

DOI: 10.26693/jmbs07.06.172

УДК 796(077.5+015.6)+612.3

Босенко А. І.¹, Орлик Н. А.¹,

Топчій М. С.¹, Донець І. О.²

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙНИХ РЕАКЦІЙ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ ДІВЧАТ НА ОКРЕМИХ ЕТАПАХ ОНТОГЕНЕЗУ

¹Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Одеса, Україна

²Академія Державної пенітенціарної служби,
Чернігів, Україна

Мета – спираючись на дані динаміки частоти серцевих скорочень проаналізувати особливості адаптаційних реакцій організму дівчат на окремих етапах онтогенезу.

Матеріал і методи. Обстежені дівчата чотирьох вікових груп від 7 до 22 років за умов виконання оригінальної моделі дозованого пилкоподібного фізичного навантаження. Використані методи теоретичного аналізу й узагальнення наукової та методичної літератури, анкетування, антропометрія, усне опитування щодо загального самопочуття обстежуваних, велоергометрія, артеріальна тонометрія, електрокардіографія, варіаційна пульсометрія, статистичні методи обробки результатів досліджень.

Результати. Отримано оригінальні дані, що базуються на використанні новітньої комплексної методології, яка вперше розроблена та апробована в ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського». За антропометричними показниками обстежені дівчата достовірно не відрізнялися від своїх одноліток за нормативами Одеського регіону. Особливості динаміки частоти серцевих скорочень при пилкоподібних фізичних навантаженнях (за старою попередньою термінологією – за замкнутим циклом) характеризуються підвищенням економізації й удосконаленням регуляції системи кровообігу і виражаються у зменшенні пульсової реакції у різні фази роботи, відносній стабілізації інерційності системи у відповідь на зміну напрямку навантаження, посиленні з віком вираженості вагусних і холінергічних впливів у регуляції екстракардіальної функції, що забезпечує вищий рівень працездатності у більш старших дівчат ($p < 0,001$). За цих умов при стабільно однаковій у всіх вікових групах ($p > 0,05$) середній частоті серцевих скорочень за весь період тестування пульсова вартість виконаної роботи зростала у 2,65 рази ($p < 0,001$) з

476,36±26,46 ударів у 7–8 років до 1262,21±50,79 скорочень у 21–22 роки. З метою поширення методики і впровадження в практику розроблено орієнтовні нормативні таблиці щодо функціональних можливостей обстеженого контингенту дівчат 14–15 років.

Висновки. Встановлено, що із завершенням біологічного, зокрема статевого, дозрівання дівчат, реакції забезпечуючих та регуляторних систем на пилкоподібні навантаження набувають більшої адекватності. Це відображується в тому, що з віком динаміка частоти серцевих скорочень обстежених дівчат впродовж тестування характеризується зменшенням її вихідних значень, реактивності, ступеню приросту у відповідь на підвищення потужності навантаження, встановленням діапазону інертності та кращим поточним відновленням. Отримані дані з фізичної працездатності як інтегрального критерію функціональних можливостей свідчать про її зростання у дівчат з віком ($p < 0,001$) та вдосконалення механізмів мобілізації резервів адаптації. Підтверджено інформативність та відповідність вимогам стандартизації тесту з пилкоподібною зміною потужності навантаження та показників ЧСС протягом його виконання за умов їх індивідуальної оцінки.

Ключові слова: дівчата різного віку, онтогенез, фізичні навантаження, частота серцевих скорочень, адаптаційні реакції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри біології і охорони здоров'я Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» «Системна адаптація до фізичних і розумових навантажень на окремих етапах онтогенезу людини» (№ державної реєстрації 0109U000206), «Адаптація дітей і молоді до

навчальних та фізичних навантажень (юнаки 17–21 років)» (№ державної реєстрації 0114U007158), «Оцінка індивідуального здоров'я та підвищення адаптаційних можливостей дітей і молоді засобами здоров'язбережувальних освітніх технологій» (№ державної реєстрації 0120U002012).

Вступ. Проведений аналіз сучасних літературних джерел з обраної теми досліджень свідчить про подальші демографічну кризу та зниження рівня здоров'я підлітків і молоді України та інших держав [1, 2, 3]. У нашій державі на етапі реформування освітянської та медичної сфери такі чинники, як карантинні заходи у зв'язку із пандемією COVID-19 та введення воєнного стану у відповідь на військову агресію Російської Федерації, поглибили усі проблеми щодо формування стану здоров'я зростаючого покоління.

На сьогодні у світі, зокрема в Україні, загострилися, як мінімум три аспекти демографічної кризи. По-перше, спостерігається зростання віку осіб з першим народженням дитини, погіршення репродуктивного здоров'я молоді [4–9]. До того ж, збільшується кількість народжених дітей із різними вадами, які, не виключено, формуються під впливом тератогенних чинників ще у пренатальному періоді. Водночас рівень медико-біологічного забезпечення цієї категорії осіб потребує суттєвого покращення.

По-друге, велике занепокоєння у фахівців викликає факт зростання біологічного віку сучасної молоді порівняно із календарним (хронологічним), що характеризує процес старіння населення України взагалі та дітей молодшого шкільного віку, підлітків та молоді, зокрема. Означена тенденція відмічається уже у школярів початкових класів, не кажучи про старших учнів, студентську молодь і осіб 1-го зрілого віку. Так, за даними джерел наукової літератури, біологічний вік дітей 7–8 років більше паспортного на 1,5–2,0 роки з невеликою статевою різницею. Надзвичайно високу різницю між біологічним та паспортним віком для підростаючого покоління наводять Н. Фединяк, Б. Мицкан [5]. Проблема залишається скрутною й у представників студентства – ця різниця становить 10–15 і більше років. Достатньо гостро цей феномен виявляється також у осіб 1-го зрілого віку – періоду оптимальної репродуктивної активності, які старші за біологічним від 3 до 17 років [10–14].

По-третє, за даними світової наукової літератури, на сьогодні спостерігається виражена загрозлива тенденція щодо падіння інтелектуального рівня розвитку сучасної молоді [15–17]. Прогнозується, що у ближчі 1000 років зниження інтелекту людини досягне рівня дебілізму. В Україні, на жаль, означена проблема також виявлялася протягом останнього десятиріччя. Особливо слід

відзначити роботи і дискусійні виступи професора Г. Л. Апанасенка, який у роботі «Биологическая деградация HOMO SAPIENS: пути противодействия» та ін., одним із перших б'є на спалах з цього приводу [15].

Резюмуючи вищенаведене, зазначимо, що всі аспекти проблеми здоров'я і профілактики захворювань є ланками одного ланцюжка, який починає формуватися ще у пренатальному періоді і прогресує на подальших етапах онтогенезу, й що вони у теперішній час занадто загострилися, є актуальними і потребують глибокого вивчення.

Головна роль в забезпеченні адекватних процесів адаптації організму молодого покоління до умов сьогоденної життєдіяльності належить серцево-судинній системі (ССС). Одним із популярних екстракардіальних показників є частота серцевих скорочень (ЧСС), яка тісно пов'язана із віком, статтю, рівнем рухової активності, а її динаміка – з впливом зовнішніх та внутрішніх чинників, зокрема, фізичного навантаження. Досліджень, присвячених вивченню стану СССР за умов різноманітних інформаційних навантажень, проведено чимало [9, 18, 20, 21], але водночас відчувається потреба у результатах досліджень вікової динаміки адаптаційних можливостей дітей і молоді в онтогенезі, особливо за умов основного виду діяльності – освітньої. Останні дані свідчать, що навчання в школі і закладах вищої освіти обумовлює недостатню рухову активність, викликає різні порушення здоров'я у майже 95% молоді [10, 13, 22–25]. Особливо важливі подібні дослідження серед осіб жіночої статі на різних етапах онтогенезу, оскільки саме в періоді раннього онтогенезу, пубертатного та постпубертатного росту і розвитку найчастіше виникають негативні зміни в організмі, що знижують розумову і фізичну працездатність, обмежують адаптацію до навчальної і майбутньої трудової діяльності [11, 20, 26–28]. Оцінка стану здоров'я у функціональній діагностиці забезпечується проведенням спеціальних проб і тестів, іноді комплексних, з використанням фізичних навантажень різної модальності, з реєстрацією низки критеріїв, як-от артеріальний тиск, частота дихання, ЧСС та ін. Однак, необхідно зауважити, що до інформативності і об'єктивності ЧСС існують суперечливі відношення: з одного боку, цей критерій набув широкої популярності у любителів і професіоналів фізичної культури і спорту, з іншого – висловлюються думки щодо необхідності обережного відношення до ЧСС як критерію оцінки впливу різних чинників, зокрема, фізичних вправ, особливо за умов групових занять [18, 21, 26, 29, 30]. Останнє спонукає до досліджень адаптаційних процесів дітей і молоді саме з використанням

екстракардіального показника – частоти серцевих скорочень.

Мета дослідження – спираючись на дані динаміки частоти серцевих скорочень проаналізувати особливості адаптаційних реакцій організму дівчат на окремих етапах онтогенезу.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проводилося на кафедрі біології і охорони здоров'я Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» в лабораторії вікової фізіології спорту імені Т. М. Цонєвої з дотриманням основних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2013 рр.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р.

Обстежені дівчата п'яти вікових груп [I (7–8 років), n=31; II (11–12 років), n=29; III (14–15 років), n=28; IV (17–18 років), n=23; V (21–22 років), n=25] за умов виконання дозованого пілкоподібного фізичного навантаження. Кожну учасницю особисто поінформовано щодо обов'язків та прав і можливості завершити дослідження у будь-який момент його проведення без наслідків та пояснення причин своїх дій. Батьки неповнолітніх дітей надали письмову згоду на проведення обстеження.

Дослідження проводилося в стандартних умовах, у першій половині дня, в спеціальному екранованому приміщенні – камері, що забезпечена вентиляцією та кондиціонером, які підтримували оптимальну сталу температуру та склад повітря. В приміщенні камери обстежений був звільнений від побічного впливу сторонніх звуків і світла, прилади – захищені від електромагнітних полів та мережевих перешкод.

Попередньо проведені анкетування, антропометрія, безпосередньо перед початком тестування проводилося усне опитування загального самопочуття обстежених, реєструвалися показники артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, варіабельності серцевого ритму, за даними електрокардіографії, перед початком тестування, на індивідуальній вершині навантаження, в кінці навантаження і на п'ятій хвилині відновлення.

Визначення ступеню статевого розвитку дівчаток пубертатного віку, як це допускається в дослідженнях, в задачу яких не входить точна характеристика гормонального профілю, забезпечувала лікарка з великим досвідом подібних обстежень. Використаний метод статевої формули, за яким встановлювалися стадії розвитку основних вторинних статевих ознак, а саме: стадій розвитку молочних залоз, оволосіння пахових впадин та

лобка. Становлення менструальної функції відмічалось тільки за констатацією відсутності або наявності менструацій (Me+, Me-). В основу оцінювання покладена широко розповсюджена шкала J. Tanner [31, 32].

Всі дослідження проводилися при позитивній оцінці самопочуття.

В якості м'язової роботи обстежені виконували педалювання з частотою у 60 об/хв на велоергометрі ВЕД-12, при якому потужність навантаження змінювалася з постійною швидкістю (33 Вт/хв) – спочатку підвищувалася від нуля до певного рівня частоти серцевих скорочень (ЧСС=150–155 уд/хв), а потім з тією ж швидкістю знижувалася до нуля (Давиденко Д. М. і співавт. [33]).

Вважаємо, що подання фізичного навантаження, яке попередньо мало назву «за замкнутим циклом» доречно було би змінити на «пілкоподібне», оскільки динаміка потужності навантаження відбувалася саме за цією моделлю (з реверсом). Термін «замкнутий цикл» використовувати по відношенню до змін ЧСС, динаміка залежності якої від потужності навантаження в процесі тестування реєструвалася у вигляді так званої петлі гістерезису, яка комплексно характеризує адаптивні можливості організму (рис. 1).

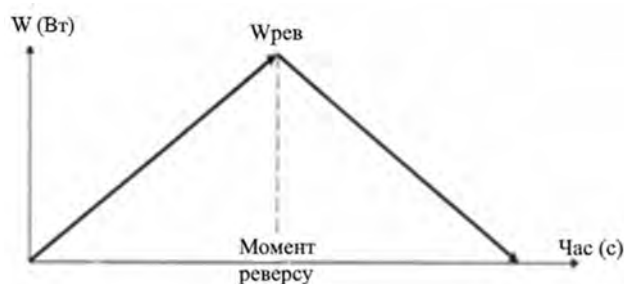


Рис. 1 – Схема зміни потужності навантаження при пілкоподібній моделі її реалізації. $W_{рев}$ реверсу відповідає ЧСС, рівній 150–155 уд/хв

Отже, ця методика, на відміну від тестів PWC_{170} , синусоїдальних, сходинкових, безперервних та інших моделей, дозволяє інтегрально визначити низку показників фізичної працездатності, серцево-судинної системи, стан та особливості регуляторного та енергетичного забезпечення адаптаційних реакцій організму. Вона розцінюється як більш інформативна, яка займає менше часу і не вимагає високого напруження забезпечуючих і регуляторних систем. Методику Д. М. Давиденка і співавт. [33] модернізовано і покладено на комп'ютерну основу [34], завдяки чому підвищилася оперативність і об'єктивність досліджень, з'явилася можливість архівування та аналізу матеріалів.

Результати дослідження оброблені з використанням пакета аналізу даних програми Microsoft Excel і SPSS 20.0. Для кожного критерію визначали середню арифметичну (M), середнє квадратичне відхилення (σ), помилку середньої арифметичної (m), показник розсіювання (розкиду, R) коефіцієнт варіації (V). У визначенні достовірності відмінностей характеристик обстежуваних незалежних вибірок з нормальним розподілом використовувався t -критерій Стюдента, з ненормальним – критерій Мана-Уїтні [35, 36].

Результати дослідження та їх обговорення. В дослідженнях взяли участь 136 дівчат віком від 7 до 22 років. Обстежені не займалися жодним видом спорту, не відвідували спортивні гуртки та фітнес клуби, їх фізична активність полягала у заняттях з фізичного виховання в закладах освіти, що передбачені навчальним планом. За останнім медичним оглядом дівчата були практично здорові. Із настанням менархе обстежені мали регулярний менструальний цикл тривалістю 28–32 дні, не мали операцій та травм, не приймали контрацептиви і ліки, які будь-яким чином впливали б на їх функціональні можливості.

За антропометричними показниками обстежені дівчата достовірно не відрізнялися від своїх одноліток Одеського регіону [9, 18, 20, 26, 28, 37].

Група показників ЧСС в процесі навантажувального тестування була прийнята за основну для вирішення поставленої мети. Динаміку частоти серцевих скорочень оцінювали за 7 показниками (рис. 2): частота серцевих скорочень початкова (ЧССпоч, уд/хв), яка реєструвалася на перших секундах роботи, коли потужність навантаження ще була нульовою; частота серцевих скорочень порогова (ЧССпор, уд/хв) – визначалася в момент виходу організму з перехідної фази впрацювання на ізоакселераційну фазу.

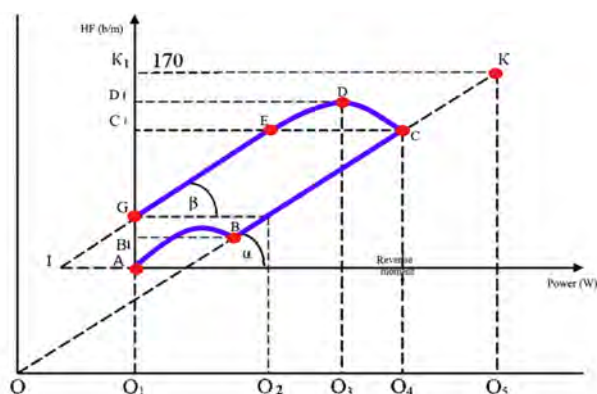


Рис. 2 – Схема динаміки частоти серцевих скорочень при пілкоподібній моделі тестування (за [33] доопрацьований [34]), де: А – ЧСС вихідна, В – ЧСС порогова, С – ЧСС реверсу, D – ЧСС максимальна, G – ЧСС виходу з навантаження

Частота серцевих скорочень на реверсі навантаження (ЧССрев, уд/хв) відповідала моменту зміни потужності навантаження в сторону зменшення; частота серцевих скорочень максимальна (ЧССтах, уд/хв) – найбільшій частоті серцевих скорочень у перехідній фазі відновлення після реверсу; частота серцевих скорочень виходу з навантаження (ЧССвих, уд/хв) реєструвалася в момент закінчення тестування; частота серцевих скорочень середня (ЧССсрд, уд/хв) характеризувала середнє значення пульсу впродовж всього тестування; пульсова вартість ($L_{\text{пульс}}$, уд) – загальну кількість ударів серця за весь період велоергометричного тестування.

Із семи показників групи фізичної працездатності використано тільки один – загальний час виконаної велоергометричної роботи – Тзаг (хв).

За віковою фізіологічною періодизацією дівчата I групи знаходилися на межі першого та другого дитинства. II і III групи відповідали початковому і кінцевому періодам статевого дозрівання, відповідно. Аналіз отриманих даних статевого дозрівання дівчаток показав, що в представленому віці обстежені знаходилися на різних стадіях розвитку. Порівняльний аналіз даних статевого дозрівання дівчаток підліткового віку Одеського регіону виявив найбільш бурхливі пубертатні процеси у 12–13 років. Встановлено, що на першій стадії статевого дозрівання знаходилось 25,6 %, на другій – 51,2 %, третьої стадії статевого розвитку досягли 23,2 % обстежених дітей. Проведені дослідження свідчать про те, що відсутність менструального циклу у дівчаток віком 12–13 років спостерігалась в 42,9 % випадків. Школярки, у яких вже відбулися 1–2 менструації на момент огляду, становили – 11,9 %. Приблизно у такої самої кількості обстежених проходили нерегулярні менструальні кровотечі – 14,3 %. Регулярний менструальний цикл встановився у 30,9 % дівчаток. Під час опитування виявилось, що у деяких школярок менархе розпочалося ще в 11 років 3 місяці. Початок менструацій у дівчаток раніше, ніж 12 років вважається фізіологічно раннім, а після 14 років – пізнім. За даними І. Р. Бариліака і співавт. [37], середній вік появи менархе у дівчаток України становить 12 років 7 місяців ($12,64 \pm 1,19$). Тож у обстежених нами дівчаток підліткового періоду відмічалось випередження термінів першої Ме на 11–15 місяців (30,9 %) порівняно з середніми показниками по Україні, що характерно для мешканців південних регіонів [5–7, 13, 39–41].

Отже, дівчатка знаходилися в періоді активного статевого дозрівання, посилені прибавки маси та довжини тіла. Для цього періоду характерні значні функціональні зрушення у більшості систем організму. В 15 років практично всі обстежені

дійшли дефінітивного рівня статевого дозрівання та мали регулярний менструальний цикл тривалістю 28–32 дні.

За умовами тестування час зміни напрямку зростання потужності навантаження залежав від швидкості приросту пульсу до ЧСС_{рев} у

150–155 уд/хв. Результати дослідження свідчать, по-перше, про зростання з віком пульсової межі здійснення реверсу, по-друге, – про прогресивне збільшення потужності реверсу і, відповідно, загальної працездатності як інтегрального критерію функціональних можливостей організму (табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка серцевих скорочень дівчат різних вікових груп при пілкоподібній моделі подання навантаження (M±m)

Показники \ Групи	I (7–8 років), n=31	II (11–12 років), n=29	III (14–15 років), n=28	IV (17–18 років), n=23	V (21–22 років), n=25
Тзаг, хв	3,40±0,19	6,38±0,23*	7,69±0,26*	8,69±0,37 [▲]	<u>9,71±0,46</u>
ЧСС _{поч} , уд/хв	115,72±3,41	102,78±2,11 [#]	97,31±2,36	89,41±2,57 [▲]	<u>88,71±3,61</u>
ЧСС _{спор} , уд/хв	124,44±2,69	107,00±2,11*	100,82±1,93 [▲]	96,92±1,97	<u>95,71±3,37</u>
ЧСС _{рев} , уд/хв	154,9±0,63	153,45±0,91	153,35±1,02	153,10±0,61	155,21±0,86
ЧСС _{стах} , уд/хв	161,76±1,02	159,14 ±1,14	157,04±1,16	156,85±0,48	159,71±0,78 [▼]
ЧСС _{свих} , уд/хв	131,16±1,67	121,44±3,26 [#]	119,89±2,29	122,77±1,75	<u>113,4±3,06[▲]</u>
ЧСС _{срд} , уд/хв	143,12±0,96	131,29±1,33*	132,29±1,24	131,51±1,19	130,14±1,65
Лпульс, уд	476,36±26,46	848,2±23,53*	1020,79±34,06*	1173,00±43,68*	<u>1262,21±50,79</u>

Примітки: * – p<0,001, # – p<0,002, ▼ – p<0,01, ▲ – p<0,05 до попередньої групи; підкреслене – p<0,001 між групами V і I

Від 7 до 22 років час роботи із зміною потужності за пілкоподібною схемою зріс у 2,86 рази (185,6 %) з 3,40±0,19 до 9,71±0,46 хвилин (p<0,001). У цей період найбільші прирости працездатності відмічалися від 7–8 до 11–12 років – на 87,65 % (p<0,001), що логічно узгоджується із даними про вікові особливості чутливого розвитку більшості фізичних якостей дівчат [19, 26, 29, 30, 38].

Менші темпи приросту працездатності, як видно з даних, наведених на **рисунку 3**, фізичною основою якої є витривалість, а фізіологічною – аеробні механізми енергозабезпечення, спостерігаються на подальших етапах онтогенезу, набуваючи мінімальних позитивних зрушень від кінця пубертатного до кінця юнацького періоду (11,73–20,53 %, p<0,05–0,001).

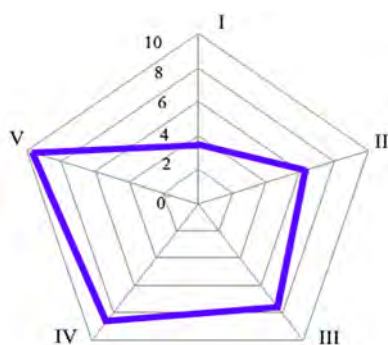


Рис. 3 – Модельні групові характеристики фізичної працездатності (Тзаг, хв) дівчат різного віку при пілкоподібному поданні навантаження: I – 7–8 років, II – 11–12 років, III – 14–15 років, IV – 17–18 років, V – 21–22 років

Встановлений факт підтверджує відомості вікової фізіології та фізіології фізичного виховання і спорту щодо стабілізації і навіть зниження функцій кисневозабезпечуючих систем, а з цим і витривалості, у нетренованих дівчат після пубертатного періоду [15, 18, 38].

Динаміка показників ЧСС носила різноспрямований характер в залежності від етапу велоергометричної роботи та особливостей, які відбивали. Так, обстежені дівчатка I групи досягли моменту реверсу приблизно за 1,7 хв, а на все тестування витратили майже 3,5 хвилини. На перших секундах роботи у положенні сидячі на велоергометрії визначали ЧСС початкову, яка становила близько 115–118 уд/хв, і характеризувала реакцію пульсу на початок роботи, при якому, як зазначалося вище, потужність її ще дорівнювала нулю і, відповідно, опір на педалях був відсутній. Однак значення ЧСС_{поч} були на 15–25 відсотків більшими порівняно із станом оперативного спокою (p<0,001). Зауважимо, що з віком ЧСС_{поч} достовірно зменшувалася з 115,72±3,41 до 88,71±3,61 скорочень у хвилину (p<0,001), однак зрушення по відношенню до значень у стані спокою практично коливалися в одному діапазоні.

Порогова ЧСС характеризує початок ізоаксераційної фази тестування і є, на думку авторів методики [33], відносно стабільним показником для кожного індивіду, незалежно від її вихідної величини. В наших дослідженнях це положення не вивчалось, оскільки таке завдання не ставилося, а його вирішення потребує тривалих лонгітюдних обстежень, які становлять перспективу

подальших наукових розробок. В онтогенезі порогова ЧСС проявляє тенденцію до зниження (від 124 уд/хв у віці 7–8 років до 96 уд/хв у 21–22 роки, $p < 0,001$), що закономірно відбиває становлення регуляторних систем, зростання впливу блукаючого нерва і обумовлює більшу працездатність, резерв змін пульсу від порогового до реверсу (рис. 4).

Подальше виконання роботи характеризується лінійним зростанням пульсу при поступовій зміні потужності навантаження (33 Вт/хв). Тому висхідна сторона петлі гістерезису одержала назву «ізоакселераційної фази», яка закінчується досягненням значень пульсу реверсу (ЧСС_{рев}), після чого здійснюється поворот навантаження в сторону зменшення потужності (реверс). ЧСС_{рев} визначалася умовами тестування і бажанням запобігти напруженню системи кровообігу і організму в цілому, по факту не відрізнялася по групах і становила 153–155 уд/хв ($p > 0,02–0,05$), що забезпечувало стандартність тестування.

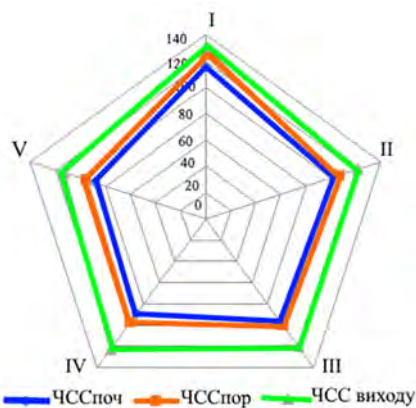


Рис. 4 – Модельні групові характеристики динаміки ЧСС дівчат різного віку при пилкоподібному поданні навантаження: I – 7–8 років, II – 11–12 років, III – 14–15 років, IV – 17–18 років, V – 21–22 років

В абсолютних значеннях ЧСС_{мах} в обстежених групах дівчат мала недостовірну різницю і коливалася в межах 157–162 уд/хв. Ступінь приросту пульсу відносно ЧСС_{рев} становив 2,80–4,39 %, найбільше (достовірно) зрушення якого після повороту навантаження відмічалася у обстежених I групи, а найменше – в V групі обстежених, що свідчить про обмеження амплітудних значень інерційності ССС у 3–4 удари. Зауважимо, що в попередніх дослідженнях [9, 18, 20, 26, 42] нами встановлено позитивну кореляцію між часом зростання ЧСС після реверсу навантаження (інертністю) і об'ємом виконаної роботи. Особливо інертність регуляторних систем виражена у висококваліфікованих спортсменів веслувальників, які тренувалися на витривалість та показали найвищу працездатність [42].

Швидкість і ступінь поточних відновних процесів в період зниження потужності навантаження до нуля характеризувалися показником ЧСС виходу, яка, як правило, не досягала початкових значень і становила 115–130 уд/хв. Показано, що в старших вікових групах за умов виконаної більшої за часом і об'ємом фізичної роботи пульс в момент закінчення тестування був достовірно менший – 113,4±3,06 в 21–22 роки проти 131,16±1,67 уд/хв – у 7–8 років ($p < 0,001$). Це відбиває відому закономірність щодо удосконалення процесів реституції з віком і тренуваністю [38, 42] та корелює із показниками середнього пульсу впродовж всього тестування, достовірно більшими величинами пульсової вартості роботи, а отже, і значнішими функціональними можливостями.

Висловлене також підтверджує аналіз зрушень (недовідновлення) ЧСС виходу із навантаження відносно початкового пульсу в обстежених групах, який вказує на тенденцію до їх зменшення з віком з 37 % до 13 % (відповідно, у I та V групах). Подібна динаміка відновних процесів може відбивати більш швидку ліквідацію кисневого боргу, який міг утворитися під час роботи, особливо у молодших дівчат із незрілими системами аеробного забезпечення м'язової діяльності [18, 38].

Отже, вікові особливості в динаміці ЧСС при фізичних навантаженнях за пилкоподібною моделлю характеризуються меншими значеннями ЧСС початкової, ЧСС порогової, ступенем зрушення ЧСС після реверсу, встановленням відносно стабільних середньої і максимальної ЧСС та інерційності регуляторних систем, що свідчить про підвищення вагусних і холінергічних впливів в регуляції екстракардіальної функції, яка забезпечує більш економічний її рівень, і відповідно, вищу фізичну працездатність.

З метою популяризації методики і впровадження в практику результатів дослідження розроблені орієнтовні нормативні таблиці щодо функціональних можливостей дівчаток 14–15 років, які демонструють можливість і необхідність подібних розробок відносно іншого жіночого контингенту та представників чоловічої статі з урахуванням віку, рівня фізичної підготовленості, виду основної діяльності тощо (табл. 2).

В основу градації рівнів сформованості адаптаційних можливостей покладено принцип сигмальних відхилень в межах $M \pm 1\sigma$, за якою визначаються п'ять рівнів. В залежності від поставлених завдань можлива побудова оціночних таблиць із 7 (семи) рівнів з використанням $M \pm 0,5\sigma$ [35, 36]. Аналогічні таблиці можуть бути розроблені з інших інформативніших критеріїв адаптаційних можливостей в залежності від статі, віку і фізичної підготовленості.

Таблиця 2 – Орієнтовні нормативні значення показників динаміки частоти серцевих скорочень дівчаток 14–15 років за умов тестування за пилкоподібною моделлю зміни потужності навантаження (n=28)

Показники \ Рівні	Низький від M-2σ до M-3σ	Нижче за середній від M-1σ до M-2σ	Середній M±1σ	Вище за середній від M+1σ до M+2σ	Високий від M+2σ до M+3σ
ЧСС вих, уд/хв	61,27–73,27	73,28–85,28	85,29–109,32	109,33–121,34	121,35–133,35
ЧСС пор, уд/хв	70,13–80,33	80,34–90,57	90,58–111,06	111,07–121,30	121,31–131,51
ЧСС мах, уд/хв	138,62–144,76	144,77–150,89	150,90–163,17	163,18–169,30	169,4–175,53
ЧСС виходу, уд/хв	83,42–95,57	95,58–107,73	107,74–132,05	132,06–144,21	144,22–156,38
ЧСС сер, уд/хв	112,67–119,20	119,21–125,74	125,75–138,82	138,83–145,36	145,37–151,91
Пульсова вартість – L, уд.	480,17–660,37	660,38–840,57	840,58–1200,99	1201,0–1381,19	1381,20–1561,41

Висновки

1. Встановлено, що із завершенням біологічного, зокрема статевого дозрівання дівчат, реакції забезпечуючих та регуляторних систем на пилкоподібні навантаження набувають більшої адекватності. З віком динаміка частоти серцевих скорочень обстежених дівчат впродовж тестування характеризується зменшенням її вихідних значень, реактивності, ступеню приросту у відповідь на підвищення потужності навантаження, встановленням діапазону інертності та кращим поточним відновленням.
2. Отримані дані з фізичної працездатності, як інтегрального критерію функціональних можливостей, свідчать про її зростання у дівчат з віком та вдосконалення механізмів мобілізації резервів адаптації. Від 7 до 22 років час роботи із зміною потужності за

пилкоподібною схемою зріс у 2,86 рази (на 185,6 %) з 3,40±0,19 до 9,71±0,46 хвилин (p<0,001).

3. Підтверджено інформативність та відповідність вимогам стандартизації тесту з пилкоподібною зміною потужності навантаження та показників ЧСС протягом його виконання за умов їх індивідуальної оцінки. Розроблені орієнтовні нормативні таблиці щодо оцінки функціональних можливостей дівчаток 14–15 років.

Перспективи подальших досліджень полягають у необхідності подібних розробок відносно інших контингентів дівчат та представників чоловічої статі з урахуванням віку, рівня фізичної підготовленості, виду основної діяльності тощо, у підготовці орієнтовних нормативних таблиць щодо оцінки функціональних можливостей, за даними усіх обстежених груп.

References

1. Tsvirka O. Chyselnist naselennya Ukrayiny sьогодni pidrakhuvaly demografy [Demographers calculated the population of Ukraine today]. Available from: <https://lenta.ua/chyselnist-naselennya-ukrayini-sьогодni-pidrakhuvaly-demografi-126634/> [Ukrainian]
2. Tsvirka O. Pro katastrofichne skorochennya naselennya Rosiyi vidzvituvav Rosstat [About the catastrophic rapid population of Russia according to Rosstat]. Available from: <https://lenta.ua/pro-katastrofichne-skorochennya-naselennya-rosiyi-vidzvituvav-rosstat-123027> [Ukrainian]
3. Tsvirka O. Naselennya KNR mozhe pochaty zmenshuvatsya protyagom p'yaty rokiv [China's population may begin to decline within five years]. Available from: <https://lenta.ua/naselennya-ksnr-mozhe-pochaty-zmenshuvatsya-protyagom-p'yaty-rokiv-122945/> [Ukrainian]
4. Lazurenko VV, Starkova IV, Lyashchenko OA, Alyeksyeyeva OS. Endokrynni porushennya reproduktyvnoyi systemy zhinkov pry gipokineziyu u riznomanitni vikovi periody [Endocrine disorders of the reproductive system of women with hypokinesia in various age periods]. *Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu "Dosyagnennya ta perspektyvy eksperymentalnoyi i klinichnoyi endokrynologiyi (Devyatnadsyati Danylevski chytannya)". Kharkiv: Instytut problem endokrynnoyi patologiyi im VYa Danylevskogo NAMN Ukrayiny, 27–28 lyutogo 2020 r.* 2020. s. 96–97 [Ukrainian]
5. Dynnik VO. Osoblyvosti statevogo rozvytku suchasnykh divchatok: svitovi ta ukrayinski tendentsiyi [Features of the sexual development of modern girls: world and Ukrainian trends]. *Ukrayinskyy zhurnal dytyachoyi endokrynologiyi.* 2020;1:1–26. [Ukrainian]. doi: 10.30978/UJPE2020-1-26
6. Lowe M, Sagnia PhIG, Awolaran O, Mongbo YAM. Sexual and reproductive health of adolescents and young people in the Gambia: a systematic review. *Pan Afr Med J.* 2021;40:221. PMID: 35145583. PMCID: PMC8797051. doi: 10.11604/pamj.2021.40.221.25774

7. Mazur A, Brindis CD, Decker MJ. Assessing youth-friendly sexual and reproductive health services: a systematic review. *BMC Health Serv Res*. 2018;18(1):1–12. PMID: 29587727. PMCID: PMC5870922. doi: 10.1186/s12913-018-2982-4
8. Ivanova O, Rai M, Kemigisha E. A Systematic Review of Sexual and Reproductive Health Knowledge, Experiences and Access to Services among Refugee, Migrant and Displaced Girls and Young Women in Africa. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Jul 26;15(8):1583. PMID: 30049940. PMCID: PMC6121882. doi: 10.3390/ijerph15081583
9. Orlyk NA. *Dynamika funktsionalnykh mozhlyvostey divchat 17–22 rokiv u rizni fazy ovarialno-menstrualnogo tsykladu* [Dynamics of functional capabilities of girls aged 17–22 years in different phases of the ovarian-menstrual cycle]. Abstr. PhDr. (Biol.). Cherkasy; 2019. 20 s. [Ukrainian]
10. Fedynyak N, Mytskan B. Biologichnyy vik i temp starinnya lyudey riznykh vikovykh grup [Biological age and rate of aging of people of different age groups]. *Molodizhnyy naukovyy visnyk*. 2013;1:45–50. [Ukrainian]
11. Akhaladze MG. *Otsinka tempu starinnya, stanu zdorov'ya y zhytlyezdatnosti lyudyny na osnovi vyznachennya biologichnogo viku* [Assessment of the rate of aging, the state of health and vitality of a person based on the definition of biological age]. Abstr. Dr. Sci. (Med.). K; 2005. 43 s. [Ukrainian]
12. Fil V, Kopko I, Zukow W. Evaluation rate of aging person based on determination of biological age. *J Educ Health Sport*. 2015;5(1):125-132. doi: 10.5281/zenodo.14140
13. Grybok NM, Prots RO. Porivnyalnyy analiz biologichnogo viku studentiv pedagogichnogo universytetu [Comparative analysis of the biological age of students of a pedagogical university]. *Zdorove, sport, reabylytatsyya*. 2017;3:3–10 [Ukrainian]
14. Diebel LWM, Rockwood K. Determination of Biological Age: Geriatric Assessment vs Biological Biomarkers. *Curr Oncol Rep*. 2021;23(9):104. PMID: 34269912. PMCID: PMC8284182. doi: 10.1007/s11912-021-01097-9
15. Apanasenko GL, Gavrylyuk VA. *The Biological degradation of Homo Sapiens: ways of counteraction*. Saarbrücken: Palmarium acad. Publ.; 2014. 102 p. doi: 10.11603/mie.1996-1960.2015.4.5454
16. James R. Flynn, Michael Shayer. IQ decline and Piaget: Does the rot start at the top? *Intelligence*. 2018;66:112–121. doi: 10.1016/j.intell.2017.11.010
17. Bratsberg B, Rogerberg O. Flynn effect and its reversal are both environmentally caused. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. 2019;115(26):201718793. PMID: 29891660. PMCID: PMC6042097. doi: 10.1073/pnas.1718793115
18. Bosenko AI. *Metodychni zasady rozvytku adaptatsiynykh mozhlyvostey uchniv osnovnoyi shkoly u protsesi zanyat fizychnym vykhovannyam* [Methodological principles of the development of adaptation capabilities of elementary school students in the process of physical education]. Abstr. Dr. Sci. (Ped.). Chernigiv; 2017. 43 s. [Ukrainian]
19. Plaza-Florido A, Migueles JH, Mora-Gonzalez, Molina-Garcia P, Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sanchez C, et al. The role of heart rate on the associations between body composition and heart rate variability in children with overweight / Obesity: The active brains project. *Front Physiol*. 2019;10:895. PMID: 31379602. PMCID: PMC6646801. doi: 10.3389/fphys.2019.0089
20. Topchii MS. *Funktsionalni mekhanizmy adaptatsiyi yunakiv riznogo viku do navchalnykh navantazhen* [Functional mechanisms of adaptation of young men of different ages to educational loads]. Abstr. PhDr. (Biol.). Cherkasy; 2018. 20 s. [Ukrainian]
21. Koziy T, Topcii M. Adaptive changes of the hemodynamics parameters in athletes training to develop stability. *Georgian medical news*. 2018;11(284):76–82. PMID: 30618394
22. Goncharov V, Bondarenko D, Dementyev S, Varetska O, Maksymenko Yu. Doslidzhennya zv'yazku mizh pandemiyeu COVID-19 ta stanom psykhihnogo zdorov'ya ditey [Research on the relationship between the COVID-19 pandemic and children's mental health]. *Nauka i osvita*. 2022;2:74–80. [Ukrainian]. doi: 10.24195/2414-4665-2022-2-11
23. Veijalainen A, Haapala EA, Väistö J, Leppänen MH, Lintu N, Tompuri T, et al. Associations of physical activity, sedentary time, and cardiorespiratory fitness with heart rate variability in 6- to 9-year-old children: The PANIC study. *Eur J Appl Physiol*. 2019;119:2487–2498. PMID: 31535217. PMCID: PMC6858383. doi: 10.1007/s00421-019-04231-5
24. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, Carson V, Chaput JP, Janssen I, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(3):197–239. PMID: 27306431. doi: 10.1139/apnm-2015-0663.
25. Bürgi F, Meyer U, Granacher U, Schindler C, Schindler C, Marques-Vidal P, Kriemler S, et al. Relationship of physical activity with motor skills, aerobic fitness and body fat in preschool children: a cross-sectional and longitudinal study (Ballabeina). *Int J Obes (Lond)*. 2011;35(7):937-44. PMID: 21448128. doi: 10.1038/ijo.2011.54
26. Bosenko AI, Orlyk NA, Klymenko YeV, Voloshchenko YeK. Fyzycheskaya rabotosposobnost devochek 7–16 let po dannym testyrovannya s reversom [Physical performance of girls 7–16 years old according to testing with

- reverse]. *Materyaly XXIII Mezhdunar nauch-prakt konf po problemam fizycheskogo vospytanyya uchashchyykh-sya "Chelovek, zdorove, fizycheskaya kultura y sport v yzmenyayushchemsya myre". Kolomna: gosudarstvennyy oblastnoy sotsyalno-gumanytarnyy ynstitut, 27–29 sentyabrya 2013 g.* 2013. s. 7–11 [Russian]
27. Wang Y, She W, Chi G, Wang J. Vigorous physical activity and self-rated health during adolescence: A cross-sectional survey. *Front Public Health.* 2022;10:961361. PMID: 36339185. PMCID: PMC9634651. doi: 10.3389/fpubh.2022.961361
 28. Bosenko A, Orlik N, Palshkova I. Dynamics of functional capabilities among 17–22 years old girls with different vegetative status during the ovarian-menstrual cycle. *Georgian Medical News.* 2019;9(294):27–31. PMID: 31687944
 29. Krutsevych TYu., Trachuk SV. Normatyvni osnovy suchasnoyi systemy fizychnogo vykhovannya riznykh grup naselennya Ukrayiny [Normative foundations of the modern system of physical education of different population groups of Ukraine]. *Sportyvnyy visnyk Prydniprova.* 2017;1:184–188. [Ukrainian]
 30. Trachuk SV, Dolzhenko LP, Molodovskyy OL. Fizychna pidgotovlenist uchnivskoyi molodi: analiz u vymiri so-godennya [Physical fitness of schoolchildren: analysis in the present dimension]. *Teoriya i metodyka fizychnogo vykhovannya i sportu.* 2022;2:44–48. [Ukrainian]. doi: 10.32652/tmfvs.2022.2.44-48
 31. Tanner JM, Davies PS. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for North American children. *J Pediatr.* 1985;107(3):317-29. PMID: 3875704. doi: 10.1016/s0022-3476(85)80501-1
 32. Rosenbloom AL, Tanner, JM. Misuse of Tanner Puberty Stages to Estimate Chronologic Age. *Pediatrics.* 1998;102(6):1494. PMID: 9882230. doi: 10.1542/peds.102.6.1494
 33. Davydenko DN. Methodology for assessing the mobilization of the body's functional reserves based on the ego's reaction to a dosed load. *Uchenye zapysky unyversyteta imeni PF Lesgafta.* 2011;12(70):52–57.
 34. Patent 59145 A Ukraine, MPK A61B5/00. *Sposib diagnostyky funktsionalnykh rezerviv lyudyny* [The method of diagnosis of functional human reserves]. Bosenko AI (UA); zayavnik i vlasnik patentu Bosenko AI (UA). № 2003031916; zayavl 04.03.2003 ; opubl 15.08.03. Byul № 8. [Ukrainian]
 35. Gruzyeva TS, Lekhan VM, Ognyev VA. *Biostatystyka* [Biostatistics]. Pidruchnyk. Ed by Gruzyeva TS. Vinnytsya: Nova Knyga; 2020. 384 p. [Ukrainian]
 36. Sergiyenko LP. *Sportyvna metrologiya: teoriya i praktychni aspekty* [Sports metrology: theory and practical aspects]. Pidruchnyk. K: KNT; 2010. 776 p. [Ukrainian]
 37. *Fizychnyy rozvytok ditey riznykh regioniv Ukrayiny (vypusk I, miski shkolyari)* [Physical development of children from different regions of Ukraine (grade I, urban schoolchildren)]. Eds by Barylyak IR, Polka NS. Ternopil: Ukrmedknyga; 2000. 208 p. [Ukrainian]
 38. Bezrukih MM, Sonkin VD, Farber DA. *Age physiology (physiology of child development).* 2007. 416 p.
 39. Shim YS, Lee HS, Hwang JS. Genetic factors in precocious puberty. *Clin Exp Pediatr.* 2022;65(4):172–181. PMID: 34665958. PMCID: PMC8990949. doi: 10.3345/cep.2021.00521
 40. Roberts SA, Kaiser UB. Genetics in endocrinology: Genetic etiologies of central precocious puberty and the role of imprinted genes. *Eur J Endocrinol.* 2020;183(4):107–117. PMID: 32698138. PMCID: PMC7682746. doi: 10.1530/EJE-20-0103
 41. *Endokrynologiya* [Endocrinology]. Pidruchnyk. Ed by Bodnar PM. Vinnytsya: Nova Knyga; 2007. 344 p. [Ukrainian]
 42. Bosenko AI, Samokish II, Dubinin AN. Funktsionalnyy control grebtsov nagruzkoj s reversom v godichnom tsikle trenirovki [Functional control of rowers with reverse load in a one-year cycle of training]. *Materialy Mezhdunar nauch konf "Fizycheskaya kultura i sport v 21 veke", Volzhskiy, 17–19 aprelya 2008 g.* 2008. s. 53–57 [Russian]

UDC 796(077.5+015.6)+612.3

Peculiarities of Formation of Girls' Adaptive Reactions during Physical Activity at Certain Ontogenesis Stages

Bosenko A. I., Orlyk N. A., Topchii M. S., Donec I. O.

Abstract. *The purpose of the study was to analyze the adaptive response of girls' organisms to sawtooth physical exercise at the specific ontogenesis stages according to the heart rate dynamics.*

Materials and methods. The girls of four age groups from 7 to 22 years old took part in the study under condition of the original model of dosed sawtooth physical exercise. The following methods were used: method of theoretical analysis and general conclusion of scientific and methodical literature, surveys, anthropo-physiometry, oral survey of overall health of the girls under research, cycle ergometry, arterial tonometry, electrocardiography, variation pulsometry, statistical methods of research results processing.

Results and discussion. We have received new original results, since we used methods adapted exclusively by K. D. Ushynsky South Ukrainian National Pedagogical University (Odesa) which have no equals in the world science. According to the anthropo-physiometric indices the girls under research do not reliably differ

from their peers according to the standards of the Odesa region. The peculiarities of heart rate dynamics to sawtooth physical exercises (closed cycle) is characterized by the increase in economization and improvement of circulatory system regulation and is expressed by the decrease of sphygmic reaction during different stages of work, relative stabilization of inertial system in response to changed exercise direction, strengthening of vagal and cholinergic influences in the regulation of noncardiac function with age which provides higher level of working capacity for older girls ($p < 0.001$). Under these conditions sphygmic cost of the work performed increased by 2.65 times ($p < 0.001$) from 476.36 ± 26.46 heart beats at the age of 7–8 to 1262.21 ± 50.79 heart beats at the age of 21–22 with the average heart rate consistently the same for all age groups ($p > 0.05$) for the entire testing period. To spread and implement the methodology we have come with estimated standardized tables on functioning capabilities of 14–15-year-old girls under research.

Conclusion. We have found that with the completion of biological, namely pubertal development of girls, the reactions of the supporting and regulatory systems to sawtooth physical exercise become more adequate. With age, the dynamics of the heart rate of girls under research is characterized by a decrease in its initial values, reactivity, the degree of increase in response to an increase in physical exercises, the establishment of inertness range and better current recovery during testing. Received data on physical capability as an integral criterion of functioning capabilities shows its increase with age ($p < 0.001$) and improvement of mobilization mechanisms of adaptations reserves. The information value and compliance with the requirements of test standardization of the sawtooth change in physical exercises and heart rate indices during its performance under the conditions of their individual evaluation were confirmed.

Keywords: girls, physical exercise, heart rate, adaptation.

ORCID and contributionship:

Anatolii Bosenko : 0000–0003–3472–0412 ^{A,B,D,E}

Nadiia Orlyk : 0000–0003–0144–6576 ^{B,C,D,E}

Mariia Topchii : 0000–0002–7470–1032 ^{A,D,E,F}

Ihor Donets : 0000–0002–4501–9405 ^{B,C,F}

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR

Anatolii Bosenko

The state institution South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky,

Department of Biology and Health Care

26, Staroportofrankivs`ka Str., Odesa 65020, Ukraine

tel: +380674802926, e-mail: bosenco@ukr.net

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 12.10.2022 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування