

УДК: 612.13

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2026-1-111-126

Лілія Іванівна Юхименко

Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

liyukhimenko@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4455-6233>**Володимир Вікторович Козак**

Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

kozakvolodymyr1984@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-1450-4284>

МОРФО-МЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОЖНИСТИХ ВЕН ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ГЕМОДИНАМІКИ В РІЗНИХ ФАЗАХ ДИХАЛЬНОГО ЦИКЛУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ТИПУ КОНСТИТУЦІЇ ЛЮДИНИ

Анотація. Вивчали морфо-метричні показники порожнистих вен та особливості їх гемодинаміки у різних фазах дихального циклу залежно від рівня фізичної активності та типу конституції методом ультразвукової доплерографії (УЗД). Проведення УЗД порожнистих вен дозволило візуалізувати структуру найбільших венозних магістралей організму людини, кількісно визначити їх розміри, оцінити їх гемодинаміку. На тепер наукові відомості про конституціональні особливості довжини, ширини (діаметру) та гемодинаміки верхньої (ВПВ) і нижньої (НПВ) порожнистих вен, отримані за допомогою УЗД є малочисельними. Виходили з того, що рівень фізичної активності впливає на адаптацію організму, і зокрема на венозну систему. Разом із тим, аспект по вивченню характеристик будови та функції порожнистих вен людей з різним типом конституції, що ведуть не однаковий за рухливістю спосіб життя є виченим недостатньо.

Метою роботи було з'ясування особливостей морфо-метричних та функціональних показників порожнистих вен людей з різними конституціями тіла та фізичною активністю методом УЗД. Для цього апаратом ультразвукової доплерографії Siemens Juniper Acuson (USA) визначали поздовжні та діаметральні параметри ВПВ і НПВ, а також виявляли їх конституціональні особливості у 42-х чоловіків-волонтерів віком від 19 до 27 років, вагою від 57 до 90 кг, зростом від 157 до 193 см, околom грудної клітки від 86 до 115 см та індексом маси тіла від 18,5 до 26,4 кг/м² які вели різний за рівнем фізичної активності спосіб життя. У всіх обстежуваних були відсутні захворювання серцево-судинної системи та супутні хвороби, вони характеризувались нормальним фізичним розвитком. Отримані фактичні дані обробляли методом варіаційної статистики пакетом програм Microsoft Excel 2019.

Найбільші поздовжні параметри порожнистих вен встановлено у чоловіків астенічної конституції тіла, а у представників гіперстенічної переважаючими виявились діаметральні розміри ($p \leq 0,05$). Більшість чоловіків з нормостенічною конституцією характеризувалась середніми кількісними значеннями довжини і діаметру ВПВ і НПВ. Аналіз кривих РВ-доплерографії виявив залежність фазності кровотоку від дихального циклу в обох венах: зростання швидкості на вдиху і сповільнення на видиху, з переважанням рівня пульсації у ВПВ. Водночас, встановлено, що незалежно від конституції тіла людини, діаметральні параметри порожнистих вен були достовірно більшими у чоловіків, які вели активний спосіб життя. Вищий рівень фізичної активності (РФА) позитивно корелював з високими амплітудами систолічної та реверсної хвиль, великою площиною тіла, а також більшими розмірами діаметру НПВ незалежно від фази дихального циклу ($p < 0,05$). У обстежуваних з низьким РФА виявлено більший індекс маси тіла, найменші діаметри магістральних венозних судин, які мали помітну схильність до спадання під час фази вдиху ($p < 0,05$). Отримані результати можуть бути корисними у фізіології, медицині та спорті для проведення професійної орієнтації та відбору, розробки індивідуальних тренувальних програм, здоров'язберігаючих траєкторій, процедур моніторингу стану здоров'я.

Ключові слова: верхня і нижня порожнисті вени, морфометрія, гемодинаміка, ультразвукове дослідження, доплерографія, конституція тіла, фізична активність, дихання.

Постановка питання. Вивчення конституціональних особливостей людини з різним рівнем фізичної активності та їх зв'язку з морфологією порожнистих вен є актуальним напрямом фізіології, спортивної медицини та кардіології. Визнано, що розташування кровоносних судин, їх розгалуженість, діаметр і товщина стінок є важливими морфологічними особливостями, від яких залежить гомеостаз та стан здоров'я людини в цілому. Анатомічні характеристики кровоносної системи впливають на швидкість протікання гемодинамічних процесів, рух метаболітів, транспортування дихальних газів і поживних речовин до органів і тканин [10]. У випадку вузькості судини чи її надмірного аномального вигину створюється небезпека гемодинаміці, яка загрожує різномірними метаболічними порушеннями аж до утворення незворотних ушкоджень різних структур організму. Іншою проблемою, що виникає при порушенні розподілу та доставки крові, може бути ризик утворення тромбів, який пов'язаний з деякими особливостями будови вен. Тонка стінка судини або її патологічне звуження стають причинами підвищення тиску у ній, що збільшує навантаження на серце [15]. Слабкість венозної стінки внаслідок низької еластичності сприяє утворенню розширень діаметру судини, наслідки яких можуть проявлятися запамороченнями, шумом у вухах, провокувати швидку втому, хронічний головний біль, викликати застої крові та набряки. Більше того, аномалії у роботі порожнистих вен здатні спричинювати серйозні розлади у функціонуванні всього організму, оскільки призводять до гемостазу та пов'язані з прямою загрозою для життя.

Верхня (ВПВ) та нижня (НПВ) порожнисті вени є найбільшими венозними магістралями організму людини, призначення яких полягає у поверненні деоксигенованої крові до серця від органів і тканин [11]. При здавлюванні ВПВ, що служить колектором для крові, яка надходить від голови, верхніх кінцівок і стінок грудної клітки та частково черевної порожнини, розвивається синдром цієї вени [25, 27]. Він характеризується набряком обличчя, шиї, задухою, розширенням грудних вен, ускладненням мозкового відтоку [28]. Під час порушень кровотоку у НПВ, що відповідає за повернення крові з нижніх кінцівок та органів черевної і тазової порожнин, відбуваються значні накопичення рідин у цих відділах. Стиснення судини здатне викликати різке зниження тиску та слабкість серцевої діяльності внаслідок дефіциту притоку крові до серця [23].

Отже, нормальна анатомія кровоносних судин, і зокрема порожнистих вен, детермінує гемодинаміку, слугує потенціалом здоров'я людини, а вивчення індивідуальних морфологічних варіантів магістральних венозних судин є важливим як для розуміння особливостей протікання фізіологічних процесів в них, так і пошуку надійних діагностичних критеріїв розвитку низки патологічних станів та захворювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З'ясування етіології та патогенезу захворювань, пов'язаних з морфо-функціональними особливостями венозної системи людини відносять до складних актуальних проблем сучасної фізіології та медицини [21]. Необхідність її вирішення обумовлене стабільним зростанням чисельності хворих, збільшенням частоти виявлення нових випадків та високим ризиком розвитку інвалідності внаслідок захворювань венозних судин [26]. На тепер біля 20% населення планети мали (або мають) порушення здоров'я, спричинені венозною симптоматикою. Вчені занепокоєні великою часткою людей, які повідомляли про проблеми з венами, особливо нижніх кінцівок, що змусило їх звертатися за медичною допомогою. Серед важких наслідків захворювань вен: трофічні виразки, набряки, серцева недостатність, які запускають патологічний ланцюг, що призводить до неможливості нормального ведення життя та діяльності, загрожує розвитком патологічних станів або смерті внаслідок тромбозу чи тромбоемболії. Більшість робіт даної проблематики присвячено вивченню фізіології венозного повернення крові до серця [20, 22]. Згідно результатів досліджень, венозна система знаходиться під постійним впливом земного гравітаційного поля:

при вертикальному положенні тіла напрямок сили тяжіння розташовується проти течії крові, що вимагає вмикання центральних (взаємодія серця, легенів, діафрагми) і периферичних регуляторних механізмів (венозні судини, навколишні тканини, м'язово-венозна помпа). У горизонтальному положенні позитивний тиск крові у венозній системі (аж до венозних капілярних сіток), який забезпечує венозне повернення в умовах спокою, залежить від вигнання крові з лівого шлуночка та у нормі досягає 12-15 мм рт.ст. [11]. Не менш важливого значення автори надають дослідженню «засмокуючої» сили серцевих скорочень. Саме вона спрямовує потік крові з порожнистих вен до правого передсердя (разом з дихальними рухами діафрагми та змінами об'ємів легенів шляхом зменшення внутрішньо-грудного тиску в умовах видиху). Ці процеси відбуваються після систоли шлуночків на фоні суттєвого зниження тиску [14]. Дослідники відмічають велике значення діяльності м'язово-венозної помпи, що забезпечує відповідне до умов існування венозне повернення крові до серця [3]. Цей механізм передбачає активну участь м'язів, фасцій в узгодженні роботи глибоких і поверхневих вен. Компресія, яка створюється під час скорочення м'язів, підвищує тиск, головним чином, у глибоких венах та «проштовхує» кров до серця. Робота такого м'язового насоса може збільшувати тиск до 280-300 мм. рт.ст. Водночас, розслаблення викликає його зниження, що супроводжується рухом крові (через перфорантні вени) до глибоких венозних судин [24]. Науковці наголошують на важливості дослідження розмірів порожнистих вен (особливо НПВ), що є критично важливим у медицині, оскільки ці вени є «дзеркалом» волемічного стану організму за кількістю рідини, що міститься в судинах. Саме оцінка розмірів діаметру НПВ та їх змін під час інспірації повітря дозволяє виявити надлишок рідини в організмі або її нестачу та прийняти рішення щодо застосування інфузійної терапії (призначення крапельниць) [16]. Велике діагностичне значення у визначенні серцевої недостатності відіграє і врахування розмірів діаметру НПВ. Його збільшення (яке може бути стабільним під час акту вдиху) у багатьох випадках може вказувати на розгортання застійних явищ, існування надмірного тиску у правому передсерді [15]. Крім того, морфометрія порожнистих вен дозволяє швидко виявити причини гіповолемічного чи кардіогенного шоку, як критичних станів у функціонуванні серцево-судинної системи [3], ризики розвитку ускладнень при порушеннях роботи нирок, серця, які виникають внаслідок існування атипії будови чи функції венозних судин [9], встановити місця їх звуження, існування тромбів у кров'яному руслі, що заважають нормальному кровотоку [20].

Як відомо, кожна людина характеризується певною конституцією (соматотипом), який здебільшого є генетично обумовленим. Конституція тіла впливає на обмін речовин, пропорції тіла, відображається в тій чи іншій схильності до накопичення жирової тканини, функціонуванні опорно-рухового апарату тощо. Як показник, що характеризується певною сталістю, конституція причетна до формування основи фізичної структури, яка може (за більшістю класифікацій) проявлятися астеничним (худорлявий соматотип, екоморфія), нормостенічним (атлетична, нормальний соматотип, мезоморфія) чи гіперстенічним (пікнічний тип, тучний соматотип, ендоморфія) типами [1]. На сьогодні індивідуальні морфометричні показники порожнистих вен для визначення волемічного статусу людини та оцінки тиску в її правому передсерді є ключовими, особливо ті, що визначені методом УЗД, який дозволяє точно візуалізувати практично все венозне русло від вен стопи до НПВ та вен голови і шиї до ВПВ. Завдяки ефекту Доплера, що лежить в основі УЗД, чітко виявляється динаміка частоти звукового сигналу, який відбивається від формених елементів крові. Під час оцінки роботи вен великого діаметру особливо цінним є дослідження спонтанної (антеградної) гемодинаміки, що дає можливість оцінити зв'язок руху крові з дихальними рухами грудної клітки під час вдиху і видиху у реальному часі [8]. Такі результати відіграють провідну роль у діагностуванні причин, що провокують хронічну венозну нестачу, оклюзії вен, оцінити як стан стінок венозної судини, так і діяльність серцево-судинної системи в цілому. Автори підкреслюють, що дослідження як функціональних, так і морфологічних характеристик системи кровообігу, проведені на основі конституціонального типологічного підходу може

допомогти отримати важливі результати, які будуть корисними в області вікової фізіології, спортивної фізіології, медицини, екології тощо. Практичний аспект таких результатів здатний сприяти створенню інновацій у сфері навчання, тренування, лікування та профілактики серцево-судинних захворювань, що можуть бути пов'язаними з певними конституціональними особливостями людини [4, 5, 6]. Автори повідомляють, що тип конституції людини є своєрідним пристосувальним варіантом існування до умов середовища з унікальною комбінацією морфологічних та функціональних особливостей, що націлена на забезпечення сталості внутрішнього середовища [2]. Підкреслюється, що пристосувальні можливості людини до різних факторів та чинників великою мірою залежать від серцево-судинної системи [11]. Не виключено, що врахування конституціонального типу, з притаманними йому відповідних адаптаційних стратегій виживання (вироблений тип кровообігу, механізми регуляції роботи серця, ваго-ростові показники, розміри площі тіла чи індексу маси), можуть стати важливими прогностичними критеріями вибору раціональної тактики діагностики, лікування, реабілітації чи профілактики хвороб.

Відомо, що діаметри як ВПВ, так і НПВ демонструють сильну кореляцію з площею поверхні тіла [22]. В дослідженнях інших авторів для пацієнтів з великою та малою площею тіла навіть пропонується використовувати різні порогові значення діаметра порожнистих вен чи визначати діаметр НПВ шляхом розрахування індексу маси тіла (ІМТ) [12, 13]. Разом із тим, такі дослідження є розрізненими, присвяченими окремим аспектам вивчення будови магістральних судин і не створюють загальної картини у розумінні зв'язку між конституцією тіла, морфологією порожнистих вен та рівнем фізичної активності людини. На тепер практично відсутня порівняльна характеристика будови порожнистих вен у людей, які ведуть не однаковий за фізичною активністю спосіб життя та відносяться до різних типів конституції тіла. У науковій літературі є обмаль відомостей стосовно того, наскільки морфометричні розміри порожнистих вен відповідають певному соматичному типу (конституції). Вивчення таких особливостей дозволить поліпшити прогнозування перебігу процесів, спростить виявлення межі реактивності організму, сприятиме плануванню тактик тренування, лікування чи реабілітації, що і актуалізувало наш пошук.

Метою даної роботи було з'ясувати конституціональні особливості порожнистих вен людей, що ведуть різний за фізичною активністю спосіб життя методом ультразвукової доплерографії. Основні завдання полягали у:

- ✓ визначенні поздовжніх та діаметральних розмірів ВПВ і НПВ;
- ✓ виіченні конституціональних особливостей досліджуваних морфо-метричних та функціональних показників порожнистих вен (у гравітаційному положенні лежачи на спині);
- ✓ виявленні відмінностей між показниками ВПВ і НПВ людей з різним типом конституції та рівнем фізичної активності;
- ✓ встановленні зв'язків між фізичною активністю та морфо-метричними і гемодинамічними показниками порожнистих вен.

Організація та методи дослідження. Дослідження проводились у Комунальному некомерційному підприємстві «Черкаський обласний кардіологічний центр Черкаської обласної ради». Обстежували 42-ох практично здорових чоловіків-волонтерів віком 19-27 років, які здійснювали моніторинг стану здоров'я та не мали випадків серцевих захворювань, вели різний за фізичною активністю спосіб життя.

У відповідності до поставленої мети та завдань вивчали морфометричні особливості будови ВПВ і НПВ методом УЗД-доплерографії апаратом професійного класу Siemens Juniper Acuson (USA) із секторальними датчиками. Для вимірювання діаметру ВПВ (dВПВ, крізь супрастернальне вікно) та НПВ (dНПВ, у субксіфоїдальному вікні під мечоподібним відростком в сагітальній площині, дещо праворуч від середньої лінії живота, де вена найменше піддається деформації від тиску датчика) проводили їх візуалізацію на 1-2 см проксимальніше від місця впадіння кожної з вен у праве передсердя в положенні

обстежуваних лежачи на спині. Датчик тримали чітко паралельно осі судини для уникнення заниження реальних діаметрів. Для вимірювання поздовжнього розміру ВПВ (ІВПВ) використовували супрастернальне вікно (із встановленням датчика у правій надключичній ямці зі спрямуванням променя вниз у середостіння для візуалізації місця злиття плечоголовних вен) та парастернальне вікно (зі встановленням датчика справа у 1-2 міжребер'ї для візуалізації середньої та дистальної частин вени до її впадіння у праве передсердя) наприкінці спокійного видиху. Поздовжній розмір НПВ (ІНПВ) оцінювали від місця впадіння у праве передсердя до біфуркації клубових вен за трьома сегментами: ретропечінковому, підпечінковому та інфраренальному (нижче ниркових вен). Застосовували трансоракальний фазований (секторальний) датчик (2,5–5 МГц), що був націлений на глибину 10-15 см, мав низький фільтр стінки та фокус на рівні місця вимірювання. Фіксували результати сканування з оцінкою морфо-метричних значень просвіту вен та товщини їх стінки. Записи виконували як під час спокійного дихання (фази вдиху і видиху), так і 10-секундних епізодів. Визначали максимальні діаметри ВПВ і НПВ наприкінці спокійного видиху (D_{max}) та мінімальні діаметри на піку глибокого вдиху (D_{min}). Для оцінки центрального венозного тиску (ЦВТ) визначали ідекс колабування (ІК) на основі вимірних показників діаметрів НПВ у фазах вдиху та видиху [18]:

$$ІК = ((D_{max} - D_{min}) / D_{max}) * 100\%.$$

Аналізували криві РW-доплерографії для визначення фазності потоків крові у ВПВ і НПВ: S (систолічну), D (діастолічну), A (реверсивну), V (перехідну).

Довжину тіла (L, см) вимірювали антропометром Мартіна у положенні стоячи, коли голова обстежуваного відповідала франкфуртській горизонталі. Маса тіла (M, кг) визначали медичними вагами з точністю до 100 грам. Окіл грудної клітки (ОГК, см) визначали сантиметровою стрічкою (розташовували ззаду під нижніми кутами лопаток, спереду по нижньому краю сосків). Визначали площу поверхні тіла (ППТ) [7]:

$$ППТ (м^2) = 0,000975482 * \text{зріст(см)}^{1,08} * \text{вага (кг)}^{0,46}.$$

Індекс маси тіла розраховували за формулою: $ІМТ = M / H^2$, де ІМТ – індекс маси тіла, M – маса тіла у кг, H^2 – квадрат росту тіла у м. У відповідності до рекомендацій ВООЗ вважали, що ІМТ <18,5 вказував на дефіцит маси, 18,6-24,9 – нормальну масу, 25,0-29,9 – надлишкову вагу, ≥ 30 – ожиріння (≥ 30) [19].

Тип конституції тіла обстежуваних встановлювали за величиною індексу Піньє (ІП), [1]: $ІП = L - (P + T)$, де L – довжина тіла (см), P – маса тіла (кг), T – окіл грудної клітки на видиху (см). Приймали, що $ІП > 30$ відповідав астеничному типу конституції (худорлявий соматотип, з переважанням поздовжніх розмірів тіла, стрункою, грацильною будовою). ІП у межах 10-30 вказував на нормостенічний тип конституції (атлетична будова тіла, норма, що характеризується пропорційністю, розвинутою м'язовою системою). $ІП < 10$ свідчив про гіперстенічний тип конституції (пікнічний соматотип, тучне тіло з переважанням поперечних антропометричних показників).

Вивчення рухливості способу життя проводили за допомогою анкетування ІРАQ (Long Form), оцінка враховувала щотижневу фізичну активність у 4-х сферах життя (на роботі, вдома, під час пересування та на дозвіллі) [17]. Для оцінки рівня фізичної активності (РФА) розраховували одиницю метаболічного еквіваленту (МЕТ хв./тиждень) за формулою: $МЕТ = (\text{коефіцієнт}) * (\text{хв на день}) * (\text{хв. на тиждень})$, де коефіцієнт для ходьби = 3,3 МЕТ, помірні навантаження = 4,0 МЕТ, інтенсивні навантаження = 8,0 МЕТ. Згідно методики: низька РФА - коли сумарне значення МЕТ менше ніж 600, середня – коли вона відповідала 600-3000 МЕТ, а висока – у випадку більше ніж 3000 МЕТ.

Всі дослідження проводили після отримання особистої письмової згоди обстежуваних у відповідності до норм біоетики з обов'язковим дотриманням положень МОЗ України від 13.03.2006, № 66 і Гельсінської Декларації (1975, пізніші редакції 1996–2013 рр.). Отримані результати обробляли методом варіаційної статистики за пакетом програм Microsoft Excel 2019. Аналізована нами вибірка відповідала закону нормального розподілу за тестом Шапіро-

Вілка. Кореляційний аналіз здійснювали за Пірсоном. Достовірність змін і відмінностей між досліджуваними показниками оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Взаємозв'язки між досліджуваними показниками оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона.

Результати та обговорення. Середні значення поздовжніх розмірів та діаметрів ВПВ та НПВ всієї вибірки обстежуваних, отриманих у положенні тіла лежачи на спині в різних фазах дихального циклу показано у табл. 1.

Таблиця 1.

Морфо-метричні показники порожнистих вен обстежуваних
у різних фазах дихального циклу

Порожниста вена	Довжина (l, см)	Діаметр у різних фазах дихального циклу (d, см)		
		вдих	видих	апноє
ВПВ	6,81 ± 1,62	0,72 ± 0,18**	1,74 ± 0,10	1,31 ± 0,09
НПВ	20,93 ± 3,12	1,33 ± 0,12*	2,45 ± 0,11	2,53 ± 0,13

Примітка. * – вірогідність відмінностей $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ відносно видиху.

З неї видно, що показники ІВПВ та ІНПВ у середньому відповідали межах від 6 до 20 см. Максимальні і мінімальні значення для ІВПВ сягали, відповідно 5,2 та 8,5 см, для ІНПВ відповідно 17,8 та 24,1 см. Акти вдиху та видиху не суттєво впливали на поздовжні розміри судин внаслідок їх топографічного положення. Як відомо, початок ВПВ анатомічно пов'язаний з місцем злиття правої і лівої плечоголовних вен, а закінчення – із впаданням у праве передсердя. Для НПВ місцем початку є злиття правої і лівої загальних клубових вен, що відбувається на рівні 4-5 поперекових хребців, після чого вона піднімається вгору та впадає в праве передсердя серця [9]. Оскільки згадані точки для кожної з порожнистих вен мають чітку орієнтацію відносно скелету та розташування серця, то поздовжні розміри цих судин практично не змінюються під час дихальних циклів. Опускання діафрагми під час глибокого вдиху здатне дещо змістити НПВ, але фактично розмір залишався незмінним. Подальше вивчення морфології порожнистих вен під час вдиху і видиху вказало на чіткі зміни їх діаметральних розмірів у різних фазах дихального циклу (табл. 1). D_{max} на вдиху та видиху у НПВ дорівнювали, відповідно $1,4 \pm 0,1$ та $2,5 \pm 0,1$. D_{min} на вдиху та видиху для цієї ж порожнистої вени склали близько $1,21 \pm 0,1$ та $2,35 \pm 0,1$ відповідно. У ВПВ D_{max} змінювався у середньому від $0,9 \pm 0,1$ на вдиху до $1,84 \pm 0,1$ на видиху. Так, D_{min} на вдиху та видиху для ВПВ варіювали у межах $0,54 \pm 0,1$ та $1,64 \pm 0,1$ відповідно. Слід зазначити, що фізіологічно пік глибокого вдиху спричинював стрімкий розвиток негативного тиску у грудній клітці, який служив потужним механізмом «засмоктування» крові у серце. Через це діаметри ВПВ і НПВ звужувались (колабували). Особливо виразно таке звуження діаметру демонструвала НПВ. Так, різниця між середніми значеннями $d_{НПВ}$ під час вдиху і видиху складала у середньому, близько $1,02 \pm 0,14$ см ($p < 0,01$), тоді як зміни у $d_{ВПВ}$ у різних фазах дихального циклу відбувались у межах $0,62 \pm 0,1$ см ($p < 0,05$), що були у 1,6 разів меншими. Ймовірно, такі відмінності у колабуванні між НПВ і ВПВ пов'язані з тим, що остання, під час вдиху, жорстко зафіксована у середостінні [18].

З літератури відомо, що діагностика стану НПВ є ключовою для визначення волемічного статусу (наповнення судин рідиною) та тиску в правому передсерді [3, 16]. Для оцінки центрального венозного тиску (ЦВТ) ми провели визначення індексу колабування (ІК) на основі вимірних показників діаметрів НПВ у фазах вдиху і видиху та проаналізували його. Розрахунок ІК НПВ обстежуваних згідно зафіксованих нами D_{max} і D_{min} під час вдиху та видиху встановив його величину близько 51%. У клініці прийнято, що кількісні значення норми для ІК НПВ зазвичай дорівнюють чи більші за 50% [18]. Отримані нами шляхом розрахунку його значення, для обстежуваного нами контингенту, вказували на нормальну реакцію даної судини у різні фази дихання. Більше того, оскільки D_{min} був на видиху в обстежуваних меншим ($1,84$ см) за граничну межу норми ($2,1$ см), а рівень її колабування був у межах 51%, то можна констатувати, що ЦВТ відповідав низькому або нормальному тиску в

правих відділах серця (приблизно 0-5 мм.рт.ст.). До того ж, така висока колапсованість судини є свідченням того, що в організмі обстежуваних було відсутнє перевантаження рідиною (гіперволемії). Так, НПВ більшості обстежуваних активно спадалась на вдиху, що було відмінною прогностичною ознакою роботи серцево-судинної системи. Як відомо, нормальна гемодинаміка у НПВ і ВПВ, які безпосередньо впадають у праве передсердя та мають пульсуючий характер течії (здебільшого 3-фазний), демонструє зміни тиску в правому передсерді під час систоли і діастоли серця [7]. Порожністі вени у місцях впадання у праве передсердя мають найбільшу швидкість кровотоку, яка створюється безпосередньо роботою серця та змінами тиску в грудній клітці під час дихальних фаз. Рухи серця і грудної клітки причетні до появи "зворотних хвиль", які обумовлюють певну турбулентність течії крові в місцях впадання у серце, що деякою мірою збурює її ламінарну (спокійну) течію.

Ми провели аналіз кривих PW-доплерографії обстежуваних для оцінки фазності потоків крові у обох порожнистих венах в цілому (рис. 1).

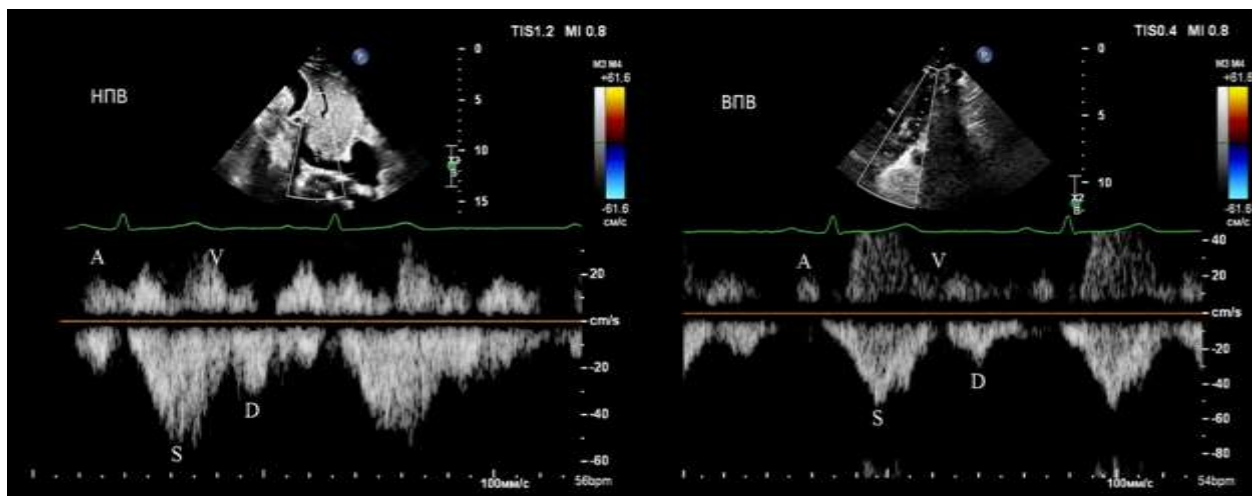


Рис. 1. Доплерограми порожнистих вен обстежуваних.

Найбільші піки хвиль порожнистих вен обстежуваних, які були спрямовані до серця, встановлені для S-хвиль у відповідь на систолу їх шлуночків. Їх амплітуда вказувала на те, що робота «присмоктувального» механізму правого передсердя, який спрацьовував під час зміщення передсердно-шлуночкової перетинки вниз, цілком достатньо забезпечував рух крові з порожнистих вен до серця, що відповідало нормі [15]. Вивчення спрямування D-хвиль (які у всіх обстежуваних були дещо меншими за S-хвилі) вказало на розташування їх вектору до серця, що свідчило про пасивний рух крові з порожнистих вен через передсердя у правий шлуночок під час ранньої діастоли внаслідок відкриття трикуткового клапану та дії градієнта тиску, що відповідало нормі.

Згідно даних літератури, у здорових чоловіків D-хвиля зазвичай має нижчу амплітуду за систолічну [1]. Аналіз реверсивного руху крові (за A-хвилями) показав, що вони здебільшого мали невелику амплітуду, були короткими та спрямованими від серця (тобто назад у вени), відображаючи період систоли передсердь. Відомо, що під час скорочення передсердя, певна частина крові завжди виштовхується назад у порожністі вени, що вважається нормою [11]. Дослідження V-хвиль обстежуваних (як відображення перехідного періоду між хвилями S і D) не виявило відхилень у їх природі. Ці хвилі відповідали моменту максимального наповнення передсердя, що передуює відкриттю трикуспідального клапана.

У подальшому ми розглянули особливості гемодинаміки за потоками крові під час кожної фази дихального циклу у ВПВ і НПВ (рис. 2). Встановлено, що характер гемодинаміки за потоками крові в обох венах залежав від фаз вдиху і видиху та проявлялось, відповідно, зростанням швидкості на вдиху і сповільненням течії крові на видиху. Порівняння рівня пульсації у порожнистих венах обстежуваних вказало на те, що у ВПВ він був дещо більшим.

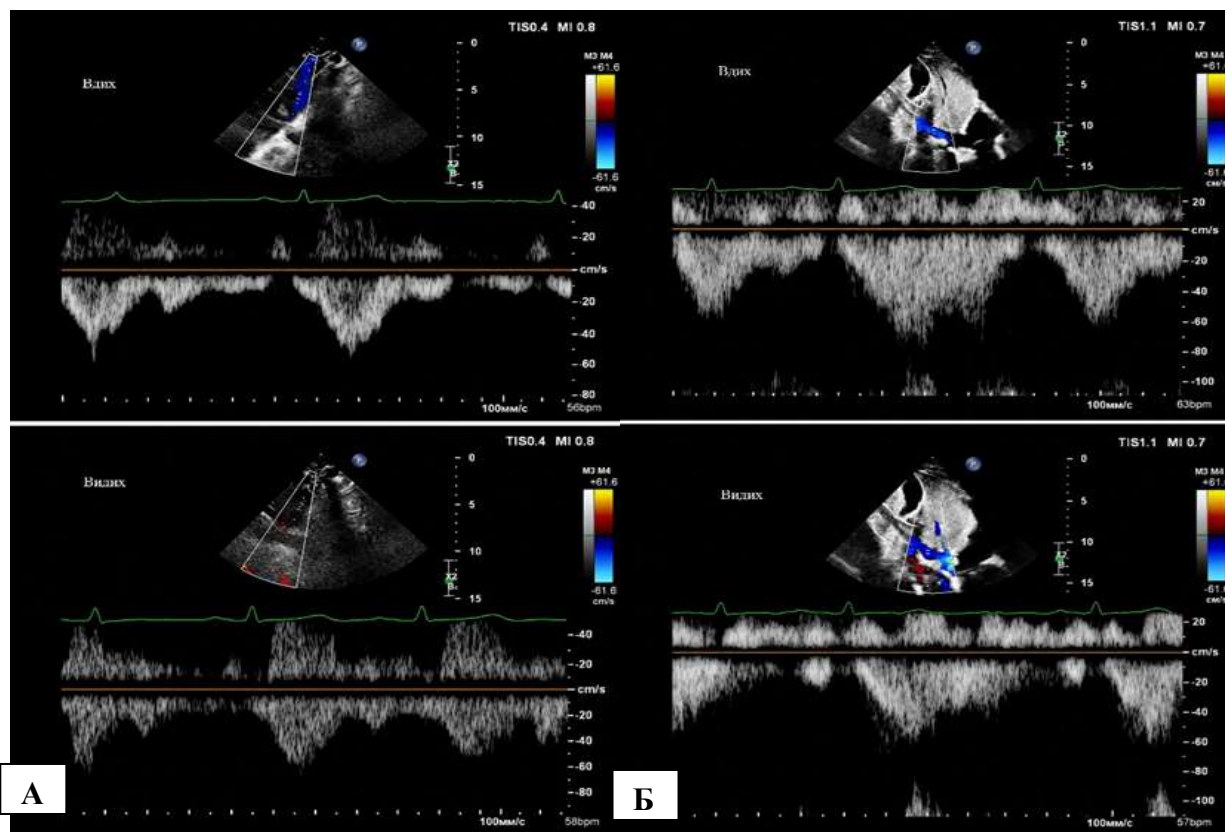


Рис. 2. Доплерівські знімки записів хвиль у верхній (А) та нижній (Б) порожнистих венах під час дихального циклу.

Це може бути пов'язане як з ближчим місцем розташування ВПВ до серця, так і з відсутністю на неї обмежуючого «демпферного» впливу черевного тиску. Отже, існування на кривих РВ-доплерографії ВПВ і НПВ обстежуваних S та D-хвиль вказувало на нормальну еластичність камер серця, а амплітуда А-хвилі свідчила про достатню силу скорочення правого передсердя. Таким чином, виявлена фазність потоку крові у порожнистих венах обстежуваних демонструвала нормальний перебіг гемодинаміки, відсутність серцевої недостатності чи стиснення вен.

У відповідності до поставлених в роботі завдань, ми провели розподіл обстежуваних за типами конституції тіла за показниками антропометрії та ІМТ (табл. 2).

Таблиця 2.

Показники антропометрії обстежуваних різних типів конституцій (Min-Max)

Тип конституції	Довжина тіла, L (см)	Маса, P(кг)	Окіл грудної клітки, T (см)	Індекс маси тіла, ІМТ (у.о.)
Астенічний	> 185,0	65,0 – 75,9	92,0 – 110,0	18,5 – 22,9
Нормостенічний	176,0 – 184,9	76,0 – 90,0	101,0 – 107,5	20,0- 25,5
Гіперстенічний	165,0 – 175,9	> 90,1	> 110,1	21,9-26,4

Як видно з таблиці, для встановлених параметрів L, P та T тіла обстежуваних різних конституцій ІМТ коливався у межах від 18 до 26 у.о. Разом із тим, нашу увагу привернуло те, що при одному і тому ж показнику ІМТ (наприклад, 22 у.о.), гіперстеніки з мінімальними значеннями T (у 110 см) виглядали більш атлетично, тоді як астеніки зі схожими антропометричними показниками іноді могли мати вигляд людини із зайвою підшкірною жировою клітковиною. Нас зацікавили параметри ВПВ і НПВ у обстежуваних з різним типом конституції.

На сьогодні у доступній нам літературі було знайдено обмаль робіт, в яких би спеціально застосовували метод порівняльного вивчення морфо-метричних та функціональних параметрів ВПВ і НПВ, визначені методом УЗД у відповідності до конституції тіла та способу життя. Водночас, є відомості відносно існування зв'язку між діаметром НПВ та деякими антропометричними розмірами тіла [16]. Деякі автори повідомляють про кореляцію між максимальним діаметром ВПВ і вагою, але відсутність статистично значущого зв'язку між центральним венозним тиском у магістральних венах та віком або розмірами тіла [30]. Тому ми провели розподіл обстежуваних за величиною індексу Пінье (ПІ) на астеничний, нормостеничний та гіперстеничний типи конституції та здійснили порівняльний аналіз морфо-метричних показників їх порожнистих вен (табл. 3).

Таблиця 3.

Показники довжини та діаметрів верхньої і нижньої порожнистих вен обстежуваних у різних фазах дихального циклу залежно від типу конституції тіла

Тип конституції	Морфо-метричні показники порожнистих вен у різних фазах дихального циклу (см)			
	ВПВ		НПВ	
	довжина	діаметр (вдих/видих)	довжина	діаметр (вдих/видих)
астеничний	$7,68 \pm 0,75^*$	$0,77 \pm 0,21^* / 1,72 \pm 0,23^*$	$22,75 \pm 1,23^*$	$0,52 \pm 0,08^* / 1,53 \pm 0,10^*$
нормостеничний	$6,13 \pm 0,71$	$0,92 \pm 0,21 / 1,93 \pm 0,22$	$19,83 \pm 1,12$	$0,79 \pm 0,09 / 1,88 \pm 0,11$
гіперстеничний	$4,59 \pm 0,60$	$2,14 \pm 0,20 / 2,65 \pm 0,24$	$16,91 \pm 0,91$	$1,82 \pm 0,11 / 2,21 \pm 0,13$

Примітка. * – вірогідність відмінностей $p < 0,05$ відносно гіперстеничного типу.

Встановлено, що обстежувані з астеничним типом конституції характеризувались достовірно більшими розмірами поздовжніх розмірів обох порожнистих вен ($p < 0,05$), що, ймовірно, відповідало великій загальній довжині їх грудної клітки порівняно з представниками інших типів, особливо гіперстеничного. Так, різниця між ІВПВ і ІНПВ у обстежуваних крайніх конституційних типів складала, відповідно, 44,4% та 25,7% на користь астеників. Автори відмічають, що більша довжина порожнистих вен з меншим кутом впадання у вертикально розташоване серце притаманна людям з високими ростовими даними, що у великій мірі сприяє належному венозному поверненню крові [16]. Обстежувані нормостеничного соматотипу характеризувались проміжними розмірами порівняно інших двох типів. Водночас, у представників астеничного типу конституції виявлено найменші середні розміри діаметрів обох порожнистих вен як у фазі вдиху, так і видиху (на нижній межі норми) з D_{\min} , відповідно, 0,56 та 1,49 см.

Зміни діаметральних розмірів порожнистих вен, зафіксованих під час вдиху і видиху обстежуваних крайніх конституціональних типів показано на рис. 3. Динаміка діаметральних розмірів обох венозних магістральних судин під час фаз вдиху і видиху в обстежуваних гіперстеничного типу конституції була менш вираженою порівняно такої у представників астеничного типу (на 36,0% у ВПВ та на 48,4% у НПВ). Ймовірно, що гіперстеничний тип конституції (особливо переважання широтних розмірів над поздовжніми у будові грудної клітки) сприяв меншій дихальній екскурсії, що проявлялося порівняно невеликими змінами діаметра порожнистих вен.

У літературі зустрічаються схожі дані, які отримали й інші автори [29]. Також, слід зазначити, що виявлене нами значно менше спадіння діаметра магістральних венозних судин на вдиху відносно фази видиху у обстежуваних гіперстеничної конституції тіла порівняно представників астеничної тілобудови могло вказувати на високу ймовірність розвитку у перших високого тиску у правому передсерді. Адже відомо, що невисока ступінь спадання

(менша ніж 50%) є негативним прогностичним показником венозного повернення крові та виникнення ускладнень серцевої діяльності [14].

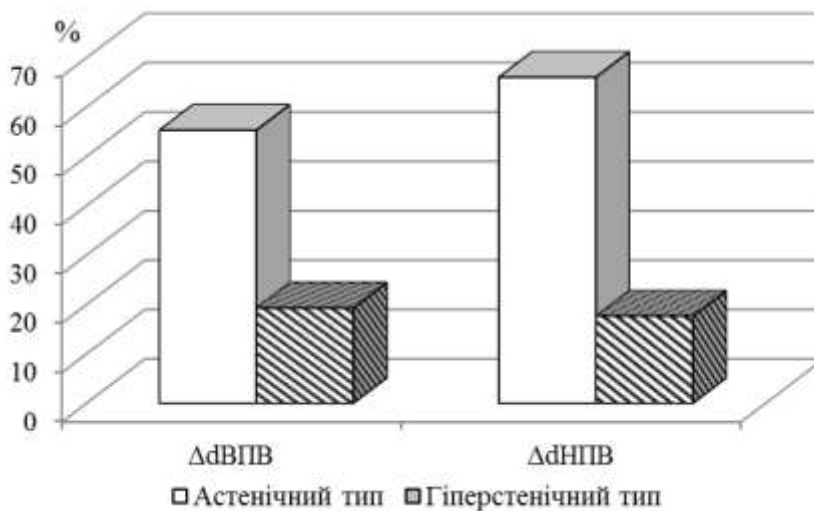


Рис. 3. Різниця діаметрів верхньої та нижньої порожнистих вен між фазами дихального циклу обстежуваних з астенічною та гіперстенічною конституцією тіла.

Представники з нормостенічною конституцією тіла здебільшого характеризувались діаметрами обох порожнистих вен, що наближались до середніх проміжних значень відносно інших соматотипів та під час дихального циклу демонстрували чітко виражені відповідні зміни у межах норми.

У подальшому ми розглянули гемодинаміку порожнистих вен обстежуваних з астенічною, нормостенічною та гіперстенічною типами конституції за кривими доплерографії (рис. 4).

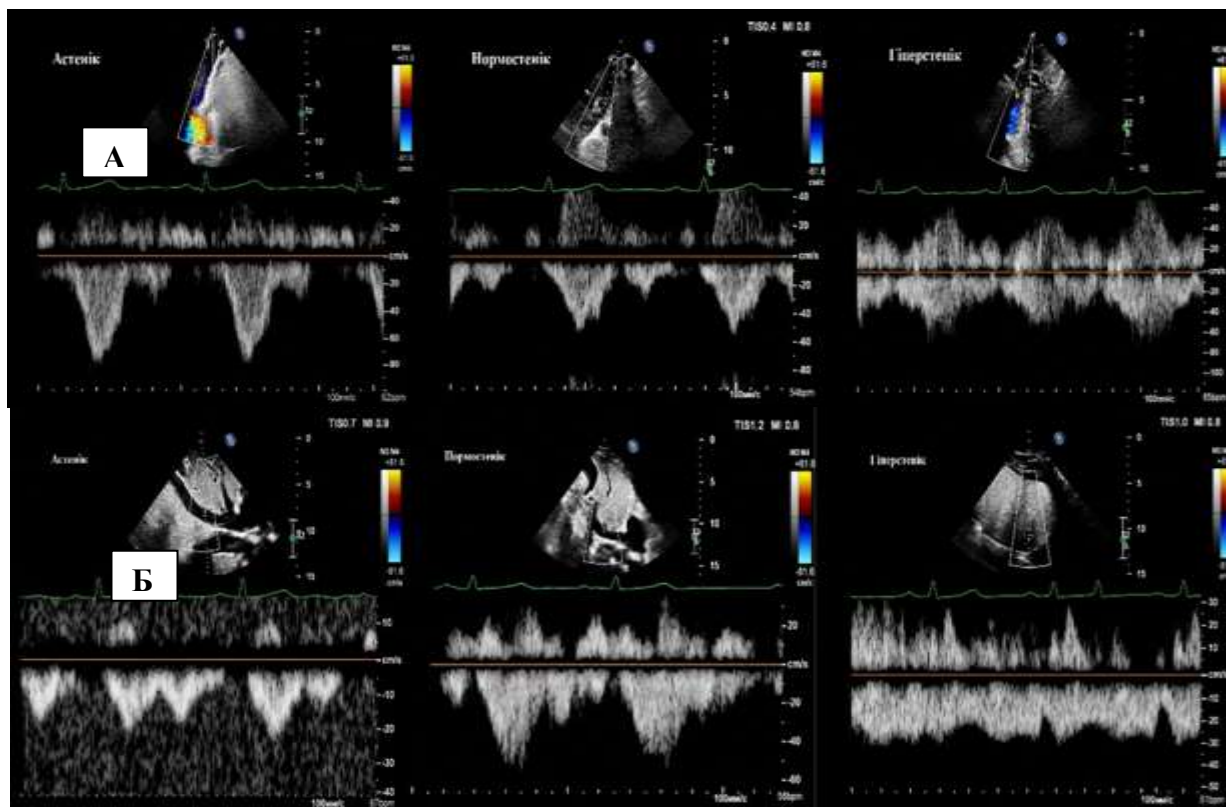


Рис. 4. Доплерівські знімки хвиль у верхній (А) та нижній (Б) порожнистих венах людей з різною конституцією тіла.

Порівняння доплерограм ВПВ і НПВ виявило, що у всіх виділених нами соматотипів пульсація (амплітуда хвиль) у ВПВ візуалізувалась чіткіше. Ймовірно, це пов'язано з тим, що ця вена має ближче розташування до серця. Водночас, у НПВ гемодинаміка сильніше залежала від процесу дихання. Під час фази вдиху присмоктуюча сила грудної клітки посилювала хвилі S та D (що відображало збільшення швидкості течії). На видиху спостерігалася протилежна реакція - швидкість потоку знижувалась, отже фазність ставала менш вираженою. З рис. 4 видно, що у обстежуваних з астеничним типом конституції пульсація була найвищою з чітко вираженими хвилями S та D. Разом із тим, завдяки вертикально розташованому серцю, венозне повернення виявляло тенденцію до більш динамічної течії. Ймовірно, на це впливав як менший діаметр судин, так і більш відчутний вплив дихання. Ретроградна А - хвиля у астеників внаслідок змін грудного тиску виявилась також більш виразнішою порівняно з іншими соматотипами. З отриманих нами записів доплера помітно, що у обстежуваних з гіперстенічною конституцією (які мали широку грудну клітку, високе розташування діафрагми та горизонтальне розміщення серця) фіксувався більш пологий хвильовий спектр, а самі хвилі не мали чіткого розмежування. Порівняно з астениками, фази S – хвиль були менш вираженими, а кровотік характеризувався монотонністю та низькою швидкістю. Водночас, схилиємось до думки, що не дивлячись на невисоку (на нижній межі норми) пульсацію (тобто амплітуду хвиль), швидкість кровотоку у гіперстеніків була більш стабільною та могла менше залежати від дихання (особливо у НПВ) [20]. Нормостеніки демонстрували чіткий хвильовий спектр: хвиля S характеризувалась більшою амплітудою порівняно хвилі D. У переважній більшості обстежуваних швидкість кровотоку відповідала нормі, що цілком забезпечувало повернення крові, яке відбувалось у відповідності до серцевого циклу.

Ми проаналізували ймовірність існування зв'язків між рівнем фізичної активності, та морфо-функціональними показниками порожнистих вен, виявлених УЗД в обстежуваних з різним типом конституції (рис. 5).

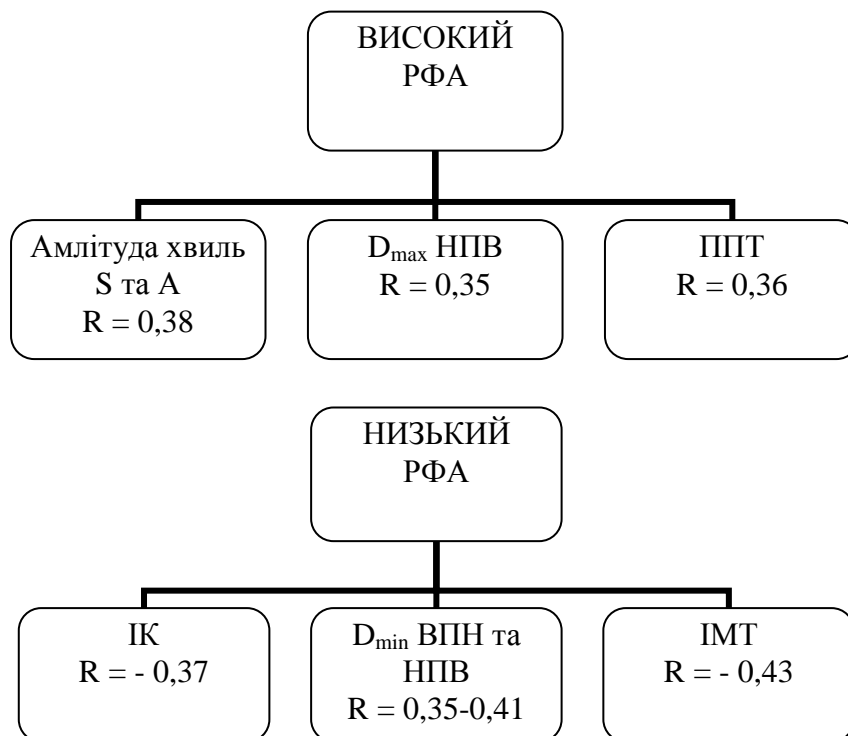


Рис. 5. Кореляції між деякими морфо-функціональними характеристиками обстежуваних різних типів конституції та рівнем їх фізичної активності.

Примітки: наводяться тільки вірогідні зв'язки на рівні не менше $p < 0,05$.

Встановлено, що високий РФА корелював з більшими амплітудами систолічної та реверсної хвиль, великою площею тіла та значним діаметром НПВ у всі фази дихального циклу (навіть під час апное) ($p < 0,05$). Ймовірно, що такий зв'язок у обстежуваних, які регулярно відвідували спортивні секції, займались фізичною працею, багато ходили пішки тощо свідчив про вироблений під впливом фізичного навантаження ряд пристосувань. Вони спрямовувались на необхідність венозною системою транспортувати значні зворотні об'єми крові, сильніше скорочення передсердь, кращу еластичність венозних стінок для підтримки нормального тиску у правих відділах серця для забезпечення механізму «засмоктування» крові. Схожі дані ми знайшли у літературі, які були отримані при обстеженні спортсменок і не спортсменок. Автори виявили, що розміри НПВ (як по довжині, так і ширині) були більшими у тих, які тренувалися на витривалість [12]. Дещо інший кореляційний патерн ми встановили у обстежуваних, які вели малоактивний спосіб життя. Він вказував на сформовані негативні зв'язки між низьким РФА та великим ІМТ, мінімальними діаметрами обох порожнистих вен, які демонстрували високу схильність до колабування під час фази вдиху ($p < 0,05$).

Отже, наші результати доводять, що незалежно від конституції тіла людини, діаметральні параметри порожнистих вен залежать від рівня фізичної активності та способу життя. Висока фізична активність створює умови для активної роботи м'язової помпи, яка може компенсувати велику довжину судин у астеників, що вкрай важливо для адекватного повернення крові до серця через НПВ. Припускаємо, що низька фізична активність за астеничної конституції тіла може створювати ризики для судинного тонусу внаслідок швидкої втрати тепла та гравітаційного стазу крові. Стосовно впливу фізичної активності на функціональність порожнистих вен у людей з гіперстенічною конституцією, схилиємося до думки, що коротший шлях судини може полегшувати швидке повернення крові до серця під час навантажень. Згідно отриманих нами результатів, систематична фізична активність сприяє більшій дилатації вен, що у гіперстеніків може додатково покращити адаптацію їх судинної системи до значного об'єму циркулюючої крові. Вважаємо, що за низького РФА існує висока ймовірність значного ризику для широких вен гуперстеніка, які можуть стати ригідними та створити негативні передумови для розвитку хронічного венозного застою.

Висновки

1. Аналіз кривих PW-доплерографії виявив залежність характеру гемодинаміки в обох венах за фазністю потоку крові залежно від вдиху і видиху, відповідно, зростання швидкості і сповільнення течії крові з переважанням рівня пульсації у ВПВ. Під час глибокого вдиху колабування діаметру у більшій мірі проявлялось у НПВ ніж у ВПВ.

2. Встановлено, що не залежно від типу конституції гемодинаміка у ВПВ має чітку пульсацію у всі фази дихального циклу, але у НПВ вона була більш помітною.

3. Вивчення морфо-метричних параметрів порожнистих вен та показників їх гемодинаміки виявило:

- достовірно більші розміри поздовжніх розмірів обох порожнистих вен ($p < 0,05$) та одночасно найменші середні розміри їх діаметрів упродовж фаз дихального циклу в обстежуваних астеничного типу конституції порівняно з гіпер- та нормостенічним. У доплерограмах астеників превалювали чітко виражені систолічні, діастолічні та реверсивні хвилі у відповідь на зміни грудного тиску;
- менш виражену динаміку діаметральних розмірів обох венозних магістральних судин під час фаз вдиху і видиху в обстежуваних гіперстенічного типу конституції порівняно такої у представників астеничного типу. Доплерограми гемодинаміки в обох порожнистих венах гіперстеніків характеризувались меншою амплітудою хвиль, монотонністю та низькою швидкістю, що у НПВ мало залежало від фаз дихального циклу;
- існування проміжних значень довжини, ширини діаметрів обох порожнистих вен у нормостеніків під час дихального циклу відносно інших соматотипів. Доплерограми характеризувались чітким хвильовим спектром у межах норми.

4. Встановлено зв'язок між фізичною активністю та деякими морфо-метричними та гемодинамічними показниками обстежуваних. Вищий РФА позитивно корелював з високими амплітудами систолічної та реверсної хвиль, великою площиною тіла, а також більшими розмірами діаметру НПВ незалежно від фази дихального циклу ($p < 0,05$). У обстежуваних з низьким РФА виявлено більший ІМТ, найменші діаметри магістральних венозних судин, які мали помітну схильність до спадання під час фази вдиху ($p < 0,05$).

5. Отримані результати можуть бути корисними у фізіології та медицині для оцінки стану венозного русла, профілактики серцево-судинних захворювань, у спортивній орієнтації, розробці індивідуальних тренувальних програм, здоров'язберігаючих траєкторій та відповідних процедур моніторингу стану здоров'я.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у проведенні оцінки морфо-функціональних особливостей порожнистих вен в різних проекційних положеннях тіла під час дихального циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калмикова Ю.С. Методи дослідження у фізичній реабілітації: дослідження фізичного розвитку : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. фіз. культури і спорту напряму підготовки «Здоров'я людини». Харків, 2014. 104 с.
2. Лежньова О.В. Взаємозв'язки показників центральної гемодинаміки з конституціональними особливостями у спортсменів юнацького віку. Вісник морфології. 2012. Т. 18, № 1. С. 143–146.
3. Мішалов В.Г. Практикум з хірургії. Модуль 2. Торакальна, серцево-судинна, ендокринна хірургія : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Асканія», 2011. 446 с.
4. Приймак С.Г. Спортивно-педагогічне удосконалення студентів: морфофункціональне забезпечення діяльності. Чернівці : ПАТ «ПВК ДЕСНА», 2018. 291 с.
5. Фізична реабілітація, спортивна медицина : підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів / В.В. Абрамов, В.В. Клапчук, О.Б. Неханевич та ін. Дніпропетровськ : Журфонд, 2014. 456 с.
6. Якушева Ю. І., Сарафинюк Л. А., Кириченко Ю. В. Взаємозв'язки реокардіографічних параметрів центральної гемодинаміки з конституціональними показниками у волейболісток різного амплуа. Світ медицини та біології. 2015. № 4 (53). С. 95–100.
7. An improvement of body surface area formulas using the 3d scanning technique / G. Redlarski, S. Kozieł, M. Krawczuk et al. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2024. Vol. 37, № 2. P. 205–219. DOI: <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.02356>
8. Assessment of inferior vena cava diameter by echocardiography in normal Indian population: A prospective observational study / S. Patil, S. Jadhav, N. Shetty et al. Indian Heart Journal. 2016. Vol. 68, № 6. P. 799–805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2016.06.009>
9. Bennett W. F., Altaf F., Deslauriers J. Anatomy of the superior vena cava and brachiocephalic veins. Thoracic Surgery Clinics. 2011. Vol. 21, № 2. P. 197–203. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2010.12.010.
10. Blumgart's Surgery of the Liver, Biliary Tract, and Pancreas / ed. by L. H. Blumgart, Y. Fong. – 6th ed. – Philadelphia, PA : Elsevier, 2017. – 1952 p.
11. Current Surgical Therapy / ed. by J. L. Cameron, A. M. Cameron. – 13th ed. – Philadelphia, PA : Elsevier, 2018. – 1712 p.
12. Echocardiographic characterization of the inferior vena cava in trained and untrained females / K. Hedman, E. Nylander, J. Henriksson et al. Ultrasound in Medicine and Biology. 2016. Vol. 42, № 12. P. 2794–2802.
13. Equation for Predicting Inferior Vena Cava Diameter as a Potential Pointer for Heart Failure Diagnoses among Adult in Azare, Bauchi State, Nigeria / M. K. Yusuf, W. O. Hamman, U. E. Umana, S. B. Oladele. Journal of Clinical Images. 2022. Vol. 5, № 1. Art. 1113.
14. Greenfield's surgery: scientific principles & practice / ed. by M. W. Mulholland, K. D. Lillemoe, G. Doherty et al. ; ill. by H. R. Fischer. – 6th ed. – Philadelphia, PA : Wolters Kluwer, 2017. – 2120 p.
15. Handbook of venous disorders: guidelines of the American Venous Forum / ed. by P. Gloviczki, J. S. T. Yao. – 2nd ed. – London ; New York : Arnold, 2001. – 557 p.
16. Impact of Body Size on Inferior Vena Cava Parameters for Estimating Right Atrial Pressure: A Need for Standardization? / T. Taniguchi, T. Ohtani, S. Nakatani et al. Journal of the American Society of Echocardiography. 2015. Vol. 28, № 12. P. 1420–1427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.07.008>
17. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity / C. L. Craig, A. L. Marshall, M. Sjöström, A. E. Bauman, M. L. Booth et al. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003. Vol. 35, № 8. P. 1381–1395. DOI: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>
18. Ivachevskij M., Rusyn A., Ivachevska V. Inferior vena cava collapsibility index as a non-invasive method of assessing the volemic status of patients during spine interventions. Orthopaedics Traumatology and Prosthetics. 2024. № 1. P. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024133-37>

19. Mapping the Associations Between Body Mass Index and Key Psychosocial Determinants: Resilience, Perceived Stress, and Emotion Regulation in Young Adults—A Cross-Sectional Study / B. Tilov, P. Stanchev, M. Dimitrova et al. *Healthcare*. 2025. Vol. 13, № 23. Art. 3150. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare13233150>
20. *Mastery of Surgery* / ed. by J. E. Fischer, K. I. Bland, M. P. Callery. – 7th ed. – Philadelphia, PA : Wolters Kluwer Health, 2016. – 2520 p.
21. Review of evolving etiologies, implications and treatment strategies for the superior vena cava syndrome / C. Straka, J. Ying, F.-M. Kong et al. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. Art. 229. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1900-7>
22. *Sabiston Textbook of Surgery Board Review* / ed. by C. M. Townsend Jr., R. D. Beauchamp. – 9th ed. – Philadelphia, PA : Elsevier Saunders, 2021. – 304 p.
23. *Schwartz's Principles of Surgery* / ed. by F. C. Brunicaardi et al. — 10th ed. — New York : McGraw-Hill Education, 2014. — 2069 p.
24. *Shackelford's Surgery of the Alimentary Tract* / ed. by K. D. Lillemoe, C. J. Yeo. – 8th ed. – Philadelphia, PA : Elsevier, 2019. – 2184 p.
25. Superior Vena Cava Syndrome / A. H. Azizi, I. Shafi, N. I. Shah et al. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2020. Vol. 13, № 24. P. 2896–2910. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2020.08.038>
26. Superior Vena Cava Syndrome: A Palliative Approach to Treatment / K. D. Esposito, M. A. Shariff, A. Freiberg, M. C. A. Evangelista. *Cureus*. 2022. Vol. 14, № 8. Art. e27889. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.27889>
27. Superior vena cava syndrome / P. F. Klein-Weigel, S. Elitok, A. Ruttloff et al. *Vasa*. 2020. Vol. 49, № 6. P. 437–448. DOI: 10.1024/0301-1526/a000908.
28. Superior vena cava syndrome: Clinical considerations / B. Pech-Alonso, C. Fermín-Hernández, S.I. Saavedra-de Rosas, R.J. Cicero-Sabido. *Revista Médica del Hospital General de México*. 2018. Vol. 81, № 2. P. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2017.03.004>
29. Systemic venous diameters, collapsibility indices, and right atrial measurements in normal pediatric subjects / S. Kutty, L. Li, R. Hasan et al. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2014. Vol. 27, № 2. P. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.09.002>
30. The Relationship between Superior Vena Cava Diameter and Collapsibility and Central Venous Pressure / B. S. Cowie, R. Kluger, S. Rex, C. Missant. *Anaesthesia and Intensive Care*. 2015. Vol. 43, № 3. P. 357–360. DOI: <https://doi.org/10.1177/0310057X1504300312>

REFERENCES

1. Kalmykova, Y.S. (2014). *Metody doslidzhennia u fizychnii reabilitatsii: doslidzhennia fizychnoho rozvytku* [Methods of research in physical rehabilitation: physical development research] (Educational manual). Kharkiv.
2. Lezhnova, O.V. (2012). *Vzaiozv'язky pokaznykiv tsentralnoi hemodynamiky z konstytutsionalnymy osoblyvostiamy u sportsmeniv yunatskoho viku* [Interrelationships of central hemodynamics indicators with constitutional characteristics in young athletes]. *Visnyk Morfolohii*, 18(1), 143–146.
3. Mishalov, V.H. (2011). *Praktykum z khirurgii. Modul 2. Torakalna, sertsevo-sudynna, endokrynna khirurgiia* [Surgery workshop. Module 2. Thoracic, cardiovascular, endocrine surgery] (Educational manual). Vydavnychiy dim "Askaniia".
4. Pryimak, S.H. (2018). *Sportyvno-pedahohichne udoskonalennia studentiv: morhofunktsionalne zabezpechennia diialnosti* [Sports and pedagogical improvement of students: morphofunctional support of activity]. PAT "PVK DESNA".
5. Abramov, V.V., Klapchuk, V.V., Nekhanevych, O.B., & al. (2014). *Fizychna reabilitatsiia, sportyvna medytsyna* [Physical rehabilitation, sports medicine] (Undergraduate textbook). Zhurfond.
6. Yakusheva, Y.I., Sarafyniuk, L.A., & Kyryuchenko, Y.V. (2015). *Vzaiozv'язky reokardiografichnykh parametriv tsentralnoi hemodynamiky z konstytutsionalnymy pokaznykamy u voleibolistok riznoho amplua* [Interrelationships of rheocardiographic parameters of central hemodynamics with constitutional indicators in volleyball players of various roles]. *Svit Medytsyny ta Biolohii*, (4), 95–100.
7. Redlarski, G., Koziel, S., & Krawczuk, M. (2024). An improvement of body surface area formulas using the 3d scanning technique. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 37(2), 205–219. doi.org.
8. Patil, S., Jadhav, S., Shetty, N., Kharge, J., Puttegowda, B., Ramalingam, R., & Cholenahally, M. N. (2016). Assessment of inferior vena cava diameter by echocardiography in normal Indian population: A prospective observational study. *Indian Heart Journal*, 68(6), 799–805. doi.org.
9. Bennett, W.F., Altaf, F., & Deslauriers, J. (2011). Anatomy of the superior vena cava and brachiocephalic veins. *Thoracic Surgery Clinics*, 21(2), 197–203. doi.org.
10. Blumgart, L.H., & Fong, Y. (Eds.). (2017). *Blumgart's surgery of the liver, biliary tract, and pancreas* (6th ed.). Elsevier.
11. Cameron, J.L., & Cameron, A.M. (Eds.). (2018). *Current surgical therapy* (13th ed.). Elsevier.
12. Hedman, K., Nylander, E., Henriksson, J., Bjarnegård, N., & Brudin, L. (2016). Echocardiographic characterization of the inferior vena cava in trained and untrained females. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 42(12), 2794–2802.

13. Yusuf, M.K., Hamman, W.O., Umana, U.E., & Oladele, S.B. (2022). Equation for predicting inferior vena cava diameter as a potential pointer for heart failure diagnoses among adult in Azare, Bauchi State, Nigeria. *Journal of Clinical Images*, 5(1), Article 1113.
14. Mulholland, M.W., Lillemoe, K.D., Doherty, G., Upchurch, G.R., Jr., Alam, H.B., & Pawlik, T.M. (Eds.). (2017). *Greenfield's surgery: Scientific principles & practice* (6th ed.). Wolters Kluwer.
15. Gloviczki, P., & Yao, J.S.T. (Eds.). (2001). *Handbook of venous disorders: Guidelines of the American Venous Forum* (2nd ed.). Arnold.
16. Taniguchi, T., Ohtani, T., Nakatani, S., Hayashi, K., Yamaguchi, O., Komuro, I., & Sakata, Y. (2015). Impact of body size on inferior vena cava parameters for estimating right atrial pressure: A need for standardization? *Journal of the American Society of Echocardiography*, 28(12), 1420–1427. doi.org.
17. Craig, C.L., Marshall, L.A., Sjöström, M., Bauman, A.E., Booth, M.L., Ainsworth, B.E., Pratt, M., Ekkelund, U., Yngve, A., Sallis, J.F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1381–1395. doi.org.
18. Ivachevskij, M.M., Rusyn, A.V., & Ivachevska, V.V. (2024). Inferior vena cava collapsibility index as a non-invasive method of assessing the volemic status of patients during spine interventions. *Orthopaedics Traumatology and Prosthetics*, (1), 33–37. doi.org.
19. Tilov, B., Stanchev, P., Dimitrova, M., Hristamyan, M., & Makakova-Tilova, D. (2025). Mapping the associations between body mass index and key psychosocial determinants: Resilience, perceived stress, and emotion regulation in young adults—a cross-sectional study. *Healthcare*, 13(23), Article 3150. doi.org.
20. Fischer, J.E., Bland, K.I., & Callery, M.P. (Eds.). (2016). *Mastery of surgery* (7th ed.). Wolters Kluwer Health.
21. Straka, C., Ying, J., & Kong, F. M. (2016). Review of evolving etiologies, implications and treatment strategies for the superior vena cava syndrome. *SpringerPlus*, 5, Article 229. doi.org.
22. Townsend, C.M., Jr., & Beauchamp, R.D. (Eds.). (2021). *Sabiston textbook of surgery board review* (9th ed.). Elsevier Saunders.
23. Brunicaudi, F.C., Andersen, D.K., Billiar, T.R., Dunn, D.L., Hunter, J.G., Matthews, J.B., & Pollock, R.E. (Eds.). (2014). *Schwartz's principles of surgery* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
24. Lillemoe, K.D., & Yeo, C.J. (Eds.). (2019). *Shackelford's surgery of the alimentary tract* (8th ed.). Elsevier.
25. Azizi, A. H., Shafi, I., Shah, N. I., Rosenfield, K., Schainfeld, R., Sista, A. K., & Bashir, R. (2020). Superior vena cava syndrome. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 13(24), 2896–2910. doi.org.
26. Esposito, K.D., Shariff, M.A., Freiberg, A., & Evangelista, M.C.A. (2022). Superior vena cava syndrome: A palliative approach to treatment. *Cureus*, 14(8), Article e27889. doi.org.
27. Klein-Weigel, P. F., Elitok, S., Ruttloff, A., Reinhold, S., Sucher, U., & Valdueza, J. M. (2020). Superior vena cava syndrome. *Vasa*, 49(6), 437–448. doi.org.
28. Pech-Alonso, B., Fermín-Hernández, C., Saavedra-de Rosas, S. I., & Cicero-Sabido, R. J. (2018). Superior vena cava syndrome: Clinical considerations. *Revista Médica del Hospital General de México*, 81(2), 59–65. doi.org.
29. Kutty, S., Li, L., Hasan, R., Peng, Q., Rangamani, S., & Danford, D. A. (2014). Systemic venous diameters, collapsibility indices, and right atrial measurements in normal pediatric subjects. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 27(2), 155–162. doi.org.
30. Cowie, B.S., Kluger, R., Rex, S., & Missant, C. (2015). The relationship between superior vena cava diameter and collapsibility and central venous pressure. *Anaesthesia and Intensive Care*, 43(3), 357–360. doi.org.

Liliia Yukhymenko, Volodymyr Kozak.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE VENA CAVAE AND THEIR HAEMODYNAMIC FEATURES DURING DIFFERENT PHASES OF THE RESPIRATORY CYCLE DEPENDING ON PHYSICAL ACTIVITY LEVEL AND BODY CONSTITUTION TYPE

Introduction. *The study investigated morphometric parameters of the superior and inferior vena cava (SVC and IVC) and their haemodynamic features during different phases of the respiratory cycle according to physical activity level and body constitution using Doppler ultrasonography. Ultrasound imaging enabled visualisation of the major venous trunks, quantitative assessment of their dimensions, and evaluation of venous haemodynamics. Data regarding constitutional differences in vena cava morphology and haemodynamics remain limited. Since physical activity substantially affects adaptive mechanisms and venous circulation, studying vena cava structure and function in individuals with different somatotypes and activity levels is of considerable scientific interest.*

Objective. *To determine morphometric and functional characteristics of the vena cavae in individuals with different body constitution types and physical activity levels using ultrasonography.*

Methods. *Ultrasound Doppler examination was performed using a Siemens Juniper Acuson system (USA). Longitudinal and diametrical parameters of the SVC and IVC were assessed in 42 healthy male volunteers aged 19–27 years with different physical activity levels. Body weight ranged from 57 to 90 kg, height from 157 to 193 cm, chest circumference from 86 to 115 cm, and BMI from 18.5 to 26.4 kg/m². All*

participants had normal physical development and no cardiovascular or concomitant diseases. Data were processed using variation statistics in Microsoft Excel 2019.

Main Results. The greatest longitudinal vena cava dimensions were found in asthenic individuals, whereas hypersthenic participants demonstrated significantly larger diameters ($p \leq 0.05$). Normosthenic subjects showed intermediate values. PW Doppler analysis revealed respiratory-dependent haemodynamic changes in both veins, with increased blood flow velocity during inspiration and reduced flow during expiration, while pulsation predominated in the SVC. Regardless of body constitution, physically active men demonstrated significantly larger vena cava diameters than less active participants.

Scientific Novelty. In the supine position, Doppler curves demonstrated specific morphometric and haemodynamic changes in different respiratory phases. During deep inspiration, diameter collapse was more pronounced in the IVC than in the SVC. SVC haemodynamics remained independent of body constitution and preserved distinct pulsation throughout all respiratory phases. Physical activity significantly influenced morphometric and functional vena cava parameters and showed different correlations across somatotypes.

Conclusions. PW Doppler analysis confirmed respiratory-phase dependence of haemodynamics in both vena cavae, characterised by accelerated blood flow during inspiration and reduced velocity during expiration, with greater pulsation in the SVC. Asthenic individuals demonstrated significantly greater longitudinal dimensions and smaller diameters of both vena cavae ($p < 0.05$), accompanied by pronounced systolic, diastolic, and reverse Doppler waves. Hypersthenic participants showed reduced respiratory-related diameter variability and lower-amplitude haemodynamic waves, particularly in the IVC. Normosthenic individuals demonstrated intermediate morphometric parameters and normal wave patterns. Higher physical activity positively correlated with greater systolic and reverse wave amplitudes, larger body surface area, and increased IVC diameter irrespective of respiratory phase ($p < 0.05$). Low physical activity was associated with higher BMI, smaller venous diameters, and greater inspiratory collapse. The findings may be useful in physiology, medicine, cardiovascular prevention, sports medicine, and the development of individualised training and health-monitoring programmes.

Keywords: superior vena cava, inferior vena cava, morphometry, haemodynamics, ultrasonography, Doppler sonography, body constitution, physical activity, respiration.

Надійшла до редакції / Received: 14.04.2026

Схвалено до друку / Accepted: 11.05.2026