

DOI: <https://doi.org/10.31470/2786-6424-1/2023-68-73>

ORCID 0000-0003-0604-7400

КОВТУН Алла

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри теорії і методики
фізичного виховання,
Придніпровська державна академія
фізичної культури і спорту
м. Дніпро, Україна

KOVTUN Alla

candidate of Biological Sciences,
Associate Professor Prydniprovsk
State Academy of Physical Culture and
Sports,
Dnipro, Ukraine

✉ allakovtun111@gmail.com

ORCID 0000-0002-5431-8052

СТЕПАНОВА Ірина

кандидат наук з фізичного виховання та
спорту, доцент,
доцент кафедри теорії і методики
фізичного виховання
Придніпровська державна академія
фізичної культури і спорту
м. Дніпро, Україна

STEPANOVA Iryna

candidate of Sciences in Physical
Education and Sports, Associate
Professor Prydniprovsk State Academy
of Physical Culture and Sports,
Dnipro, Ukraine

✉ siv260180@gmail.com**АНАЛІЗ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ОСІБ З ДИТЯЧИМ ЦЕРЕБРАЛЬНИМ ПАРАЛІЧЕМ, ЯКІ ЗАЙМАЮТЬСЯ АДАПТИВНОЮ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ****ANALYSIS OF HEART RHYTHM VARIABILITY OF PEOPLE WITH CEREBRAL PALSY WHO ENGAGE IN ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE****Анотація.**

Вступ. Встановлено, що дитячий церебральний параліч (ДЦП) виникає внаслідок ураження мозку, що призводить до стійких непрогресуючих рухових розладів, зокрема парезів, паралічів, гіперкінезів, атаксій тощо. Для корекції рухових порушень особам з ДЦП рекомендовані систематичні заняття адаптивною фізичною культурою. В процесі таких занять спостерігається покращення рухової функції, поліпшення настрою, зменшення стресу, підсилення соціальної інтеграції тощо. Позитивні зрушення відбуваються також у функціональному стані тих, хто займається адаптивною фізичною культурою, проте дотепер вони описані неповною мірою. Звертає на себе увагу недостатність інформації про варіабельність серцевого ритму (BCP) у осіб з ДЦП в процесі занять адаптивною фізичною культурою.

Мета дослідження – проаналізувати показники варіабельності серцевого ритму осіб з ДЦП, які займаються адаптивною фізичною культурою.

Методи дослідження. Дослідження проводилось на базі Придніпровської державної академії фізичної культури і спорту. У експериментальну групу увійшло 24 особи з ДЦП чоловічої статі віком від 20 до 25 років, які відвідували спортивні секції з футболу, легкої атлетики та важкої атлетики. Стаж занять осіб з ДЦП у спортивних секціях був не менше 1 року. Контрольну групу склали 20 студентів-спортсменів віком від 20 до 25 років, що тренувалися в аналогічних видах спорту. BCP реєстрували за допомогою автоматизованого програмно-апаратного комплексу «Кардіо+» (Україна, Ніжин) у навчально-науковій лабораторії Придніпровської державної академії фізичної культури і спорту. BCP досліджували за методикою Р.М. Баєвського.

Результати дослідження. У студентів-спортсменів контрольної групи у стані спокою були відзначені вищі порівняно з нормами для здорових нетренованих осіб значення Mo, ΔX та нижчі показники AMo, IN, IBP, ВПР, ПАПР, що відображало розвиток адаптаційних механізмів у вигляді збільшення тону парасимпатичної ланки регуляції, зменшення напруження центрального типу регуляції, збільшення активності автономного контуру регуляції серцевої діяльності. У осіб з ДЦП, які займалися адаптивною фізичною культурою тривалий час, спостерігалися аналогічні зміни у показниках BCP. При цьому ступінь центральних впливів на серцевий ритм за показником IN у осіб з ДЦП була достовірно вище, ніж у студентів-спортсменів, що, напевне, обумовлено більшою складністю пристосувальних реакцій при ДЦП.

Висновки. Зареєстровані значення показників ВСР у осіб з ДЦП свідчать про адаптацію їх серцево-судинної системи до фізичних навантажень та позитивний вплив занять адаптивною фізичною культурою на вегетативну регуляцію функцій організму.

Ключові слова: адаптивна фізична культура, особи з дитячим церебральним паралічем, варіабельність серцевого ритму, адаптація, вегетативна регуляція, серцево-судинна система.

Annotation.

Introduction. It has been established that cerebral palsy (CP) arises from brain damage, leading to persistent non-progressive motor disorders, including paralysis, paresis, hyperkinesia, ataxia, and others. To correct motor impairments in individuals with CP, systematic training in adaptive physical culture is recommended. During such training, there is an improvement in motor function, mood, stress reduction, social integration, and other positive changes. Functional status improvements also occur in those who engage in adaptive physical culture, although they are currently described incompletely. Attention is drawn to the lack of information on heart rate variability (HRV) in individuals with CP during adaptive physical culture training.

The purpose of the study is to analyze heart rate variability indicators in individuals with cerebral palsy who engage in adaptive physical culture.

Research methods. The study was conducted on the basis of the Prydniprovsk State Academy of Physical Culture and Sports. The experimental group included 24 male persons with cerebral palsy, aged 20 to 25, who attended football, athletics and weightlifting sports sections. The training experience of persons with cerebral palsy in sports sections was at least 1 year. The control group consisted of 20 student-athletes aged 20 to 25 years who trained in similar sports. HRV was registered using the automated hardware and software complex "Cardio+" (Ukraine, Nizhyn) in the educational and scientific laboratory of the Prydniprovsk State Academy of Physical Culture and Sports. HRV was studied according to the method of R.M. Baievskiy.

Research results. In the control group of student athletes at rest, higher values of M_0 and ΔX were noted compared to norms for healthy untrained individuals, along with lower indicators of AM_0 , IN , HRV , VPR , and $PAPR$, reflecting the development of adaptive mechanisms in the form of increased tone of the parasympathetic branch of regulation, decreased tension of central-type regulation, and increased activity of the autonomous circuit of heart rate regulation. Similar changes in HRV indicators were observed in individuals with CP who had been engaged in adaptive physical culture for a long time. At the same time, the degree of central influences on heart rate, as indicated by IN , was significantly higher in individuals with CP than in student athletes, which is probably due to the greater complexity of adaptive reactions in CP.

Conclusions. The registered values of HRV indicators in individuals with cerebral palsy indicate adaptation of their cardiovascular system to physical exertion and a positive influence of adaptive physical culture on the autonomic regulation of bodily functions.

Key words: adaptive physical culture, persons with cerebral palsy, heart rate variability, adaptation, autonomic regulation, cardiovascular system.

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що дитячий церебральний параліч (ДЦП) виникає внаслідок ураження мозку, що призводить до стійких непрогресуючих рухових розладів, зокрема парезів, паралічів, гіперкінезів, атакій тощо. Ступінь їх прояву може бути різним, залежно від того, яка частина мозку пошкоджена. Особи з ДЦП можуть мати проблеми з контролем рухів, рівновагою та координацією, а це може призвести до труднощів з ходьбою, сидінням, стоянням та іншими повсякденними рухами. Важливою проблемою при ДЦП є також наявність спастичності у вигляді напруженості м'язів, що може призвести до скорочення м'язів і зміни пози в залежності від рівня спастичності. Для корекції вищезазначених порушень особам з ДЦП рекомендовані систематичні заняття адаптивною фізичною культурою. В процесі таких занять спостерігається покращення рухової функції, поліпшення настрою, зменшення стресу, підсилення соціальної інтеграції тощо. Позитивні зрушення відбуваються також у функціональному стані тих, хто займається адаптивною фізичною культурою, проте на сьогодні вони описані неповною мірою. Звертає на себе увагу недостатність інформації про варіабельність серцевого ритму у осіб з ДЦП в процесі занять адаптивною фізичною культурою [4, 6, 9, 10, 13].

Аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) є методом оцінки стану механізмів регуляції фізіологічних функцій в організмі людини, а саме загальної активності регуляторних механізмів, нейрогуморальної регуляції серця. ВСР також відображає ступінь напруження регуляторних систем, що виникає у відповідь на вплив різних факторів, зокрема фізичних навантажень [2, 3, 17]. В основу дослідження ВСР покладені методи спектрального аналізу і математичного моделювання управління варіабельністю симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Активність цих відділів вегетативної нервової системи є результатом

багатоконтурної та багаторівневої реакції системи регуляції кровообігу, що змінює свої параметри для досягнення оптимальної адаптаційної відповіді, яка відображає адаптаційну реакцію цілісного організму. Адаптаційні реакції є індивідуальними. Вони реалізуються у різних людей з різним ступенем участі функціональних систем, які мають, у свою чергу, зворотній зв'язок та мінливі в часі. Метод базується на вимірюванні часових інтервалів між R-R зубцями електрокардіограми, побудові рядів рядів кардіоінтервалів (кардіоінтервалограми), із подальшим аналізом отриманих числових рядів різними математичними методами [1, 7, 8, 14, 16, 18].

Під впливом фізичних навантажень в організмі проходить важливий процес адаптації, який забезпечує досягнення рухових результатів. Тренування є процесом адаптації організму до підвищених фізичних і психічних вимог, а також спрямоване на виявлення резервних та адаптаційних можливостей людини. Показано, що систематичні фізичні навантаження викликають перебудову у функціонуванні серцево-судинної системи і суттєво впливають на вегетативну регуляцію серця. Спортсмени мають нижчу ЧСС у спокої, і більш швидке її відновлення після фізичних навантажень через посилення парасимпатичної активності, викликані тривалим тренуванням [5, 11, 12, 14, 15, 17]. Отже, аналізуючи ВСР осіб з ДЦП в процесі занять адаптивною фізичною культурою, ми отримуємо уявлення про їх адаптацію до фізичних навантажень та відповідні зміни вегетативної регуляції автономних функцій тіла.

Мета дослідження – проаналізувати показники варіабельності серцевого ритму осіб з ДЦП, які займаються адаптивною фізичною культурою.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводилось на базі Придніпровської державної академії фізичної культури і спорту. У експериментальну групу (ЕГ) увійшло 24 особи з ДЦП чоловічої статі віком від 20 до 25 років, які відвідували спортивні секції з футболу, легкої атлетики та важкої атлетики. Стаж занять осіб з ДЦП у спортивних секціях був не менше 1 року. Контрольну групу (КГ) склали 20 студентів-спортсменів віком від 20 до 25 років, що тренуються в аналогічних видах спорту. ВСР реєстрували за допомогою автоматизованого програмно-апаратного діагностичного комплексу «Кардіо+» (Україна, Ніжин) у навчально-науковій лабораторії Придніпровської державної академії фізичної культури і спорту. ВСР досліджували за методикою Р.М. Баєвського, аналізуючи показники: ЧСС – частота серцевих скорочень, Мо – мода, АМо – амплітуда моди, ΔX – варіаційний розмах, ІВР – індекс вегетативної рівноваги, ВПР – вегетативний показник ритму, ПАПР – показник адекватності процесів регуляції, ІН – індекс напруження регуляторних систем.

Результати дослідження. У студентів-спортсменів та осіб з ДЦП, що займаються адаптивною фізичною культурою, було визначено показники ВСР в стані спокою. Результати дослідження показників ВСР наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники варіабельності серцевого ритму осіб з ДЦП 20-25 років, що займаються адаптивною фізичною культурою, у стані спокою ($M \pm m$)

Показники	КГ	ЕГ
ЧСС, уд./хв	57,00 \pm 11,00	61,65 \pm 14,25
Мо	1,05 \pm 0,03	0,99 \pm 0,24
АМо	33,81 \pm 0,94	46,56 \pm 11,29
ΔX	0,39 \pm 0,02	0,47 \pm 0,11
ІВР	78,72 \pm 12,87	114,46 \pm 27,76
ВПР	2,51 \pm 0,67	2,56 \pm 0,62
ПАПР	29,10 \pm 0,12	48,47 \pm 11,76
ІН	35,02 \pm 11,00	60,10 \pm 12,58*

* – вірогідність при $p < 0,05$

Як показали результати дослідження студенти-спортсмени, які склали контрольну групу, мали помірну брадикардію в стані спокою. Показник моди Мо, що відображає найбільш часте в контрольній групі значення RR-інтервалу, був підвищеним. Серцевий ритм осіб з ДЦП, що займалися адаптивною фізичною культурою, характеризувався як нормокардія з тенденцією до брадикардії та вірогідно не відрізнявся від цього показнику контрольної групи.

Амплітуда моди АМо, що є відношенням кількості RR-інтервалів зі значеннями, рівними Мо, до загальної кількості RR-інтервалів, відбиває ступінь ригідності ритму та у нормі становить 30-50. Збільшення АМо свідчить про переважання впливів симпатичної нервової системи (СНС) на синусний вузол серця. У студентів-спортсменів АМо знаходилася в межах норми з тенденцією до зниження. У осіб з ДЦП, які займаються адаптивною фізичною культурою, даний показник знаходився в межах норми та вірогідно не відрізнявся від значень цього показника в контрольній групі.

Варіаційний розмах ΔX як різниця між максимальними та мінімальними значеннями RR-інтервалів, розглядається як показник активності парасимпатичної нервової системи (ПСНС). Що він вище, тим сильніше виражено вплив вагусу на ритм серця. Його нормальні значення знаходяться в діапазоні від 0,15 до 0,30. У студентів-спортсменів контрольної групи ΔX перевищував значення норми. У осіб з ДЦП, які склали експериментальну групу, даний показник перевищував межі норми та вірогідно не відрізнявся від відповідного показника контрольної групи.

Індекс вегетативної рівноваги ІВР визначає співвідношення симпатичної та парасимпатичної регуляції серцевої діяльності. Обчислення ІВР проводили за формулою $ІВР = АМо / \Delta X$. За даним показником контрольна та експериментальна група вірогідно не відрізнялися одна від одної.

Вегетативний показник ритму ВПР дозволяє будувати висновки про вегетативний баланс з позиції оцінки активності автономного контуру регулювання. Чим вища ця активність, тобто менша величина ВПР, тим більше виражено вплив ПСНС. ВПР розраховували за формулою: $ВПР = 1 / Мо \Delta X$. В нашому дослідженні цей показник не виявив відмінностей у контрольній і експериментальній групах.

Показник адекватності процесів регуляції ПАПР відображає відповідність між рівнем функціонування синусового вузла та симпатичною активністю. Визначення показника проводиться за формулою: $ПАПР = АМо / Мо$. В нашому дослідженні цей показник не виявив відмінностей у контрольній і експериментальній групах.

Індекс напруження ІН дає найбільш повну оцінку ступеня напруження центральних механізмів регуляції в процесі адаптації до змінних середовищних впливів. ІН регуляторних систем відбиває ступінь централізації управління серцевим ритмом. У нормі для здорових нетренованих людей ІН знаходиться в межах від 50 до 200. З таблиці ми бачимо, що ІН у контрольній групі був нижче норми. В експериментальній групі ІН вірогідно перевищував значення даного показника в контрольній групі, знаходячись в межах норми для нетренованих осіб.

Дискусія. Аналіз ВСР студентів-спортсменів контрольної групи продемонстрував знижений показник ЧСС та підвищений показник $Мо$, що вказувало на помірну брадикардію. Виникнення спортивної брадикардії в значній мірі зумовлене зниженням тонуусу скелетної мускулатури, а отже, пропріорецептивної аферентації в стані спокою. Зниження ЧСС при зменшенні надходження імпульсів в ЦНС від пропріорецепторів реалізується через механізми моторнокардіальних рефлексів. Брадикардія, як правило, розвивається в перші роки систематичних фізичних тренувань, надалі встановлюється на відносно сталому рівні, майже не змінюючись упродовж річного тренувального циклу [5, 12]. Показники ЧСС та $Мо$ в експериментальній групі достовірно не відрізнялися від таких в контрольній групі. Таким чином, можна говорити про позитивні впливи адаптивної фізичної культури на вегетативну регуляцію функцій серцево-судинної системи осіб з ДЦП.

У досліджуваних обох груп значення показнику $АМо$ знаходилося в межах норми з тенденцією до зниження, що вказувало на зменшення тонуусу СНС у стані спокою. Одночасно в обох групах показник ΔX перевищував значення норми, що свідчило про переважання тонуусу ПСНС, яке розглядається як помірна ваготонія. Зазначимо, що вегетативна нервова система регулює і координує діяльність всього організму як цілісної системи відповідно до постійно змінних умов зовнішнього і внутрішнього середовищ. В стані спокою і після фізичних навантажень парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи забезпечує ефективність перебігу відновних процесів. Науковці також вказують, що в розвитку натренованості, особливо на перших етапах тренування, важлива роль належить адаптаційно-трофічній функції СНС, яка забезпечує пристосування інтенсивності процесів обміну в тканинах до функціональних потреб організму. З ростом стажу занять спортом вплив СНС на розвиток натренованості знижується, розвивається ваготонія. З іншого боку зазначається, що переважання ваготонії в стані спокою у спортсменів пов'язане з тренуваністю системи кровообігу. В стані спокою тренуваність проявляється високою економічністю функціонування серця, що зумовлено відповідними морфофункціональними особливостями його пристосування до систематичних навантажень [5, 12, 16]. Очевидно, що у осіб з ДЦП, які займаються адаптивною фізичною культурою тривалий час, розвиваються аналогічні контрольній групі адаптаційні зміни у вегетативній регуляції функцій системи кровообігу.

Показник ІН у контрольній групі був нижче норми, що свідчило про низьку ступінь централізації управління серцевим ритмом, яке характерно для адаптаційних процесів при заняттях спортом. В експериментальній групі ІН вірогідно перевищував значення даного показника контрольної групи, знаходячись в межах норми для нетренованих осіб. Даний результат свідчить на користь підвищення центральних впливів на роботу серця у осіб з ДЦП, що займаються адаптивною фізичною культурою, порівняно з студентами-спортсменами.

Висновки. У студентів-спортсменів контрольної групи у стані спокою були відзначені вищі порівняно з нормами для здорових нетренованих осіб значення M_0 , ΔX та нижчі показники АМО, ІН, ІВР, ВПР, ПАПР, що відображало розвиток адаптаційних механізмів у вигляді збільшення тонуусу парасимпатичної ланки регуляції, зменшення напруження центрального типу регуляції, збільшення активності автономного контуру регуляції серцевої діяльності. У осіб з ДЦП, які займалися адаптивною фізичною культурою тривалий час, спостерігалися аналогічні зміни у показниках ВСР. При цьому ступінь центральних впливів на серцевий ритм за показником ІН у осіб з ДЦП була достовірно вище, ніж у студентів-спортсменів, що, напевне, обумовлено більшою складністю пристосувальних реакцій при ДЦП. Зареєстровані значення показників ВСР у осіб з ДЦП свідчать про адаптацію їх серцево-судинної системи до фізичних навантажень та позитивний вплив занять адаптивною фізичною культурою на вегетативну регуляцію функцій організму.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці критеріїв перебігу адаптаційних процесів у осіб з інвалідністю в процесі занять адаптивною фізичною культурою.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що відсутній будь-який конфлікт інтересів.

Література

1. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. Рекомендации. М., 2002. 53 с.
2. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика. Клиническая информатика и телемедицина. 2004. № 1. С. 54-64.
3. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика. Под ред. А.М. Вейна. М.: Медицинское информационное агенство, 1998. 752 с.
4. Войтко В.В. Корекційно-розвиткова робота з учнями з порушеннями опорно-рухового апарату в умовах інклюзивної освіти : [навчально-методичний посібник] / за заг. ред. О.Е. Жосана. Кропивницький : КЗ «КОІППО імені Василя Сухомлинського», 2021. 96 с.
5. Гузій О.В. Зміни типів автономної регуляції серцевого ритму за впливу інтенсивних фізичних навантажень. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова*. 2019. Вип. 10 (118). С. 43-49.
6. Загальні основи адаптивного фізичного виховання : навчальний посібник / М.В. Москаленко, А.О. Ковтун, О.А. Алфьоров, О.І. Кравченко, Я.В. Малойван Дніпропетровськ: Інновація, 2014. 132 с.
7. Коваленко С. О., Кудій Л. І. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти. Черкаси : Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. 298 с.
8. Коваленко С.О. Характеристика та теоретичні основи методів аналізу варіабельності серцевого ритму. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017. № 2 (4). С. 223-233.
9. Ковтун А., Михайленко Ю. Сучасний стан адаптивного фізичного виховання студентів з інвалідністю в Україні. *Спортивний вісник Придніпров'я*. 2019. №2. С. 87-95.
10. Ковтун А., Степанова І., Решетилова В., Amr Saber Hamza. Вплив секційних занять на психоемоційний стан студентів з інвалідністю. *Спортивний вісник Придніпров'я*. 2020. № 1. С. 248-255.
11. Кучеров Д.С., Баришок Т.В. Корекція стану вегетосудинної регуляції при церебральному паралічу засобами спортивних ігор. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2011. № 8. С.58-60.
12. Мицкан Б.М., Остап'як З.М., Мицкан Т.С., Коробейніков Г.В., Дрозд С., Цинарський В.Я. Варіабельність серцевого ритму у спортсменів. *Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини*. 2022. № 12. С. 128-143. DOI:10.32782/2522-1795.2022.12.18
13. Сидорук І.О., Подолянчук І.С., Ніколенко О.І. Методи фізичної реабілітації дітей із церебральним паралічем. *Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини*. 2019. № 5. С. 39-45. DOI: 10.5281/zenodo.3766398
14. Claiborne A., Alessio H., Slattery E., Hughes M., Barth E., Cox R. Heart Rate Variability Reflects Similar Cardiac Autonomic Function in Explosive and Aerobically Trained Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. 18(20) P. 10669. DOI: 10.3390/ijerph182010669
15. Dong Jin-Guo. The role of heart rate variability in sports physiology. *Exp Ther Med*. 2016. 11(5). P. 1531–1536. DOI: 10.3892/etm.2016.3104
16. Lundstrom C.J., Foreman N.A., Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *Int J Sports Med*. 2023; 44(01): 9-19. DOI: 10.1055/a-1864-9726

17. Mosley E., Laborde S. A scoping review of heart rate variability in sport and exercise psychology. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1750984X.2022.2092884?scroll=top&needAccess=true&role=tab>. DOI:10.1080/1750984X.2022.2092884
18. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017. Vol. 5. № 258. P. 1-17. . DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258

References

1. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems: guidelines. M., 2002. 53 p.
2. Baevskiy R.M. Heart rate variability analysis: history and philosophy, theory and practice. *Clinical informatics and telemedicine*. 2004. № 1. P. 54-64.
3. Vegetative disorders: clinic, treatment, diagnosis / Ed. A.M. Wayne. M.: Medical Information Agency, 1998. 752 p.
4. Voitko V.V. Corrective and developmental work with students with musculoskeletal disorders in the conditions of inclusive education: [educational and methodological manual] / for the post. ed. O.E. Josan. Kropyvnytsky: KZ "KOIPPO named after Vasyl Sukhomlynsky", 2021. 96 p. (In Ukrainian).
5. Huzii O.V. Changes in the types of autonomic regulation of heart rhythm under the influence of intense physical exertion. *Naukovyi chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova*. 2019. №. 10 (118). P. 43-49. (In Ukrainian).
6. General basics of adaptive physical education: study guide / M.V. Moskalenko, A.O. Kovtun, O.A. Alforov, O.I. Kravchenko, Ya.V. Maloivan Dnipropetrovsk: Innovatsiia, 2014. 132 p. (In Ukrainian).
7. Kovalenko S. O., Kudii L. I. Heart rate variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkasy National University named after B. Khmelnytskyi, 2016. 298 p. (In Ukrainian).
8. Kovalenko S. O. Characteristics and theoretical foundations of heart rate variability analysis methods. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*. 2017. № 2 (4). P. 223-233. (In Ukrainian).
9. Kovtun A., Mykhailenko Yu. Current state of adaptive physical education of students with disabilities in Ukraine. *Sportywnyi visnyk Prydniprovia*. 2019. №2. P. 87-95. (In Ukrainian).
10. Kovtun A., Stepanova I., Reshetylova V., Amr Saber Hamza. The effect of sectional classes on the psycho-emotional state of students with disabilities. *Sportywnyi visnyk Prydniprovia*. 2020. №1. P. 248-255. (In Ukrainian).
11. Kucherov D.S., Baryshok T.V. Correction of the state of vegetative-vascular regulation in cerebral palsy by means of sports games. *Pedahohika, psykhohiia ta medyko-biolohichni problemy fizychnoho vykhovannia i sportu*. 2011. № 8. P.58-60. (In Ukrainian).
12. Mytskan B.M., Ostapiak Z.M., Mytskan T.S., Korobeinikov H.V., Drozd S., Tsynarskyi V.Ia. Heart rate variability in athletes. *Reabilitatsiini ta fizkulturno-rekreatsiini aspekty rozvytku liudyny*. 2022. № 12. P. 128-143. DOI:10.32782/2522-1795.2022.12.18. (In Ukrainian).
13. Sydoruk I.O., Podolianchuk I.S., Nikolenko O.I. Methods of physical rehabilitation of children with cerebral palsy. *Reabilitatsiini ta fizkulturno-rekreatsiini aspekty rozvytku liudyny*. 2019. № 5. P. 39-45. DOI: 10.5281/zenodo.3766398. (In Ukrainian).
14. Claiborne A., Alessio H., Slattery E., Hughes M., Barth E., Cox R. Heart Rate Variability Reflects Similar Cardiac Autonomic Function in Explosive and Aerobically Trained Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. 18(20) P. 10669. DOI: 10.3390/ijerph182010669.
15. Dong Jin-Guo. The role of heart rate variability in sports physiology. *Exp Ther Med*. 2016. 11(5). P. 1531–1536. DOI: 10.3892/etm.2016.3104.
16. Lundstrom C.J., Foreman N.A., Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *Int J Sports Med*. 2023; 44(01): 9-19. DOI: 10.1055/a-1864-9726.
17. Mosley E., Laborde S. A scoping review of heart rate variability in sport and exercise psychology. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1750984X.2022.2092884?scroll=top&needAccess=true&role=tab>. DOI:10.1080/1750984X.2022.2092884.
18. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017. Vol. 5. № 258. P. 1-17. . DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.