

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

**ТОПЧІЙ МАРІЯ СЕРГІЇВНА**

УДК: 612.1.017-053.76:796.015.6](043.3)

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ ЮНАКІВ  
РІЗНОГО ВІКУ ДО НАВЧАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

03.00.13 – фізіологія людини і тварин

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Черкаси – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Державному закладі «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського».

**Науковий керівник:** кандидат біологічних наук, доцент  
**Босенко Анатолій Іванович**,  
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса, завідувач кафедри біології і основ здоров'я.

**Опоненти:** доктор біологічних наук, професор  
**Гльїн Володимир Миколайович**,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України, головний науковий співробітник лабораторії теоретико-методичних основ фізичного виховання школярів та молоді;

доктор біологічних наук, професор  
**Маліков Микола Васильович**,  
Запорізький національний університет, декан факультету фізичного виховання.

Захист відбудеться «11» травня 2018 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 73.053.06 у Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького за адресою: 18000, м. Черкаси, вул. О. Дашкевича, 24, ауд. 218.

Із дисертацією можна ознайомитись в Науковій бібліотеці імені М. Максимовича Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького за адресою: 18031, м. Черкаси, вул. Університетська, 22.

Автореферат розісланий «5» квітня 2018 року

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 73.053.06



Л. І. Кудій

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Останнім часом спостерігається тенденція щодо погіршення стану здоров'я молоді. Тому найбільш актуальною проблемою держави є його збереження та зміцнення (Апанасенко Г. Л., 2000; Агаджанян Н. А. та співавтори, 2010; Грибан Г. П. та співавтори, 2013; Калиниченко І. О., 2013; Barker D. et al, 2016). Юнацький вік перепадає переважно на роки студентства (17–21 років), коли завершується біологічне дозрівання, морфофункціональні показники сягають свого дефінітивного рівня, налагоджується взаємодія фізіологічних систем організму (Артеменков А. А., 2013; Глазков Є. О., 2013). У цьому віці вплив навчальних навантажень, які потребують значного інтелектуального і психоемоційного напруження, сприйняття і перероблення різноманітної інформації за умов дефіциту часу, інтенсивне використання комп'ютерної техніки, поєднані з недостатньою руховою активністю, нераціональним харчуванням і режимом дня, шкідливими звичками студентів, зумовлюють їх надзвичайну вразливість до несприятливих чинників середовища, призводять до формування преморбідних зрушень з боку різних органів і систем, виникнення розумової перевтоми та донозологічного стану з виснаженням і можливим зривом адаптаційно-компенсаторних механізмів, зростання захворюваності та соціальної дезадаптації (Маликов М. В., Богдановська Н. В., 2007; Семченко Л. Н., 2008; Кожевникова Н. Г., 2009; Brock S. J. et al, 2009; Kang M., 2016; Коваленко С. О., Кудій Л. І., 2016).

В процесі постійної адаптації організму до умов навколишнього середовища головна роль належить механізмам центральної та вегетативної регуляції: забезпечення пристосування до умов, що змінюються при оптимальній нарузі регуляторних систем. Оцінка поточного стану організму може полягати у визначенні ступеня його адаптації до умов навколишнього середовища (Баєв О. А., 2012; Льїн В. М. та співавтори, 2014; Popel S. L. et al, 2017).

У наукових джерелах добре висвітленими є питання про стан механізмів регуляції серцевої діяльності та загальну реактивність організму студентів у процесі адаптації до навчання (Каленіченко О. В. та співавтори, 2010; Глазков Є. О., 2013; Ісаков О. А. та співавтори, 2013; Plews D. J. et al, 2013), реакції серцево-судинної системи (ССС) на інформаційні і психоемоційні навантаження (Севрюкова Г. А., 2006; Спицин А. П., 2007; Дорофеева Н. А., 2009; Slomko W. et al, 2017), оцінку функціонального стану центральної нервової системи студентів (Холодов С. А. та співавтори, 2012, 2016) та спортсменів (Raczak G. et al, 2006; Danilowicz-Szymanowicz L. et al, 2011), адаптацію студентів молодших курсів в залежності від психофізіологічних властивостей (Макаренко М. В., Лизогуб В. С. та співавтори, 2002; Бернада В. В., 2006), вплив фізичної активності на організм студентів (Атрощенко Г. Н., Сахарова І. Н., 2005; Hottenrott K. et al, 2006; Морозова Г. І., Овчинников К. В., 2007; Сичов С. О., 2009; Norrbrand L. et al, 2010).

Загалом, кількість наукових публікацій, присвячених вивченню адаптації організму студентів, досить багато, що визначає важливість даної проблеми. Ряд науковців вважають, що період гострої адаптації припадає на перші два роки навчання (Первак А. Л., Журавльова Ю. В., 2013). Існують наукові праці, в яких виявлено збільшення кількості студентів із напруженням механізмів адаптації з віком

(Арабаджи Л. І., 2012). Отже, питання адаптації студентів залишається не остаточно вирішеним, у зв'язку з чим, постала нагальна потреба визначення особливостей механізмів адаптації, провідних систем, їх взаємозв'язків та з'ясування чинників, що впливають на адекватність процесів адаптації юнаків на окремих етапах і протягом усього періоду навчання у закладах вищої освіти, що обумовлює актуальність дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі біології і основ здоров'я факультету фізичної реабілітації Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» у рамках науково-дослідної роботи за темами «Системна адаптація до фізичних і розумових навантажень на окремих етапах онтогенезу людини», номер державної реєстрації 0109U000206; «Адаптація дітей і молоді до навчальних та фізичних навантажень (юнаки 17–21 років)», номер державної реєстрації 0114U007158.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи було з'ясувати особливості функціональних механізмів адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень протягом усього періоду навчання у закладі вищої освіти.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

1. Визначити особливості формування рівня функціональних можливостей юнаків різного віку протягом усього періоду навчання, за ергометричними характеристиками фізичних навантажень змінної потужності.

2. Дослідити вікові особливості функціонального стану серцево-судинної й центральної нервової систем юнаків різного віку в процесі навчальних та фізичних навантажень змінної потужності.

3. Встановити характер зв'язків між показниками навчальних та фізичних навантажень, функціонального стану серцево-судинної й центральної нервової систем юнаків різного віку.

4. Визначити факторну структуру механізмів адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень та розробити критерії комплексного оцінювання їх функціональних можливостей.

**Об'єкт дослідження** – адаптаційні реакції організму юнаків різного віку до навчальних навантажень.

**Предмет дослідження** – зміни та зв'язки між показниками серцево-судинної системи, ергометричними та психофізіологічними показниками юнаків впродовж усього періоду навчання у вищому навчальному закладі.

**Методи дослідження.** При виконанні дисертаційного дослідження використовувались наступні фізіологічні методи: антропометрія; електрокардіографія, варіаційна пульсометрія за методикою Р. М. Баєвського; визначення загального функціонального стану мозку за методикою Т. Д. Лоскутової; велоергометрія за методикою Д. М. Давиденка. Статистичний аналіз отриманих даних проводився за допомогою програм STATISTICA, SPSS 16, EXCEL.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше досліджено функціональні механізми адаптації юнаків різного віку – студентів факультету фізичного виховання до навчальних навантажень впродовж усього періоду навчання у вищому закладі

освіти з використанням методу тестування фізичним навантаженням за замкнутим циклом.

Уперше виявлено домінування парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи у обстежених, що характеризувалося переважанням нормотонічного типу регуляції в 17, 18 і 20 років, ваготонічного – в 19 і 21 рік. Відзначено адекватне функціонування серцево-судинної системи за умов фізичних навантажень у юнаків 19 і 21 років, яке проявлялося в менших рівні екстракардіальної функції, зовнішній роботі на одне серцеве скорочення, інтенсивніші поточні відновні процеси. Вперше виявлено за індексом функціональних змін превалювання кількості обстежених з задовільною адаптацією в 17 і 21 років і достовірно більшу напругу регуляторних систем у 18 років. Встановлено два основних типи динаміки функціонального стану центральної нервової системи на навчальні навантаження: високий фоновий рівень характеризувався зниженням, низький – підвищенням критеріїв загального функціонального стану мозку у післяробочий період. Уперше виявлено середньої сили кореляційні зв'язки між критеріями фізичної працездатності, серцево-судинної й центральної нервової систем юнаків за умов фізичного навантаження змінної потужності, які від 17 до 21 року посилювались; визначено структуру та провідні фактори функціональних механізмів адаптації юнаків різного віку протягом періоду навчання, серед з яких з найбільшим внеском виокремленні фізична працездатність, рівень напруження організму і ефективність регуляції системи кровообігу.

Доповнено й розширено:

- відомості про переважання парасимпатичного відділу вегетативної регуляції у юнаків з віком за умов довготривалих фізичних тренувань; уявлення про інформативність окремих критеріїв функціональних можливостей юнаків, за даними тестування з реверсом;

- орієнтовні нормативні таблиці і комплексна блок-схема прогнозування функціональних можливостей юнаків 17–21 років.

**Практичне значення одержаних результатів.** Дані, отримані за результатами комплексного вивчення функціональних механізмів адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень протягом усього періоду навчання у ВНЗ можуть бути науковою основою для розробки медико-біологічних програм, спрямованих на покращення процесів адаптації, зокрема на зниження рівня напруження регуляторних систем, профілактики психосоматичних захворювань під час переходу від одних умов життєдіяльності до інших. Виявлені особливості адаптаційних реакцій юнаків необхідно враховувати в процесі підготовки програм навчальних дисциплін, в тому числі й організації занять фізичною культурою. Основні положення дисертаційної роботи впроваджені в освітній процес Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського, в дисциплінах Одеської національної академії зв'язку імені О. Попова, Національного університету «Одеська морська академія», Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, про що свідчать відповідні довідки.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертант особисто здійснив пошук та аналіз літературних джерел, провів повний обсяг експериментальних досліджень, здійснив зведення та статистичну обробку первинних результатів дослідження та теоретичне

обґрунтування отриманих результатів. Автором написано текст дисертації, основні матеріали відображені у надрукованих працях. У спільно опублікованих наукових працях дисертантом були визначені аналіз літератури, організація та проведення досліджень, підготовка матеріалу до друку. Формування мети та обґрунтування напряму досліджень, розробка методичних підходів, формулювання висновків і редагування дисертації автором проведені у співпраці з науковим керівником, кандидатом біологічних наук, доцентом А. І. Босенком.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи були представлені на: *Міжнародних конференціях та симпозиумах*: міжнародній науково-практичній конференції «Восточное партнерство в сфере педагогических инноваций в инклюзивном образовании» в рамках Міжнародного проекту TEMPUS «INOVEST» (Кишинів, 2015), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды», присвяченої 85-річчю ЗО «ГГУ імені Ф. Скорини» (Гомель, 2015), Міжнародному симпозиумі «Освіта і здоров'я підростаючого покоління» (Київ, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма» (Мозир, 2014, 2016); науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини (для студентів та молодих вчених)» (Одеса, 2017); III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної освіти та науки в контексті євроінтеграційного поступу» (Луцьк, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Здоров'я людини: теорія і практика» (Суми, 2017); X Міжнародній науково-практичній конференції пам'яті А. М. Лапутіна «Актуальні проблеми сучасної біомеханіки фізичного виховання та спорту» (Чернігів, 2017); *Всеукраїнських конференціях*: X Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Проблеми активізації рекреаційно-оздоровчої діяльності населення» (Львів, 2016); VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність» (Черкаси, 2017); а також на *звітних конференціях та семінарах* кафедри біології і основ здоров'я факультету фізичної реабілітації Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського (2014–2017).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 17 наукових праць, серед яких 6 статей (5 статей надруковані у фахових виданнях, затверджених ВАК України за біологічним напрямом, 1 – у закордонних фахових виданнях) та 10 тез доповідей, патент на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації, вступу, огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення результатів дослідження, висновків, списку використаних літературних джерел, що налічує 244 найменувань (194 кирилицею, 50 латиницею) та додатків. Робота викладена на 196 сторінках (основна частина на 128 сторінках), ілюстрована 27 рисунками і 23 таблицями.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Матеріали та методи досліджень.** Відповідно до мети для розв'язання поставлених завдань, було проведено лонгітудинальне дослідження функціональних механізмів адаптації юнаків протягом чотирьох років навчання у вищому навчальному закладі. На першому етапі було обстежено 64 юнака – студенти першого року навчання факультету фізичного виховання Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», які не відносилися до професійних спортсменів і мали масові спортивні розряди з видів спорту з акцентом на комплексний розвиток фізичних якостей. Дану групу юнаків обстежували один раз на рік протягом усього періоду навчання у вищому навчальному закладі, отже, загалом проведено 251 обстеження. Після останнього етапу (на четвертому році навчання) задля вивчення динаміки функціональних механізмів адаптації юнаків, результати досліджень аналізувалися за віковими періодами 17, 18, 19, 20, 21 років.

Усі особи брали участь у дослідженнях добровільно. За даними медичного огляду, юнаки були практично здоровими, не мали гострих та хронічних захворювань і скарг на стан здоров'я. Дослідження проведено 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 (1994–2008 рр.).

Порядок досліджень був таким: на початку з кожним юнаком було проведено усне опитування про самопочуття на момент обстеження, доведено про етапність дослідження, після чого він заповнював анкету. Наступний крок передбачав антропометричні вимірювання, за якими визначали довжину тіла в положенні стоячи та сидячи, масу тіла, окружність грудної клітки в стані спокою, в фазі вдиху і видиху, м'язову силу кистей, спини, життєву ємність легенів.

Враховуючи специфіку факультету фізичного виховання, за навчальних навантажень обрано дозоване фізичне навантаження за замкнутим циклом (Давиденко Д. М. і співавтори, 1984, 2011), за умов якого потужність роботи підвищувалася безперервно з постійною швидкістю (33 Вт/хв) від нуля до певного рівня, який визначався за частотою серцевих скорочень, а потім з тією ж швидкістю знижувалася до нуля. Частота педалювання для всіх обстежених була однаковою і становила 60 обертів на хвилину. Поворот (реверс) навантаження здійснювали при однаковій для всіх випробовуваних ЧСС (150–155 уд/хв). Графічний запис динаміки ЧСС залежно від зміни навантаження в процесі повного циклу тестування приймав вид петлі гістерезису.

Контроль частоти серцевих скорочень здійснювали за графіком, що будувався на моніторі комп'ютера, а також за електрокардіографією. Артеріальний тиск вимірювався за методикою М. С. Короткова.

Функціональний стан серцево-судинної системи вивчали за допомогою програми «Caspico» (Коваленко С. О., 2005) у режимі MS DOS, в основу якої покладено математичний аналіз серцевого ритму. Кардіоінтервалограми реєстрували в стані відносного м'язового спокою, на реверсі потужності навантаження, коли ЧСС

досягала 150–155 ударів на хвилину, наприкінці м'язової роботи та на п'ятій хвилині відновлення. Одночасно проводили запис електрокардіограми.

Для оцінки функціональних можливостей юнаків визначено чотири рівня адаптаційного потенціалу за Р. М. Баєвським: задовільна адаптація, напруга механізмів адаптації, незадовільна адаптація, зрив адаптації, які встановлювалися за розрахунком індексу функціональних змін.

Для дослідження функціонального стану центральної нервової системи була використана методика Т. Д. Лоскутової, яка ґрунтується на аналізі статистичного розподілу багаторазово виміряного часу простої зорово-моторної реакції і являє собою кількісну характеристику функціонального стану (ЗФС) мозку. Розраховували наступні критерії: функціональний рівень системи (ФРС), стійкість реакції (СР), рівень функціональних можливостей (РФМ). Тестування проводилося в стані відносного м'язового спокою та на п'ятій хвилині відновлення після фізичного навантаження зі зміною потужності.

Статистичний аналіз даних проведено за допомогою програми Excel, пакету SPSS 16. Критичний рівень значущості приймався за умов  $p \leq 0,05$ . Нормальність розподілу змінних перевірено тестом Шапіро-Вілка. З метою вивчення впливу навчальних навантажень на функціональний стан центральної нервової системи, для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона. Для дослідження взаємозв'язків між показниками серцево-судинної, центральної нервової системи і фізичною працездатністю використано непараметричний кореляційний аналіз за Спірменом. Для опису вибіркового розподілу вказували  $M$  – середнє арифметичне і  $m$  – помилку середнього арифметичного з використанням довірчого інтервалу ( $M \pm 1,96 * m$ ). Факторна структура функціональних можливостей юнаків різного віку визначено за методом головних компонент з варімаксним обертанням факторної матриці за допомогою статистичної програми SPSS 16.

**Результати досліджень та їх обговорення.** *Характеристика фізичного розвитку юнаків різного віку протягом усього періоду навчання у ВНЗ.* За результатами проведеного дослідження встановлено, що за антропометричними даними протягом періоду навчання у вищому навчальному закладі відбувалися незначні зміни. Рістові процеси юнаків завершувалися у 20 років. Достовірно збільшення маси тіла студентів реєструвалося в 19 років з подальшим її зниженням в 20–21 років. За даними динамометрії, які характеризували силову підготовленість хлопців, відмічалася тенденція щодо її зниження в 20–21 років, на що вказувала негативна динаміка кистьової (провідної руки) і станової динамометрії у юнаків даного вікового періоду.

*Дослідження динаміки фізичної працездатності юнаків різного віку* впродовж усього періоду навчання у ВНЗ, за даними велоергометричного навантаження зі змінною потужністю, показало, що фізична працездатність юнаків, як складова функціональних можливостей, відповідала віковим нормам. За загальним обсягом виконаної роботи (А заг) позитивні зрушення в межах 8,99–10,7 % відмічалися в групі юнаків 21 року, порівняно з віковими періодами 17–20 років, у яких відбувалися незначні коливання (1,44–1,58 %) цього критерію. Інтегральний показник загальної фізичної працездатності –  $PWC_{170}$  – з кожним роком змінювався.



Від 17 до 20 років зрушення цього показника простежувалися в діапазоні 0,23–0,79 %, а у юнаків 21 років спостерігалось його підвищення по відношенню до інших вікових періодів в межах 5,05–5,96 %.

Аналогічна динаміка спостерігалася за максимальним споживанням кисню (МСК). Однак, зміни відносних показників ( $PWC_{170}/\text{кг}$ , МСК/кг) носили дещо інший характер. Менші величини фізичної працездатності відносно на кг маси тіла відмічено в 18 і 19 років, що пояснюється більшою масою тіла юнаків, за умов вищих її абсолютних значень в даних вікових групах. Триваліший період роботи (Т заг) логічно характеризувався вищими значеннями потужності реверсу навантаження (W рев). За результатами наших досліджень, W рев складала 83–85 % від  $PWC_{170}$ . У юнаків 21 року потужність реверсу становила  $191,92 \pm 8,10$  Вт, що на 4,5–4,94 % перевищувало результати інших вікових груп ( $p > 0,05$ ). В 17–20 років W рев знаходилася практично на одному рівні –  $182,44 \pm 4,50$  –  $183,28 \pm 4,42$  Вт.

Таблиця 1

**Показники фізичної працездатності юнаків різного віку протягом усього періоду навчання у вищому навчальному закладі, за даними фізичного навантаження зі змінною потужністю ( $M \pm m$ )**

Показники	Групи	17 років	18 років	19 років	20 років	21 рік
Т заг, хв	В	$11,60 \pm 0,42$	$12,16 \pm 0,64$	$11,30 \pm 0,43$	$11,87 \pm 0,62$	$12,58 \pm 0,50$
	Н	$11,07 \pm 0,38$	<b><math>10,75 \pm 0,35^*</math></b>	$11,15 \pm 0,29$	$10,65 \pm 0,28$	<b><math>9,27 \pm 0,63^*</math></b>
	С	<b><math>10,49 \pm 1,01^*</math></b>	<b><math>10,32 \pm 0,44^*</math></b>	$10,06 \pm 0,47$	<b><math>9,64 \pm 0,32^*</math></b>	$10,27 \pm 0,95$
А заг, кДж	В	$67,89 \pm 4,98$	$74,90 \pm 7,72$	$64,91 \pm 5,17$	$71,09 \pm 7,91$	$80,45 \pm 6,22$
	Н	$62,33 \pm 4,36$	<b><math>58,98 \pm 3,85^*</math></b>	$63,62 \pm 3,45$	<b><math>57,34 \pm 3,12^*</math></b>	<b><math>53,63 \pm 7,20^*</math></b>
	С	<b><math>47,86 \pm 5,03^*</math></b>	<b><math>54,56 \pm 4,52^*</math></b>	$51,65 \pm 4,60$	<b><math>46,71 \pm 3,04^*</math></b>	<b><math>54,55 \pm 9,90^*</math></b>
W рев, Вт	В	$191,49 \pm 6,91$	$200,60 \pm 10,61$	$186,42 \pm 7,07$	$195,87 \pm 10,24$	$206,91 \pm 8,23$
	Н	$182,64 \pm 6,34$	<b><math>177,44 \pm 5,70^*</math></b>	$181,09 \pm 4,45$	$175,72 \pm 4,64$	<b><math>152,98 \pm 10,43^*</math></b>
	С	<b><math>161,13 \pm 8,95^*</math></b>	<b><math>170,26 \pm 7,27^*</math></b>	$166,0 \pm 7,72$	<b><math>159,12 \pm 5,37^*</math></b>	$169,37 \pm 15,61$
$PWC_{170}$ , Вт	В	$223,60 \pm 11,05$	$233,22 \pm 12,32$	$213,45 \pm 7,48$	$228,37 \pm 13,57$	$249,12 \pm 11,21$
	Н	$216,55 \pm 9,53$	$212,12 \pm 6,92$	$217,46 \pm 6,61$	$210,19 \pm 5,26$	<b><math>182,42 \pm 11,98^*</math></b>
	С	$208,75 \pm 15,14$	$206,79 \pm 10,0$	$199,11 \pm 11,50$	<b><math>190,55 \pm 7,21^*</math></b>	<b><math>199,68 \pm 18,67^*</math></b>
$PWC_{170}$ , Вт/кг	В	$3,21 \pm 0,13$	$3,06 \pm 0,16$	$2,93 \pm 0,17$	$3,15 \pm 0,17$	$3,29 \pm 0,17$
	Н	$3,06 \pm 0,13$	$2,95 \pm 0,09$	<b><math>3,0 \pm 0,11^\heartsuit</math></b>	$2,96 \pm 0,11$	<b><math>2,58 \pm 0,16^*</math></b>
	С	$2,98 \pm 0,19$	$2,73 \pm 0,12$	$2,50 \pm 0,14$	$2,78 \pm 0,18$	<b><math>2,77 \pm 0,15^*</math></b>
МСК, л/хв	В	$4,08 \pm 0,15$	$4,21 \pm 0,17$	$4,02 \pm 0,11$	$4,15 \pm 0,18$	$4,42 \pm 0,15$
	Н	$3,98 \pm 0,14$	$3,93 \pm 0,09$	$4,0 \pm 0,09$	$3,90 \pm 0,07$	<b><math>3,33 \pm 0,16^*</math></b>
	С	$3,88 \pm 0,2$	$3,84 \pm 0,15$	$3,73 \pm 0,18$	<b><math>3,64 \pm 0,10^*</math></b>	$3,76 \pm 0,25$
МСК мл/хв/кг	В	$58,89 \pm 2,02$	$55,30 \pm 2,48$	$53,66 \pm 2,59$	$57,30 \pm 2,42$	$58,49 \pm 2,53$
	Н	$56,31 \pm 1,88$	$54,62 \pm 1,46$	<b><math>54,83 \pm 1,66^\heartsuit</math></b>	$54,92 \pm 1,75$	<b><math>47,10 \pm 2,40^*</math></b>
	С	$55,49 \pm 2,58$	$50,71 \pm 2,03$	$46,94 \pm 2,24$	$52,99 \pm 3,04$	$52,78 \pm 1,58$

Примітки: В – ваготонічний тип, Н – нормотонічний тип, С – симпатикотонічний тип регуляції;  
\* –  $p < 0,05$  по відношенню до групи В;  $\heartsuit$  –  $p < 0,05$  по відношенню до групи С

Отже, протягом усього періоду навчання у ВНЗ в юнаків різного відмічені незначні зміни фізичної працездатності. За критеріями варіабельності серцевого ритму обстежені були поділені на три групи: з ваготонічним, нормотонічним і симпатикотонічним типом регуляції. Достовірно кращі результати фізичної працездатності ( $p < 0,05$ ) логічно виявлено у юнаків з переважанням

парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи (рис. 1). Водночас встановлено, що окремі юнаки здібні проявляти високу фізичну працездатність на фоні напруження механізмів регуляції (21 рік).

Одержані нами дані показників рівня напруження організму юнаків 17–21 років під час велоергометричного навантаження за замкнутим циклом представлено в таблиці 2. Наші дослідження встановили більшу мобілізацію функціональних резервів у 17-річних студентів, що підтверджується рівнем внутрішнього напруження організму перед велоергометричним навантаженням ( $W_{\text{поч}}$ ), під час реверсу ( $W_1 \text{ рев}$ ), за максимальних значень ЧСС ( $W_{\text{мах}}$ ), які у юнаків даного вікового періоду були вищими ( $p > 0,05$ ).

Таблиця 2

**Показники рівня напруження організму юнаків різного віку на протязі усього періоду навчання, за даними тестування з реверсом ( $M \pm m$ )**

Вік	17 років (n=50)	18 років (n=64)	19 років (n=64)	20 років (n=40)	21 рік (n=33)
Показники					
$A_1$ , Дж	1,56±0,05	1,55±0,03	1,58±0,04	1,53±0,04	1,63±0,03**
$A_2$ , Дж	1,51±0,05	1,55±0,05	1,58±0,05	1,56±0,07	1,58±0,06
$W_{\text{поч}}$ , Вт	133,75±7,06	132,27±7,91	129,41±5,30	127,58±7,47	124,28±9,33
$W_1 \text{ рев}$ , Вт	372,91±10,89	369,59±10,07	370,13±10,77	361,14±11,71	372,39±13,91
$W_{\text{вих}}$ , Вт	219,03±8,17	221,61±7,21	223,04±5,81	219,12±8,67	222,37±9,68
$W_{\text{мах}}$ , Вт	370,33±11,67	365,14±11,51	364,18±11,28	355,41±13,20	363,28±15,22
$dW_z$ , Вт	88,28±7,13	89,35±3,85	93,62±2,14	93,88±6,07	95,73±5,84
$dW_p$ , Вт	29,33±1,47	30,91±1,31	31,84±0,97	31,16±1,47	34,22±1,23*

Примітки: \* –  $p < 0,05$  по відношенню до 17 років, \*\* –  $p < 0,05$  по відношенню до 18 і 20 років

Цікавим показником ефективної мобілізації функціональних резервів є котангенс кута альфа ( $\text{ctg } \alpha$ ), який пов'язаний із зовнішньою роботою, що відповідає нормованому значенню серцевого скорочення при зростанні потужності роботи ( $A_1$ ): менший кут нахилу висхідної частини петлі гістерезису характеризує більший  $\text{ctg } \alpha$  і кращі адаптивні можливості та імовірність їх значної мобілізації (Босенко А. І., Самокиш І. І., 2011), що підтверджується даними юнаків 21 років за критерієм  $A_1$  зовнішня, який у останніх був вищим. Кращі відновні процеси спостерігалися у 19-ти і 21-річних обстежених, що підтверджувалося зовнішньою роботою серцевого скорочення під час зменшення потужності навантаження ( $A_2$ ), яка характеризується котангенсом кута  $\beta$ : у цьому випадку більші значення  $\text{ctg } \beta$  відбивають меншу досконалість відновлення.

Приріст ( $dW_z$ , Вт) і витрати ( $dW_p$ , Вт) внутрішньої потужності організму під впливом навантаження, які практично не зустрічаються у функціональній діагностиці та інтерпретуються авторами методики як рівень адаптованості організму до фізичних навантажень, теж засвідчують більші функціональні резерви юнаків старших вікових груп.

Отже, проведене дослідження дозволило визначити функціональні можливості та особливості їх мобілізації у юнаків різного віку і показало, що під час виконання

дозованих навантажень змінної потужності відсутні достовірні міжгрупові відмінності, за даними рівня функціональної активації організму, що ступінь напруження організму за цих умов далека від граничної, а фізіологічні реакції – адекватні.

*Функціональні механізми адаптації серцево-судинної системи юнаків різного віку впродовж усього періоду навчання у ВНЗ.* Дослідження динаміки ЧСС юнаків здійснювалося у стані спокою, на початку педалювання, коли потужність навантаження ще дорівнювала нулю, протягом зростання і зниження потужності роботи, у період її закінчення та у 5-хвилинний період відновлення.

У положенні сидячи на велоергометрі була зареєстрована вихідна частота серцевих скорочень юнаків, яка в першій віковій групі (17 років) в середньому становила  $73,80 \pm 1,29$  уд/хв, а в п'ятій (21 рік) – склала  $69,45 \pm 1,55$  уд/хв (рис. 1). Достовірні різниці спостерігалися за частотою серцевих скорочень на початку тестування, на реверсі навантаження, а також за пульсовою вартістю виконаної роботи.

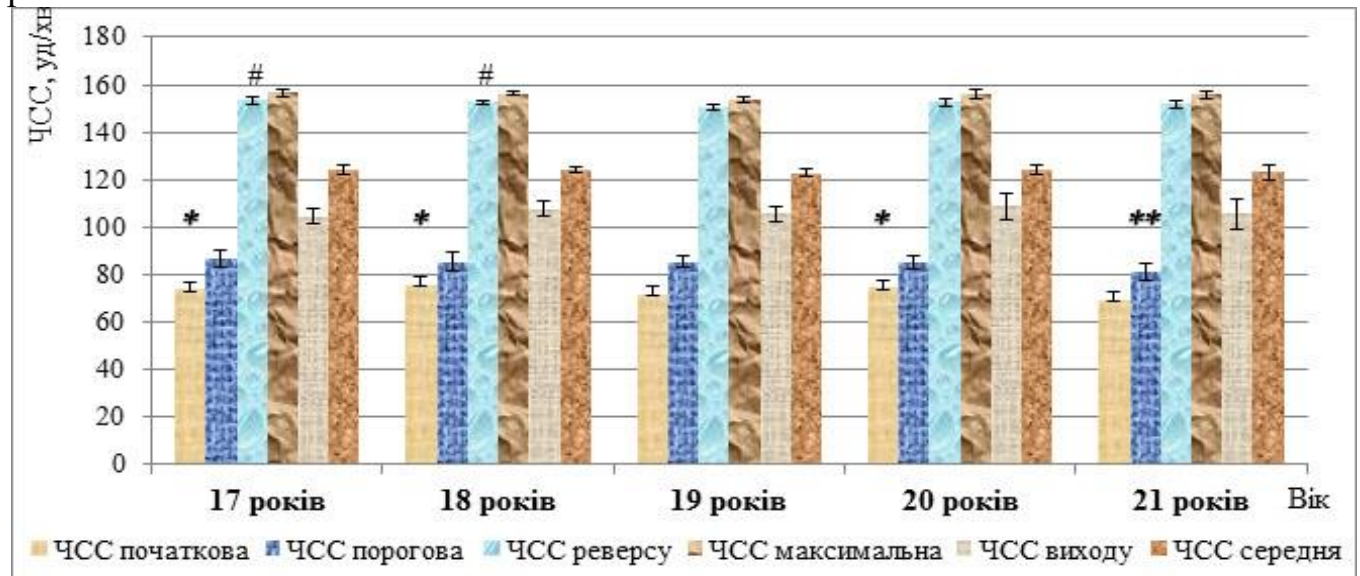


Рис. 1. Показники частоти серцевих скорочень юнаків різного віку впродовж усього періоду навчання, за даними дозованого фізичного навантаження за замкнутим циклом: \* –  $p < 0,05$  по відношенню до 21 років; \*\* –  $p < 0,05$  по відношенню до 18 років; # –  $p < 0,05$  по відношенню до 19 років

Порогова ЧСС, незалежно від початкової величини є відносно стабільним показником для кожного індивіда (Давиденко Д. М.). В старших групах студентів (21 року) початок прямолінійного зростання ЧСС знаходився на рівні  $80,94 \pm 1,92$  уд/хв на відміну від 18-річних, у яких він реєструвався в межах  $86,54 \pm 1,85$  уд/хв, тобто значення їх пульсу були достовірно ( $p < 0,05$ ) меншими на 5,6 уд/хв, що відбивало більш економний режим екстракардіальної функції у старших юнаків. Реверс навантаження, за умов дослідження, здійснювався при однакових значеннях ЧСС, яка коливалася в діапазоні  $150,3 \pm 0,69$  –  $153,34 \pm 0,72$  уд/хв. ЧСС середня, як результат ділення зафіксованих пульсових ударів протягом всього навантаження на загальний час роботи, був практично однаковим в усіх вікових періодах. Найбільша її величина

реєструвалася в групі 20-річних юнаків і становила  $124,78 \pm 0,92$  уд/хв, найменша – в 19 років і дорівнювала  $122,77 \pm 0,85$  уд/хв.

Значення пульсової вартості роботи юнаків 19 і 21 років, яка характеризує сумарну фізіологічну «ціну» процесу адаптації до фізичного навантаження з реверсом, перевищували величини інших вікових груп, що обумовлено більшим часом і обсягом виконаної роботи за умов вищої середньої її потужності.

Отже, відмічено, що функціонування ССС, за даними ЧСС, у юнаків 21 року протікало при менших значеннях пульсу в процесі навантаження ( $p < 0,05$ ). Про це свідчить частота серцевих скорочень початкова, порогова, реверсу, максимальна, середня та виходу з навантаження, що характеризує економічний рівень і меншу фізіологічну «ціну» функціонування серцево-судинної системи. Довготривала адаптація серцево-судинної системи юнаків свідчить про зростання економізації і ефективності діяльності, що яскравіше проявлялося у вікових групах 19 і 21 років. Оптимальнішими були у них і процеси відновлення, ЧСС виходу яких була меншою ( $p > 0,05$ ) по відношенню до всіх вікових груп.

Зміни кардіоритму є важливою ланкою в адаптації організму до умов внутрішнього та зовнішнього середовища, що дозволяє використовувати характеристики серцевого ритму для оцінки функціонального стану організму в цілому. У стані відносного м'язового спокою за індексом напруги (ІН) у юнаків було визначено три типи регуляції діяльності серця: нормотонічний, симпатикотонічний та ваготонічний. За даними реєстрації кардіоритму, у юнаків 17 років спостерігалось 60 % випадків з нормотонічним типом регуляції, 16 % – з симпатикотонічним, 24 % – з ваготонічним. З кожним наступним віковим періодом зменшувалася кількість обстежених з симпатикотонічним типом регуляції серцевого ритму. Переважання нормотонічного типу регуляції ( $p < 0,05$ ) відмічалось у обстежених в 17, 18 і 20 років (60, 55 і 58 відсотків, відповідно), а ваготонічного – у 19-ти і 21-річних юнаків (29 та 45 відсотків, відповідно), що свідчить про домінування парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи у обстежених даних вікових груп.

Аналізуючи показники модального значення ( $M_0$ ) серцевого ритму юнаків різного віку, які відображають найбільш ймовірний рівень функціонування синусового вузла, слід відмітити його зменшення в 19 років по відношенню до 17-річного віку, з подальшим збільшенням в 21 рік, про що свідчать показники достовірності відмінностей ( $p < 0,05$ ) за групами 19 і 21 років. Достовірно вищі показники значень моди відображають більш економічний рівень функціонування серця. В цілому, вікова динаміка пейсмейкера ритму серця у обстежених груп відображала відому тенденцію підвищення парасимпатичної активності вегетативної нервової системи з віком, що підтверджується іншими авторами (Баєвський Р. М., Шлик Н. І.).

Фізичне навантаження, потужність якого змінювалася за замкнутим циклом від нуля до певної величини (ЧСС у 150–155 уд/хв) з наступним зменшенням до вихідного рівня зі швидкістю 33 Вт/хв, характеризувалося високо достовірними змінами показників кардіоритму на вершині (реверсі) роботи ( $p < 0,05$ – $0,01$ ). Реакція на м'язові навантаження логічно виражалася в централізації механізмів регуляції,

збільшенні їх напруги, на що вказувало зростання тонуусу симпатичного відділу вегетативної нервової системи (табл. 3).

Таблиця 3

**Статистичні та варіаційні показники серцевого ритму юнаків різного віку впродовж усього періоду навчання, за даними тестування навантаженням з реверсом ( $M \pm m$ )**

Показники	Стан	Вікові групи, роки				
		17 років n=50	18 років n=64	19 років n=64	20 років n=40	21 рік n=33
Mo, с	Р	0,38±0,001 <sup>#</sup>	0,38±0,001 <sup>#</sup>	0,38±0,001 <sup>#</sup>	0,39±0,002 <sup>#</sup>	0,38±0,001 <sup>#</sup>
	К	0,58±0,01 <sup>*</sup>	0,56±0,01 <sup>*</sup>	0,57±0,01 <sup>*</sup>	0,56±0,02 <sup>*</sup>	0,59±0,03 <sup>*</sup>
	В	0,63±0,01 <sup>**</sup>	0,64±0,01 <sup>**</sup>	0,64±0,01 <sup>**</sup>	0,62±0,01 <sup>**</sup>	0,66±0,03 <sup>**</sup>
АМо, %	Р	58,04±1,55 <sup>#</sup>	59,80±1,43 <sup>#</sup>	56,39±1,85 <sup>#</sup>	61,63±2,31 <sup>#</sup>	53,60±3,35 <sup>#</sup>
	К	26,90±0,93	30,78±1,37 <sup>*</sup>	29,26±1,09	32,94±2,13	29,40±2,39
	В	26,28±1,13 <sup>**</sup>	25,30±0,95 <sup>**</sup>	25,17±0,74 <sup>**</sup>	25,06±1,20 <sup>**</sup>	23,38±1,56 <sup>**</sup>
ΔX, с	Р	0,05±0,002 <sup>#</sup>	0,05±0,002 <sup>#</sup>	0,05±0,002 <sup>#</sup>	0,05±0,01 <sup>#</sup>	0,05±0,002 <sup>#</sup>
	К	0,16±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,17±0,03
	В	0,18±0,01 <sup>**</sup>	0,18±0,01 <sup>**</sup>	0,18±0,01 <sup>**</sup>	0,19±0,02 <sup>**</sup>	0,20±0,02 <sup>**</sup>
ІН, у. о.	Р	1754,4±138,9 <sup>#</sup>	1927,2±110,6 <sup>#</sup>	1875,2±113,6 <sup>#</sup>	2251,9±168,9 <sup>#</sup>	1916,1±273,8 <sup>#</sup>
	К	199,22±23,20	276,58±45,24	236,53±20,99 <sup>*</sup>	344,20±55,98 <sup>*</sup>	247,89±55,41
	В	155,91±12,40 <sup>**</sup>	141,71±10,85 <sup>**</sup>	139,13±9,46 <sup>**</sup>	137,16±14,09 <sup>**</sup>	119,70±21,90 <sup>**</sup>
ВІР, у. о.	Р	58,10±3,63 <sup>#</sup>	62,77±3,39 <sup>#</sup>	64,91±3,19 <sup>#</sup>	74,51±5,37 <sup>#</sup>	65,89±6,73 <sup>#</sup>
	К	13,22±1,0	15,34±1,26 <sup>*</sup>	14,36±0,93 <sup>*</sup>	17,94±2,04 <sup>*</sup>	14,42±2,54
	В	10,83±0,61 <sup>**</sup>	10,26±0,46 <sup>**</sup>	10,26±0,48 <sup>**</sup>	10,21±0,74 <sup>**</sup>	9,40±1,03 <sup>**</sup>
ІВР, у. о.	Р	1332,7±105,6 <sup>#</sup>	1458,1±88,5 <sup>#</sup>	1416,7±72,5 <sup>#</sup>	1688,7±125,3 <sup>#</sup>	1446,4±208,1 <sup>#</sup>
	К	214,93±20,91	292,03±44,97	252,20±18,86	344,91±64,68	275,19±61,63
	В	187,80±14,04 <sup>**</sup>	175,84±12,93 <sup>**</sup>	172,09±10,93 <sup>**</sup>	165,17±16,32 <sup>**</sup>	148,84±23,58 <sup>**</sup>
ПАІР, у. о.	Р	152,62±4,33 <sup>#</sup>	157,99±3,88 <sup>#</sup>	149,39±5,0 <sup>#</sup>	163,72±6,07 <sup>#</sup>	141,94±8,81 <sup>#</sup>
	К	48,26±2,17	56,67±3,06 <sup>*</sup>	53,77±2,49 <sup>*</sup>	64,28±5,67 <sup>*</sup>	52,02±4,57
	В	42,84±2,0 <sup>**</sup>	40,24±1,68 <sup>**</sup>	40,49±1,89 <sup>**</sup>	41,44±2,27 <sup>**</sup>	36,69±3,36 <sup>**</sup>
АМГК, у. о.	Р	8,39±0,50 <sup>#</sup>	8,99±0,48 <sup>#</sup>	9,19±0,43 <sup>#</sup>	10,45±0,73 <sup>#</sup>	9,40±0,91 <sup>#</sup>
	К	4,05±0,18	4,54±0,31	4,32±0,24	4,80±0,55	4,58±0,73
	В	4,08±0,18 <sup>**</sup>	4,05±0,18 <sup>**</sup>	4,05±0,22 <sup>**</sup>	3,82±0,26 <sup>**</sup>	3,77±0,31 <sup>**</sup>

Примітка: ♥ Р – реверс навантаження, К – стан наприкінці навантаження, В – 5 хвилина відновлення; \* –  $p < 0,05-0,001$  по відношенню К до В; \*\* –  $p < 0,05$  по відношенню Р до В, # –  $p < 0,05$  по відношенню Р до К.

Збільшення Mo/ΔX під час навантаження підтверджувало активацію гуморального каналу за умов зростання переваги впливу адренергічних механізмів регуляції над холінергічними. Так, в групі юнаків 17 років даний критерій збільшився приблизно в 2,53 рази і становив 8,39 у. о. В 20-річному віці відмічалися вірогідні зрушення (у 3,25 разів) за ще вищих абсолютних значень цього критерію (10,45 у. о.,  $p > 0,05$ ).

Дані варіаційної пульсометрії під час фізичного навантаження свідчили про більш виражену напругу функціонування серцево-судинної системи юнаків 18 і 20

років порівняно з іншими віковими групами: регуляторні механізми серцево-судинної системи відповідали підвищенням ( $p < 0,05$ ) тону су симпатичного відділу вегетативної нервової системи (збільшення ІН, АМо, АМо/ΔХ, Мо/ΔХ) і зниженням парасимпатичного (зменшення Мо і ΔХ).

Наприкінці велоергометричної проби, коли потужність навантаження зменшувалася до нуля, за рахунок поточного відновлення, рівень напруги суттєво знизився, проте не досягав вихідних значень в жодній групі обстежуваних. Не відбувалося повної реституції і на п'ятій хвилині відпочинку після м'язового навантаження.

Отже, за багатьма показниками стану функціональних механізмів адаптації, адекватне функціонування серцево-судинної системи за умов фізичних навантажень змінної потужності, спостерігалось у юнаків 19 і 21 років: більший обсяг виконаної роботи обумовлював більшу потужність напруження організму і пульсову вартість виконаної роботи. Разом з тим, за індивідуальними даними індексу напруги регуляторних систем, ефективне відновлення рівня регуляції відмічалось саме в 19 і 21 років – у 62,3 та 65 відсотків юнаків, відповідно.

Проведений індивідуальний аналіз адаптивних можливостей юнаків, за величинами адаптаційного потенціалу Р. М. Баєвського, протягом лонгітудинальних досліджень дозволив виявити превалювання кількості обстежених з задовільною адаптацією в вікових групах 17 і 21 років і достовірно більшу напругу регуляторних систем у віковому аспекті 18 років ( $p < 0,05$ ). Оцінка рівня адаптаційних можливостей не виявила в обстеженому контингенті випадків незадовільної адаптації й зриву адаптації.

*Функціональні механізми адаптації центральної нервової системи юнаків різного віку впродовж усього періоду навчання у ВНЗ.* Динаміку загального функціонального стану центральної нервової системи досліджували за даними часу простої зорово-рухової реакції за методикою Т. Д. Лоскутової (1977). Встановлено, що за даними розподілу часу простої зорово-рухової реакції, фоновий функціональний стан мозку більшості юнаків знаходився в межах вікової норми. За вихідними значеннями величини функціонального рівня системи (ФРС), стійкості реакції (СР), рівня функціональних можливостей (РФМ) обстежених, незалежно від віку, можливо поділити на три основні групи (Лоскутова Т. Д., 1984) – з низьким, середнім і високим функціональним рівнем центральної нервової системи. Відмінності спостерігалися за процентним співвідношенням обстежених в групах (рис. 2). Оптимальним вважається середній рівень активації (тону су) мозку (Зимкина А. М., 1978 та ін.).

За показниками ФРС з кожним роком збільшувався відсоток юнаків із середнім рівнем, що свідчило про удосконалення стану механізмів регуляції. Водночас, необхідно відмітити, що в 19-річному віці, спостерігалось збільшення випадків з його високим рівнем. Аналогічна динаміка відбувалася і за РФМ, СР.

Під впливом дозованого фізичного навантаження зі зміною потужності досліджувані критерії змінювалися неоднаково. Зрушення стійкості реакції серед всіх груп обстежених коливалось в діапазоні 17–38 %. Максимальне її збільшення було зареєстровано у юнаків 18 років, що свідчило про напруження функціонування

системи. Починаючи з 19-річного періоду, простежувався менший діапазон збільшення СР, що вказувало на поліпшення процесів адаптації центральної нервової системи юнаків старших вікових груп.

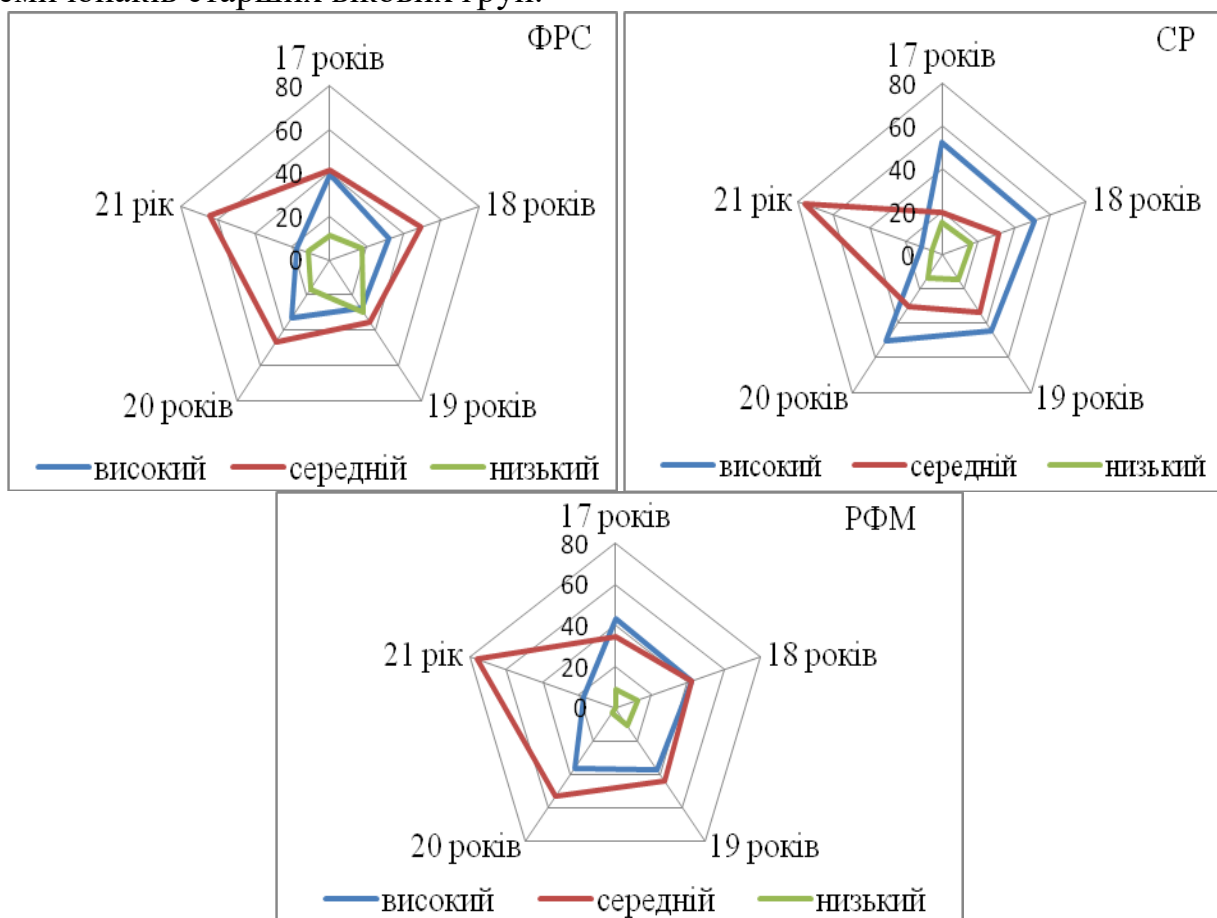


Рис. 2. Рівні загального функціонального стану мозку юнаків різного віку в стані спокою (за Т. Д. Лоскутовою)

Показник функціонального рівня системи зростає значно менше (на 3–8%). Рівень функціональних можливостей в середньому по групам збільшувався на 10–14%. Отже, найбільш варіативним і чутливим до аферентних впливів є стійкість реакції, і, відповідно, стабільність функціонального стану. Встановлено два основних типи динаміки показників ЗФС мозку юнаків на дозоване навантаження з реверсом, які відрізняються за спрямованістю, глибиною зрушень і кількісним співвідношенням: за високого рівня відбувалося, як правило, зниження показників, за низьких вихідних значень, навпаки, спостерігалось підвищення критеріїв ЗФС мозку. Виявлені особливості узгоджуються і підтверджують раніше відмічені закономірності реакції ЗФС мозку у широкого кола обстежених як на розумові, так і на дозовані та граничні м'язові навантаження (Босенко А. І., 1986). Виявлено, що динаміка параметрів ЦНС відбувається за «законом маятника», якому підкорюються ряд інших систем і показників. Як третій тип реакції ЗФС мозку на фізичні і розумові навантаження слід розглядати відсутність такої або різноспрямовані зміни його параметрів, що розцінюється як жорсткість системи і неадекватність реагування.

Встановлені типи реакції носять універсальний характер і відмічаються у представників різного віку, статі, фізичної підготовленості під впливом дозованих і

граничних м'язових, а також розумових навантажень (Босенко А. І., 1986, 2014). У зв'язку з цим, реакцію центральної нервової системи оцінювали за діапазоном відхилень від вихідного рівня: зрушення показників в межах  $\pm 25\%$  розглядалося як реакція активації, в межах  $\pm 50\%$  – як реакція напруги, а коливання понад  $50\%$  – як передпатологію з можливим переходом у стан хвороби (Баєвський Р. М., Берсенюва А. П., 2009). Такий підхід дає об'єктивнішу індивідуальну характеристику адаптивним реакціям центральної нервової системи на фізичні і розумові навантаження і, можливо, на інші чинники.

Аналіз кореляційних залежностей між показниками фізичної працездатності, як системоутворюючого чинника й інтегрального критерію функціональних можливостей, та величинами функціонального стану серцево-судинної й центральної нервової систем юнаків 17–21 років у стані спокою не виявив тісних значущих зв'язків. Відмічалися слабкі й середньої сили залежності. Встановлено, що функціональні можливості юнаків 17–20 років за показниками фізичної працездатності виявляють слабку негативну залежність із ступенем централізації механізмів регуляції серцево-судинної системи (ІН, АМо) у вихідному стані і тенденцію до її посилення з віком. Показано, що негативні кореляційні зв'язки за індексом напруження в стані спокою змінювалися на позитивні в 21 рік в діапазоні нижньої межі норми, що забезпечує більший рівень працездатності. Вплив вихідного стану центральної нервової системи на функціональні можливості аналогічно виявлявся у позитивних зв'язках фізичної працездатності з критеріями загального функціонального стану мозку. Фізичне навантаження супроводжувалося посиленням їх залежностей, що пояснюється конвергентними змінами функціонального стану центральної нервової системи.

Вивчення факторної структури функціональних можливостей юнаків 17–21 років виявило, що основними складовими першого фактору в усіх вікових періодах були показники фізичної працездатності та пульсова вартість виконаної роботи. Вагомими складовими провідних факторів поряд з рівнем напруження організму і ефективністю регуляції системи кровообігу впродовж фізичного навантаження виступали показники стану регуляторних механізмів серцевого ритму на різних етапах тестування. Критерії загального функціонального стану мозку в головних факторах були присутні в 17 і в 21 рік. З віком зменшувалася загальна кількість факторів, однак збільшувалася кількість залучених змінних в них.

Вивчення функціональних механізмів адаптації до навчальних фізичних навантажень дозволило розробити орієнтовні нормативні таблиці та блок-схему комплексної оцінки (прогнозування) функціональних можливостей юнаків 17–21 років.

## ВИСНОВКИ

У дисертації за допомогою сучасних фізіологічних методів комплексно досліджено функціональні механізми адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень протягом усього періоду навчання у закладах вищої освіти. На основі аналізу одержаних даних сформульовано висновки:

1. Доведено, що за умов довготривалої (17–21 рік) адаптації серцево-судинної системи юнаків до навчальних навантажень відбувалося удосконалення



механізмів економізації і ефективності діяльності серцево-судинної системи в 19 і 21 років. Екстракардіальна функція, за даними динаміки ЧСС (вихідна, порогова, реверсу, максимальна, середня), в цих вікових групах характеризувалася більш оптимальним ( $p < 0,05$ ) рівнем на всіх етапах тестування. Процеси відновлення (ЧСС виходу) у них протікали інтенсивніше порівняно з обстеженими інших вікових груп.

2. Виявлено особливості стану механізмів регуляції серцевого ритму:

- юнакам 19 і 21 років в стані спокою властиве переважаюче ваготонічного типу вегетативної регуляції ритму серця;

- навантаження за замкнутим циклом викликало активацію симпатичного відділу вегетативної нервової системи і виражену напругу механізмів регуляції серцевої діяльності, яка в більшій мірі виявлялася у юнаків 18 і 20 років (зростання ІН до 1927,17–2251,90 у. о.; АМо до 59,80–61,63 у. о., ІВР до 1458,12–1688,70 у. о.).

3. Встановлено, що в стані відносного м'язового спокою загальний функціональний стан мозку юнаків відповідав межах норми. Кількість обстежених з оптимальним середнім рівнем з віком зростала від 34,78 % у 17 років до 76,47 % у 21 рік. Фізичне навантаження за замкнутим циклом викликало конвергентні його зміни: високий фоновий рівень супроводжувався зниженням, низький – підвищенням критеріїв у відновлювальний період. Особливістю зрушень показників ЗФС мозку юнаків є домінування реакції підвищення у 19 і 21 років (понад 50 %) та зниження у 17, 18, 20 років (у 56,67–83,95 відсотків випадків).

4. Доведено, що оцінку функціональних можливостей ЦНС слід здійснювати за «законом маятника»: зрушення в діапазоні  $\pm 25$  % розцінювати як реакцію активації, яка реєструвалася у 60–85 % юнаків, у діапазоні  $\pm 50$  % – як напруження, яке відмічалось у 12–25 % випадків, понад  $\pm 50$  % – як перенапруження з можливим переходом в патологічний стан, що було властиве 3,33–15,79 відсотків обстежених.

5. Визначено задовільний рівень адаптації за індексом функціональних змін у вікових групах 17, 19 і 21 років, напруження адаптації – у 18 і 20 років. Виявлено відносну стабілізацію абсолютних значень фізичної працездатності (Т заг, А заг, W реверс, PWC<sub>170</sub>) у досліджуваному віковому періоді з 19 років. Високий рівень мобілізації функціональних можливостей зареєстровано у 17-річних студентів, що підтверджується більш високими величинами рівня внутрішньої потужності організму перед велоергометричним навантаженням (W поч), під час реверсу (W<sub>1</sub> реверс), за максимальних значень ЧСС (W max).

6. Кореляційний аналіз внутрішньо- та міжсистемних взаємодій виявив наявність тісних взаємозв'язків між всіма показниками фізичної працездатності, які досягали функціонального рівня між загальним обсягом роботи (А заг) та її часом (Т заг) і високого рівня з показниками: МСК ( $r = 0,938; 0,977$ ), PWC<sub>170</sub>, Вт ( $r = 0,915; 0,956$ ), А<sub>1</sub> ( $r = 0,780; 0,818$ ), W max ( $r = 0,791; 0,834$ ), напруження організму на реверсі (W<sub>1</sub>реверс) навантаження ( $r = 0,796; 0,844$ ), пульсовою вартістю роботи ( $r = 0,911; 0,956$ ) ( $p < 0,001$ ). Середній кореляційний зв'язок спостерігався між PWC<sub>170</sub>/кг та обсягом виконаної загальної роботи, її часом і потужністю реверсу навантаження ( $r=0,563; 0,606; p < 0,001$ ).

Між показниками фізичної працездатності та критеріями функціонального стану серцево-судинної і центральної нервової систем зареєстровано слабкі

кореляційні зв'язки та відмічено їх посилення в процесі фізичного навантаження в усіх вікових групах юнаків протягом періоду навчання у ВНЗ.

7. Факторний аналіз виявив особливості функціональних механізмів адаптації у юнаків різного віку, які характеризувалися різною кількістю (від 12 до 15) та вагою (5,05–20,38 %) визначених факторів і їх складових (3–16). Основними складовими першого фактору в усіх вікових періодах виступали показники фізичної працездатності (Т заг, А заг, W реф, PWC<sub>170</sub>, PWC<sub>170</sub>/кг, МСК) та пульсова вартість виконаної роботи (L). Вагомими складовими провідних факторів визначено характеристики варіабельності серцевого ритму, критерії ЗФС мозку у відновний період та з невисокою вагою – показники якості регуляції серцевої діяльності. З віком від 17 до 21 років зменшувалися загальна кількість факторів та кількість залучених змінних, вплив рівня функціональної активності центральної нервової системи.

8. За даними дозованого фізичного навантаження за замкнутим циклом (з реверсом), з використанням методу сигмальних відхилень розроблено орієнтовні оціночні таблиці та блок-схему комплексної оцінки функціональних можливостей юнаків 17–21 років.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Босенко А. І., Топчій М. С. Стан механізмів регуляції серцевого ритму студентів молодших курсів факультету фізичного виховання при виконанні дозованого фізичного навантаження за замкнутим циклом // Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. 2017. № 1. С. 11–18. *Особистий внесок здобувача полягав в проведенні експериментальних досліджень, статистичній обробці результатів, їх аналізі, спільно з співавтором підготував матеріали до друку.*

2. Bosenco A. I., Topcii M. S. General functional state of the central nervous system of the first and second year students of the physical education faculty // ScienceRise: Biological Science. 2017. № 4 (7). P. 31–36. DOI: 10.15587/2519-8025.2017.109302. *Здобувач особисто виконав весь обсяг експериментальних досліджень, статистичну обробку результатів, їх аналіз, спільно з співавтором підготував матеріали до друку.*

3. Топчій М. С., Босенко А. І., Орлик Н. А. Функціональні можливості юнаків 17–21 років за даними тестування навантаженням зі змінною потужністю // Український журнал медицини, біології та спорту. 2017. № 6 (8). С. 188–195. DOI: 10.26693/jmbs02.06.188. *Автором отримано експериментальні дані, здійснено статистичну обробку і аналіз, спільно з співавторами підготовлено матеріали до друку.*

4. Топчій М. С., Босенко А. І., Дишель Г. О. Факторна структура функціональних можливостей юнаків 17–21 років // Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. 2017. № 2. С. 75–86. *Здобувач особисто виконав весь обсяг експериментальних досліджень, статистичну обробку результатів, аналіз і узагальнення отриманих даних, спільно з співавторами підготував матеріали до друку.*

5. Босенко А. І., Борщенко В. В., Топчій М. С., Шавініна А. О. Стан механізмів регуляції кардіоритму у дівчат 7–16 років протягом навчання в школі // Вісник проблем біології і медицини. 2017. Вип. 2 (136). С. 395–401. *Здобувач особисто*

виконав аналіз і узагальнення отриманих даних, спільно з співавторами підготував матеріали до друку.

6. Bosenco A. I., Topcii M. S., Evtuchova L. A. On the normative values of the adaptive potential and their practical application // Журнал «Известия Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины», Естественные науки. 2017. № 6 (105). P. 27–32. *Особистий внесок здобувача – аналіз сучасного стану проблеми адаптивних реакцій юнаків, статистична обробка результатів, спільно з співавторами підготував матеріали до друку.*

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

7. Босенко А. И., Топчий М. С., Руденко И. Н. Методы исследования функциональных резервов детей и молодежи // Восточное партнерство в сфере педагогических инноваций в инклюзивном образовании в рамках Междунар. проекта TEMPUS “INOVEST”, г. Кишинев, 6–10 июля 2015 г. / под общей ред. С. Кайсына. Институт Непрерывного Образования, 2015. Psihologie. Pedagogie specială. Asistența socială. Chișinău, 2015. P. 64–72.

8. Орлик Н. А., Клименко Е. В., Топчий М. С. Особенности оценки физической работоспособности девушек 17–22 лет в овариально-менструальном цикле // Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию УО «ГГУ имени Ф. Скорины» (Гомель, 8–9 октября 2015 года). Ч. 1. С. 147–149.

9. Топчий М. С., Босенко А. И. Стан механізмів регуляції серцевого ритму футболістів 17–18 років, за даними тестування навантаженням за замкнутим циклом // Проблеми активізації рекреаційно-оздоровчої діяльності населення: матеріали X Всеукр. наук.-практ. конф. з між нар. участю. Львів: ЛДУФК, 2016. С. 296–300.

10. Босенко А. И., Топчий М. С. Общее функциональное состояние центральной нервной системы у студентов 1 курса факультета физической реабилитации // Матеріали Міжнародного симпозіуму «Освіта і здоров'я підростаючого покоління»: Зб. наук. праць. Київ, 2016. Вип. 1. С. 255–258.

11. Босенко А. И., Топчий М. С., Дишель Г. О., Слободян М. И. Динамика омега-потенциалу у дітей молодшого шкільного віку під впливом розумових і фізичних навантажень // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 6–7 окт. 2016 г. / УО МГПУ им. И. П. Шамякина; редкол.: С. М. Блоцкий (отв. ред.) [и др.]. Мозырь, 2016. С. 167–169.

12. Босенко А. И., Топчий М. С., Калайда С. О. Динамика механізмів регуляції серцевого ритму юнаків-студентів на дозовані фізичні навантаження // Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини (для студентів та молодих вчених): наук.-практ. конф. з між нар. участю, присвячена 100-річчю зі дня народження І. Г. Герцена. Одеса, 27–28 квітня 2017 року. Одеса: ОНМедУ, 2017. С. 176–177.

13. Босенко А. И., Топчий М. С. Стан механізмів регуляції серцевого ритму студентів молодших курсів факультету фізичного виховання // Актуальні проблеми сучасної освіти та науки в контексті євроінтеграційного поступу: матеріали доповідей учасників III Міжнародної науково-практичної конференції (18–19 травня

2017 року) / упоряд. О. І. Бундак, Н. В. Ляшук, Н. Г. Конон. Луцьк: ЛІРоЛ, 2017. С. 216–218.

14. Топчій М. С., Босенко А. І. Стан центральної нервової системи студентів як складової функціональної системи адаптації до дозованих фізичних навантажень // Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність: VI всеукраїнська науково-практична конференція: Черкаси 20-22 вересня 2017 р.: Тези доповідей. Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2017. С. 74.

15. Босенко А. И., Топчий М. С., Дишель Г. А. Оценка адаптационных возможностей кровообращения школьников в условиях разной мотивации деятельности // Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды: материалы XII международной научно-практической конференции (Гомель, 5–6 октября 2017 года). Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. Ч. 1. С. 26–30.

16. Босенко А. І., Топчій М. С. Щодо інформативності індексу функціональних змін у характеристиці адаптаційного потенціалу // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Здоров'я людини: теорія і практика», присвяченої 25-річчю Медичного інституту Сумського державного університету / за заг. ред. О. О. Єжової. Суми: Сумський державний університет, 2017. С. 37–38.

***Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:***

17. Босенко А. І., Топчій М. С. Пристрій для реєстрації омега-потенціалу з поверхні шкіри голови «РОП-1»: патент України на корисну модель № 123121; Заявл. 01.09.2017; Опубл. 12.02.2018; Бюл. № 3. 6 с.

#### **АНОТАЦІЯ**

**Топчій М. С. Функціональні механізми адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.13 – фізіологія людини і тварин. – Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького МОН України. – Черкаси, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вивченню функціональних механізмів адаптації юнаків різного віку до навчальних навантажень протягом усього періоду навчання у закладі вищої освіти. Встановлено найбільш адекватну мобілізацію функціональних механізмів адаптації юнаків до навчальних фізичних навантажень відмічається у 19 та 21 років. Виявлено переважання нормотонічного типу регуляції серцевого ритму юнаків у 17, 18, 20 років, ваготонічного в 19 і 21 рік. Відмічено, що функціонування серцево-судинної системи за даними ЧСС, у юнаків 21 року протікало при менших значеннях пульсу в процесі усього навантаження, більш виражена напруга спостерігалася у 17 і 20 років. В стані спокою у юнаків різного віку зареєстровано три рівні загального функціонального стану мозку, які відповідали межах норми. Фізичне навантаження за замкнутим циклом викликало конвергентні його зміни, у зв'язку з чим визначено два основних типи динаміки функціонального стану центральної нервової системи: високий фоновий рівень характеризувався зниженням, низький – підвищенням критеріїв загального функціонального стану мозку у післяробочий період. Кореляційний аналіз внутрішньо- та міжсистемних взаємодій виявив наявність тісних взаємозв'язків між показниками фізичної

працездатності, функціональним станом серцево-судинної й центральної нервової систем та відмічено їх посилення протягом періоду навчання. Визначено структуру та провідні фактори функціональних механізмів адаптації юнаків різного віку протягом періоду навчання, серед з яких з найбільшим внеском виокремлені фізична працездатність, рівень напруження організму і ефективність регуляції системи кровообігу. З віком від 17 до 21 років зменшувалися загальна кількість факторів та кількість залучених змінних, вплив рівня функціональної активності центральної нервової системи. Розроблено орієнтовні оціночні таблиці та блок-схему комплексної оцінки функціональних можливостей юнаків 17–21 років.

**Ключові слова:** адаптація, серцевий ритм, центральна нервова система, фізична працездатність, навчання, юнаки, факторна структура.

### **АННОТАЦІЯ**

**Топчий М. С. Функциональные механизмы адаптации юношей разного возраста к учебным нагрузкам. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных. – Черкасский национальный университет имени Богдана Хмельницкого МОН Украины. – Черкассы, 2018.

Диссертационная работа посвящена изучению функциональных механизмов адаптации юношей различного возраста к учебным нагрузкам на протяжении всего периода обучения в высшем учебном заведении. Отмечено наиболее адекватную мобилизацию функциональных механизмов адаптации юношей к учебным физическим нагрузкам в 19 и 21 год. Выявлено преобладание нормотонического типа регуляции сердечного ритма в 17, 18 и 20 лет, ваготонического в 19 и 21 год. Функционирование сердечно-сосудистой системы, по данным ЧСС, у юношей 21 года протекало при меньших значениях пульса в процессе всей нагрузки, более выраженное напряжение наблюдалось в 17 и 20 лет. В состоянии покоя зарегистрировано три уровня общего функционального состояния мозга, отвечающие пределам нормы. Физическая нагрузка по замкнутому циклу вызвала конвергентные его изменения, в связи с чем определены два основных типа динамики функционального состояния центральной нервной системы: высокий фоновый уровень характеризовался снижением, низкий – повышением критериев общего функционального состояния мозга в восстановительном периоде. Корреляционный анализ внутри- и межсистемных взаимодействий выявил наличие тесных взаимосвязей между показателями физической работоспособности, функциональным состоянием сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, отмечено их усиление в процессе обучения. Определена структура и ведущие факторы функциональных механизмов адаптации юношей разного возраста на протяжении периода обучения, среди которых с наибольшим вкладом выделены физическая работоспособность, уровень напряжения организма и эффективность регуляции системы кровообращения. С возрастом от 17 до 21 лет уменьшались общее количество факторов и количество привлеченных переменных, влияние уровня функциональной активности центральной нервной системы. Разработаны

ориентировочные нормативные таблицы и блок-схему комплексной оценки функциональных возможностей юношей 17–21 лет.

**Ключевые слова:** адаптация, сердечный ритм, центральная нервная система, физическая работоспособность, учеба, юноши, факторная структура.

#### **ANNOTATION**

**Topchii M. S. Functional mechanisms of adaptation of youths of different ages to training loads. – Qualifying scientific work, manuscript copyright.**

Dissertation for the degree of a candidate of biological sciences in the specialty 03.00.13 – Human and animal physiology. – Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Cherkasy, 2018.

The thesis presents the research into functional mechanisms of adaptation of youths of different ages to training loads through the whole period of study at the higher educational institution. It has been found out that the most adequate mobilization of functional mechanisms of youths' adaptation to training physical loads marks the age of 19 and 21 correspondingly. It has been revealed that normotonic type of heart rate regulation is predominant for youths of 17, 18, 20 years and vagotonic type prevails at the age of 19, 21. It has been determined that, according to the data of heart rate, the functioning of the cardiovascular system of 21-year-old youths demonstrates lower indices of pulse in the whole process of loading; exposes the utmost tension registered for young men of 17 and 20. It has been defined that at the state of relative muscles rest youths of different ages manifest criteria of general functional state of brain being within the range of norm. Physical load in a closed cycle results in a convergent shift of general functional state of central nervous system indicators – at the high functional state background the decrease of general functional system of brain criteria is observed, however low output indices mark the increase at the restoration period. The research exposes the peculiarities of intrasystem and intersystem correlation links between physical efficiency, cardiovascular, central nervous system and variability of heart rate as the formation factors of different aged youths' adaptation functional mechanisms, in accordance with the variable tension of physical load. It has been determined that the indicators of physical efficiency and criteria of cardiovascular and central nervous system functional state register weak correlation links, although their strengthening has been observed through the period of study in the process of physical loading in all the age youths groups under survey. The factor structure is established here, the profiles are elaborated for functional mechanisms of adaptation of young men at different age during their training period in higher educational institution. Valid constituents of leading factors include the characteristics of heart-rate variability, the criteria of general functional state of brain in restoration period and the quality indices of heart-rate regulation, with low weight though. Within the age from 17 to 21 years the general amount of factors, number of variables involved and the influence of central nervous system functional activity level have been decreasing. The sigma deviations method being applied, the data of dozed physical loading in closed cycle (with a reverse) allowed us to develop indicative evaluation tables and a block diagram of complex evaluation for prediction of functional abilities of 17-21-year-old youths.

**Key words:** adaptation, heart rate, central nervous system, physical performance, youths, factor structure.