

Corresponding author

Sarafyniuk Larysa Anatoliivna
National Pirogov Memorial Medical University
Ukraine, 21018, Vinnytsya, 56 Pyrohova str.
Tel. +380674300853
E-mail: lsarafynyuk@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.

Received 28.09.2023

Accepted 29.02.2024

DOI 10.29254/2077-4214-2024-1-172-29-36

UDC 796:004.38:612.13

Imas Ye. V., Luts Yu. P., Lukyantseva H. V.

**FEATURES OF REACTIVE CHANGES IN CIRCULATORY SYSTEM PARAMETERS
UNDER THE INFLUENCE OF CYBER SPORTS**

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

yulialuts06@gmail.com

The issue of the impact of eSports on the parameters of the circulatory system is very relevant due to the fact that in the modern world, eSports has become not only a popular form of entertainment but also an important element of digital culture. The growing popularity of this sport has led to an increase in the time that esports players spend behind computer screens, which raises concerns among biological and medical professionals about the impact of video games on physical health parameters. In this context, it is important to investigate the physiological aspects of esports and the possible consequences of its effect on circulatory parameters, given the lack of scientific research in this area. The review is devoted to the analysis of possible impacts on central haemodynamics parameters during and after esports training.

The study aims to analyse modern scientific literature data to systematise information on the peculiarities of the impact of esports on the parameters of the circulatory system.

The rapid development of esports worldwide has led to discussions about the feasibility of medical examination of esports athletes, as is the case before competitions in traditional sports. It is worth noting that circadian rhythm and sleep disorders, unhealthy diets, and other specifics of the players' lifestyle contribute to developing diseases, including those of the circulatory system. Prolonged stay in a forced monotonous posture under conditions of hypokinesia and physical inactivity, exposure to stress factors, etc., lead to adverse changes in the functioning of the heart and blood vessels.

The sedentary lifestyle of esportsmen can lead to negative health consequences, including a high risk of cardiovascular disease. The limited research in this area determines the need for further scientific studies of the impact of esports on the parameters of central and peripheral haemodynamics.

Key words: eSports, circulatory system, haemodynamics, heart, blood vessels, stress.

Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the SRW "Influence of exogenous and endogenous factors on the course of adaptive reactions of the body to physical exertion of various intensities" (state registration number 012U108187).

Introduction.

Esports is the industry of competitive video games that involves not only players but also coaches, managers, and other related professionals in this hybrid sport. At different performance levels, esports is defined as a type of competitive activity in which gamers use their physical and mental abilities to compete in various games in a virtual electronic environment [1]. The primary motivation of an esportsman in his professional activity is to defeat his opponent [2, 3, 4].

Millions of people around the world play esports every day. Zimmer R.T., Haupt S., and Heidenreich H., in their studies, emphasise that esports are character-

ised by a high potential for stress, so in terms of physical and psycho-emotional stress, it is sometimes considered equivalent to traditional sports [5].

The problem of morphological and functional changes in the circulatory system in the conditions of high-performance sports is covered in the modern scientific literature in depth. At the same time, the issue of the influence of esports on changes in the parameters of the functioning of executive organs and mechanisms of regulation of the cardiovascular system has not yet become the subject of active scientific research. The existing lack of knowledge on this issue is caused by insufficient scientific studies, which urgently calls for new fundamental works on the study of the peculiarities of reactive and adaptive changes in the circulatory system in professional gamers.

The aim of the study.

To analyse modern data from the scientific literature to systematise information on the peculiarities of

the impact of esports on the parameters of the circulatory system.

Object and research methods.

Analytical methods (systematic comparative analysis, content analysis, and bibliometric methods) were used to search for information on the impact of esports on the parameters of the circulatory system. The scientific literature was reviewed in the following databases: PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar.

Main part.

Esports, which is a competitive activity in the virtual space, is currently experiencing a period of rapid development. The number of gamers and people involved in this industry increases yearly. Like classical sports, esports is characterised by certain specifics affecting players' lifestyles. Long hours of sitting in a forced position in a stressful and unnatural electronic environment lead to a significant decrease in gamers' physical activity levels [6, 7]. Accordingly, chronic hypodynamia and hypokinesia can result in dysfunctions of certain organs and systems over some time (reduced muscle contraction, visual pathologies, poor posture, reduced performance, etc. The negative impact of gamers' lifestyles is also reflected in the circulatory system, where it manifests itself in a decrease in the strength of heart contractions, reduced vascular tone, etc. Accordingly, this is why a large amount of time spent in a sedentary position is associated with an increased risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, and higher mortality rates [9, 10].

Despite the rapid development of the esports industry, to date, there is an extremely small number of studies in the scientific literature on the peculiarities of urgent and long-term changes in the parameters of central and peripheral haemodynamics in esports athletes during training or competition. The available research on the impact of esports on the functioning of the heart and blood vessels was conducted with the participation of both professional esportsmen in tournaments and amateur gamers [11, 12, 13, 14, 15, 16]. However, the scientific community is still only at the beginning of the path to solving this problem.

Before we dive into the analysis of the peculiarities of changes in haemodynamics in gamers under the influence of the specifics of their professional activity, we consider it necessary to briefly dwell on the rationale for the expediency of a detailed study of the circulatory system.

Most cells in the human body lose the possibility of direct contact with the outside world and are located in the liquid environment surrounding the cells. It is from the tissue or intercellular fluid that they receive the substances they need and excrete metabolic products [17, 18]. The composition of these liquid media is constantly updated, including due to their close contact with blood, which is constantly moving. However, the passivity of blood as a tissue makes it impossible for it to move independently. It requires the heart to pump to ensure continuous blood flow through the vascular system in one direction [19, 20].

Changes in the heart's pumping function, depending on the body's needs (metabolic rate, state

of regulatory systems, etc.), along with maintaining optimal blood vessel tone as a blood transport route, allow for the creation of conditions for proper blood supply to organs and systems and redistribution of blood throughout the body, depending on the functional state of the person [20]. The main mechanisms regulating cardiac activity and vascular tone aim to maintain the blood pressure gradient in the vascular network necessary to ensure normal blood flow. It is achieved through the coordinated implementation of a complex system of nervous, humoral and myogenic regulatory mechanisms that ensure that the cardiac output and total peripheral vascular resistance are exactly matched [21, 22]. Thus, optimal hemocirculation ensures the achievement of a minute blood volume (MBV) adequate to the body's requirements, which is the final adaptive result of the cardiovascular system [23].

The close functional interrelationships between the respiratory, blood and circulatory systems ensure the maintenance of several vital homeostasis parameters, which are strictly controlled by regulatory influences. The stressful situations that gamers have to endure during preparation and participation in essential competitions can lead to significant changes in the regulation mechanisms of the cardiorespiratory system in general and the circulatory system in particular [5, 24].

Ensuring the growth of stroke volume and MBV in the conditions of specific activity of e-sportsmen during training or competitions is realised through several mechanisms. A powerful psycho-emotional load during competitions causes an increased need for oxygen and nutrients from the nervous system and actively working skeletal muscles. The functional state of the circulatory system in these conditions is one of the key factors that limit the body's performance and, first of all, the ability of the heart to pump an increased volume of blood through the blood vessel system [25].

The mechanisms of haemodynamic regulation in such conditions aim to create maximum conditions for blood supply to nervous tissue and skeletal muscles by redistributing blood, and even at the cost of reducing blood flow to other organs and systems [5, 26]. In this case, the mechanisms of baroreceptor regulation and the corrective effects of the motor centres of the central nervous system, which begin with the chemoreceptors of the respiratory system and proprioceptors, are of priority importance.

The mobilisation of circulatory system functions is facilitated by acquired (conditioned reflex) mechanisms of circulatory regulation, which are activated in the pre-start period, due to nerve impulses from the limbic areas of the cerebral cortex and activation of the integrative centres of the sympathetic division of the autonomic nervous system [27]. Thanks to these mechanisms, the frequency and strength of heart contractions and the tone of blood vessels increase even before the onset of emotional or physical stress. For example, esports athletes have a significant increase in cardiac output [16] and heart rate [16, 28] during competitions. Given the fact that in some cases, the heart rate of gamers reached 160-180 beats per minute, as well as the concentration of cortisol comparable to that

of car drivers, some authors suggest that the stressful effects of professional esportsmen are comparable to those of athletes in classical sports of higher achievement [15, 29].

During work, impulses from the motor centres of the cerebral cortex activate the activity of both lower motor centres and the structures of the respiratory and haemodynamic centres of the brainstem. Subsequently, activation of the sympathetic nerve centres leads to an increase in the heart's pumping function due to positive in – and chronotropic effects and an increase in excitability and conduction [24, 25]. It leads to a significant increase in systolic and minute blood volumes. An increase in cardiac activity during emotional or physical exertion is also accompanied by a proportional increase in blood flow through the coronary vessels, which further contributes to an increase in the heart's pumping function.

At the same time, catecholamines are released from the adrenal medulla into the blood plasma, the action of which causes systemic vasoconstriction. This results in stimulation of the heart, as well as an increase in blood pressure and increased blood flow. The ergotropic effects of the sympathetic-adrenal system during the game lead to increased functioning of organs and systems, which requires an acceleration of metabolic rate and increased oxygen and nutrient consumption [5]. Compensation for the lack of these resources is realised by redistributing blood flow – it increases in actively working muscles while decreasing in other organs. In addition, due to the action of metabolites and a local increase in temperature in skeletal muscles, diastolic blood pressure can be reduced by reducing the tone of pre – and post-capillary resistance vessels. During sufficiently prolonged muscle work, humoral mechanisms of long-term maintenance of blood pressure, circulating blood volume and MBV with the participation of antidiuretic hormone, renin-angiotensin-aldosterone system and atrial natriuretic hormone may also be involved in the process of ensuring optimal hemodynamics.

Thus, reactive and adaptive changes in the cardiovascular system during gaming activity in gamers are manifested in the improvement of the functional performance of the heart as a pump, as well as in the most optimal redistribution of the circulating blood volume in order to direct most of the minute blood volume to the most actively working tissues and organs.

Undoubtedly, the game genre an esportsman chooses determines the degree of change in cardiovascular reactions. In a study by Bartlett C.P. and Rodeheffer C. [30] comparing different genres of esports, it was found that gamers' participation in a graphically realistic violent game (Conflict Desert Storm) increases the heart rate, while calmer, non-violent games (Hard Hitter Tennis), on the contrary, reduce the value of this parameter. Other authors have demonstrated that video games that include fighting or shooting at other people (such as Mortal Kombat or Call of Duty) cause not only an increase in heart rate, but also an increase in blood pressure, respiratory rate, and a decrease in heart rate variability in gamers [31, 32, 33, 34]. Different dynamics of changes in haemodynamic

parameters have been recorded under the influence of puzzle games (Bejeweled, etc.) or unrealistic combat games (such as LEGO: Marvel Superheroes, etc.). Players experience decreased blood pressure, increased heart rate variability, and slower respiratory rate [35, 36]. It is also worth noting that fighting game players (hand-to-hand combat with an opponent in a confined space) demonstrate better stress resistance indicators than gamers of other genres. Thus, the dynamics of changes in the parameters of the circulatory system is closely related to the type of games in which an e-athlete plays.

The lack of empirical information on the impact of esports on the parameters of the circulatory system is compounded by the lack of research in this area. Further research is needed to systematically fill this knowledge gap. Unfortunately, information on the prevalence of cardiovascular diseases among esportsmen is extremely insufficient, and the physiological aspects related to physical inactivity, stress, and the use of stimulants affecting the body have been studied to a limited extent.

In view of the above, the need to increase knowledge about cardiovascular problems among esports athletes should be recognised as a priority. Stakeholders should promote awareness and systematic screening to effectively protect players' health. The emphasis on maintaining a healthy lifestyle, ensuring good sleep hygiene, etc., is considered to be an essential factor in achieving a high level of professional performance among gamers.

It is necessary to draw the attention of professionals and society to the issues of advertising and the use of energy drinks and stimulants by gamers due to the harmful side effects of these substances in case of their abuse. Accordingly, it is also necessary to increase the awareness of esportsmen about the potential negative consequences of these and other means of stimulating the nervous system, heart activity, etc. Game organisers should implement standardised cardiac screening protocols and uniform data collection. The use of gadgets to monitor cardiovascular health in the new digital era is recognised as extremely relevant, which can make a positive contribution to the development of the esports industry and its economic dynamics.

Conclusions.

The specifics of the professional activity of esportsmen can lead to negative health consequences, including a high risk of cardiovascular disease. The limited literature on this issue and the need for further research on the impact of video games on the functioning of the cardiovascular system of gamers emphasise the importance of the scientific community's attention to the health of esportsmen. Accordingly, all of the above highlights the importance of an in-depth study of the impact of video games on changes in the parameters of the circulatory system in esportsmen.

Prospects for further research.

In the future, we plan to study in detail the peculiarities of the dynamics of circulatory parameters in studies involving athletes specialising in e-sports.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКТИВНИХ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ ПІД ВПЛИВОМ ЗАНЯТЬ КІБЕРСПОРТОМ

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

yulialuts06@gmail.com

Проблематика впливу занять кіберспортом на параметри системи кровообігу є дуже актуальною внаслідок того, що в сучасному світі кіберспорт став не лише популярним видом розваг, але й важливим елементом цифрової культури. Зростання популярності цього виду спорту призвело до збільшення часу, який кіберспортсмени проводять за екранами комп'ютерів, що викликає занепокоєння фахівців біологічної і медичної сфери щодо відеоігор на параметри фізичного здоров'я. У цьому контексті важливо дослідити фізіологічні аспекти кіберспорту та можливі наслідки його впливу на параметри кровообігу, враховуючи недостатність наукових досліджень у цій області. Огляд присвячений аналізу можливих наслідків на параметри центральної гемодинаміки під час та після кіберспортивних занять.

Мета дослідження: провести аналіз сучасних даних наукової літератури для систематизації відомостей щодо особливостей впливу занять кіберспортом на параметри системи кровообігу.

Стрімкий розвиток кіберспорту у всьому світі спричиняє появу дискусій стосовно питань доцільності медичного обстеження кіберспортсменів, як це відбувається перед змаганнями у традиційних видах спорту. Варто зазначити, що порушення циркадних ритмів і сну, нездоровий раціон харчування та інша специфіка способу життя гравців сприяють розвитку захворювань, в тому числі - системи кровообігу. Тривале перебування у вимушеній одноманітній позі в умовах гіпокінезії і гіподинамії, вплив стресових чинників тощо, призводять до несприятливих змін у роботі серця і кровоносних судин.

Сидячий спосіб життя кіберспортсменів може призводити до негативних наслідків для здоров'я, зокрема високого ризику серцево-судинних захворювань. Обмеженість досліджень у цій царині визначає потребу в подальших наукових дослідженнях впливу занять кіберспортом на параметри центральної і периферичної гемодинаміки.

Ключові слова: кіберспорт, система кровообігу, гемодинаміка, серце, судини, стрес.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом НДР «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Вступ.

Кіберспорт – це індустрія змагальних відеоігор, яка передбачає участь у цьому гібридному виді спорту не лише гравців, а й тренерів, менеджерів та інших дотичних до цієї сфери фахівців. Кіберспорт на різних рівнях продуктивності, визначений як вид суперницької діяльності, в якому геймери використовують свої фізичні та розумові здібності для змагання в різних іграх у віртуальному електронному середовищі [1]. Головною мотивацією кіберспортсмена у його професійній діяльності є перемога над суперником [2, 3, 4].

Кіберспортом щодня займаються мільйони людей у всьому світі. Zimmer R.T., Haupt S., Heidenreich H. в своїх дослідженнях підкреслюють, що заняття кіберспортом характеризуються високим потенціалом стресу, тому за ступенем фізичного і психо-емоційного напруження його іноді вважають еквівалентом традиційних видів спорту [5].

Проблематика морфофункціональних змін системи кровообігу в умовах занять спортом вищих досягнень висвітлена в сучасній науковій літературі доволі глибоко. В той самий час, питання впливу кіберспорту на зміну параметрів функціонування виконавчих органів і механізмів регуляції серцево-судинної сис-

теми ще не стало предметом активного наукового пошуку. Наявний брак знань з означеної проблематики спричинений недостатньою кількістю наукових досліджень, що гостро актуалізує появу нових фундаментальних робіт щодо вивчення особливостей реактивних і адаптивних змін діяльності системи кровообігу у професійних геймерів.

Мета дослідження.

Провести аналіз сучасних даних наукової літератури для систематизації відомостей щодо особливостей впливу занять кіберспортом на параметри системи кровообігу.

Об'єкт і методи дослідження.

Для пошуку інформації використовували аналітичні методи (системний порівняльний аналіз, контент-аналіз та бібліометричні методи вивчення відомостей сучасної наукової літератури з питань впливу кіберспорту на параметри системи кровообігу. Огляд наукової літератури проводився в наступних базах даних – PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar.

Основна частина.

Кіберспорт, який представляє собою змагальну діяльність у віртуальному просторі, наразі переживає період бурхливого розвитку. Кількість геймерів і осіб, дотичних до цієї галузі, з кожним роком збільшується. Як і класичні види спорту, кіберспорт характеризується певною специфікою, яка відбивається на образі життя гравців. Тривале кількогодинне перебування у вимушеній позі у стресогенному і неприродному електронному середовищі призводять до значного зниження рівня фізичної активності геймерів [6, 7].

Відповідно, наслідком хронічної гіподинамії і гіпокінезії через певний період часу можуть стати порушення функцій певних органів і систем (зниження сили скорочення м'язів, патології органів зору, порушення постави, зменшення працездатності тощо) [7, 8]. Негативний вплив образу життя геймерів знаходить своє відображення також у системі кровообігу, де проявляється у зменшенні сили скорочень серця, зниженому тонусі судин тощо. Відповідно, саме тому велику кількість часу, проведеного в сидячому положенні, пов'язують з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань, діабету 2 типу і вищим рівнем смертності [9, 10].

Не дивлячись на бурхливий розвиток індустрії кіберспорту, на сьогоднішній день в науковій літературі спостерігається вкрай мала кількість досліджень, присвячених особливостям термінових і довготривалих змін параметрів центральної і периферичної гемодинаміки у кіберспортсменів під час тренувальної або змагальної діяльності. Наявні у науковому доробку дослідження щодо впливу занять кіберспортом на функціонування серця і кровоносних судин проводилися за участі як професійних кіберспортсменів в умовах турнірів, так і геймерів-аматорів [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Втім, наукове суспільство знаходиться поки що лише на початку шляху вирішення означеної проблематики.

Перш, ніж безпосередньо зануритися в аналіз особливостей змін гемодинаміки у геймерів під впливом специфіки їх професійної діяльності, вважаємо за потрібне коротко зупинитися на обґрунтуванні доцільності докладного вивчення системи кровообігу.

Більшість клітин людського організму втрачають можливість прямого контакту із зовнішнім світом і знаходяться в рідкому середовищі, що оточує клітини. Саме з тканинної або міжклітинної рідини вони отримують необхідні їм речовини і виводять продукти метаболізму [17, 18]. Склад означених рідких середовищ постійно оновлюється, в тому числі – завдяки їхньому тісному контакту з кров'ю, яка постійно рухається. Втім, пасивність крові як тканини унеможлиблює її самостійний цілеспрямований рух і потребує наявності нагнітальної функції серця для забезпечення безперервного руху крові по судинній системі в одному напрямку [19, 20].

Зміни нагнітальної функції серця залежно від потреб організму (інтенсивності метаболізму, стану регуляторних систем тощо), разом з підтриманням оптимального тону крові судин як шляхів транспорту крові, дозволяють створити умови для належного кровопостачання органів і систем і перерозподілу крові по організму залежно від функціонального стану людини [20]. Основні механізми регуляції діяльності серця і тону судин спрямовані на підтримання в судинній мережі градієнту кров'яного тиску, необхідного для забезпечення нормального кровотоку. Це досягається завдяки злагодженій реалізації складної системи нервових, гуморальних і міогенних механізмів регуляції, які забезпечують підтримання точної відповідності між величинами серцевого викиду і загального периферичного опору кровоносних судин [21, 22]. Таким чином, оптималь-

на гемоциркуляція забезпечує досягнення хвилинного об'єму крові (ХОК), адекватного вимогам організму, який є кінцевим пристосувальним результатом функціонування серцево-судинної системи [23].

Тісні функціональні взаємозв'язки між системами дихання, крові і кровообігу забезпечують підтримання цілого ряду життєво важливих параметрів гомеостазу, сталість яких жорстко контролюється регуляторними впливами. Ситуації стресу, який доводиться переживати геймерам протягом періоду підготовки та участі у відповідальних змаганнях, можуть призводити до комплексу суттєвих змін в механізмах регуляції параметрів кардіореспіраторної системи взагалі, і в системі кровообігу зокрема [5, 24].

Забезпечення зростання ударного об'єму і ХОК в умовах специфічної діяльності кіберспортсменів під час тренувань або змагань реалізується завдяки декільком механізмам. Потужне психоемоційне навантаження під час змагань спричинює збільшену потребу в кисні та поживних речовинах з боку нервової системи і активно працюючих скелетних м'язів. Функціональний стан системи кровообігу в цих умовах одним з ключових факторів, які обмежують працездатність організму, і в першу чергу – здатність серця перекачувати по системі кровоносних судин збільшений об'єм крові [25].

Механізми регуляції гемодинаміки в таких умовах спрямовані на створення максимальних умов для кровопостачання нервової тканини і скелетних м'язів, шляхом перерозподілу крові, і навіть ціною зменшення притоку крові до інших органів і систем [5, 26]. Пріоритетне значення при цьому набувають механізми барорецепторної регуляції і коригуючі впливи рухових центрів ЦНС, які розпочинаються з хеморецепторів системи дихання, а також пропріорецепторів.

Мобілізації функцій системи кровообігу сприяють набуті (умовно-рефлекторні) механізми регуляції кровообігу, які активуються ще в передстартовий період, завдяки нервовій імпульсації від лімбічних ділянок кори півкуль великого мозку і активації інтегративних центрів симпатичного відділу автономної нервової системи [27]. Саме завдяки таким механізмам частота та сила скорочень серця, а також тону кровоносних судин збільшуються ще до початку емоційного або фізичного навантаження. Так, у кіберспортсменів під час змагань спостерігається значне збільшення величини серцевого викиду [16] і частоти серцевих скорочень [16, 28]. З огляду на той факт, що в деяких випадках величина ЧСС у геймерів досягала значення 160–180 ударів на хвилину, а також концентрація кортизолу, співставна з такою у автогонщиків, деякі автори висувують припущення, що стресовий вплив у професійних кіберспортсменів можна порівняти з таким у атлетів в класичних видах спорту вищих досягнень [15, 29].

Під час роботи імпульси від моторних центрів кори головного мозку активують діяльність як нижчих за ієрархією рухових центрів, так й структури ди- хального і гемодинамічного центрів стовбуру мозку. Надалі активація симпатичних нервових центрів спричинює посилення нагнітальної функції серця завдяки позитивним іно – і хронотропним ефектам, а

також зростання збудливості і провідності [24, 25]. Це призводить до значного збільшення систолічного і хвилинного об'ємів крові. Підвищення серцевої активності під час емоційних або фізичних навантажень також супроводжується пропорційним збільшенням кровотоку через коронарні судини, що додатково сприяє підвищенню нагнітальної функції серця.

Одночасно з цим, з мозкової речовини наднирників викидаються у плазму крові катехоламіни, дія яких викликає системне звуження кровоносних судин. Наслідком цього є стимуляція роботи серця, а також зростання параметрів кров'яного тиску і посилення кровотоку. Ерготропні впливи симпато-адреналової системи під час гри спричиняють посилення роботи органів та систем, що вимагає пришвидшення інтенсивності метаболізму, а також зростання споживання кисню і поживних речовин [5]. Компенсація нестачі цих ресурсів реалізується шляхом перерозподілу кровотоку – він збільшується в активно працюючих м'язах з одночасним зменшенням в інших органах. Крім того, завдяки дії метаболітів і локальному підвищенню температури в скелетних м'язах, може знижуватися діастолічний артеріальний тиск шляхом зменшення тону пре – і посткапілярних судин опору. Під час досить тривалої м'язової роботи в процес забезпечення оптимальної гемодинаміки можуть включатися також гуморальні механізми довготривалої підтримки артеріального тиску, об'єму циркулюючої крові і ХОК за участю антидіуретичного гормону, ренін-ангіотензин-альдостеронової системи і передсердного натрійуретичного гормону.

Таким чином, реактивні і адаптаційні зміни в серцево-судинній системі під час ігрової діяльності у геймерів проявляються в поліпшенні функціональної продуктивності серця як насоса, а також у найбільш оптимальному перерозподілі об'єму циркулюючої крові з метою спрямування більшої частини хвилинного об'єму крові до найбільш активно працюючих тканин та органів.

Безумовно, обраний кіберспортсменом жанр ігри визначає ступінь зміни серцево-судинних реакцій. У дослідженні Bartlett C.P. and Rodeheffer C. [30] з порівнянням різних жанрів кіберспорту було виявлено, що участь геймерів у графічно реалістичній жорсткій грі (Conflict Desert Storm) збільшує частоту серцевих скорочень, тоді як більш спокійні, не жорсткі ігри (Hard Hitter Tennis), навпаки, знижують величину цього параметру. В роботах інших авторів продемонстровано, що відеоігри, які включають бої або стрілянину в інших осіб (такі, як Mortal Kombat або Call of Duty), у геймерів відбувається не лише зростання ЧСС, а й збільшення артеріального тиску, частоти дихання та зменшення варіабельності серцевого ритму [31, 32, 33, 34]. Іншу динаміку змін параметрів гемодинаміки зафіксовано під впливом ігор-головоломок (Bejeweled тощо), або нереалістичних бойових ігор (таких, як LEGO: Marvel Superheroes тощо). У гравців при цьому спостерігається зниження артеріального тиску, підвищення варіабельності серцевого ритму та сповільнення частоти дихання [35, 36]. Варто також відзначити, що гравці файтингів (поєдинки рукопашного бою із суперником в обмеженому просторі) демонструють кращі показники стресостійкості порівняно

з геймерами інших жанрів. Таким чином, динаміка змін параметрів системи кровообігу тісно пов'язана з різновидом ігор, в якому виступає кіберспортсмен.

Недостатність емпіричних відомостей щодо впливу кіберспорту на параметри функціонування системи кровообігу утруднюється дефіцитом наукових досліджень в цьому напрямку. Проведення подальших наукових досліджень є необхідністю для систематичного заповнення цієї прогалини в знаннях. На жаль, інформація про поширеність серцево-судинних захворювань серед кіберспортсменів вкрай недостатня, а фізіологічні аспекти, пов'язані з гіподинамією, стресом і застосуванням стимуляторів, що впливають на організм, поки що вивчаються обмежено.

З огляду на все вищезазначене, необхідність збільшення відомостей, щодо серцево-судинних проблем серед кіберспортсменів слід визнати пріоритетним завданням. Зацікавлені сторони повинні сприяти підвищенню обізнаності та проведенню систематичного скринінгу для ефективного захисту здоров'я гравців. Акцент на підтримці здорового способу життя, забезпеченні належної гігієни сну тощо вважається суттєвим чинником у досягненні високого рівня професійної продуктивності геймерів.

Слід привернути увагу фахівців і суспільства до питань реклами і вживання геймерами енергетичних напоїв та стимуляторів внаслідок шкідливих побічних дій цих речовин у випадку зловживання ними. Відповідно, треба також збільшити ступінь поінформованості кіберспортсменів стосовно потенційних негативних наслідків цих, а також інших засобів стимуляції нервової системи, діяльності серця тощо. Організатори ігор мають впроваджувати стандартизовані протоколи кардіологічного скринінгу та однорідний збір даних. Використання гаджетів для моніторингу показників серцево-судинної системи в новій цифровій епісї визнається вкрай актуальним, що може внести позитивний вклад у розвиток галузі кіберспорту та її економічну динаміку.

Висновки.

Специфіка професійної діяльності кіберспортсменів може призводити до негативних наслідків для здоров'я, зокрема високого ризику серцево-судинних захворювань. Обмеженість літературних даних з означеної проблематики та наявна потреба в подальших наукових дослідженнях щодо впливу відеоігор на функціонування серцево-судинної системи геймерів, підкреслюють важливість уваги наукової спільноти до питань стану здоров'я кіберспортсменів. Відповідно, усе вищенаведене актуалізує важливість поглибленого вивчення впливу відеоігор на зміни параметрів системи кровообігу у кіберспортсменів.

Перспективи подальших досліджень.

У подальшому плануємо детальне вивчення особливостей динаміки параметрів кровообігу у дослідженнях за участю спортсменів, що спеціалізуються у кіберспорті.

References / Література

1. International Esports Federation. Esports - True Sports? Busan: IEF; 2021. Available from: <https://iesf.org/esports>.
2. Thiel A, John JM. Is eSport a 'real' sport? Reflections on the spread of virtual competitions. *European Journal for Sport and Society* 2018;15(4):311-315. DOI: [10.1080/16138171.2018.1559019](https://doi.org/10.1080/16138171.2018.1559019).
3. Banyai F, Griffiths MD, Kiraly O, Demetrovics Z. The psychology of eSports: a systematic literature review. *J. Gambl. Stud.* 2019;35:351-365. DOI: [10.1007/s10899-018-9763-1](https://doi.org/10.1007/s10899-018-9763-1).
4. Happonen A, Minashkina D. Professionalism in eSport: Benefits in skills and health & possible downsides. Lappeenranta: LUT University Scientific and Expertise Publications; 2019. 36 p. DOI: [10.13140/RG.2.2.28958.59208/2](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28958.59208/2).
5. Zimmer RT, Haupt S, Heidenreich H, Schmidt WFJ. Acute Effects of Esports on the Cardiovascular System and Energy Expenditure in Amateur Esports Players. *Front Sports Act Living*. 2022 Mar 11;4:824006. DOI: [10.3389/fspor.2022.824006](https://doi.org/10.3389/fspor.2022.824006).
6. Wattanapitit A, Wattanapitit S, Wongsiri S. Public Health Perspectives on eSports. *Public Health Rep.* 2020;135(3):295-298. DOI: [10.1177/0033354920912718](https://doi.org/10.1177/0033354920912718).
7. Trotter MG, Coulter TJ, Davis PA, Poulus DR, Polman R. The Association between Esports Participation, Health and Physical Activity Behaviour. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Oct 8;17(19):7329. DOI: [10.3390/ijerph17197329](https://doi.org/10.3390/ijerph17197329).
8. DiFrancisco-Donoghue J, Werner WG, Douris PC, Zwiibel H. Esports players, got muscle? Competitive video game players' physical activity, body fat, bone mineral content, and muscle mass in comparison to matched controls. *J Sport Health Sci*. 2022 Nov;11(6):725-730. DOI: [10.1016/j.jshs.2020.07.006](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.006).
9. Katzmarzyk PT, Powell KE, Jakicic JM, Troiano RP, Piercy K, Tennant B, et al. Sedentary Behavior and Health: Update from the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(6):1227-1241. DOI: [10.1249/MSS.0000000000001935](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001935).
10. Saunders TJ, McIsaac T, Douillette K, Gaulton N, Hunter S, Rhodes RE, et al. Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2020;45(10):S197-S217. DOI: [10.1139/apnm-2020-0272](https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0272).
11. Staude-Müller F, Bliesener T, Luthman S. Hostile and hardened? An experimental study on (de)sensitization to violence and suffering through playing video games. *Swiss J. Psychol.* 2008;67:41-50. DOI: [10.1024/1421-0185.67.1.41](https://doi.org/10.1024/1421-0185.67.1.41).
12. Lyons EJ, Tate DF, Ward DS, Bowling JM, Ribisl KM, Kalyaraman S. Energy expenditure and enjoyment during video game play: differences by game type. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2011;43:1987-1993. DOI: [10.1249/MSS.0b013e318216ebf3](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ebf3).
13. Siervo M, Sabatini S, Fewtrell MS, Wells JCK. Acute effects of violent video-game playing on blood pressure and appetite perception in normal-weight young men: a randomized controlled trial. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013;67:1322-1324. DOI: [10.1038/ejcn.2013.180](https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.180).
14. Siervo M, Gan J, Fewtrell MS, Cortina-Borja M, Wells JCK. Acute effects of video-game playing versus television viewing on stress markers and food intake in overweight and obese young men: a randomised controlled trial. *Appetite*. 2018;120:100-108. DOI: [10.1016/j.appet.2017.08.018](https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.08.018).
15. Rudolf K, Grieben C, Achtzeh S, Froböse I. Stress im eSport-Ein Einblick in Training und Wettkampf. Proceedings of the 1st eSport Conference Professionalisierung einer Subkultur?; 2016 Sep 16-17; Bayreuth. Bayreuth: German Sport University Cologne; 2016.
16. Behnke M, Kosakowski M, Kaczmarek L. Social challenge and threat predict performance and cardiovascular responses during competitive video gaming. *Psychol. Sport Exerc*. 2019;46:101584. DOI: [10.1016/j.psychsport.2019.101584](https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101584).
17. Kuang SJ, Xiao QJ, Kuang MX, Zhao H, Li B, Dong LQ, et al. Measurements of cardiac efficiency and internal work of the left ventricle via reconstructed impedance cardiography. *Physiol Meas*. 2021 Apr 9;42(3). DOI: [10.1088/1361-6579/abea26](https://doi.org/10.1088/1361-6579/abea26).
18. Kerkhof PLM, Kuznetsova T, Yasha Kresh J, Handly N. Cardiophysiology Illustrated by Comparing Ventricular Volumes in Healthy Adult Males and Females. *Adv Exp Med Biol*. 2018;1065:123-138. DOI: [10.1007/978-3-319-77932-4_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77932-4_8).
19. Kosta S, Dauby PC. Frank-Starling mechanism, fluid responsiveness, and length-dependent activation: Unravelling the multiscale behaviors with an in silico analysis. *PLoS Comput Biol*. 2021 Oct 11;17(10):e1009469. DOI: [10.1371/journal.pcbi.1009469](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009469).
20. Colorado Cervantes I, Sansalone V, Teresi L. The heart function as a motor-brake system. *J Theor Biol*. 2019 Apr 21;467:23-30. DOI: [10.1016/j.jtbi.2019.01.034](https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2019.01.034).
21. Huang YC, Hsu CC, Fu TC, Wang JS. A randomized controlled trial of enhancing hypoxia-mediated right cardiac mechanics and reducing afterload after high intensity interval training in sedentary men. *Sci Rep*. 2021 Jun 15;11(1):12564. DOI: [10.1038/s41598-021-91618-0](https://doi.org/10.1038/s41598-021-91618-0).
22. Salomão LP, Magalhães GS, da Silva JFP, Dos Santos LM, Gomes Moura IC, Rezende BA, et al. Factors associated with arterial stiffness assessed by pulse pressure amplification in healthy children and adolescents: a cross-sectional study. *BMC Pediatr*. 2023 Apr 3;23(1):154. DOI: [10.1186/s12887-023-03942-1](https://doi.org/10.1186/s12887-023-03942-1).
23. Imas YeV, Borysova OV, Shynkaruk OA, redactory. Kibersport. Kyiv: Olimpiiska lit.; 2021. 616 s. [in Ukrainian].
24. Shen Y, Cicchella A. Health Consequences of Intensive E-Gaming: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jan 20;20(3):1968. DOI: [10.3390/ijerph20031968](https://doi.org/10.3390/ijerph20031968).
25. Yamagata K, Yamagata LM, Abela M. A review article of the cardiovascular sequelae in esport athletes: A cause for concern? *Hellenic J Cardiol*. 2022 Nov-Dec;68:40-45. DOI: [10.1016/j.hjc.2022.06.005](https://doi.org/10.1016/j.hjc.2022.06.005).
26. Seffah KD, Salib K, Dardari L, Taha M, Dahat P, Toriola S, et al. Health Benefits of Esports: A Systematic Review Comparing the Cardiovascular and Mental Health Impacts of Esports. *Cureus*. 2023 Jun 20;15(6):e40705. DOI: [10.7759/cureus.40705](https://doi.org/10.7759/cureus.40705).
27. Machado S, de Oliveira Sant'Ana L, Cid L, Teixeira D, Rodrigues F, Travassos B, et al. Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Front Psychol*. 2022 Aug 25;13:987149. DOI: [10.3389/fpsyg.2022.987149](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.987149).
28. Chaput J-P, Visby T, Nyby S, Klingenberg L, Gregersen NT, Tremblay A, et al. Video game playing increases food intake in adolescents: a randomized crossover study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2011;93(6):1196-1203. DOI: [10.3945/ajcn.110.008680](https://doi.org/10.3945/ajcn.110.008680).
29. Schütz M. Sportwissenschaftler: eSports-Profis sind wahre Athleten. 2016; Available from: <http://www.dw.com/de/sportwissenschaftler-esportspro-fis-sind-wahre-athleten/a-19011581>.
30. Bartlett CP, Rodeheffer C. Effects of realism on extended violent and nonviolent video game play on aggressive thoughts, feelings, and physiological arousal. *Aggress. Behav*. 2009;35(3):213-224. DOI: [10.1002/ab.20279](https://doi.org/10.1002/ab.20279).
31. Panee CD, Ballard ME. High versus low aggressive priming during video game training: effects on game violence, state affect, heart rate, and blood pressure. *J. Appl. Soc. Psychol*. 2002;32(12):2458-2472. DOI: [10.1111/j.1559-1816.2002.tb02751.x](https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2002.tb02751.x).
32. Anderson CA. An update on the effects of playing violent video games. *J. Adolesc.* 2004;27(1):113-122. DOI: [10.1016/j.adolescence.2003.10.009](https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.10.009).
33. Bartlett CP, Branch O, Rodeheffer C, Harris R. How long do the short-term violent video game effects last? *Aggress. Behav*. 2009;35:1-12. DOI: [10.1002/ab.20301](https://doi.org/10.1002/ab.20301).
34. Hasan Y, Bégue L, Bushman BJ. Violent video games stress people out and make them more aggressive. *Aggress. Behav*. 2013;39:64-70. DOI: [10.1002/ab.21454](https://doi.org/10.1002/ab.21454).
35. Russoniello CV, O'Brien K, Parks JM. The effectiveness of casual video games in improving mood and decreasing stress. *J Cyber Ther Rehab*. 2009;2(1):53-66.
36. Roy A, Ferguson CJ. Competitively versus cooperatively? An analysis of the effect of game play on levels of stress. *Comput. Hum. Behav*. 2016;56:14-20. DOI: [10.1016/j.chb.2015.11.020](https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.020).

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКТИВНИХ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ ПІД ВПЛИВОМ ЗАНЯТЬ КІБЕРСПОРТОМ

Імас Є. В., Луць Ю. П., Лук'янцева Г. В.

Резюме. Кіберспорт, як вид змагальних відеоігор, на сьогодні завоював величезну популярність та привертає увагу мільйонів учасників та глядачів по всьому світу. З ростом популярності кіберспорту гравці про-

водять все більше часу перед екранами комп'ютерів, що викликає занепокоєння серед фахівців біологічної та медичної сфери щодо впливу відеоігор на фізичне здоров'я. Однак, існує обмежена кількість досліджень, що вивчають вплив кіберспорту на фізіологічний стан учасників. Ця наукова стаття спрямована на аналіз сучасних наукових даних з питань впливу кіберспорту на параметри системи кровообігу. Застосовуючи системний порівняльний аналіз, контент-аналіз та бібліометричні методи, ми досліджували роботи в базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar. Отримані результати вказують на можливі негативні наслідки сидячого способу життя у кіберспортсменів, такі як підвищений ризик серцево-судинних захворювань та зменшення фізичної активності. Особлива увага приділяється впливу на показники кровообігу та стресові реакції.

Робота визначає обмеженість наукових досліджень у цій галузі та закликає до подальших наукових досліджень щодо впливу відеоігор на функціонування серцево-судинної системи геймерів, підкреслюють важливість уваги наукової спільноти до питань стану здоров'я кіберспортсменів. Важливим вважається впровадження стандартизованих протоколів кардіологічного скринінгу для кіберспортсменів та введення моніторингу фізіологічних параметрів. Також акцентується на необхідності підвищення обізнаності та освіти учасників кіберспорту про можливі ризики та позитивний вплив на їхнє здоров'я.

Це дослідження вказує на необхідність подальших наукових досліджень та введення заходів для покращення фізичного та емоційного благополуччя учасників кіберспорту, а також підкреслює важливість врахування здоров'я при розвитку цієї популярної галузі.

Ключові слова: кіберспорт, система кровообігу, гемодинаміка, серце, судини, стрес.

FEATURES OF REACTIVE CHANGES IN CIRCULATORY SYSTEM PARAMETERS UNDER THE INFLUENCE OF CYBER SPORTS

Imas Ye. V., Luts Yu. P., Lukyantseva H. V.

Abstract. Cybersports, as a type of competitive video games, has gained immense popularity today and attracts the attention of millions of participants and viewers around the world. With the growing popularity of eSports, players spend more and more time in front of computer screens, which raises concerns among biological and medical experts about the impact of video games on physical health. However, there is a limited number of studies examining the effects of eSports on the physiological state of participants. This scientific article is aimed at the analysis of modern scientific data on the impact of e-sports on the parameters of the circulatory system. Applying systematic comparative analysis, content analysis and bibliometric methods, we researched works in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. The obtained results indicate the possible negative consequences of a sedentary lifestyle in e-athletes, such as an increased risk of cardiovascular diseases and a decrease in physical activity. Special attention is paid to the effect on blood circulation indicators and stress reactions.

The work identifies the limitations of scientific research in this field and calls for further scientific research on the impact of video games on the functioning of the cardiovascular system of gamers, emphasizing the importance of the scientific community's attention to the health issues of e-athletes. Implementation of standardized protocols of cardiac screening for e-athletes and introduction of monitoring of physiological parameters is considered important. It also emphasizes the need to raise awareness and educate eSports participants about possible risks and positive effects on their health.

This study points to the need for further research and interventions to improve the physical and emotional well-being of eSports participants, and highlights the importance of considering health in the development of this popular industry.

Key words: eSports, circulatory system, hemodynamics, heart, blood vessels, stress.

ORCID and contributionship: / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Imas Ye. V.: <https://orcid.org/0000-0003-0641-678X>^{EF}

Luts Yu. P.: <https://orcid.org/0000-0001-9374-3732>^{ABCDF}

Lukyantseva H. V.: <https://orcid.org/0000-0002-8054-0108>^{DEF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors report that there is no conflict of interest. / Автори повідомляють, що конфлікт інтересів відсутній.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Luts Yulia Petrivna / Луць Юлія Петрівна

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.: 0996015635 / Тел.: 0996015635

E-mail: yulialuts06@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 статистичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті

Received 03.10.2023 / Стаття надійшла 03.10.2023 року
Accepted 01.03.2024 / Стаття прийнята до друку 01.03.2024 року