

УДК 612.13:[796.015.6:796.322

ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ КВАЛІФІКОВАНИХ ГАНДБОЛІСТІВ У СПОКОЇ ТА ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ ШВИДКІСНО-СИЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Дзвенислава БЕРГТРАУМ¹, Любомир ВОВКАНИЧ², Катерина ЛАТИШЕВСЬКА

*Львівський державний університет фізичної культури, м. Львів, Україна,
e-mail: anatom@ldufk.edu.ua,
ORCID: ¹0000-0003-2024-1744, ²0000-0002-6642-6368*

Анотація. Метою наших досліджень було вивчення особливостей адаптації організму гандболістів, зокрема серцево-судинної системи, до навантажень швидкісно-силового характеру. У дослідженні взяли участь гандболісти чоловічої статі ($n = 13$), віком 18–21 рік, високої спортивної кваліфікації (КМС). Використано антропометричні методи дослідження, вимірювання основних показників серцево-судинної системи (частота серцевих скорочень та артеріальний тиск), а також неінвазивні (розрахункові) методи визначення показників гемодинаміки. Визначено індекс функціональних змін за Р.М. Баєвським та А.П. Берсеневою. Показники реєстрували у стані фізіологічного спокою та після виконання спортсменами швидкісно-силових навантажень. Установлено, що для гандболістів характерні високий зріст, значна вага тіла та обвід грудної клітки ($101,3 \pm 0,9$). Індекс маси тіла у більшості гравців ($23,6 \pm 0,31$ кг/м²) перебуває в межах нормативних значень. Значення індексу Бругша ($54,5 \pm 0,2\%$) свідчать, що обвід грудної клітки спортсменів пропорційний до зросту, хоча життєвий індекс ($58,0 \pm 0,94$ мл/кг) нижчий за середній рівень. Для гандболістів характерний гіперстенічний тип конституції. У стані фізіологічного спокою не виявлено вираженої спортивної брадикардії чи змін артеріального тиску, проте зареєстровано адаптивне підвищення систолічного об'єму крові ($92,97 \pm 3,92$ мл). У цьому стані у гандболістів переважає еукінетичний тип гемодинаміки, значення індексу функціональних змін ($2,16 \pm 0,03$ у.о.) вказує на стан задовільної адаптації. Після виконання гандболістами фізичних навантажень швидкісно-силового характеру спостерігається виражена тахікардія та вазодилатація, які не супроводжуються значними змінами систолічного об'єму крові. Величина індексу функціональних змін зростає до $3,5 \pm 0,06$ одиниці, що можна охарактеризувати як стан напруження механізмів адаптації. Виявлено індивідуальні особливості впливу фізичних навантажень швидкісно-силового характеру на організм спортсменів, що проявляються у різних механізмах адаптації – ізотропному і хронотропному та різних типах гемодинаміки після виконання навантажень – еукінетичному та гіперкінетичному. Виявлені індивідуальні відмінності змін показників гемодинаміки під впливом швидкісно-силових навантажень можуть стати основою оцінювання рівня адаптації серцево-судинної системи спортсменів до фізичних навантажень.

Ключові слова: антропометрія, неінвазивні методи, тип гемодинаміки, індекс функціональних змін, механізми адаптації.

FEATURES OF THE HEMODYNAMICS INDICES OF QUALIFIED HANDBALL PLAYERS AT REST AND AFTER SPEED-POWER LOADS

Dzvenyslava BERHTRAUM¹, Lyubomyr VOVKANYCH², Kateryna LATYSHEVSKA

*Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine,
e-mail: anatom@ldufk.edu.ua,
ORCID: ¹0000-0003-2024-1744, ²0000-0002-6642-6368*

Summary. We aimed at the study of the features of adaptation of the organism of handball players, particularly the cardiovascular system, to the speed-power physical loads. The subjects were highly skilled (CMS) male handball players ($n = 13$), aged 18–21 years. The anthropometric methods of research were used

along with the measurements of the main indices of the cardiovascular system (heart rate and arterial blood pressure), and non-invasive (by calculation) methods of determining the indices of hemodynamics. The index of functional changes according to P. M. Baevsky and A. P. Berseneva was determined. Measurements have been performed in a state of physiological rest and after the athlete's performance of speed-power loads. We found the high values for body height, body weight, and chest girth (101.3 ± 0.9) of handball players. For the most players the body mass index ($23.6 \pm 0.31 \text{ kg / m}^2$) was found to lie within the normal range. The values of Brugsch index ($54.5 \pm 0.2\%$) indicated that the athlete's chest girth is proportional to body height, although the vital index ($58.0 \pm 0.94 \text{ ml / kg}$) was below average level. The hypersthenic type of constitution was typical for the handball players. We did not find any considerable bradycardia or changes in blood pressure in a state of physiological rest, but an adaptive increase in systolic blood volume ($92.97 \pm 3.92 \text{ ml}$) was reported. The eukinetic type of the hemodynamics was most common for the handball players, and the index of functional changes (2.16 ± 0.03 units) indicated satisfactory level of adaptation. Pronounced tachycardia and vasodilation, which were not accompanied by significant changes in systolic blood volume, has been found after the players' performance of speed-power loads. Index of functional changes increased to 3.5 ± 0.06 units, which can be described as the state of stress of the adaptation mechanisms. We have revealed the individual features of the influence of physical activity of speed-power type on the organism of athletes, manifested in different mechanisms of adaptation – isotropic and chronotropic, and different types of hemodynamics after exercise – eukinetic and hyperkinetic. Revealed individual differences in hemodynamic indices under the influence of speed-power loads can become the basis for assessing the level of adaptation of the cardiovascular system of athletes to physical activity.

Keywords: anthropometry, non-invasive methods, type of hemodynamics, index of functional changes, mechanisms of adaptation.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Гандбол є олімпійською дисципліною, що отримала високу популярність у країнах Європейського союзу, він належить до групи найбільш видовищних і емоційних ігор, оскільки характеризується високим та змінним темпом гри. Окремі етапи гри відбуваються з високою швидкістю, вимагають високої концентрації і диференціації зусиль при виконанні складних технічних і тактичних елементів. Рівень фізичної працездатності значно впливає на ефективність їх виконання. Високий рівень фізичної працездатності кожного гравця забезпечує стабільну ефективність ігрових дій команди. У сучасній науковій літературі існують відомості про те, що на фізичну підготовленість гандболістів впливають окремі антропометричні показники, а також функціональний стан системи кровообігу, показники систем енергозабезпечення [10, 12, 13, 17, 18, 19]. Як свідчать результати факторного аналізу, показники ЧСС та центральної гемодинаміки (зокрема, ударний об'єм) належать до чинників, що описують факторну структуру функціональної підготовленості гандболістів [24]. Саме необхідність вивчення рівня адаптації серцево-судинної системи представників ігрових видів спорту до фізичних навантажень [6–8, 11], характерних для їх тренувальної та ігрової практики, зумовила необхідність виконання наших досліджень.

Дослідження виконано відповідно до теми «Створення неінвазивного комплексного підходу

для оцінювання адекватності фізичних навантажень у фізичній реабілітації та спорті» (номер державної реєстрації 0118U000809).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанню тестування різноманітних аспектів підготовленості гандболістів присвячено багато сучасних досліджень [4, 13, 15, 24]. Показниками, що дають змогу оцінити адаптаційні зміни організму спортсменів, є не лише антропометричні параметри [17, 18, 19, 20, 25] та показники функціональної підготовленості [10, 12, 15, 17–20, 24], а й функціональний стан серцево-судинної системи [10, 12, 13]. Відомо, що інтенсивні та тривалі фізичні навантаження зумовлюють розвиток комплексу адаптаційних змін серцево-судинної системи спортсменів, зокрема збільшення її функціональних резервів [14]. На необхідності контролю функціонального стану серцево-судинної системи та вегетативного гомеостазу спортсменів ігрових видів спорту, зокрема гандболу, наголошують автори численних наукових праць [4, 5, 6, 13]. Водночас актуальним залишається питання пошуку експрес-методик контролю стану серцево-судинної системи, спрямованих на оцінювання рівня функціональних резервів цієї системи та виявлення можливих дезадаптивних змін [3], що й стало підставою для вивчення змін гемодинаміки гандболістів під впливом швидко-силових навантажень.

Метою наших досліджень було вивчення особливостей адаптації організму гандболістів,

зокрема серцево-судинної системи, до навантажень швидко-силового характеру.

Методи та організація дослідження. У дослідженні взяли участь гандболісти чоловічої статі ($n = 13$) віком 18–21 рік, високого рівня спортивної кваліфікації (КМС). Усі учасники надали інформовану згоду на участь у дослідженнях.

Під час досліджень проаналізовано антропометричні дані спортсменів. Визначено показники ваги тіла (кг), зросту (см), обводу грудної клітки (см), життєвої ємності легень (ЖЕЛ, л). Вимірювання виконували стандартним антропометричним інструментарієм (антропометр, вага Tanita 601, сантиметрова стрічка) та спірометром Spirobank (MIR) згідно із загальноприйнятими підходами [22]. Фізичний розвиток спортсменів оцінювали за вказаними вище показниками та методом індексів. Розраховували індекс маси тіла (індекс Каупа, $\text{кг}/\text{м}^2$), грудно-зростовий (індекс Бругша, %), життєвий індекс (ЖІ, $\text{мл}/\text{кг}$) та серцевий індекс (Cl , $\text{л}/\text{м}^2$) [22].

Фізіологічні показники, зокрема артеріальний тиск систолічний (АТС, мм рт. ст.) та діастолічний (АТД, мм рт. ст.), частоту серцевих скорочень (ЧСС, $\text{уд.}/\text{хв}$), визначали у стані спокою та після виконання спортсменами вправ швидко-силового характеру. Артеріальний тиск вимірювали методом Короткова за допомогою механічного тонометра Microlife BP AG 1–30, ЧСС – за допомогою пульсометра Polar 800 RS. Розраховували основні показники гемодинаміки – пульсовий тиск (ПТ, мм рт. ст.), систолічний об'єм крові (СО, мл), хвилинний об'єм крові (ХОК, $\text{л}/\text{хв}$), периферичний опір (ПО $\text{дін}/\text{с}\cdot\text{см}^{-5}$) та функціональні індекси кровообігу [3]. Визначено також адаптаційний потенціал (АП) [2] за індексом функціональних змін (ІФЗ, бали), вегетативний індекс (ВІ, %), ударний індекс (УІ, $\text{мл}/\text{м}^2$), серцевий індекс (Cl , $\text{мл}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$), індекс кровопостачання (ІК, $\text{мл}/\text{хв}$) та індекс адаптованості (ІАТ, у.о.) [3].

Під час швидко-силових навантажень спортсмени виконували такі вправи: біг на відрізки 10, 15, 20 та 30 м; біг з прискоренням; 7-хвилинну вправу (біг, кидки у ворота в стрибку, передавання м'яча, стрибки на місці, стрибки вгору і вперед, різновиди кидків у стрибку). Відпочинок між вправами тривав 2–3 хв, а між серіями – 7 хв.

Отримані цифрові дані проаналізовано за методами описової статистики з використанням табличного редактора Microsoft Excel 2010. Характер розподілу даних проаналізовано з використанням критерію Колмогорова–Смирнова за допомогою програми OriginPro 9.1. Значущість різниці у показниках оцінювали на основі t-критерію Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення.

За результатами антропометричного обстеження гандболістів установлено, що їхній зріст, вага тіла та обвід грудної клітки (табл. 1) дещо вищі за нормативні величини для здорових осіб того ж віку та статі [16]. Ці морфологічні показники можуть впливати на окремі параметри серцево-судинної системи, зокрема на об'єм серця, який у дослідній групі становив $945,7 \pm 15,7$ мл . Виявлені особливості антропометричних показників гандболістів узгоджуються з даними інших досліджень [17, 18, 19, 20, 25], у яких установлено, що зріст гравців коливався в межах 1,79–1,98 м, вага – 81,0–109,3 кг, а обвід грудної клітки становив $101 \pm 5,48$ см .

Індекс маси тіла (ІМТ) досліджуваних гандболістів у середньому становив $23,6 \pm 0,31$ $\text{кг}/\text{м}^2$, що відповідає нормі (18,5–24,9 $\text{кг}/\text{м}^2$). Лише в одного гравця виявлено надлишкову вагу тіла (ІМТ – 25,5 $\text{кг}/\text{м}^2$). Ці дані дещо відрізняються від спостережень інших авторів, якими встановлено, що значення ІМТ гандболістів віком 22–26 років коливалося в межах 25,3–27,9 $\text{кг}/\text{м}^2$ [18, 19]. Такі значення свідчать про надлишкову вагу тіла. Водночас у цих дослідженнях не виявлено кореляції між величиною ІМТ та показниками комплексного тесту підготовленості гандболістів (Handball-Specific-Complex-Test). Отже, надлишкова вага та навіть високий відсоток жирового компонента маси тіла (12,4–15,1%, у воротарів – 20,2% [17, 20]), які виявили окремі автори, не впливають суттєво на показники спеціальної підготовленості гандболістів.

Таблиця 1

Морфологічні показники гандболістів високого рівня кваліфікації ($M \pm m$)

Показники	Гандболісти	Норма (здорові нетреновані особи)
Зріст, см	$186,0 \pm 1,3$	171,9–181,6
Вага, кг	$81,8 \pm 1,8$	65,1–79,3
Обвід грудної клітки, см	$101,3 \pm 0,9$	84–91
Об'єм серця, мл	$945,7 \pm 15,7$	650–670
Індекс маси тіла, $\text{кг}/\text{м}^2$	$23,6 \pm 0,31$	18,8–24,9
Грудно-зростовий індекс Бругша, %	$54,5 \pm 0,2$	50–55
Життєвий індекс, $\text{мл}/\text{кг}$	$58,0 \pm 0,94$	60–70
Індекс Пінью, у.о. (тип конституції)	$2,92 \pm 1,5$ (гіперстенічний тип)	10–30 (нормостенічний тип)

Грудно-зростовий індекс обстежених спортсменів становить у середньому $54,6 \pm 0,2\%$, що також відповідає нормі. У чотирьох спортсменів цей показник дещо вищий за 55% , що свідчить про широку грудну клітку. Життєвий індекс (ЖІ) у середньому становить $58,0 \pm 0,94$ мл/кг, що є нижчим за середній рівень ($60-70$ мл/кг) (див. табл. 1). Важливим є також соматотип спортсменів, основними показниками якого є форма грудної клітки, живота, ступінь розвитку мускулатури та підшкірної жирової клітковини, пропорції тіла. Основним типом конституції у групі гандболістів, який оцінювали за індексом Пінье, був гіперстенічний (12 осіб), лише в одного спортсмена виявлено нормостенічний тип конституції.

Важливими показниками функціонального стану центральної гемодинаміки є ЧСС, систолічний об'єм (СО) крові та хвилинний об'єм кровообігу (ХОК) (табл. 2). Як правило, у стані спокою низькі значення ЧСС опосередковано вказують на великий СО, який асоціюється із великими резервами збільшення ХОК [5].

Таблиця 2

Показники серцево-судинної системи гандболістів у стані спокою під час фізичних навантажень ($M \pm m$)

Показники	Спокій	Навантаження	%
ЧСС, уд./хв	$71,2 \pm 1,6$	$104,1 \pm 1,8^*$	146
СО, мл	$92,97 \pm 3,92$	$95,17 \pm 4,58$	102
СОн, мл	$79,08 \pm 1,07$	–	–
ХОК, л/хв	$6,61 \pm 0,32$	$9,91 \pm 0,52^*$	150
АТС, мм рт. ст.	$121,9 \pm 1,9$	$127,7 \pm 3,1^*$	105
АТД, мм рт. ст.	$75,6 \pm 1,7$	$79,7 \pm 2,9^*$	105
ПТ, мм рт. ст.	$46,31 \pm 2,29$	$48,00 \pm 2,93$	104
СТ, мм рт. ст.	$91,5 \pm 1,42$	$95,69 \pm 2,63^*$	105
СТн, мм рт. ст.	$80,00 \pm 0$	–	–
% СТ/СТн	$13,81 \pm 1,77$	$19,62 \pm 3,29^*$	105
ПО, дін/с·см ⁻⁵	$1130,60 \pm 54,22$	$802,25 \pm 55,67^*$	71
ІФЗ	$2,16 \pm 0,03$	$3,50 \pm 0,06^*$	109

Примітка: ЧСС – частота серцевих скорочень, СО – систолічний об'єм крові, СОн – належний систолічний об'єм крові, ХОК – хвилинний об'єм крові, АТС – артеріальний тиск систолічний, АТД – артеріальний тиск діастолічний, ПТ – пульсовий тиск, СТ – середній тиск, СТн – належний середній тиск, ПО – периферичний опір, ІФЗ – індекс функціональних змін; за 100 відсотків прийняті показники спокою; * – зміни під впливом фізичного навантаження статистично значущі ($p < 0,05$).

Згідно з нашими даними, у стані спокою ЧСС гандболістів перебуває в межах нормативних величин для здорових осіб ($65-83$ уд./хв [23]).

За даними Є. Н. Приступи та В. О. Тищенко [12, 13], величина ЧСС кваліфікованих гандболістів упродовж річного макроциклу коливається в межах $56,8-68,5$ уд./хв. Близькі величини ЧСС ($62,0$ уд./хв) спостерігали й інші дослідники [10, 26]. Таким чином, можна припустити, що для представників гандболу не характерні суттєві прояви брадикардії.

Величини артеріального тиску у групі обстежених гандболістів перебувають у межах нормативних показників для здорових осіб аналогічного віку. Близькі значення АТС ($118,2-124,5$ мм рт. ст.) та АТД ($75,94-85,12$ мм рт. ст.) вказано в літературних джерелах [12, 26]. Необхідно зазначити, що в цих дослідженнях виявлено певні коливання показників артеріального тиску упродовж річного макроциклу. Отримане у стані спокою значення СО крові спортсменів на 16% перевищує нормативні величини [3] та показники ($85,8-87,9$ мл) описані у дослідженнях інших авторів, які використовували методику тераполярної реоплетизмографії [12]. Водночас окремі дослідники виявили величину $121,1$ мл для СО крові кваліфікованих гандболістів [26]. Аналогічні до отриманих значень СО ($99,4$ мл) виявлено за методом ехокардіографії у спортсменів високої кваліфікації [21].

У стані спокою ХОК обстежених спортсменів становив $6,61 \pm 0,32$ л/хв. Літературні дані свідчать, що величини ХОК гандболістів змінюються упродовж річного макроциклу (від $4,68 \pm 1,12$ до $5,88 \pm 1,17$ л/хв) [12] та можуть досягати значних величин $7,53 \pm 2,0$ л/хв [26]. Таким чином, хоча у стані спокою ми не виявили виражену спортивну брадикардію, проте зареєстрували адаптивне підвищення систолічного об'єму серця гандболістів.

Для оцінювання рівня функціонування системи кровообігу досліджених гандболістів і характеристики її адаптаційного потенціалу визначено індекс функціональних змін (ІФЗ) за методикою Р. М. Баєвського та А. П. Берсенева [2, 6]. Установлено, що в досліджуваних гандболістів середня величина ІФЗ у стані спокою становила $2,16 \pm 0,03$ одиниці, що можна оцінити як стан задовільної адаптації. Після виконання фізичних вправ швидкісно-силового характеру величина ІФЗ зросла до $3,5 \pm 0,06$ одиниці, що можна охарактеризувати як стан напруження механізмів адаптації. Таким чином, хоча під впливом фізичних навантажень спостерігається закономірне підвищення напруженості функціонування регуляторних механізмів, проте величина цих змін у кваліфікованих спортсменів порівняно невелика. Це свідчить про високий рівень адаптації до фізичних навантажень.

Після виконання фізичних навантажень швидкісно-силового характеру спостерігається зростання ЧСС на 46%, ХОК – на 50% (див. табл. 2), зміни СО (на 2%) статистично недостовірні. Таким чином, зростання ХОК в основному зумовлене підвищенням ЧСС, а не збільшенням СО крові. На думку інших авторів [4], особливості змін показників центральної гемодинаміки відображають рівень функціональної підготовленості спортсменів. Зокрема, за умови відповідної реакції СО збільшувався на 50%, ХОК – на 63,5%, а периферичний опір судин ПО знижувався на 33,5%. Водночас у групі спортсменів з «дезадаптивною» реакцією на навантаження СО крові та ХОК зменшувалися на 36,9% а ПО зростав на 47,33%. Периферичний опір судин залежить від стану артеріол, які є основними регуляторами загального периферичного опору (ПО). Отже, фізичні навантаження, як правило, супроводжуються підвищенням сили скорочення міокарда, збільшенням ХОК та зниженням ПО. У разі інтенсивних фізичних навантажень, коли серцевий викид зростає у декілька разів, тиск крові підвищується меншою мірою через підвищену пропускну спроможність артеріол, обумовлених їх розширенням та зменшенням периферичного опору судин [1, 7, 8]. Під час фізичних навантажень еластичність судин підвищується, а периферичний опір знижується, що призводить до збільшення кровообігу в капілярах, прискорення руху крові великими судинами [11].

Виявлено, що після виконання швидкісно-силових вправ у гандболістів спостерігаються невеликі зміни показників артеріального тиску (див. табл. 2): систолічний (АТС) та діастолічний (АТД) підвищилися на 5%, а пульсовий (ПТ) не зазнав статистично значущих змін (4%). Такі зміни артеріального тиску, очевидно, пов'язані зі змінами периферичного опору судин. Установлено, що в досліджуваних гандболістів ПО після вправ швидкісно-силового характеру зменшився на 29% (див. табл. 2). У семи спортсменів після фізичних навантажень ПО був у межах 600–800 дін/с·см⁻⁵, у п'яти – у межах 800–1000 дін/с·см⁻⁵ і в одного менше ніж 600 дін/с·см⁻⁵. Таким чином, виконання кваліфікованими гандболістами навантажень швидкісно-силового характеру супроводжується значною вазодилатацією, що відображає адаптаційні зміни у функціонуванні серцево-судинної системи.

Невеликі зміни СО крові, зареєстровані у гандболістів під впливом швидкісно-силових вправ, зумовлюють відсутність значущих відмінностей між величинами ударного індексу (УІ) до та після навантажень (табл. 3).

Таблиця 3

Індекси функціонального стану серцево-судинної системи гандболістів у стані спокою та під час фізичних навантажень (M±m)

Показники	Спокій	Навантаження	%
УІ, мл/м ²	45,43±1,72	46,63±2,33	103
IAT, у.о.	440 ± 0,45	-1,73± 0,9*	-
ВІ, %	- 6,94±3,53	23,36±2,57*	-
СІ, мл/(хв·м ²)	3239,31±157,07	4859,73±271,62*	150
ІК, мл/(мл/хв)	81,19±3,99	122,08±7,31*	150
ІПО, ×10 ⁵ дін ² ·с·см ⁻⁵	9,04 ± 0,5	6,43 ± 0,5*	71

Примітка: ВІ – вегетативний індекс,

УІ – ударний індекс,

СІ – систолічний індекс,

ІК – індекс кровообігу,

ІПО – індекс периферичного опору,

IAT – індекс адаптотропності;

за 100 відсотків взято показники спокою;

* – зміни під впливом фізичного навантаження статистично значущі ($p < 0,05$).

Аналіз індексу адаптотропності (IAT) дав змогу встановити, що у всіх досліджуваних гандболістів у стані спокою переважає інотропний механізм регуляції. Підтвердженням цього є високі значення СО крові гандболістів у спокої. Проте після фізичних навантажень швидкісно-силового характеру у чотирьох спортсменів (31%) зберігається інотропний, а у дев'яти (69%) – хронотропний механізм адаптації до застосованих фізичних навантажень. Таким чином, виявлені зміни IAT підтверджують, що основним механізмом мобілізації резервів серцево-судинної системи під час навантажень у них є підвищення ЧСС.

Ми зареєстрували достовірні зміни вегетативного індексу (ВІ), який після фізичних навантажень набуває додатних значень та значно зростає. Це вказує на значне зростання тону симпатичного відділу автономної нервової системи. Такі виражені зміни можуть вказувати на адаптацію регуляторних механізмів до регулярних фізичних навантажень.

Характеристикою рівня адаптації серцево-судинної системи спортсменів до фізичних навантажень може бути опис типу кардіогемодинаміки гандболістів (див. табл. 3). Для цього визначено серцевий індекс (СІ) за співвідношенням ХОК до площі поверхні тіла. Установлено, що у всіх досліджуваних спортсменів цей показник в середньому становить 3,24±0,16 мл/(хв·м²) у стані спокою, а після виконання швидкісно-силових вправ СІ зріс на 50% (до 4,86 ± 0,27 мл/(хв·м²)). Отже, згідно з одержаними результатами, для гандболістів характерний еукінетичний тип кардіогемо-

динаміки ($CI < 2,79 \text{ л}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$), більш економний, що сприяє розкриттю резервних можливостей ССС спортсменів. Після виконання швидко-силових вправ у чотирьох спортсменів (31 %) зберігається еукінетичний тип кардіогемодинаміки, а у дев'яти спортсменів (69 %) – гіперкінетичний тип ($CI > 4,19 \text{ л}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$), який характеризується меншими функціональними резервами серця. За даними інших дослідників [9], CI гандболістів високої кваліфікації становить $2,67\text{--}2,69 \text{ л}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$, у стані спокою переважає гіпокінетичний тип кардіогемодинаміки (80 % у групі МСМК та 58,6 % у групі МС). Добре узгоджуються з нашими даними показники CI , які виявили Л. Цехмістро та Н. Іванова – $3,63 \pm 1,0 \text{ л}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$ [26].

Індекс кровообігу (ІК) після виконання навантаження швидко-силового характеру збільшився на 50 % (до $122,08 \pm 7,31 \text{ мл}/(\text{мл}/\text{хв})$). Водночас ці зміни мали індивідуальний характер, у двох спортсменів не відбулося значущих змін цього показника після фізичного навантаження. Закономірним після фізичного навантаження є зменшення індексу периферичного опору, що є наслідком адаптивної вазодилатації.

Висновки і перспективи подальших пошуків:

1. Установлено, що для гандболістів характерні високий зріст, значна вага тіла та обвід грудної клітки, у більшості гравців індекс маси тіла ($23,6 \pm 0,31 \text{ кг}/\text{м}^2$) коливається в межах нормативних значень. Обвід грудної клітки пропорційний до зросту, хоча життєвий індекс

($58,0 \pm 0,94 \text{ мл}/\text{кг}$) нижчий за середній рівень. Основним типом конституції обстежених гандболістів був гіперстенічний.

2. У стані спокою не виявлено вираженої спортивної брадикардії, проте зареєстровано адаптивне підвищення систолічного об'єму крові ($92,97 \pm 3,92 \text{ мл}$) у гандболістів. Значення індексу функціональних змін ($2,16 \pm 0,03 \text{ у.о.}$) вказує на стан задовільної адаптації, тип кардіогемодинаміки – еукінетичний (серцевий індекс $3,24 \pm 0,16 \text{ л}/(\text{хв}\cdot\text{м}^2)$).

3. Після виконання гандболістами фізичних навантажень швидко-силового характеру спостерігається виражена тахікардія та вазодилатація, що не супроводжується значними змінами систолічного об'єму крові. Величина індексу функціональних змін зросла до $3,5 \pm 0,06$ одиниці, що можна охарактеризувати як стан напруження механізмів адаптації.

4. Виявлено індивідуальні особливості впливу фізичних навантажень швидко-силового характеру на організм спортсменів, що проявляються в різних механізмах адаптації (31 % – інотропний, 69 % – хронотропний) та різних типах кардіогемодинаміки (31 % – еукінетичний, 69 % – гіперкінетичний).

Виявлені індивідуальні відмінності адаптаційних змін під впливом швидко-силових навантажень можуть стати основою оцінювання рівня адаптації серцево-судинної системи спортсменів до фізичних навантажень.

Список використаних джерел

1. Ачкасов Е. Е. Влияние физической нагрузки на основные параметры сердечной гемодинамики и частоту сердечных сокращений / Е. Е. Ачкасов, А. П. Ландырь // Спортивная медицина: наука и практика. – 2012. – № 2. – С. 38–46.
2. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Москва : Медицина, 1997. – 256 с.
3. Дрозд И. П. Определение индивидуальной радиорезистентности человека / И. П. Дрозд, М. Ю. Гриджук, И. О. Мукалов. – Saarbrücken : LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 197 с.
4. Евдокимов Е. И. Контроль реакции сердечно-сосудистой системы спортсменов на дозированную физическую нагрузку как способ предупреждения патологических состояний / Е. И. Евдокимов, В. А. Голец // Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – 2008. – № 6. – С. 32–41.
5. Зміни частоти серцевих скорочень під час виконання субмаксимального навантаження / О. П. Єлісєєва, Д. В. Камінський, Х. О. Семен [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2012. – Т. 58, № 3. – С. 60–72.
6. Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – Москва : – Физкультура и спорт, 1988. – 207 с.
7. Кирьянова М. А. Методика комплексной оценки центрального и периферического кровообращения квалифицированных спортсменов с учетом специфики мышечной деятельности / М. А. Кирьянова, И. Н. Калинина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 4(88). – С. 13–20.
8. Кирьянова М. А. Особенности центральной гемодинамики у спортсменов-пловцов с учетом характера мышечной деятельности / М. А. Кирьянова, И. Н. Калинина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 6(90). – С. 15–21.
9. Михалюк Є. Л. Стан центральної гемодинаміки, варіабельності серцевого ритму та фізичної працездатності у гандболістів екстра-класу / Є. Л. Михалюк // Фізіологічний журнал. – 2009. – Т. 55, № 2. – Р. 72–75.

10. Михалюк Є. Л. Діагностика граничних та патологічних станів при крайніх фізичних навантаженнях в олімпійському та професіональному спорті : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. мед. наук : [спец.] 14.01.24 «Лікувальна фізкультура та спортивна медицина» / Михалюк Євген Леонідович – Дніпропетровськ, 2007. – 38 с.
11. Олексенко І. М. Порівняльний аналіз показників центральної гемодинаміки у спортсменів-дзюдоїстів високої кваліфікації / І. М. Олексенко // Медична інформатика та інженерія. – 2011. – № 3. – С. 63–70.
12. Приступа Є. Особливості змін фізіологічних показників кваліфікованих гандболістів упродовж річного макроциклу / Є. Приступа, В. Тищенко. // Фізична активність, здоров'я і спорт. – 2015. – № 3(21). – С. 49–56.
13. Приступа Є. Н. Аналіз стану вегетативного гомеостазу кваліфікованих гандболістів / Приступа Є. Н., Тищенко В. О. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2015. – № 12. – С. 82–86. <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.1212>
14. Сокол А. П. Функціональні особливості центрального кровообігу у спортсменів, які займаються різними видами спорту / А. П. Сокол, О. В. Усова, О. П. Гриневиц // Актуальні питання біології, екології та хімії. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 111–122.
15. Тищенко В. О. Функціональний стан кваліфікованих гандболістів у підготовчому періоді річного макроциклу / В. О. Тищенко // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2013. – № 5. – С. 252–256.
16. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development / R. J. Kuczmarski, C. L. Ogden, S. S. Guo // Vital Health Stat. – 2002. – N11. – P. 1–190.
17. Anthropometric and fitness profile of high-level basketball, handball and volleyball players / J. Pena, D. Moreno-Doutres, J. Coma [et al.] // Rev Andal Med Deporte. – 2018. – № 11(1). – P. 30–35.
18. Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: influence of playing position / R. Schwesig, S. Hermassi, G. Fieseler [et al.] // The Journal of Sports Medicine and physical fitness. – 2017. – Vol. 57(11). – P. 1471–1478. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06413-6
19. Anthropometric characteristics and functional capacity of elite rowers and handball players / D. Karaba Jakovljević, G. Jovanović, M. Erić [et al.] // Med Pregl. – 2016. – Vol. 69. – P. 267–273.
20. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players / A. Chaouachi, M. Brughelli, L. Gregory [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2009. – Vol. 27. – P. 151–157.
21. Caselli S. Left ventricular systolic performance is improved in elite athletes / S. Caselli, R. Di Pietro, F. Di Paolo // European Journal of Echocardiography. – 2011. – Vol. 12. – P. 514–519. doi:10.1093/ejehocardi/jer071
22. Łaskia-Mierzejewska T. Ćwiczenia z antropologii i Łaskiej-Mierzejewskiej T. // Zeszyt naukowo-metodyczny. – Warszawa, 2008. – P. 171.
23. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies / S. Fleming, M. Thompson, R. Stevens [et al.] // Lancet. – 2011. – Vol. 377. – P. 1011–1018. doi: 10.1016/S0140-6736(10)62226-X
24. Prystupa E. Peculiar properties and dynamics of physiological indicators in Handball team / E. Prystupa, V. Tyshchenko. // Journal of Physical Education and Sport – 2017. – Vol. 17(1). – С. 335–341. DOI:10.7752/jpes.2017.01049
25. Sport-Specific Morphology Profile: Differences in Anthropometric Characteristics among Elite Soccer and Handball Players / M. Gusic, S. Popovic, S. Molnar et al. // Sport Mont. – 2017. – Vol. 1. – P. 3–6.
26. Tsekhmistro L. Athlete's cardio-vascular system's functional state before and after use of pharmaceutical drugs / L. Tsekhmistro, N. Ivanova. // Sport Science. – 2018. – № 2(92). – P. 63–69. DOI: <http://dx.doi.org/10.15823/sm.2018.19>

References

1. Ачкасов ЕЕ, Ландырь АП. Влияние физической нагрузки на основные параметры сердечной гемодинамики и частоту сердечных сокращений. Спортивная медицина: наука и практика. 2012;2:38–46.
2. Баевский РМ, Берсенева АП. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. Москва: Медицина; 1997.
3. Дрозд ИП, Гриджук МЮ, Мукалов ИО. Определение индивидуальной радиорезистентности человека. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing; 2014.
4. Евдокимов ЕИ, Голец ВА. Контроль реакции сердечно-сосудистой системы спортсменов на дозированную физическую нагрузку как способ предупреждения патологических состояний. Физическое воспитание студентов творческих специальностей. 2008;6:32–41.
5. Єлісєєва ОП, Камінський ДВ, Семен ХО, Мисаковець ОГ, Челпанова ІВ, Куркевич АК. Зміни частоти серцевих скорочень під час виконання субмаксимального навантаження. Фізіологічний журнал. 2012;58(3):60–72.
6. Карпман ВЛ, Белоцерковский ЗБ, Гудков ИА. Тестирование в спортивной медицине. Москва: Физкультура и спорт; 1988.
7. Кирьянова МА, Калинина ИН. Методика комплексной оценки центрального и периферического кровообращения квалифицированных спортсменов с учетом специфики мышечной деятельности. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2011;88(4):13–20.
8. Кирьянова МА, Калинина ИН. Особенности центральной гемодинамики у спортсменов-пловцов с учетом характера мышечной деятельности. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2011;90(6):15–21.

9. Михалюк ЄЛ. Стан центральної гемодинаміки, варіабельності серцевого ритму та фізичної працездатності у гандболістів екстра-класу. *Фізіологічний журнал*. 2009;55(2):72–5.
10. Михалюк ЄЛ. Діагностика граничних та патологічних станів при крайніх фізичних навантаженнях в олімпійському та професіональному спорті [автореферат]. Дніпропетровськ; 2007.
11. Олексенко ІМ. Порівняльний аналіз показників центральної гемодинаміки у спортсменів-дзюдоїстів високої кваліфікації. *Медична інформатика та інженерія*. 2011;3:63–70.
12. Приступа Є, Тищенко В. Особливості змін фізіологічних показників кваліфікованих гандболістів упродовж річного макроциклу. *Фізична активність, здоров'я і спорт*. 2015;21(3):49–56.
13. Приступа ЄН, Тищенко ВО. Аналіз стану вегетативного гомеостазу кваліфікованих гандболістів. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2015;12:82–6.
14. Сокол АП, Усова ОВ, Гриневич ОП. Функціональні особливості центрального кровообігу у спортсменів, які займаються різними видами спорту. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2014;8(2):111–22.
15. Тищенко ВО. Функціональний стан кваліфікованих гандболістів у підготовчому періоді річного макроциклу. *Слобожанський науково-спортивний вісник*. 2013;5:252–6.
16. Kuczumski RJ. 2000 CDC growth charts for the United States: methods and development. Hyattsville, MD: Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics; 2002.
17. Peña J, Moreno-Doutres D, Coma J, Cook M, Buscà B. Anthropometric and fitness profile of high-level basketball, handball and volleyball players. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2018;11(1):30–5.
18. Schwesig R, Hermassi S, Fieseler G, Irlenbusch L, Noack F, Delank KS, Shephard RJ, Chelly MS Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: influence of playing position. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness*. 2017;57(11):1471–8.
19. Karaba-Jakovljevic D, Jovanovic G, Eric M, Klasnja A, Slavic D, Lukac D. Anthropometric characteristics and functional capacity of elite rowers and handball players. *Medical review Medicinski pregled*. 2016;69(9–10):267–73.
20. Chaouachi A, Brughelli M, Levin G, Boudhina NBB, Cronin J, Chamari K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*. 2009;27(2):151–7.
21. Caselli S, Pietro RD, Paolo FMD, Pisicchio C, Giacinto BD, Guerra E, et al. Left ventricular systolic performance is improved in elite athletes. *European Journal of Echocardiography*. 2011;12(7):514–9. doi:10.1093/ejehocard/er071
22. Łaskia-Mierzejewska T. *Ćwiczenia z antropologii*. Warszawa; 2008.
23. Fleming S, Thompson M, Stevens R, Heneghan C, Plüddemann A, Maconochie I, et al. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. *The Lancet*. 2011;377(9770):1011–8.
24. Prystupa E, Tyshchenko V. Peculiar properties and dynamics of physiological indicators in Handball team. *Journal of Physical Education and Sport*. 2017;17(1):335–41.
25. Gusic M, Popovic S, Molnar S, Masanovic B, Radakovic M. Sport-Specific Morphology Profile: Differences in Anthropometric Characteristics among Elite Soccer and Handball Players. *Sport Mont*. 2017;15:3–6.
26. Tsekhmistro L, Ivanova N. Athlete's cardio-vascular system's functional state before and after use of pharmaceutical drugs. *Sporto mokslas / Sport Science*. 2018;2(92):63–9.

Стаття надійшла до редколегії 28.11.2018

Прийнята до друку 10.12.2018

Підписана до друку 28.12.2018