

Abstract. The greater omentum is one organ that can accumulate a large amount of adipose tissue. Adipose tissue plays a key role in the local immune response and contains a population of multipotent mesenchymal stem cells. The greater omentum contains mainly white adipose tissue. White adipocytes usually have one large lipid droplet that occupies most of the cell and relatively few mitochondria. The primary function of the white fat of the greater omentum is to store and release energy in response to changes in systemic energy levels. In addition, white adipose tissue is an important endocrine organ that produces hormones and biologically active substances called adipokines and regulates many physiological processes.

The aim of the work – summarize the existing scientific data on the morphofunctional features of adipose tissue of the greater omentum and its role in the development of obesity and type 2 diabetes.

Adipokines play important roles in regulating whole-body metabolism, including promoting insulin sensitivity, insulin resistance, and inflammation. Dysfunction of adipokines, lipokines and their ratio plays an important role in the development of obesity and type 2 diabetes. Obesity and type 2 diabetes are two diseases that in most cases share metabolic abnormalities; however, there are also differences. The development of obesity and associated metabolic disorders is facilitated by the plasticity of adipose tissue. According to some data, the growth of adipose tissue and changes in metabolic processes in it can be influenced by the level of vascularization of adipose tissue. However, recent studies show that in obese patients, the number of capillaries in visceral adipose tissue is reduced compared to non-obese individuals, and the degree of vascularization was almost the same regardless of the degree of obesity or changes in the metabolic profile. Morphologically, patients with obesity and type 2 diabetes have a significant increase in the size of adipocytes in visceral adipose tissue, but the changes that occur in adipose tissue are not the result of prolonged hyperglycemia and may be associated with genetic or epigenetic factors of patients. In obesity, the increase in adipose tissue occurs due to hypertrophy and hyperplasia, which explains the relative decrease in the number of vessels in adipose tissue.

Key words: greater omentum, white adipocytes, adipose tissue, endocrine function, obesity, diabetes.

ORCID and contributionship:

Kosharnyi V. V.: [0000-0002-7815-3950](https://orcid.org/0000-0002-7815-3950)^A

Lysachenko O. D.: [0000-0002-7351-9335](https://orcid.org/0000-0002-7351-9335)^B

Fylenko B. M.: [0000-0002-8659-2267](https://orcid.org/0000-0002-8659-2267)^D

Roiko N. V.: [0000-0001-7478-0773](https://orcid.org/0000-0001-7478-0773)^E

Konovalenko S. O.: [0000-0002-3478-462X](https://orcid.org/0000-0002-3478-462X)^F

Conflict of interest:

There is no conflict of interest.

Corresponding author

Fylenko Borys Mykolayovych

Poltava State Medical University

Ukraine, 36011, Poltava, 23 Shevchenka str.

Тел.: +380996208870

E-mail: b.fylenko@pdmu.edu.ua

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

Received 20.03.2023

Accepted 28.08.2023

DOI 10.29254/2077-4214-2023-3-170-56-64

UDC 796.894:616.12-008

¹Lizogub V. S., ²Rozova K. V., ^{2,3}Bakunovskiy O. M., ³Oliinyk T. M., ³Dubynska S. M.

ADAPTIVE CHANGES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN STRENGTH SPORTS ATHLETES

¹Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy (Cherkasy, Ukraine)

²Bogomoletz Institute of Physiology of NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

³National University of Ukraine on Physical Education and Sport (Kyiv, Ukraine)

alexandr.bakunovskiy@gmail.com

Several factors determine high performance in sports of higher achievements, the main ones of which are the peculiarities of physical load, the construction of the training process, the functional reserves of the athletes' bodies, etc. The effectiveness of sports activity is reflected in the form of certain reactive and adaptive changes in functional systems that make the most significant contribution to achieving sports results, including the blood circulation system. It is known from the literature that the long-term adaptation of the executive organs of the circulatory system after regular exposure to sports loads manifests itself in the form of changes in the morphological and physiological parameters of its executive organs, which, together with the adaptation of the mechanisms of regulation of the

circulatory system, allows the athlete to increase the functional reserves of the body. Excessive physical exertion in the conditions of training or competitive activity is accompanied by the maximum strain on the compensatory and adaptive capabilities of the cardiovascular system, which can result in dysfunctional disorders of the heart or blood vessels, which actualizes the need to reveal the deep mechanisms of changes in the circulatory system in the conditions of sports activities.

The article describes the salient features of long-term adaptive changes in the circulatory system and central hemodynamic parameters in strength sports athletes. The work describes the distinctive features of the electromorphological and functional remodelling of the heart, as well as the properties of the main parameters of central and peripheral hemodynamics, which are typical for strength athletes.

Key words: *circulatory system, hemodynamics, physical load, adaptation.*

Connection of the publication with planned research works.

The presented work is a fragment of the scientific topic of the hypoxia department of Bogomoletz Institute of Physiology of NAS of Ukraine, "Biophysical and molecular genetic mechanisms of regulation of physiological and pathological processes" (state registration number 0116U004470, 2017-2023).

Introduction.

Many factors determine the effect of regular physical exercises on the body of athletes, the leading of which is the mode of exercise, its intensity and direction. Reactive and adaptive changes under the influence of training loads are ensured thanks to forming new functional systems. The effectiveness of sports activities ultimately depends on their integrative activity [1, 2]. At the same time, the specificity of adaptation is manifested in those organs and organ systems that contribute most significantly to a sports result [3, 4]. Adaptive changes in these systems, collectively complementing each other, determine the cumulative effect of training. The processes of formation of long-term adaptation to physical exertion represent a dynamic unity of quantitative transformations, which are combined with qualitative changes [5, 6].

One of the leading functional systems, which to some extent can limit the effectiveness of an athlete's body, is the circulatory system. Long-term adaptation of the executive organs of the cardiovascular system in response to the regular impact of physical exertion is manifested by a change in the morphological and physiological parameters of its executive organs, which, together with the adaptation of the mechanisms of regulation of the circulatory system, allows the athlete to increase the functional reserves of the body [6].

The desire of representatives of strength sports to achieve the best result is accompanied by the maximum realization of all functional reserves of the athlete's body, including compensatory and adaptive capabilities of the cardiovascular system. In the improper construction of the training process, an inadequately selected regime and the performance of physical exercises, powerful sports loads can cause the development of certain pre-pathological or even pathological changes in the activity of the heart and blood vessels. In turn, these dysfunctional disorders increase the risk of life-threatening conditions and can lead to sudden cardiac arrest of an athlete [6, 7]. In order to optimally control the adaptation processes of athletes in strength sports, comprehensive control of the activity of the cardiovascular system is necessary, which acutely actualizes the need for a more detailed study of the problems of heart remodeling and the hemodynamic system in strength athletes.

The aim of the study.

To find out the peculiarities of adaptive changes in the circulatory system and parameters of central hemodynamics in strength sports athletes.

Main part.

The assessment of parameters that serve as criteria for adapting the circulatory system to physical exercises of a particular orientation contributes to more rational planning of the volume and intensity of training loads. In addition, it allows the assessment of the degree of recovery of the athlete and thus to individualize the training process to improve its efficiency [8, 9]. Under physical exertion conditions, the functional circulatory system's final adaptive result is a blood flow level adequate to the metabolic demand. At the same time, in long-term adaptation to regular physical exercises, this type of interaction of cardio-hemodynamic parameters is formed, which best ensures the achievement of the optimal adaptive effect [10]. The most frequently used criteria for assessing athletes' functional state include heart parameters, which directly reflect the level of the athlete's readiness to perform a particular load or indicate the level of recovery after performing it. Regular physical exertion leads to the occurrence of electromorphological remodelling of the heart, which is combined with specific functional changes ("athletic heart") [10, 11]. Anatomical remodelling of the myocardium, in particular, an increase in the size and volume of the heart chambers and an increase in the thickness of the left ventricular wall with preserved systolic and diastolic functions, are classic signs of an athlete's heart [12, 13]. With high-intensity static and low-dynamic loads in strength athletes, morphostructural adaptive changes of the heart are manifested by an increase in the thickness of the left ventricular wall and the thickness of the interventricular septum without a significant increase in the size of the cavities of the heart chambers [14, 15]. It distinguishes athletes whose training structure is dominated by static exercises with a predominant manifestation of strength from representatives of dynamic sports, for whom an increase in the cavity of the left ventricle is more characteristic [16]. An increase in the thickness of the defined chamber of the heart in strength athletes leads to an increase in the mass of the left ventricle and its physiological diameter. At the same time, its end-diastolic volume either does not differ from the norm or is slightly increased (the so-called model of concentric hypertrophy, β -type) [17, 18].

The occurrence of concentric hypertrophy under the influence of strength exercises is associated with overloading the heart with blood pressure, the effect of mechanical stress, metabolic stress caused by training, etc. [19, 20]. A change in the degree of mechani-

cal stress is the driving force behind the hypertrophic transformation of muscle tissue, which activates intracellular signalling pathways with the participation of serine/threonine protein kinase (mTOR), mitogen-activated protein kinase (MAPK), calcineurin, etc. [21-23]. In regulating the synthesis processes of structural proteins, which determine the hypertrophic transformation of muscle tissue and myocardium during strength training, a large role also belongs to the modulation of gene expression and the synthesis of miRNA [24, 25]. Due to the mechanosensitivity of myocytes, multiple repetitions of mechanical impact help to increase the biosynthesis of contractile proteins indirectly through messenger ribonucleic acids (mRNA) and miRNA [19, 25]. MiRNAs are non-coding fragments. However, they serve as post-transcriptional regulators of gene translation and, accordingly, are one of the leading factors of muscle hypertrophy under systematic strength training.

The peculiarities of sports activities are reflected not only in the morphological structure of the heart but also in the parameters of intracardiac and central hemodynamics. Adaptation of the body to physical exertion is primarily determined by the increase in the functional activity of executive organs and mechanisms of regulation of the circulatory system, which can be manifested in the modulation of the heart rate (HR), the pumping capacity of the heart, the characteristics of conductivity and excitability [26, 27]. The value of the heart rate (HR) of persons engaged in such sports as bodybuilding and powerlifting depends on the experience of sports. The heart rate of novice athletes (experience of 1-2 years) does not differ from that of untrained persons. With increasing sportsmanship, its value may decrease [28]. However, the marked decrease in automaticity of the sinoatrial node is not as powerful as in endurance sports athletes. Accordingly, it cannot be interpreted as classic bradycardia of training. This physiological phenomenon is a manifestation of adaptation to regular physical exertion and may be associated with increased parasympathetic influences on the 1st order pacemaker [29, 30].

The value of one of the integral indicators of the contractility of the myocardium - the stroke volume of blood (SV) - in strength athletes is increased compared to untrained individuals and, just as in the case of heart rate, depends on the duration of sports experience. The increase in the value of SV in the first years of strength sports may be explained by the fact that at the stage of initial specialization, physical exercises are performed to a greater extent in a dynamic mode with moderate intensity [31]. Under such conditions of muscle activity, there is an increase in the contractility of the myocardium, an increase in the circulating blood volume (CBV), and venous return of blood to the heart with a simultaneous decrease in total peripheral resistance (TPR) [32, 33]. In addition, high SV values in strength athletes may be due to an increase in the diastolic filling of the heart and a more complete release of it during systole. SV regulation in strength sports athletes is related to the activity of humoral factors and the central regulation contour - suprasedgmental structures and the sympathetic division of the autonomic nervous system.

Systematic training in bodybuilding and powerlifting leads to an increase in cardiac output (CO), which, under conditions of physiological bradycardia and an increase in cardiac output is one of the criteria for saving heart

resources. Strength athletes have another manifestation of functional remodelling of the heart - a decrease in the sensitivity of the myocardium to sympatho-adrenal influences [34]. However, with the use of anabolic steroids or the wrong construction of the training process in strength athletes, the degree of sympathetic modulation of the functioning of the heart and blood vessels increases, and the sensitivity of the executive organs of the circulatory system to the influence of catecholamines increases [35-37]. As a result of all of the above, representatives of strength sports may develop a steady increase in blood pressure parameters at rest to the upper limits of the norm. In some cases, arterial hypertension, hypercoagulation, etc., may occur.

Heart rate variability (HRV) is one of the integral indicators of the body's adaptation to physical exertion [38]. At the same time, in the initial stages of long-term adaptation, the nature of muscle loads may not cause specific changes in HRV indicators. They are found in highly qualified athletes. Violation of vegetative regulation leads, as a rule, to a decrease in the adaptation capabilities of the body and deterioration of physical performance indicators [39].

One of the important parameters of hemodynamics is the value of the total peripheral vascular resistance to blood flow (TPR), which is slightly reduced in representatives of athletic gymnastics at rest compared to untrained individuals [40]. The marked decrease in the value of TPR depends on the experience of sports activity. Its basis can be adaptive neurohumoral regulatory influences and corresponding morphofunctional changes - the resistance of vessels to blood flow can decrease due to an increase in the capillary bed. The dominant regulatory influence on the state of blood vessels can be the local effects of metabolites, which prevail over the action of central sympatho-adrenal factors.

Blood pressure parameters in strength athletes either do not differ from the average statistical norm or are slightly elevated. A significant increase in blood pressure can be observed in athletes with considerable experience in such sports as bodybuilding, powerlifting and other types of athletic gymnastics. The reason for this phenomenon may be the fact that these types of sports under conditions of regularly repeated muscle tension cause a potent activation of the pressor department of the hemodynamic centre, as a result of which powerful sympatho-adrenal effects lead to the occurrence of positive inotropic effect, narrowing of resistance vessels, and, accordingly - to an increase in blood pressure [41-43]. In addition, the increased value of cardiac output at rest against the background of reduced TPR and increased volume of muscle mass, the volume of circulating blood with an increase in the force of heart contractions can also contribute to the rise in arterial pressure.

Peculiarities of sports activities and the specific body structure of strength athletes determine the variability of peripheral hemodynamic indicators. Thus, compared to athletes, the amplitude of the systolic wave, the time of the descending part and the rheographic wave, as well as the average speed of rapid blood filling, the tone of arteries of different diameters, the time of slow blood filling and the ascending part of the rheogram are significantly lower in wrestlers than in athletes [44]. For athletes of sports with a predominant manifestation of

endurance, hemodynamic shifts in response to physical exertion are performed mainly at the regional level and in a shorter time interval. In people who train with a strength bias, approximately the same adaptive changes are observed in the circulatory system's central and peripheral links. This group's recovery period is more extended than athletes' [45].

Summarizing all of the above, we consider it necessary to note that the specifics of power sports determine the nature of adaptive shifts in the circulatory system at the morphological, functional, metabolic, and regulatory levels. Anatomical and physiological remodeling of the heart in strength athletes, together with changes in several indicators of central and peripheral hemodynamics, contribute to generating a large and stable cardiac output and ensuring increased oxygen extraction from the blood to adapt the body to active muscle work.

Conclusions.

The formation of long-term adaptation of the circulatory system to physical exertion is a dynamic unity of quantitative and qualitative transformations, which

manifests itself in changes in morphological and physiological parameters of executive organs and regulatory mechanisms. Regular power loads lead to the occurrence of electro-morphological remodeling of the heart, which is combined with certain functional changes (an increase in the thickness of the left ventricular wall and the thickness of the interventricular septum without a significant increase in the size of the left ventricular cavity). At the same time, the end-diastolic blood volume in strength athletes either does not differ from the norm or is slightly increased. The peculiarities of sports activities are reflected not only in the morphological structure of the heart but also in the parameters of central and peripheral hemodynamics.

Prospects for further research.

In future work, an in-depth study of the deep molecular mechanisms of adaptive changes in the cardio-respiratory system during various recovery periods after physical exertion is planned.

DOI 10.29254/2077-4214-2023-3-170-56-64

УДК 796.894:616.12-008

¹Лизогуб В. С., ²Розова К. В., ^{2,3}Бакуновський О. М., ³Олійник Т. М., ³Дубинська С. М.

АДАПТАЦІЙНІ ЗМІНИ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ У СПОРТСМЕНІВ СИЛОВИХ ВИДІВ СПОРТУ

¹Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького (м. Черкаси, Україна)

²Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України (м. Київ, Україна)

³Національний університет фізичного виховання і спорту України (м. Київ, Україна)

alexandr.bakunovskiy@gmail.com

Висока результативність у спорті вищих досягнень визначається низкою чинників, основними серед яких є особливості фізичного навантаження, побудова тренувального процесу, функціональні резерви організму спортсменів тощо. Ефективність спортивної діяльності відбивається у вигляді певних реактивних і адаптивних змін функціональних систем, які вносять найбільш значущий внесок у досягнення спортивного результату, в тому числі – системи кровообігу. З літератури відомо, що довготривала адаптація виконавчих органів системи кровообігу після регулярного впливу спортивних навантажень проявляється у вигляді змін морфологічних і фізіологічних параметрів її виконавчих органів, що разом з пристосуванням механізмів регулювання апарату кровообігу дозволяє спортсмену збільшити функціональні резерви організму. Надмірні фізичні навантаження в умовах тренувальної або змагальної діяльності супроводжуються максимальним напруженням компенсаторно-приспосувальних можливостей серцево-судинної системи, наслідком чого можуть стати дисфункціональні розлади серця або кровоносних судин, що актуалізує необхідність розкриття глибинних механізмів змін системи кровообігу в умовах спортивної діяльності.

В представлений статті описані прикметні риси довготривалих адаптаційних змін системи кровообігу і параметрів центральної гемодинаміки у спортсменів силових видів спорту. В роботі викладено відмінні особливості електро-морфологічного і функціонального ремоделювання серця, а також характерні для силових атлетів властивості основних параметрів центральної і периферичної гемодинаміки.

Ключові слова: система кровообігу, гемодинаміка, фізичне навантаження, адаптація.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Представлена робота є фрагментом наукової тематики відділу гіпоксії Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України «Біофізичні та молекулярно-генетичні механізми регуляції фізіологічних та патологічних процесів» (номер державної реєстрації 0116U004470, 2017-2023 р.).

Вступ.

Вплив регулярних фізичних вправ на організм спортсменів визначається багатьма факторами, про-

відними з яких є режим навантаження, його інтенсивність і спрямованість. Реактивні і адаптивні зміни під впливом тренувальних навантажень забезпечуються завдяки формуванню нових функціональних систем, від інтегративної діяльності яких у кінцевому підсумку залежить ефективність спортивної діяльності [1, 2]. Специфічність адаптації проявляється при цьому в тих органах і системах органів, які вносять найбільш значущий внесок у досягнення спортивного результату [3, 4]. Адаптаційні зміни у цих системах, сумарно доповнюючи одна одну, зумовлюють куму-

лятивний ефект тренування. Процеси формування довготривалої адаптації до фізичних навантажень представляють собою динамічну єдність кількісних перетворень, які поєднуються з якісними змінами [5, 6].

Однією з провідних функціональних систем, яка певною мірою може лімітувати ефективність організму спортсмена, є система кровообігу. Довготривала адаптація виконавчих органів серцево-судинної системи у відповідь на регулярний вплив фізичних навантажень проявляється зміною морфологічних і фізіологічних параметрів її виконавчих органів, що разом з пристосуванням механізмів регулювання апарату кровообігу дозволяє спортсмену збільшити функціональні резерви організму [6].

Прагнення представників силових видів спорту досягти найкращого результату супроводжується максимальною реалізацією усіх функціональних резервів організму атлета, в тому числі - компенсаторно-пристосувальних можливостей серцево-судинної системи. В умовах неправильної побудови тренувального процесу, неадекватного підбраного режиму і виконання фізичних вправ, потужні спортивні навантаження можуть спричинити розвиток певних передпатологічних або навіть патологічних змін діяльності серця і кровоносних судин. В свою чергу, означені дисфункціональні розлади підвищують ризик виникнення життєзагрозливих станів і можуть призвести до раптової зупинки серця спортсмена [6, 7]. З метою оптимального контролю над процесами адаптації спортсменів у силових видах спорту необхідний всебічний контроль діяльності серцево-судинної системи, що гостро актуалізує необхідність більш докладного вивчення проблематики особливостей remodelювання серця і системи гемодинаміки у силових атлетів.

Мета дослідження.

З'ясувати особливості адаптаційних змін системи кровообігу і параметрів центральної гемодинаміки у спортсменів силових видів спорту.

Основна частина.

Оцінка параметрів, які служать критеріями адаптації системи кровообігу до фізичних вправ певної спрямованості, сприяє більш раціональному плануванню обсягів та інтенсивності тренувальних навантажень. Крім того, це дозволяє оцінювати ступінь відновлення атлета, і таким чином, індивідуалізувати тренувальний процес з метою покращення його ефективності [8, 9]. За умови фізичних навантажень кінцевим пристосувальним результатом функціональної системи кровообігу є адекватний метаболічному запиту рівень кровотоку. При цьому в процесі тривалої адаптації до регулярних фізичних вправ формується такий тип взаємодії кардіо-гемодинамічних параметрів, який найкращим чином забезпечує досягнення оптимального пристосувального ефекту [10]. До найчастіше застосовуваних критеріїв оцінки функціонального стану спортсменів відносять параметри роботи серця, які безпосередньо відображають рівень готовності спортсмена до виконання того чи іншого навантаження або свідчать про рівень відновлення після її виконання. Регулярні силові навантаження призводять до виникнення електроморфологічного remodelювання серця, яке поєднується з певними функціональними змінами («спор-

тивне серце») [10, 11]. Анатомічне remodelювання міокарда, зокрема, збільшення розмірів та об'ємів камер серця, збільшення товщини стінки лівого шлуночка зі збереженими систолічною і діастолічною функціями є класичними ознаками серця спортсмена [12, 13]. При високоінтенсивних статичних та низькодинамічних навантаженнях у силових атлетів морфоструктурні адаптивні зміни серця проявляються збільшенням товщини стінки лівого шлуночка та товщини міжшлуночкової перегородки без значного збільшення розмірів порожнин камер серця [14, 15]. Це відрізняє спортсменів, в структурі тренувальної підготовки яких переважають статичні вправи з переважним проявом сили від представників динамічних видів спорту, для яких більш характерним є збільшення порожнини лівого шлуночка [16]. Зростання товщини означеної камери серця у силових атлетів призводить до збільшення маси лівого шлуночка і його фізіологічного поперечника, в той час як його кінцево-діастолічний об'єм або не відрізняється від норми, або є незначно збільшеним (т. зв. модель концентричної гіпертрофії, β -тип) [17, 18].

Виникнення концентричної гіпертрофії в умовах впливу силових вправ пов'язане з перевантаженням серця тиском крові, ефектом механічної напруги, метаболічним стресом, викликаним тренуваннями тощо [19, 20]. Зміна ступеня механічної напруги є рушійною силою гіпертрофічної трансформації м'язової тканини, яка активує внутрішньоклітинні сигнальні шляхи за участі серин/треонінової протеїнкінази (mTOR), мітоген-активованої протеїнкінази (MAPK), кальциневрину тощо [21-23]. В регуляції процесів синтезу структурних білків, які визначають гіпертрофічні перетворення м'язової тканини і міокарду при силових тренуваннях, велика роль належить також модуляції експресії генів і синтезу мікроРНК [24, 25]. Завдяки механочутливості міоцитів багаторазове повторення механічної впливу сприяє посиленню біосинтезу скоротливих білків опосередковано через месенджерні рибонуклеїнові кислоти (mRNA) і мікроРНК (miRNA) [19, 25]. МікроРНК є некодуючими фрагментами, втім, вони слугують посттранскрипційними регуляторами генної трансляції, і, відповідно – одними з провідних чинників м'язової гіпертрофії за умови систематичних силових тренуваннях.

Особливості спортивної діяльності відбиваються не лише на морфологічній структурі серця, а й впливають на параметри внутрішньосерцевої і центральної гемодинаміки. Адаптація організму до фізичного навантаження значною мірою визначається зростанням функціональної активності виконавчих органів і механізмів регуляції системи кровообігу, що може проявлятися у модуляції частоти серцевих скорочень (ЧСС), нагнітальної здатності серця, характеристик провідності і збудливості [26, 27]. Величина частоти серцевих скорочень (ЧСС) у осіб, які займаються такими видами спорту, як бодібілдинг і пауерліфтинг, знаходиться в залежності від стажу занять спортом. ЧСС атлетів-початківців (стаж занять 1-2 роки) не відрізняється від такої у нетренованих осіб, за умови зростання спортивної майстерності її величина може зменшуватися [28]. Втім, означене зниження автоматії сіно-атріального вузла не є таким потужним, як у спортсменів виду спорту на витривалість, відповідно,

Його не можна трактувати як класичну брадикардію тренуваності. Означене фізіологічне явище є проявом адаптації до регулярних фізичних навантажень і може бути пов'язано з посиленими парасимпатичними впливами на водій ритму 1 порядку [29, 30].

Величина одного з інтегральних показників скорочувальної здатності міокарда - ударного об'єму крові (УОК) - у силових атлетів є збільшеною порівняно з нетренованими особами і так само, як у випадку ЧСС, залежить від тривалості спортивного досвіду. Можливо, зростання величини УОК в перші роки занять силовими видами спорту пояснюється тим, що на етапі початкової спеціалізації фізичні вправи виконуються в більшій мірі у динамічному режимі, з помірною інтенсивністю [31]. За таких умов м'язової діяльності відбувається посилення скорочувальної здатності міокарда, зростання об'єму циркулюючої крові (ОЦК), венозного повернення крові до серця з одночасним зниженням загального периферичного опору (ЗПО) [32, 33]. Крім того, високі величини УОК у силових атлетів можуть бути обумовлені збільшенням діастолічної наповнюваності серця і повнішим його звільненням під час систоли. Регуляція УОК у спортсменів силових видів спорту пов'язана з активністю гуморальних факторів та центрального контуру регуляції – надсегментарних структур та симпатичного відділу автономної нервової системи.

Систематичні заняття бодібілдингом, пауерліфтингом призводять до зростання хвилинного об'єму крові (ХОК), що за умов фізіологічної брадикардії і збільшення обсягу серцевого викиду є одним з критеріїв економізації ресурсів серця. Силовим атлетам властиві ще один прояв функціонального ремоделювання серця - зниження чутливості міокарду до симпато-адреналових впливів [34]. Втім, при застосуванні анаболічних стероїдів або неправильній побудові тренувального процесу у силових атлетів зростає ступінь симпатичної модуляції функціонування серця і кровоносних судин, збільшується чутливість виконавчих органів системи кровообігу до впливу катехоламінів [35-37]. Наслідком усього вищезазначеного у представників силових видів спорту можуть розвинутися стійке збільшення параметрів артеріального тиску в стані спокою до верхніх меж норми, в окремих випадках може виникати артеріальна гіпертензія, гіперкоагуляція тощо.

Одним із інтегральних показників адаптації організму до фізичних навантажень є варіабельність ритму серця (ВРС) [38]. При цьому на початкових стадіях довготривалої адаптації характер м'язових навантажень може не викликати специфічних змін показників ВРС, вони виявляються у висококваліфікованих спортсменів. Порушення вегетативної регуляції веде, як правило, до зниження адаптаційних можливостей організму та погіршення показників фізичної працездатності [39].

Однією з важливих параметрів гемодинаміки є величина загального периферичного опору судин току крові (ЗПО), яка у представників атлетичної гімнастики в стані спокою є дещо зниженою порівняно з нетренованими особами [40]. Означене зменшення величини ЗПО залежить від стажу спортивної діяльності. Його підґрунтям можуть бути адаптивні нервово-гуморальні регуляторні впливи і відповідні морфофункціональні зміни - опір судин потоку крові

може знижуватися внаслідок збільшення капілярного русла. Домінуючим регуляторним впливом на стан кровоносних судин при цьому можуть бути місцеві ефекти метаболітів, які переважають над дією центрального симпато-адреналових чинників.

Параметри артеріального тиску у силових атлетів або не відрізняються від середньо-статистичної норми, або є незначно підвищеними. Суттєве зростання АТ може спостерігатися у атлетів зі значним досвідом заняття такими видами спорту, як бодібілдинг, пауерліфтинг та іншими видами атлетичної гімнастики. Причиною цього явища може бути той факт, що означені види спорту в умовах регулярних повторюваних м'язових напруженнях викликають потужну активацію пресорного відділу гемодинамічного центру, внаслідок чого потужні симпато-адреналові впливи призводять до виникнення позитивного інотропного ефекту, звуження судин опору, і, відповідно – до зростання артеріального тиску [41-43]. Крім того, збільшена в стані спокою величина серцевого викиду на тлі зниженого ЗПО і підвищеного обсягу м'язової маси об'єм циркулюючої крові при зростанні сили серцевих скорочень також можуть сприяти підвищенню тиску в артеріях.

Особливості спортивної діяльності і специфічної будови тіла силових атлетів визначають варіабельність показників периферичної гемодинаміки. Так, у борців порівняно з легкоатлетами достовірно меншими є амплітуда систолічної хвилі, час низхідної частини і реографічної хвилі, а також середня швидкість швидкого кровонаповнення, тонус артерій різного діаметра, час повільного кровонаповнення і висхідної частини реограми [44]. Для спортсменів видів спорту з переважним проявом витривалості гемодинамічні зрушення у відповідь на фізичне навантаження здійснюються переважно на регіонарному рівні та у більш короткий часовий інтервал. В осіб, які тренуються з силовим ухилом, спостерігаються приблизно однакові адаптаційні зміни як центральної, так і периферичної ланок системи кровообігу. Відновлювальний період для цієї групи триваліший, порівняно з легкоатлетами [45].

Підсумовуючи усе вищевикладене, вважаємо за потрібне зауважити, що специфіка силових видів спорту визначає характер адаптаційних зрушень в системі кровообігу на морфологічному, функціональному, метаболічному і регуляторному рівнях. Анатомо-фізіологічне ремоделювання серця у силових атлетів разом зі змінами низки показників центральної і периферичної гемодинаміки сприяють генерації великого і стійкого серцевого викиду та забезпечують посилення вилучення кисню з крові з метою пристосування організму до активної м'язової роботи.

Висновки.

Формування довготривалої адаптації системи кровообігу до фізичних навантажень представляє собою динамічну єдність кількісних і якісних перетворень, що проявляється у вигляді зміни морфологічних та фізіологічних параметрів виконавчих органів і механізмів регуляції. Регулярні силові навантаження призводять до виникнення електро-морфологічного ремоделювання серця, яке поєднується з певними функціональними змінами (збільшення товщини стінки лівого шлуночка та товщини міжшлуночкової

перегородки без значного збільшення розмірів порожнини лівого шлуночка). Обсяг кінцево-діастолічного об'єму крові у силових атлетів при цьому або не відрізняється від норми, або є незначно збільшеним. Особливості спортивної діяльності відбиваються не лише на морфологічній структурі серця, а й вплива-

ють на параметри центральної і периферичної гемодинаміки.

Перспективи подальших досліджень.

У подальшій роботі планується поглиблене вивчення глибоких молекулярних механізмів адаптаційних змін кардіо-респіраторної системи в різні періоди відновлення після фізичного навантаження.

References / Література

- Platonov VM. Suchasna sistema sportyvnoho trenuvannya. K.: Persha drukarnia; 2020. 704 s. [in Ukrainian].
- Oliinyk NA, Durzhynska OO, Rudnytskyi VB. Fizychnye vykhovannia. Atletychni vydy sportu. Navchalnyi posibnyk z fizychnoho vykhovannia dlia vyshchychk navchalnykh zakladiv. Vinnytsia: VNAU; 2020. 283 s. [in Ukrainian].
- Trindade TB, Alves RC, De Castro BM, De Medeiros MA, De Medeiros JA, Dantas PM, et al. Pre-exhaustion Training, a Narrative Review of the Acute Responses and Chronic Adaptations. *Int J Exerc Sci.* 2022 Mar 1;15(3):507-525.
- Bychev VH. Atletycheskaia hymnastyka v fizycheskom vospityany studentov. *International Journal of Humanities and Natural Sciences.* 2020;7-1(46):24-7.
- Platonov VN. Sistema podhotovky sportsmenov v olymпыiskom sporte. Obshchaia teoriia y ee praktycheskye prylozheniia. K.: Olymпыiskaia lyteratura; 2004. 808 s.
- Drozdovska SB, Polishchuk AO, Vinnychuk YuD, Honcharov SV, Dosenko Vle. Molekuliarno-henetychni osoblyvosti adaptatsii sertsevo-sudynnoi systemy do intensyvnykh fizychnykh navantazhen. Kyiv: Natsional'nyy universytet fizychnoho vykhovannia i sportu Ukrainy; 2020. 140 s. [in Ukrainian].
- Landyr AP. Vnezapnaia serdechnaia smert u sportsmenov. Sportyvna medytsyna i fizychna reabilitatsiia. 2020;1:18032. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2020.1.18-32>.
- Chernozub AA, Hrebeniuk Olu, Maltseva Alu, Petrenko OV, Tvelyna AA. Optymyzatsiia trenirovochnoho protsesa v sylovom fytnese y osobennosti ee vlianiia na adaptatsionno-kompensatornye reaktsii v orhanyzme yunoshei 20–21 let. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu. Seriya «Fizychnye vykhovannia i sport».* 2019;6(9):60-68.
- Slavitiak OS. Udoslonalennia trenovalnoho protsesu sportsmeniv u bodibildynhu na osnovi optymalnoho zastosuvannia bazovykh ta formuiuchykh vprav u mezotsyklakh pidhotovky. *Monohrafiia. M.: MNU im. V. O. Sukhomlynskoho.* 2019. 150 s. [in Ukrainian].
- Pohodyna SV. Aktyvnost systemy krovoobrashcheniia v rehuliatyivnyi urovnia krovotoka u plovtsov razlychnoho vozrasta v protsesse adaptatsii k spetsyficheskykh fizycheskykh nahruzkam. *Uchenye zapysky Tavrycheskoho natsionalnoho unyversyteta ym. V. Y. Vernadskoho. Seriya «Vyolohiia, khymyia».* 2010;23(62):98-104.
- Stoickov V, Radovanovic D, Deljanin-Ilic M, Perisic Z, Pavlovic M, Tasic I, et al. Sport-related differences in QT dispersion and echocardiographic parameters in male athletes. *Sci Rep.* 2023 Apr 25;13(1):6770. DOI: [10.1038/s41598-023-33957-8](https://doi.org/10.1038/s41598-023-33957-8).
- D'Andrea A, Limongelli G, Caso P, Sarubbi B, Della Pietra A, Brancaccio P, et al. Association between left ventricular structure and cardiac performance during effort in two morphological forms of athlete's heart. *Int J Cardiol* 2002 Dec;86(2-3):177-84. DOI: [10.1016/s0167-5273\(02\)00194-8](https://doi.org/10.1016/s0167-5273(02)00194-8).
- Weberhüb H, Baumgartner L, Mühlbauer F, Shehu N, Oberhoffer-Fritz R. Training intensity influences left ventricular dimensions in young competitive athletes. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Oct 6;9:961979. DOI: [10.3389/fcvm.2022.961979](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.961979).
- D'Andrea A, Formisano T, Riegler L, Scarafie R, America R, Martone F, et al. Acute and Chronic Response to Exercise in Athletes: The «Supernormal Heart». *Adv Exp Med Biol.* 2017;999:21-41. DOI: [10.1007/978-98-10-4307-9_2](https://doi.org/10.1007/978-98-10-4307-9_2).
- Schoffl I, Jan Wüstenfeld J, Jones G, Dittrich S, Lutter C, Schöffl V. Athlete's Heart in Elite Sport Climbers: Cardiac Adaptations Determined Using ECG and Echocardiography Data. *Wilderness Environ Med.* 2020 Dec;31(4):418-25. DOI: [10.1016/j.wem.2020.07.005](https://doi.org/10.1016/j.wem.2020.07.005).
- Fagard R. Athlete's heart. *General cardiology.* 2003;89:1455-1461.
- Rawlins J, Bhan A, Sharma S. Left ventricular hypertrophy in athletes. *Eur J Echocardiogr.* 2019;10:350-6. DOI: [10.1093/ejehocard/iej017](https://doi.org/10.1093/ejehocard/iej017).
- D'Andrea A, Mele D, Palermi S, Rizzo M, Campana M, Di Giannuario G, et al. Grey zones in cardiovascular adaptations to physical exercise: how to navigate in the echocardiographic evaluation of the athlete's heart. *G Ital Cardiol (Rome).* 2020 Jun;21(6):457-468. DOI: [10.1714/3359.33330](https://doi.org/10.1714/3359.33330).
- Touron J, Costes F, Coudeyre E, Perrault H, Richard R. Aerobic Metabolic Adaptations in Endurance Eccentric Exercise and Training: From Whole Body to Mitochondria. *Front Physiol.* 2021 Jan 27;11:596351. DOI: [10.3389/fphys.2020.596351](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.596351).
- Travis SK, Ishida A, Taber CB, Fry AC, Stone MH. Emphasizing Task-Specific Hypertrophy to Enhance Sequential Strength and Power Performance. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2020 Oct 27;5(4):76. DOI: [10.3390/jfmk5040076](https://doi.org/10.3390/jfmk5040076).
- Martino F, Perestrello AR, Vinarsky V, Pagliari S, Forte G. Cellular Mechanotransduction: From Tension to Function. *Front Physiol.* 2018 Jul 5;9:824. DOI: [10.3389/fphys.2018.00824](https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00824).
- Centner C, Jerger S, Mallard A, Herrmann A, Varfolomeeva E, Gollhofer S, et al. Supplementation of Specific Collagen Peptides Following High-Load Resistance Exercise Upregulates Gene Expression in Pathways Involved in Skeletal Muscle Signal Transduction. *Front Physiol.* 2022 Apr 5;13:838004. DOI: [10.3389/fphys.2022.838004](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.838004).
- Panidi I, Donti O, Konrad A, Dinas PC, Terzis G, Mouratidis A, et al. Muscle Architecture Adaptations to Static Stretching Training: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med Open.* 2023 Jun 15;9(1):47. DOI: [10.1186/s40798-023-00591-7](https://doi.org/10.1186/s40798-023-00591-7).
- Murach KA, Fry CS, Dupont-Versteegden EE, McCarthy JJ, Charlotte A, Peterson CA. Fusion and beyond: Satellite cell contributions to loading-induced skeletal muscle adaptation. *FASEB J.* 2021 Oct;35(10):e21893. DOI: [10.1096/fj.202101096R](https://doi.org/10.1096/fj.202101096R).
- Torma A, Bakonyi P, Regdon Z, Gombos Z, Jokai M, Babszki G, et al. Blood flow restriction during the resting periods of high-intensity resistance training does not alter performance but decreases MIR-1 and MIR-133A levels in human skeletal muscle. *Sports Med Health Sci.* 2021 Feb 10;3(1):40-45. DOI: [10.1016/j.smhs.2021.02.002](https://doi.org/10.1016/j.smhs.2021.02.002).
- Borgia JF, Nizet PM, Gliner JA, Horvath S M. Wandering atrial pacemaker associated with repetitive respiratory strain. *Cardiology.* 2002;69(2):70-3.
- Papadakis M, Carre F, Kervio G, Rawlins J, Panoulas VF, Chandra N, et al. The prevalence, distribution, and clinical outcomes of electrocardiographic repolarization patterns in male athletes of African/Afro-Caribbean origin. *Eur Heart J.* 2011 Sep;32(18):2304-13. DOI: [10.1093/eurheartj/ehr140](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr140).
- Rosow LM, Fukuda DH, Fahs CA, Loenneke JP, Stout JR. Natural bodybuilding competition preparation and recovery: A 12-month case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance.* 2013;8(5):582-92.
- Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, et al. Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013 Feb;47(3):125-36.
- Mert KU, Ilgüy S, Dural M, Mert GO. Effects of creatine supplementation on cardiac autonomic functions in bodybuilders. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2017 Jun;40(6):721-7. DOI: [10.1111/pace.13096](https://doi.org/10.1111/pace.13096).
- Stetsenko AI, Hunko PM. Teoriia i metodyka atletyzmu. Cherkasy: Vydavnychiy vidil Cherkasskoho natsionalnoho unyversytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho; 2011. 216 s. [in Ukrainian].
- D'Andrea A, Mele D, Palermi S, Rizzo M, Campana M, Di Giannuario G, et al. Grey zones in cardiovascular adaptations to physical exercise: how to navigate in the echocardiographic evaluation of the athlete's heart. *G Ital Cardiol (Rome).* 2020 Jun;21(6):457-468. DOI: [10.1714/3359.33330](https://doi.org/10.1714/3359.33330).

33. Dembo AG, Zemczovskij EV. Sportyvnyaya kardyologyya Rukovodstvo dlya vrachej. L.: Medy'cy'na; 1989. 464 s.
34. Pinheiro DM, dos Santos MJ, Cury Salemi VM, de Oliveira EP, Verberne HJ, da Rocha ET. Differential effects of variation in athletes training on myocardial morphophysiological adaptation in men: Focus on 123I-MIBG assessed myocardial sympathetic activity. *Journal of Nuclear Cardiology*. 2014;21:570-7.
35. Neto OB, da Mota GR, De Sordi CC, Resende EA, Resende LA, da Silva MA, et al. Long-term anabolic steroids in male bodybuilders induce cardiovascular structural and autonomic abnormalities. *Clin Auton Res*. 2018 Apr;28(2):231-244. DOI: [10.1007/s10286-017-0470-2](https://doi.org/10.1007/s10286-017-0470-2).
36. Smit DL, Voogel AJ, den Heijer M, de Ronde W. Anabolic Androgenic Steroids Induce Reversible Left Ventricular Hypertrophy and Cardiac Dysfunction. *Echocardiography Results of the HAARLEM Study*. *Front Reprod Health*. 2021 Sep 1;3:732318. DOI: [10.3389/frph.2021.732318](https://doi.org/10.3389/frph.2021.732318).
37. Liu J-D, Wu Y-Q. Anabolic-androgenic steroids and cardiovascular risk. *Chin Med J (Engl)* 2019 Sep 20;132(18):2229-2236. DOI: [10.1097/CM9.0000000000000407](https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000407).
38. Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method of measure the autonomic nervous system. *Swiss Med System*. 2004;134:514-522.
39. Berkoff DJ, Cairns CB, Sanchez LD, Moorman CT 3rd. Heart rate variability in elite American track-and-field-athletes. *J. Strength and Cond. Res*. 2007 Feb;21(1):227-31.
40. Safyn RS. Nasosnaya funkcyya serdcza lycz, zanymayushhysya bodybyldyngom [dysertatsiia]. Kazan; 2002. 137 s.
41. Colliander EB, Tesch PA. Blood pressure in resistance-trained athletes. *Can J Sport Sci*. 1988 Mar;13(1):31-4.
42. Doleeb S, Kratz A, Salter M, Thohan V. Strong muscles, weak heart: testosterone-induced cardiomyopathy. *ESC Heart Fail*. 2019 Oct;6(5):1000-1004.
43. Hagmar M, Berglund B, Brismar K, Hirschberg AL. Body composition and endocrine profile of male Olympic athletes striving for leanness. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2013;23(3):197-201. DOI: [10.1097/JSM.0b013e31827a8809](https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31827a8809).
44. Khapska OP. Osoblyvosti peryferychnoi hemodynamiky u sportsmeniv riznykh konstytutsionalnykh typiv i vydiv sportu [dysertatsiia]. Vinnytsia; 2018. 318 s. [in Ukrainian].
45. Kholodova OO, Bocharova VB, Vinnik YuV. Fizychnye vykhovannia. Osnovy rozvytku sylovykh yakosti v atletychnii himnastytsi. Vinnytsia: VNAU; 2020. 201 s. [in Ukrainian].

АДАПТАЦІЙНІ ЗМІНИ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ У СПОРТСМЕНІВ СИЛОВИХ ВИДІВ СПОРТУ

Лизогуб В. С., Розова К. В., Бакуновський О. М., Олійник Т. М., Дубинська С. М.

Резюме. Аналіз і оцінка критеріїв адаптації системи кровообігу до фізичних вправ сприяє більш раціональному плануванню обсягів і інтенсивності спортивних навантажень, а також дозволяє оцінити ступінь відновлення спортсмена і індивідуалізувати тренувальний процес з метою покращення його ефективності.

При фізичних навантаженнях кінцевим пристосувальним результатом системи кровообігу є рівень кровотоку, адекватний вимогам організму. Протягом адаптації до регулярних фізичних вправ формується тип взаємодії кардіо-гемодинамічних параметрів, який найкращим чином забезпечує досягнення оптимального пристосувального ефекту, які призводять до виникнення електро-морфологічного ремоделювання серця, яке поєднується з певними функціональними змінами («спортивне серце»). Анатомічне ремоделювання міокарда, зокрема, збільшення розмірів та об'ємів камер серця, збільшення товщини стінки лівого шлуночка зі збереженими систолічною і діастолічною функціями є класичними ознаками серця атлетів в силових видах спорту. Виникнення концентричної гіпертрофії у цих спортсменів спричинюється регулярним перевантаженням серця тиском крові, ефектом механічної напруги, метаболічним стресом тощо. Особливості спортивної діяльності відбиваються не лише на морфологічній структурі серця, а й впливають на параметри внутрішньо-серцевої і центральної гемодинаміки. Адаптація організму до фізичного навантаження значною мірою визначається зростанням функціональної активності виконавчих органів і механізмів регуляції системи кровообігу, що може проявлятися у модуляції частоти серцевих скорочень, нагнітальної здатності серця, характеристик провідності і збудливості.

Анатомо-фізіологічне ремоделювання серця у силових атлетів разом зі змінами низки параметрів гемодинаміки сприяють генерації великого і стійкого серцевого викиду та забезпечують посилення вилучення кисню з крові з метою пристосування організму до активної м'язової роботи.

Ключові слова: система кровообігу, гемодинаміка, фізичне навантаження, адаптація.

ADAPTIVE CHANGES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN STRENGTH SPORTS ATHLETES

Lizogub V. S., Rozova K. V., Bakunovskiy O. M., Oliinyk T. M., Dubynska S. M.

Abstract. The analysis and evaluation of the criteria for the adaptation of the circulatory system to physical exercises contributes to a more rational planning of the volume and intensity of sports loads, as well as allows to assess the degree of recovery of the athlete and individualize the training process in order to improve its effectiveness.

During physical exertion, the final adaptive result of the circulatory system is the level of blood flow adequate to the body's requirements. During adaptation to regular physical exercises, a type of interaction of cardio-hemodynamic parameters is formed, which best ensures the achievement of an optimal adaptive effect, which leads to the emergence of electro-morphological remodeling of the heart, which is combined with certain functional changes («sports heart»). Anatomical remodeling of the myocardium, in particular, an increase in the size and volume of the chambers of the heart, an increase in the thickness of the left ventricular wall with preserved systolic and diastolic functions are classic signs of the heart of athletes in strength sports. The occurrence of concentric hypertrophy in these athletes is caused by regular overloading of the heart by blood pressure, the effect of mechanical stress, metabolic stress, etc. The peculiarities of sports activities are reflected not only on the morphological structure of the heart, but also affect the parameters of intracardiac and central hemodynamics. The body's adaptation to physical exertion is largely determined by the increase in the functional activity of the executive organs and the mechanisms of regulation of the circulatory system, which can be manifested in the modulation of the heart rate, the pumping capacity of the heart, the characteristics of conductivity and excitability.

Anatomical and physiological remodeling of the heart in strength athletes, together with changes in a number of hemodynamic parameters, contribute to the generation of a large and stable cardiac output and ensure increased extraction of oxygen from the blood in order to adapt the body to active muscle work.

Key words: circulatory system, hemodynamics, physical load, adaptation.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Lyzohub V. S.: [0000-0002-3001-138X](https://orcid.org/0000-0002-3001-138X)^{ADEF}
Rozova K. V.: [0000-0002-6266-4617](https://orcid.org/0000-0002-6266-4617)^{ADEF}
Bakunovsky O. M.: [0000-0001-6546-1025](https://orcid.org/0000-0001-6546-1025)^{ABDE}
Oliinyk T. M.: [0000-0003-4685-1479](https://orcid.org/0000-0003-4685-1479)^{DC}
Dubinska S. M.: [0000-0002-3666-2247](https://orcid.org/0000-0002-3666-2247)^{DC}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Bakunovsky Oleksandr Mykolayovych / Бакуновський Олександр Миколайович
National University of Ukraine on Physical Education and Sport / Національний університет фізичного виховання і спорту України
Ukraine, 02000, Kyiv, 1 Fizkultury str. / Адреса: Україна, 02000, м. Київ, вул. Фізкультури 1
Tel.: +380975116805 / Тел.: +380975116805
E-mail: alexandr.bakunovskiy@gmail.com

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 / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 14.03.2023 / Стаття надійшла 14.03.2023 року
Accepted 28.08.2023 / Стаття прийнята до друку 28.08.2023 року

DOI 10.29254/2077-4214-2023-3-170-64-71

UDC 57.018.7-025.56+616-056.16/17]:378.6:61.016:612:001.8(477.53)

Mishchenko I. V., Tkachenko O. V., Kokovska O. V., Zhukova M. Yu.

ASYMMETRY AS A COMMON-BIOLOGICAL LAW, UMSA AND PSMU PHYSIOLOGY CHAIR CONTRIBUTION IN ASYMMETRY AND HANDEDNESS STUDY

Poltava State Medical University (Poltava, Ukraine)

kokovskja@gmail.com

There is no doubt that asymmetry indeed can be considered as a real common-biological law, realizing its regulative action both in alive and in non-alive nature. The term “pathological asymmetries” involves abundant asymmetries, the ones observed under pathological conditions. There exist “a syndrome of lefty”, one can differentiate “left diseases” met only in left-handed people; one can say and write about pathologies met only at mixed handedness or ambidextrism. Right-handers are tended to have own problems with health. There are diseases peculiarities in left-handers and right-handers. UMSA Physiology chair teachers contributed much in discovering the “right” and “left” types of blood system reactions in symmetrical vascular regions in the animals and people. Varieties in charge and erythrocytes number were claimed as the most contributive factors defining “right” and “left” type of blood reaction. Cellular and molecular levels of asymmetry as well as tissular, organic, systemic, organismic, population-species (which expression best and comfortable for assessing represents sinistrality or left-handedness) and biospheric found detailed description in this article. Doubtly, asymmetry represents very important factor of adaptation to changeable and pathological conditions and should be known well by the specialists of various branches of theoretical and applied Biology and Medicine. Our chair teachers and students of the students’ scientific group contributed much into asymmetry and typological aspects study both under physiological and pathological conditions, describing their importance in Biology, Physiology, Dentistry and other branches of theoretical and applied Science; the authors analyzed some results received in their article.

Key words: asymmetry, International students, typologies, left-handedness.

Connection of the publication with planned research works.

It represents part of the scientific-research topic “Study of the role of influence of modern exogenous and endogenous factors on psychophysiological state and regulatory systems of the body”, state registration number is 0123U102410.

Introduction.

There exist common-biological laws characteristic only for alive or non-alive nature as well as those charactering both. Asymmetry belongs to such universal laws finding its expression at alive matter all organizational levels beginning from the molecular (only left-folded aminoacids, for example, L-arginine are useful in nature but can be L-arginine is an effective medication for prevention of endothelial dysfunction, a predictor of