ($p < 0,05$). Показники ЧСС у групі ЧДефМТ більший, ніж у групі ЧНадМТ (див. рис. 3). Інших достовірних відмінностей цього показника між групами не виявлено.

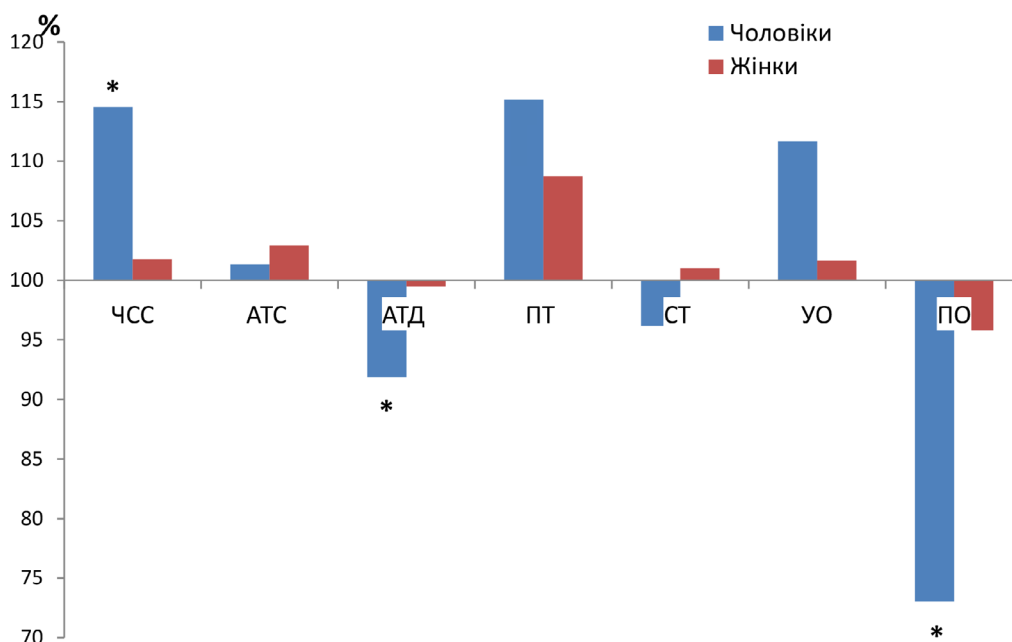


Рис. 1. Відмінності показників центральної гемодинаміки між особами з нормальною МТ та з дефіцитом МТ. За 100 відсотків приймали показники групи з нормальною МТ. Позначення достовірності різниці між групами: * — $p < 0,05$.

Показник АТС вищий у групі ЧНадМТ, як порівняти з групою ЧНМТ. Аналогічна закономірність наявна в групі осіб жіночої статі. Величини АТС осіб із дефіцитом маси тіла достовірно не відрізняються від АТС осіб із нормальною масою тіла (див. рис. 1, 2). АТД в групі ЧДефМТ був на 8% нижчим,

ніж у ЧНМТ ($p < 0,05$), інших достовірних відмінностей цього показника не виявлено. Наявна тенденція до вищих значень ПТ в осіб із відхиленням маси тіла від норми, як порівняти з особами з нормальною масою тіла. Достовірних величин вона досягає лише у групі ЖНадМТ ($p < 0,05$).

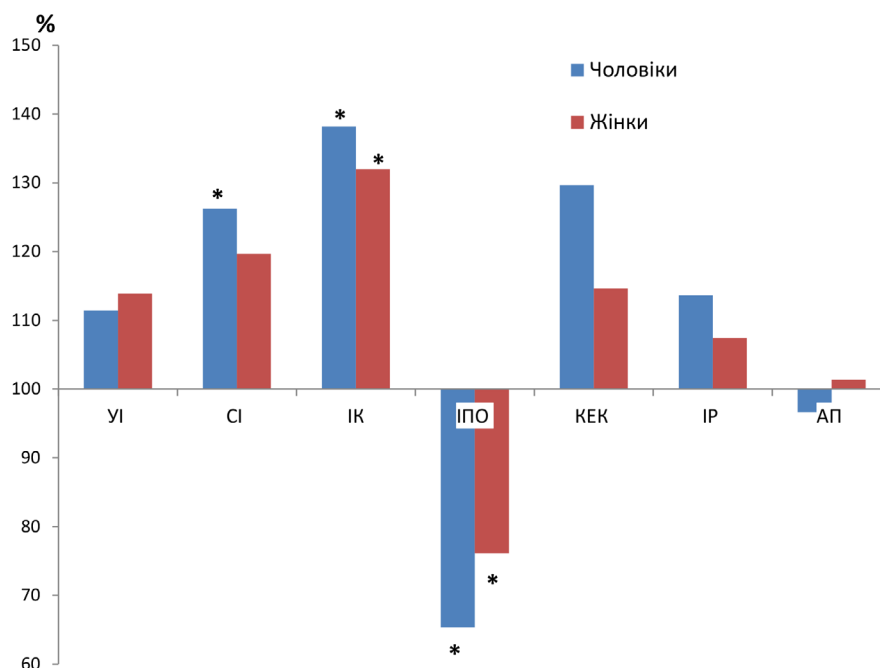


Рис. 2. Відмінності індексів центральної гемодинаміки між особами з нормальною МТ та з дефіцитом МТ. За 100 відсотків приймали показники групи з нормальною МТ. Позначення достовірності різниці між групами: * — $p < 0,05$.

Периферичний опір (ПО) у групі ЧДефМТ виявився достовірно нижчим на 27% ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЧНМТ, та на 34% ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЧНадМТ. У жінок наявна тенденція до зниження ПО в групі ЖНадМТ ($p < 0,1$). УО крові досліджуваних вищий у групі ЧНадМТ ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЧНМТ. У жінок цей показник на 26% вищий у групі ЖНадМТ ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЖНМТ (рис. 3).

Оскільки значення ЧСС та УО в групі ЧДефМТ є вищими, то в цій групі наявна тенденція до вищих (на 26%, $p < 0,10$) значень і ХОК. У групі ЖНадМТ цей показник вищий на 22%, як порівняти з групою ЖНМТ ($p < 0,05$). Це вказує на те, що в студенток із високим ІМТ менш виражені адаптаційні можливості ССС, ніж у досліджуваних із низьким ІМТ.

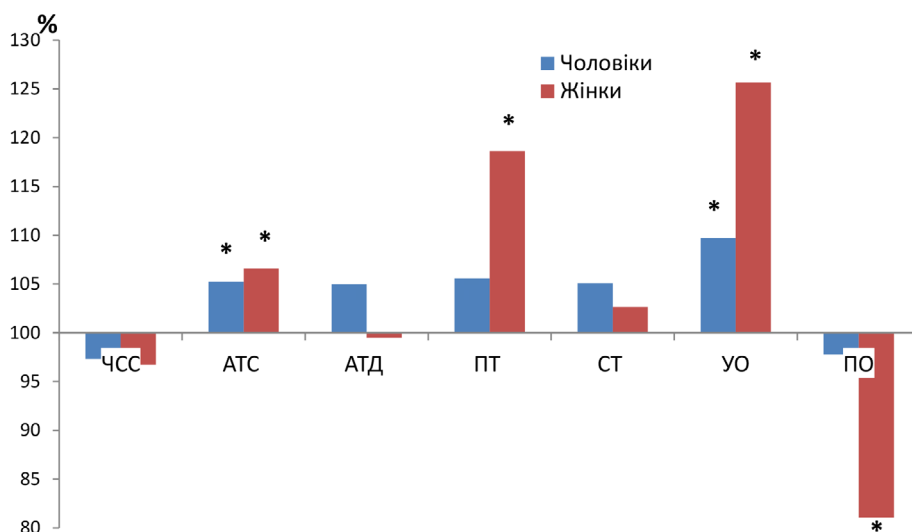


Рис. 3. Відмінності показників центральної гемодинаміки між особами з нормальною МТ та з надмірною МТ. За 100 відсотків приймали показники групи з нормальною МТ. Позначення достовірності різниці між групами: * — $p < 0,05$.

Виявлено тенденцію до вищих значень УІ чоловіків і жінок із низьким ІМТ ($p < 0,10$), як порівняти з групою студентів із нормальним ІМТ (див. рис. 2). У групі ЖНадМТ УІ вищий ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЖНМТ.

Оцінюючи ВІ, виявили, що в групі ЧДефМТ він достовірно вищий (23,61 ум. од., $p < 0,05$), як порівняти з групою ЧНМТ (0,5 ум. од.). Аналогічна тенденція наявна

в групі жінок, проте вона не досягає рівня статистичної значущості. ВІ в групі ЧНадМТ досягав від'ємних значень (-0,21 ум. од.). Існує тенденція до нижчих значень ВІ в осіб із підвищеною масою тіла, як порівняти з особами з нормальною масою тіла, проте значні індивідуальні коливання не дають змоги підтвердити її статистично.

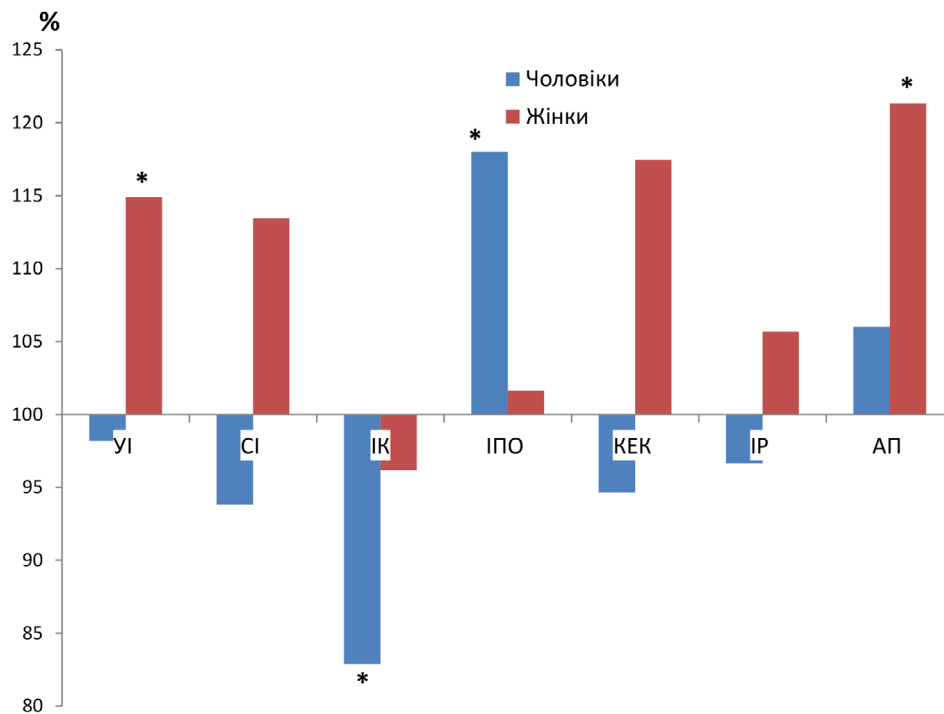


Рис. 4. Відмінності індексів центральної гемодинаміки між особами з нормальною МТ та з надмірною МТ. За 100 відсотків приймали показники групи з нормальною МТ. Позначення достовірності різниці між групами: * — $p < 0,05$

Аналізуючи СІ, можна встановити тип гемодинаміки досліджуваних студентів. Виявили, що в групі ЧДефМТ цей показник вищий на 26%, як порівняти з групою ЧНМТ ($p < 0,05$). Ураховуючи, що в групі ЧДефМТ значення ЧСС, УО й ХОК є вищими, можна стверджувати, що цій групі досліджуваних чоловіків притаманний гіперкінетичний тип гемодинаміки. У жінок є тенденція до зростання СІ і в групі ЖДефМТ, і в групі ЖНадМТ, як порівняти з групою ЖНМТ.

Індекс кровообігу в групі ЧДефМТ був вищим (на 38%, $p < 0,05$), а в осіб ЧНадМТ — зниженим (на 18%, $p < 0,05$), як порівняти із значеннями в осіб ЧНМТ. Вищі значення ІК зафіксовано також у групі ЖДефМТ.

ІПО є нижчим і в групі досліджуваних чоловіків, і в групі жінок із низьким ІМТ відповідно

на 35 та 24%, як порівняти з групою з нормальним ІМТ (див. рис. 2, 4, $p < 0,05$). У групі ЖНадМТ цей показник є вищим на 18%, як порівняти з групою ЖНМТ ($p < 0,05$).

Аналізуючи ІАТ, установили, що цей показник у студентів на 46% ($p < 0,03$) вищий у групі з високим ІМТ, як порівняти з групою з нормальним ІМТ. Отже, у групі досліджуваних із високим ІМТ наявний інотропний тип регуляції ССС. У жінок цей показник також підвищений у групі ЖНадМТ, як порівняти з групою ЖНМТ ($p < 0,004$). Отже, для цієї групи студенток характерний інотропний механізм регуляції ССС.

Оцінюючи КЕК, установили, що в групі ЧДефМТ є тенденція до вищих значень цього показника, як порівняти з групою

ЧНМТ. Достовірних відмінностей у групі студенток немає. Для оцінювання фізичного здоров'я досліджуваних використовували ІР. Виявили, що в групі ЧДефМТ наявна тенденція до вищих значень цього показника, як порівняти з групою ЧНМТ. Не виявлено достовірних відмінностей у значеннях цього показника між різними групами студенток.

Адаптаційний потенціал (АП) дає змогу оцінити адаптаційні можливості й рівень здоров'я досліджуваних студентів і студенток. Виявили, що в групі ЧНадМТ є тенденція до підвищення цього показника на 6%, як порівняти з групою ЧНМТ ($p < 0,10$). У студенток ЖНадМТ він достовірно зростає на 21% ($p < 0,05$), як порівняти з групою ЖНМТ. Водночас треба зазначити, що середні значення цього показника у всіх групах указують на задовільний рівень адаптації студентів.

Обговорення результатів дослідження.

Узагальнюючи отримані результати, варто зазначити, що вони назагал узгоджуються зі спостереженнями й висновками інших авторів. Зокрема, підтверджено підвищений ризик розвитку передгіпертензії і гіпертензії в студентів із надмірною вагою та ожирінням, як порівняти з ровесниками з нормальною вагою [17–21]. Водночас виконаний аналіз значно доповнює і розширює ці відомості. Зокрема, вивчено відмінності показників гемодинаміки в осіб із дефіцитом маси тіла. Отримані дані дають змогу припустити, що дефіцит маси тіла меншою мірою відображається на показниках гемодинаміки студентів, як порівняти з впливом надмірної маси тіла. До того ж більше змін виявлено в осіб чоловічої статі, хоча зміни показників гемодинаміки в осіб різної статі переважно мають однаковий напрямок. Для осіб чоловічої статі характерне підвищення ЧСС і серцевого індексу, зниження АТд й периферичного опору судин. І серед жінок, і серед чоловіків зі зниженою масою тіла виявлено підвищення індексу кровообігу й зниження індексу периферичного опору, проте в чоловіків ці зміни більш виражені. Вірогідним механізмом розвитку таких особливостей гемодинаміки є зміни гуморальних регуляторних механізмів, зокрема підвищений вміст гормонів щитоподібної залози, які можуть викликати поєднання

явищ тахікардії з розширенням кровоносних судин [26].

За надмірної маси тіла зміни гемодинаміки більш виражені в осіб жіночої статі, хоча вони й можуть мати той самий напрямок, що й у чоловіків. Зокрема, підвищення пульсового тиску й зниження периферичного опору судин, як порівняти з особами з нормальною масою тіла, досягає рівня статистичної значущості лише в студенток, хоча аналогічні тенденції виявлено й для студентів-чоловіків. Показники АТс й ударного об'єму в студенток із надмірною вагою більшою мірою перевищують показники групи НМТ, хоча ці зміни значущі також у студентів. У студенток також виявлено високі значення ударного індексу й адаптаційного потенціалу, не характерні для студентів-чоловіків. Водночас у студентів-чоловіків із надмірною вагою дещо нижчий, як порівняти з групою НМТ, показник індексу кровообігу та вищий індекс периферичного опору судин.

Пояснення виявлених особливостей гемодинаміки ґрунтується на даних медичних досліджень. Зокрема, у хворих із надлишковою масою тіла спостерігали збільшення об'єму циркулюючої крові, центрального об'єму та ударного об'єму, що призводить до вищого серцевого викиду в стані спокою, як порівняти з особами з нормальною масою тіла. Такі зміни описано як гіперкінетичний, чи гіпердинамічний, тип гемодинаміки, характерний для частини осіб з ожирінням [27–29]. Зниження периферичного опору за ожиріння може відображати компенсаторну вазодилатацію для забезпечення підвищених метаболічних потреб тканин і розширення капілярного русла в жировій тканині. Поряд із цими змінами інсулін і деякі вазоактивні чинники можуть викликати ендотеліальну вазодилатацію (через систему оксиду азоту), принаймні на початкових стадіях ожиріння [30–32]. За тривалого впливу надлишкової маси тіла розвивається підвищена жорсткість стінок артеріальних судин, що також підсилює зростання систолічного й пульсового тиску [33–34]. Хронічне підвищення об'єму крові й гемодинамічного навантаження сприяє ремоделюванню судин і серця, зокрема збільшенню маси лівого шлуночка

(ексцентрична гіпертрофія), та може призвести до розвитку ізольованої систолічної гіпертензії [35–37].

У спокої поєднання підвищеного систолічного тиску, підвищеного пульсового тиску й зниженого периферичного опору судин в осіб із надмірною масою тіла може вказувати на гіперкінетичний тип кровообігу. Можна припустити, що серцево-судинна система осіб жіночої статі з надмірною масою тіла функціонує в менш економному режимі. Такі особливості кровообігу є компенсаторною реакцією серцево-судинної системи на збільшене навантаження об'ємом крові та метаболічні потреби тканин. З часом така адаптація може перейти в патологічну стадію, що веде до розвитку артеріальної гіпертензії і гіпертрофії серця.

Висновки. Виявлено особливості показників гемодинаміки студентів із відхиленнями від нормальної маси тіла. Дефіцит маси тіла зумовлює більші зміни гемодинаміки в осіб чоловічої статі. Зокрема, лише в чоловіків наявні вищі значення ЧСС і серцевого індексу, нижчі значення АТд та периферичного опору судин. За надмірної маси тіла зміни гемодинаміки більш виражені в осіб жіночої статі, вони проявляються в підвищенні пульсового тиску, АТс, ударного об'єму, ударного індексу, адаптаційного потенціалу й зниженні периферичного опору судин.

Подяки. Дослідження виконано в межах науково-дослідної теми кафедри анатомії та фізіології «Морфологічні та функціональні прояви адаптації організму людини до фізичних навантажень різної інтенсивності».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максимова, К. (2017). Визначення індивідуальних адаптаційних можливостей студенток І-х курсів вищих навчальних закладів м. Харкова різного профілю. *Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт*, (25), 72–76.
2. Оклієвич, Л., Партан, Р. М., Тірон, М., & Данишчук, А. (2022). Оцінка фізичного розвитку студентів Прикарпаття. *Вісник Прикарпатського національного університету*, (38), 19–31.
3. Ждан, В., Бабаніна, М., Весніна, Л., Боряк, Х., & Ткаченко, М. (2021). Оцінка показників серцево-судинної системи і вегетативної нервової системи у молодих осіб з різною масою тіла. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії*, 4(76), 23–27. doi: 10.31718/2077-1096.21.4.23
4. Pan, M., Ying, B., Lai, Y., & Kuan, G. (2022). Status and influencing factors of physical exercise among college students in China: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13465. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013465>
5. Wang, J. (2019). The association between physical fitness and physical activity among Chinese college students. *Journal of American College Health*, 67(6), 602–609. <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1515747>
6. López-Sánchez, G. F., Radzimiński, Ł., Skalska, M., Jastrzębska, J., Smith, L., Wakuluk, D., & Jastrzębski, Z. (2019). Body composition, physical fitness, physical activity and nutrition in Polish and Spanish male students of sports sciences: Differences and correlations. *International Journal of Environmental*

REFERENCES

1. Maksymova, K. (2017). Determining Individual Adaptive Possibilities of First-year Girl Students of Kharkiv Higher Educational Establishments of Different Types. *Youth Scientific Journal Lesya Ukrainka Eastern European National University. Physical Education and Sport*, (25), 72–76.
2. Okliievych, L., Partan, P. M., Tiron, M., & Danyshchuk, A. (2022). Assessment of the physical development of the students of the Carpatia. *Newsletter of Precarpathian University. Physical culture*, (38), 19–31.
3. Zhdan, V., Babanina, M., Vesnina, L., Boriak, K., & Tkachenko, M. (2021). Assessment of cardiovascular system and autonomic nervous system para16meters in young individuals with different body weight. *Actual Problems of the Modern Medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy*, 4(76), 23–27. doi: 10.31718/2077-1096.21.4.23
4. Pan, M., Ying, B., Lai, Y., & Kuan, G. (2022). Status and influencing factors of physical exercise among college students in China: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13465. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013465>
5. Wang, J. (2019). The association between physical fitness and physical activity among Chinese college students. *Journal of American College Health*, 67(6), 602–609. <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1515747>
6. López-Sánchez, G. F., Radzimiński, Ł., Skalska, M., Jastrzębska, J., Smith, L., Wakuluk, D., & Jastrzębski, Z. (2019). Body composition, physical fitness, physical activity and nutrition in Polish and Spanish male students of sports sciences: Differences and

- Research and Public Health*, 16(7), 1148. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071148>
7. Murphy, C., Takahashi, S., Bovaird, J., & Koehler, K. (2021). Relation of aerobic fitness, eating behavior and physical activity to body composition in college-age women: A path analysis. *Journal of American College Health*, 69(1), 30–37. <https://doi.org/10.1080/07448481.2019.1647210>
8. Berhtraum, D. I., Vovkanych, L. S., Svyshch, Y. S., Dukh, T. I., & Dunets-Lesko, A. V. (2024). The impact of moderate physical loads on central hemodynamics of physical therapy students. *World of Medicine and Biology*, 20(88), 15–19. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-2-88-15-19>
9. Kochman, M., Kasperek, W., Guzik, A., & Drużbicki, M. (2022). Body composition and physical fitness: Does this relationship change in 4 years in young adults? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1579. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031579>
10. Гулька, О. В., Грабик, Н. М., & Грубар, І. Я. (2023). Порівняльна характеристика функціонального стану організму студенток першого року навчання із різним типом гемодинаміки. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету*, 82(4), 70–76. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.4.8>
11. Bello, A. I., Bonney, E., & Opoku, B. (2016). Physical fitness of Ghanaian physiotherapists and its correlation with age and exercise engagement: A pilot study. *Archives of Physiotherapy*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40945-016-0016-2>
12. Pawaria, S. (2017). Study on cardio-respiratory fitness of physiotherapy students: A cross-sectional study. *Journal of Physical Fitness, Medicine & Treatment in Sports*, 1(2), 22–24. <https://doi.org/10.19080/jpfmts.2017.01.555558>
13. Mahmmod T., Mahmood W., Maqsood U., Salam A., & Sefat N. (2019). Level of actual physical fitness and its perception among students of physiotherapy in lahore. *Journal of Liaquat University of Medical & Health Sciences*, 18(01), 60–64. <https://doi.org/10.22442/jlumhs.191810602>
14. Saleemi, Y., Riaz, S., Badar, H. M. J., Almas, T., Mustafa, S., & Fatima, M. (2022). Assessment of cardio-respiratory fitness of doctor of physical therapy students: A cross-sectional study. *Pakistan BioMedical Journal*, 5(3), 82–85. <https://doi.org/10.54393/pbmj.v5i3.178>
15. Гончаренко, М. С., & Чикало, Т. М. (2011). Дослідження адаптаційних можливостей та фрактальних характеристик кардіоритму студентів Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна з різними типами кровообігу. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Біологія*, 13(947), 170–175.
16. Ковальчук, В. В. (2018). *Показники кардіоінтервалографії у практично здорових юнаків і дівчат з різними типами гемодинаміки* [Дисертація кандидата медичних наук, 14.03.03]. Вінниця.
17. Song, L., Li, J., Yu, S., Cai, Y., He, H., Lun, J., Zheng, L., & Ye, J. (2023). Body mass index is associated correlations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1148. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071148>
7. Murphy, C., Takahashi, S., Bovaird, J., & Koehler, K. (2021). Relation of aerobic fitness, eating behavior and physical activity to body composition in college-age women: A path analysis. *Journal of American College Health*, 69(1), 30–37. <https://doi.org/10.1080/07448481.2019.1647210>
8. Berhtraum, D. I., Vovkanych, L. S., Svyshch, Y. S., Dukh, T. I., & Dunets-Lesko, A. V. (2024). The impact of moderate physical loads on central hemodynamics of physical therapy students. *World of Medicine and Biology*, 20(88), 15–19. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-2-88-15-19>
9. Kochman, M., Kasperek, W., Guzik, A., & Drużbicki, M. (2022). Body composition and physical fitness: Does this relationship change in 4 years in young adults? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1579. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031579>
10. Hulka, O.V., Hrabyk, N.M., Hrubar, I. Ya. (2022). Comparative characteristics of the functional state of the body of first-year students with different types of hemodynamics. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Series Biology*, 82(4), 70–76. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.4.8>
11. Bello, A. I., Bonney, E., & Opoku, B. (2016). Physical fitness of Ghanaian physiotherapists and its correlation with age and exercise engagement: A pilot study. *Archives of Physiotherapy*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40945-016-0016-2>
12. Pawaria, S. (2017). Study on cardio-respiratory fitness of physiotherapy students: A cross-sectional study. *Journal of Physical Fitness, Medicine & Treatment in Sports*, 1(2), 22–24. <https://doi.org/10.19080/jpfmts.2017.01.555558>
13. Mahmmod T., Mahmood W., Maqsood U., Salam A., & Sefat N. (2019). Level of actual physical fitness and its perception among students of physiotherapy in lahore. *Journal of Liaquat University of Medical & Health Sciences*, 18(01), 60–64. <https://doi.org/10.22442/jlumhs.191810602>
14. Saleemi, Y., Riaz, S., Badar, H. M. J., Almas, T., Mustafa, S., & Fatima, M. (2022). Assessment of cardio-respiratory fitness of doctor of physical therapy students: A cross-sectional study. *Pakistan BioMedical Journal*, 5(3), 82–85. <https://doi.org/10.54393/pbmj.v5i3.178>
15. Honcharenko, M. S., & Chykalo, T. M. (2011). A study of the adaptive capabilities and fractal characteristics of the cardiac rhythm in students of V. N. Karazin Kharkiv National University with different types of blood circulation. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Biology*, 13(947), 170–175.
16. Kovalchuk, V. V. (2018). *Indicators of cardio-intervalography in practically healthy young men and women with different types of hemodynamics* (Candidate of Medical Sciences dissertation, specialty 14.03.03). Vinnytsia.

- with blood pressure and vital capacity in medical students. *Lipids in Health and Disease*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12944-023-01920-1>
18. Mawgod, M., Mohammad, H., Abdulsattar, Z., Abdulrehman, A., Almaradhi, F., Alenzi, Y., Alanazi, A., & Alanazi, A. (2024). The association between BMI and cardiorespiratory functions among medical students at Northern Border University. *Cureus*, 16. <https://doi.org/10.7759/cureus.63191>
19. El-Ashker, S., Pednekar, M., Narake, S., Albaker, W., & Al-Hariri, M. (2021). Blood pressure and cardio-metabolic risk profile in young Saudi males in a university setting. *Medicina*, 57. <https://doi.org/10.3390/medicina57080755>
20. Puja, S., Satyapriya, R., Susmita, B., Sonali, D., & Shilpi, S. (2025). Comparison of body fat percentage and BMI in pre-hypertensive and hypertensive female college students of West Tripura. *Journal of Advanced Pediatrics and Child Health*. <https://doi.org/10.29328/journal.japch.1001070>
21. Santos, A., Gil, Â., Ferreira, J., Filipe, P., & Bicho, M. (2022). Major impact prediction cardiovascular risk in young adults. *Journal of Hypertension*, 40, e82–e83. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000836012.90277.18>
22. Suhaimi, M., Musa, R., Suhaimi, M., Abdullah, M., & Maliki, A. (2021). The effect of body mass index on health-related parameters in university students. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. <https://doi.org/10.52711/0974-360x.2021.00569>
23. Singh, H., Esht, V., Shaphe, M., Rathore, N., Chahal, A., & Kashoo, F. (2023). Relationship between body mass index and cardiorespiratory fitness to interpret health risks among sedentary university students from Northern India: A correlation study. *Clinical Epidemiology and Global Health*. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101254>
24. World Health Organization. (2018). European health information at your fingertips. *European Health Information Gateway*. Available from: https://gateway.euro.who.int/en/indicators/mn_survey_19-cut-off-for-bmi-according-to-who-standards/#id=32083
25. Бергтраум, Д. І., Вовканич, Л. С., Строкун, М., & Когут, Ю. (2023). Показники центральної гемодинаміки нетренованих студентів та студентів-бігунів на середні дистанції. *Науковий дискурс у фізичному вихованні і спорті*, (2), 2–10.
26. Зінич, О. В. (2023). Неохоплені механізми кардіопротекції при тиреоїдній дисфункції. *Український медичний часопис*, (1), 1–8. <https://umj.com.ua/uk/publikatsia-238793-neohopleni-mehanizmi-kardioprotektsiyi-pri-tireoyidnij-disfunktsiyi>
27. Poirier, P., Giles, T. D., Bray, G. A., Hong, Y., Stern, J. S., Pi-Sunyer, F. X., & Eckel, R. H. (2006). Obesity and cardiovascular disease: Pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss. *Circulation*, 113(6), 898–918. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.171016>
28. Shen, Q., Hiebert, J. B., Rahman, F. K., Krueger, K. J., Gupta, B., & Pierce, J. D. (2021). Understanding obesity-related high output heart failure and its implications. *International Journal of Heart*
17. Song, L., Li, J., Yu, S., Cai, Y., He, H., Lun, J., Zheng, L., & Ye, J. (2023). Body mass index is associated with blood pressure and vital capacity in medical students. *Lipids in Health and Disease*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12944-023-01920-1>
18. Mawgod, M., Mohammad, H., Abdulsattar, Z., Abdulrehman, A., Almaradhi, F., Alenzi, Y., Alanazi, A., & Alanazi, A. (2024). The association between BMI and cardiorespiratory functions among medical students at Northern Border University. *Cureus*, 16. <https://doi.org/10.7759/cureus.63191>
19. El-Ashker, S., Pednekar, M., Narake, S., Albaker, W., & Al-Hariri, M. (2021). Blood pressure and cardio-metabolic risk profile in young Saudi males in a university setting. *Medicina*, 57. <https://doi.org/10.3390/medicina57080755>
20. Puja, S., Satyapriya, R., Susmita, B., Sonali, D., & Shilpi, S. (2025). Comparison of body fat percentage and BMI in pre-hypertensive and hypertensive female college students of West Tripura. *Journal of Advanced Pediatrics and Child Health*. <https://doi.org/10.29328/journal.japch.1001070>
21. Santos, A., Gil, Â., Ferreira, J., Filipe, P., & Bicho, M. (2022). Major impact prediction cardiovascular risk in young adults. *Journal of Hypertension*, 40, e82–e83. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000836012.90277.18>
22. Suhaimi, M., Musa, R., Suhaimi, M., Abdullah, M., & Maliki, A. (2021). The effect of body mass index on health-related parameters in university students. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. <https://doi.org/10.52711/0974-360x.2021.00569>
23. Singh, H., Esht, V., Shaphe, M., Rathore, N., Chahal, A., & Kashoo, F. (2023). Relationship between body mass index and cardiorespiratory fitness to interpret health risks among sedentary university students from Northern India: A correlation study. *Clinical Epidemiology and Global Health*. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101254>
24. World Health Organization. (2018). European health information at your fingertips. *European Health Information Gateway*. Available from: https://gateway.euro.who.int/en/indicators/mn_survey_19-cut-off-for-bmi-according-to-who-standards/#id=32083
25. Berhtraum, D., Vovkanych, L., Strokun, M., Kohut, Y. (2023). Indices of central hemodynamics of the untrained students and students trained in middle-distance run. *Scientific discourse in physical education and sports*. (2), 2–10.
26. Zynych, O. V. (2023). Uncovered mechanisms of cardioprotection in thyroid dysfunction. *Ukrainian Medical Journal*, (1), 1–8. <https://umj.com.ua/uk/publikatsia-238793-neohopleni-mehanizmi-kardioprotektsiyi-pri-tireoyidnij-disfunktsiyi>
27. Poirier, P., Giles, T. D., Bray, G. A., Hong, Y., Stern, J. S., Pi-Sunyer, F. X., & Eckel, R. H. (2006). Obesity and cardiovascular disease: Pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss. *Circulation*, 113(6), 898–918. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.171016>
28. Shen, Q., Hiebert, J. B., Rahman, F. K., Krueger, K. J., Gupta, B., & Pierce, J. D. (2021). Understanding obesity-related high output heart failure and

- Failure*, 3(3), 160–171. <https://doi.org/10.36628/ijhf.2020.0047>
29. Vasan, R. S. (2003). Cardiac function and obesity. *Heart (British Cardiac Society)*, 89(10), 1127–1129. <https://doi.org/10.1136/heart.89.10.1127>
 30. Shariq, O. A., & McKenzie, T. J. (2020). Obesity-related hypertension: A review of pathophysiology, management, and the role of metabolic surgery. *Gland Surgery*, 9(1), 80–93. <https://doi.org/10.21037/gs.2019.12.03>
 31. Randriamboavonjy, V., Schrader, J., Busse, R., & Fleming, I. (2004). Insulin induces the release of vasodilator compounds from platelets by a nitric oxide-G kinase-VAMP-3-dependent pathway. *The Journal of Experimental Medicine*, 199(3), 347–356. <https://doi.org/10.1084/jem.20030694>
 32. Koenen, M., Hill, M. A., Cohen, P., & Sowers, J. R. (2021). Obesity, adipose tissue and vascular dysfunction. *Circulation Research*, 128(7), 951–968. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318093>
 33. AlGhatrif, M., & Lakatta, E. G. (2015). The conundrum of arterial stiffness, elevated blood pressure, and aging. *Current Hypertension Reports*, 17(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-014-0523-z>
 34. Liu, Y., Yan, Y., Yang, X., Li, S., Bazzano, L., He, J., & Chen, W. (2019). Long-term burden of higher body mass index and adult arterial stiffness are linked predominantly through elevated blood pressure. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 73(1), 229–234. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.12106>
 35. Aurigemma, G. P., & de Simone, G. (2013). Cardiac remodeling in obesity. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 6(1), 140–150. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.111.964627>
 36. Abel, E. D., Litwin, S. E., & Sweeney, G. (2008). Cardiac remodeling in obesity. *Physiological Reviews*, 88(2), 389–419. <https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2007>
 37. Cai, A., et al. (2024). Obesity and risk of incident left ventricular hypertrophy in community-dwelling populations. *Journal of the American Heart Association*, 13, e033521. <https://doi.org/10.1161/JAHA.123.033521>
 - its implications. *International Journal of Heart Failure*, 3(3), 160–171. <https://doi.org/10.36628/ijhf.2020.0047>
 29. Vasan, R. S. (2003). Cardiac function and obesity. *Heart (British Cardiac Society)*, 89(10), 1127–1129. <https://doi.org/10.1136/heart.89.10.1127>
 30. Shariq, O. A., & McKenzie, T. J. (2020). Obesity-related hypertension: A review of pathophysiology, management, and the role of metabolic surgery. *Gland Surgery*, 9(1), 80–93. <https://doi.org/10.21037/gs.2019.12.03>
 31. Randriamboavonjy, V., Schrader, J., Busse, R., & Fleming, I. (2004). Insulin induces the release of vasodilator compounds from platelets by a nitric oxide-G kinase-VAMP-3-dependent pathway. *The Journal of Experimental Medicine*, 199(3), 347–356. <https://doi.org/10.1084/jem.20030694>
 32. Koenen, M., Hill, M. A., Cohen, P., & Sowers, J. R. (2021). Obesity, adipose tissue and vascular dysfunction. *Circulation Research*, 128(7), 951–968. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318093>
 33. AlGhatrif, M., & Lakatta, E. G. (2015). The conundrum of arterial stiffness, elevated blood pressure, and aging. *Current Hypertension Reports*, 17(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-014-0523-z>
 34. Liu, Y., Yan, Y., Yang, X., Li, S., Bazzano, L., He, J., & Chen, W. (2019). Long-term burden of higher body mass index and adult arterial stiffness are linked predominantly through elevated blood pressure. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 73(1), 229–234. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.12106>
 35. Aurigemma, G. P., & de Simone, G. (2013). Cardiac remodeling in obesity. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 6(1), 140–150. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.111.964627>
 36. Abel, E. D., Litwin, S. E., & Sweeney, G. (2008). Cardiac remodeling in obesity. *Physiological Reviews*, 88(2), 389–419. <https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2007>
 37. Cai, A., et al. (2024). Obesity and risk of incident left ventricular hypertrophy in community-dwelling populations. *Journal of the American Heart Association*, 13, e033521. <https://doi.org/10.1161/JAHA.123.033521>

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2025
Прийнята до друку 11.12.2025
Підписана до друку 26.12.2025

Дзвенислава БЕРГТРАУМ
<https://orcid.org/0000-0003-2024-1744>
e-mail: anatom@ldufk.edu.ua

Любомир ВОВКАНИЧ
<https://orcid.org/0000-0002-6642-6368>
e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Ярослав СВИЩ
<https://orcid.org/0000-0002-1573-8599>
e-mail: la@ldufk.edu.ua

Антоніна ДУНЕЦЬ-ЛЕСЬКО
<https://orcid.org/0000-0002-0512-7989>
e-mail: la@ldufk.edu.ua

Станіслав КРАСЬ
<https://orcid.org/0000-0002-9065-8476>
e-mail: marykras@ukr.net