

SPECIFIC FEATURES OF THE EFFECT OF DOSED PHYSICAL EXERCISE ON BLOOD MICROCIRCULATION PARAMETERS IN YOUNG MALES DEPENDING ON AGE AND LEVEL OF TRAINING

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

lukyantseva@gmail.com

The microcirculatory system plays a key role in supporting the trophic function of the circulatory system. During adolescence, a period marked by ongoing morphofunctional maturation, the adaptation of microcirculatory parameters to physical exercise is of particular importance for the development of physical performance and is considered one of the critical factors in athletic success. Purpose is to determine the specific effects of dosed physical exercise (DPE) on blood microcirculation parameters in young males depending on age and level of physical fitness. The study involved 106 young males aged 18–21 years, including both trained athletes and untrained students. Laser Doppler flowmetry was used to assess the dynamics of vascular perfusion indicators: microcirculation parameter (MP), standard deviation (SD), coefficient of variation (Kv), microcirculatory efficiency index (MEI), active (ARM) and passive (PRM) regulatory mechanisms of blood flow. In untrained individuals with low baseline MP values, DPE resulted in increased perfusion activity and blood flow variability, indicating the activation of compensatory mechanisms. In contrast, in those with high initial MP values, signs of vascular maladaptation were observed in some cases. Trained participants demonstrated more stable and structured microcirculatory responses, with features of functional economization and more balanced and effective involvement of both active and passive regulatory mechanisms of hemodynamics.

The microcirculatory response to physical exercise in young males is significantly influenced by age-related and functional characteristics of the organism, supporting the need for an individualized approach to training.

Key words: microcirculation, physical exercise, blood vessels, age, physical fitness.

Connection of the publication with planned research work.

This study was conducted within the framework of the research project of NUUPESU “Influence of exogenous and endogenous factors on the course of adaptive reactions of the organism to physical loads of varying intensity” (state registration number 012U108187).

Introduction.

The microcirculatory component of hemodynamics is an essential part of the circulatory system, ensuring the trophic function and maintaining the stability of the internal environment. The adequacy of tissue metabolic supply depends on the efficiency of transcapillary exchange [1, 2, 3], while its disturbances may serve as early markers of maladaptive processes [3, 4]. Therefore, optimizing microcirculation is considered one of the key challenges of modern physiology. Physical exercise significantly affects blood flow within the microcirculatory bed: moderate-intensity activity improves tissue perfusion and gas exchange [5, 6], whereas excessive or non-physiological loading – especially in untrained individuals – may lead to hypoperfusion, impaired vascular regulation, and persistent microvascular dysfunction [6, 7].

Adolescence represents a critical period for the formation of stable types of vascular reactivity that influence future physical performance [8, 9]. However, data regarding age-specific features of perfusion responses in young males with varying training levels remain limited. Literature suggests significant variability in microcirculatory responses to muscular work: trained individuals typically display signs of functional economization [10, 11], whereas in untrained peers, adaptive changes tend to be less pronounced or even maladaptive [11, 12]. Most studies to date focus on general perfusion indices, while the mechanisms of modulation – both active (neu-

rogenic, myogenic) and passive (cardiac and respiratory components) – remain poorly understood.

In this context, the application of laser Doppler flowmetry (LDF) appears promising. This sensitive and non-invasive technique allows for quantitative and spectral assessment of microcirculation in dynamics. Combining LDF with dosed physical exercise enables a differentiated evaluation of vascular reactivity depending on age and training level, thus justifying the relevance of studying microcirculatory responses in young males under standardized muscular loading.

The aim of the study.

To determine the specific effects of dosed physical exercise on blood microcirculation parameters in young males depending on age and level of physical fitness.

Object and research methods.

The study involved 106 young males aged 18 to 21 years, including both trained individuals (track and field athletes, candidates for Master of Sport; hereinafter referred to as athletes) and those without systematic sports training (hereinafter referred to as students). The assessment of age-specific features was conducted within a cross-sectional design; therefore, the identified differences are intergroup in nature and reflect the functional state of individuals at the time of examination. Participants were divided into age groups (table 1).

All examinations were conducted in accordance with the principles of bioethics, the provisions of the Declaration of Helsinki (2000, 2008), EU Directive 86/609, and the Council of Europe Convention ETS No. 164. The assessment of athletes was carried out within the framework of their scheduled training process in accordance with national regulations, including the Model Regulation on Olympic Training Centers (2007) and the Olympic Training Strategy (Law No. 77-VIII dated 28.12.2014).

Participation of both students and athletes was voluntary and based on signed written informed consent.

Table 1 – Distribution of participants by age and training level

age group	students (n)	athletes (n)
Age 18	16	20
Age 19	10	14
Age 20	10	10
Age 21	16	10

The dosed physical exercise (DPE) protocol involved cycling on an Ergoselect 100 ergometer (Ergoline GmbH, Ukraine) at a cadence of 170 rpm for 2 minutes, with automatic blood pressure monitoring. Blood microcirculation (BMC) was assessed in trained and untrained young males using laser Doppler flowmetry (LDF) with a BLF 21 device (Transonic System Inc., USA). Sensors were placed on the ventral surface of the distal phalanx of the fourth finger. Signal recording was performed after a 10-minute thermal adaptation period (ambient temperature 22-24 °C). Movement-related artifacts were eliminated visually and via signal variability control. For analysis, 60-second stationary segments were selected. Data processing followed the manufacturer's methodological

guidelines. The LDF method is based on detecting changes in the properties of laser light as it passes through tissue, allowing assessment of perfusion in both superficial and deeper vascular structures. Since perfusion has a stochastic nature, its analysis employed mathematical tools from the theory of random processes.

The study analyzed the following key microcirculation parameters: – microcirculation parameter (MP), reflecting an integrated measure of tissue blood flow as a function of erythrocyte concentration and their mean velocity in the measurement volume; standard deviation (SD), indicating temporal variability of perfusion; coefficient of variation (Kv), characterizing the contribution of vasomotor regulation to microcirculatory control; microcirculatory efficiency index (MEI), reflecting the balance between active and passive regulation mechanisms; active regulation mechanism of blood flow (ARM), representing the relative contribution of vascular wall tone and neurogenic control; passive regulation mechanism of blood flow (PRM), reflecting the contribution of fluctuations synchronized with cardiac and respiratory rhythms.

Despite the relatively small sample size in each group (10-16 participants), which formally corresponds to the criteria for small samples, parametric statistical methods were applied. This decision was justified by the preliminary assessment of data distribution using the

Shapiro–Wilk test, which revealed no statistically significant deviations from normality. In addition, homogeneity of variances was confirmed by Levene's test, supporting the methodological appropriateness of using parametric methods, including Student's t-test.

Research results and their discussion.

Previous studies [13, 14] substantiated the rationale for dividing participants within each age group into two subgroups based on baseline MP values. The first subgroup included individuals with MP values ranging from 0.5 to 10 perfusion units (p.u.), while the second subgroup included those with MP values from 12 to 25 p.u. Our current findings confirmed the validity of this classification, as both the absolute values and the dynamics of other microcirculation parameters differed significantly between these subgroups (**tables 2 and 3**). As shown in **tables 2 and 3**, the results of the present study also demonstrated pronounced age- and fitness-related variability in the microcirculatory system's response to dosed physical exercise (DPE) among young males of different ages and levels of training. In each age group, both among untrained students and trained athletes, significant inter-subgroup differences in baseline values of the microcir-

Table 2 – Dynamics of microcirculation parameters in untrained participants

Parameters	Age	I subgroup, baseline	I subgroup, post-load	Δ I subgroup	II subgroup, baseline	II subgroup, post-load	Δ II subgroup
MP, p.u.	18	1.7±0.3	6.2±2.1	+4.5	12.3±1.8	17.3±3.4	+5.0*
	19	3.7±1.1	6.0±2.0	+2.3	24.3±2.6	17.5±3.8	-6.8*
	20	2.1±0.8	4.0±1.1	+1.9	16.5±2.1	15.2±2.2	-1.3
	21	6.9±1.2	12.7±2.5	+5.8	16.6±2.3	14.2±1.3	-2.4
SD, p.u.	18	0.83±0.03	1.50±0.04	+0.67*	1.04±0.02	0.62±0.01	-0.42*
	19	0.94±0.03	1.75±0.03	+0.81*	2.25±0.06	2.18±0.04	-0.07
	20	1.37±0.05	2.91±0.05	+1.54*	1.99±0.04	1.80±0.03	-0.19*
	21	1.92±0.03	0.95±0.04	-0.97*	2.76±0.08	2.00±0.04	-0.76*
Kv, %	18	100.7±10.8	49.6±3.5	-51.1*	8.0±1.5**	2.8±1.7*	-5.2*
	19	25.4±3.7	33.1±2.8	+7.7	12.2±2.2**	18.2±1.5*	+6.0*
	20	64.1±4.5	80.6±6.3	+16.5	12.4±1.3**	18.3±2.6*	+5.9*
	21	88.4±5.3	14.4±1.2	-74.0*	5.6±2.0**	19.5±2.1*	+13.9*
MEI, %	18	1.6±0.3	1.53±0.06	-0.07	1.6±0.8	1.46±0.09*	-0.14
	19	3.1±0.2	1.80±0.07	-1.3*	2.3±0.4**	2.28±0.21*	-0.02
	20	2.3±0.2	2.27±0.04	-0.03	1.8±0.5**	1.56±0.06*	-0.24
	21	2.5±0.3	2.49±0.05	-0.01	2.2±0.6	1.99±0.09*	-0.21
ARM, a.u.	18	2.00±0.03	0.14±0.02	-1.86*	2.26±0.05**	0.23±0.02*	-2.03*
	19	0.08±0.02	0.13±0.01	+0.05	0.18±0.04**	0.20±0.03*	+0.02
	20	1.02±0.02	0.10±0.02	-0.92*	1.17±0.05*	0.17±0.03*	-1.00*
	21	0.10±0.01	0.10±0.01	0.00	0.14±0.03*	0.16±0.02*	+0.02
PRM, a.u.	18	0.39±0.04	0.53±0.03	+0.14	0.32±0.03*	0.61±0.03*	+0.29*
	19	0.24±0.03	0.42±0.02	+0.18	0.27±0.05	0.31±0.02*	+0.04
	20	0.34±0.01	0.39±0.02	+0.05	0.39±0.03*	0.46±0.02*	+0.07
	21	0.32±0.02	0.31±0.02	-0.01	0.31±0.02	0.40±0.02*	+0.09*

Notes: hereinafter referred to as. *p<0.05 compared to the baseline value of the respective subgroup; **p<0.05 compared to the value of Subgroup I.

ulation parameter (MP) were observed. This allowed participants to be classified into two subgroups: with low (Subgroup I) and relatively high (Subgroup II) levels of microcirculatory activity.

In the group of untrained individuals (**table 2**), a predominant increase in MP in response to DPE was recorded among representatives of s/gr I, indicating activation of perfusion mechanisms in subjects with initially low tissue blood flow. In contrast, in Subgroup II – particularly among those aged 19, 20, and 21 years – a decrease or minimal change in MP following DPE was observed, which may indicate limited functional reserve or early signs of maladaptation.

The standard deviation (SD), reflecting temporal variability of perfusion, tended to increase in most cases in Subgroup I regardless of age, suggesting enhanced reactivity of the microvascular bed in response to muscular activity. In contrast, in Subgroup II, a reduction in SD was recorded in some cases (notably at ages 18 and 21), indicating suppression of physiological perfusion variability.

The coefficient of variation (Kv), as an indicator of vasomotor control, showed both positive and negative dynamics. Among students aged 18 and 21 in Subgroup I, a sharp decrease in Kv (–51.1% and –74.0%, respectively) was observed after DPE, suggesting depletion of active regulation components. In Subgroup II, there was a general trend toward moderate Kv increase, although interpreting such changes requires consideration of the microcirculatory efficiency index. In most cases, the MEI declined slightly after DPE in both subgroups, which may indicate preservation of the overall regulatory balance. However, in 18- and 19-year-old students in Subgroup II, this decrease reached statistical significance, suggesting potential early functional destabilization and warranting further analysis.

Analysis of the active regulatory mechanism of blood flow (ARM) revealed a marked decrease in its contribution after exercise across both subgroups and all age groups (except for 19- and 21-year-olds, where changes were minimal or positive). This may reflect a reduction in the role of neurogenic and myogenic components in vascular wall response to DPE. At the same time, the passive regulatory mechanism (PRM) showed consistently positive dynamics – its relative contribution increased after exercise in nearly all groups, indicating activation of the cardio-respiratory component in perfusion modulation.

In trained young males (**table 3**), the microcirculatory responses were more stable and demonstrated features of functional economization. In the vast majority of cases, a moderate or significant increase in the microcirculation parameter (MP) was observed after muscular activity, especially in Subgroup I, indicating a sufficient reserve capacity of the microcirculatory system.

Table 3 – Dynamics of microcirculation parameters in trained participants

Parameters	Age	I subgroup, baseline	I subgroup, post-load	Δ I subgroup	II subgroup, baseline	II subgroup, post-load	Δ II subgroup
MP, p.u.	18	17.9±2.4	24.5±2.1	+6.6	17.9±2.6	24.5±3.2	+6.6
	19	10.0±1.7	17.0±1.4	+7.0	15.8±3.2**	20.8±2.2*	+5.0
	20	6.7±1.5	24.0±1.4	+17.3	18.0±2.2**	18.3±3.6*	+0.3
	21	9.9±1.8	13.2±1.3	+3.3	20.9±2.9**	14.0±1.1	–6.9
SD, p.u.	18	1.22±0.04	2.20±0.03	+0.98*	1.22±0.05	2.20±0.02	+0.98*
	19	0.84±0.04	2.06±0.04	+1.22*	1.74±0.08**	0.97±0.02	–0.77*
	20	1.52±0.06	2.23±0.05	+0.71*	1.92±0.04**	1.75±0.04	–0.17*
	21	1.14±0.05	1.12±0.02	–0.02	2.07±0.09**	5.76±1.09*	+3.69*
Kv, %	18	7.0±1.3	10.0±2.4	+3.0	7.0±1.4	10.0±2.0	+3.0
	19	8.4±1.3	14.2±3.0	+5.8	10.2±1.7**	6.1±1.2*	–4.1*
	20	25.5±2.4	11.1±0.8	–14.4*	10.6±1.6**	8.1±1.1*	–2.5
	21	12.1±1.5	13.4±2.6	+1.3	9.9±1.7**	40.2±4.4*	+30.3*
MEI, %	18	1.9±0.3	2.00±0.04	+0.1	1.9±0.7	2.00±0.02	+0.1
	19	1.4±0.5	2.51±0.05	+1.1*	1.8±0.8**	2.01±0.02*	+0.2
	20	2.9±0.4	2.00±0.03	–0.9*	2.1±0.6**	1.37±0.02*	–0.7*
	21	2.7±0.3	1.68±0.04	–1.0*	1.5±0.8**	3.00±0.05*	+1.5*
ARM, a.u.	18	0.18±0.02	0.14±0.01	–0.04	0.18±0.05	0.14±0.04	–0.04
	19	0.41±0.03	0.08±0.01	–0.33*	0.10±0.05**	0.14±0.03*	+0.04
	20	0.09±0.01	0.12±0.01	+0.03	0.11±0.03	0.19±0.04*	+0.08*
	21	0.17±0.02	0.20±0.03	+0.03	0.11±0.04**	0.09±0.02*	–0.02
PRM, a.u.	18	0.42±0.04	0.39±0.05	–0.03	0.42±0.02	0.39±0.02	–0.03
	19	0.31±0.03	0.32±0.04	+0.01	0.32±0.04	0.42±0.02*	+0.10*
	20	0.27±0.05	0.41±0.06	+0.14*	0.39±0.04**	0.55±0.03*	+0.16*
	21	0.41±0.04	0.43±0.04	+0.02	0.58±0.06**	0.23±0.02*	–0.35*

The highest Δ MP values were recorded in 20-year-old athletes (+17.3 p.u.). The standard deviation (SD) also increased in most athletes, reflecting enhanced microvascular reactivity. The coefficient of variation (Kv) demonstrated variable trends; however, a sharp increase in Kv (+30.3%) was noted in 21-year-old athletes from Subgroup II, which may reflect a compensatory vascular response in trained individuals.

The dynamics of the microcirculatory efficiency index (MEI) and the active regulatory mechanism (ARM) were less contrasting in athletes compared to untrained participants; in most cases, these indices remained within physiological limits, without signs of maladaptation. Meanwhile, an increase in the passive regulatory mechanism (PRM) was observed across all groups except the 21-year-olds, where a paradoxical response was recorded – a decrease in PRM against the background of increasing Kv and SD.

The data confirm that the functional response of the microcirculatory system to DPE in young males is both age- and fitness-dependent. In untrained individuals with initially low perfusion levels, a pronounced increase in MP and blood flow variability was observed after exercise, reflecting activation of regulatory reserves. In contrast, in individuals with high baseline MP, the response was often blunted or even maladaptive, indicating possible depletion of regulatory capacity or instability of perfusion control. In athletes, responses were more structured and stable, with evidence of functional econ-

omization and a balanced contribution of both active and passive regulatory mechanisms.

Notably, no sharply negative post-exercise changes were observed in trained individuals, which may suggest a well-developed neurogenic and vasomotor adaptation system. In contrast, signs of potential dysregulation were seen in older students, including reduced active regulation on the background of relatively increased passive modulation – a possible early marker of impaired vascular tone under insufficient training stimuli.

Overall, the revealed heterogeneity of perfusion responses and modulation indices supports previous findings [1, 5, 10, 13] concerning the diverse reactivity of the microvascular system depending on the level of physical fitness. This underlines the necessity of a personalized approach to exercise prescription during youth, taking into account the individual microcirculatory profile. In this context, laser Doppler flowmetry parameters may be informative not only for evaluating adaptation effectiveness but also for early detection of functional strain or maladaptation of the microvascular bed.

Conclusions.

1. The microcirculatory response to dosed physical exercise in young males is influenced by both age and

level of physical fitness. The most pronounced adaptive changes were observed in younger participants with low baseline perfusion, whereas older individuals with higher initial values showed less consistent responses, occasionally with signs of maladaptation.

2. In untrained individuals with low microcirculatory baseline values, a positive dynamic in perfusion parameters was recorded, indicating the involvement of compensatory mechanisms in response to muscular activity.

3. Trained young males exhibited signs of functional economization, vascular stability, and preserved regulatory efficiency, particularly due to a balanced involvement of active and passive components.

4. The findings support the rationale for a personalized approach to exercise dosing during adolescence, based on the individual microcirculatory profile.

Prospects for further research.

Further studies are planned to include parameters of cardiac and respiratory variability as modulatory factors of microcirculation, as well as to analyze long-term changes under micro-, meso-, and macro-cycle training conditions.

DOI 10.29254/2077-4214-2026-1-180-569-577

УДК 612.135:796.015.132–053.6

Корман Ш.-А. С., Лук'янцева Г. В.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПАРАМЕТРИ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ КРОВІ ЮНАКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ ТА РІВНЯ ТРЕНОВАНОСТІ

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

lukjantseva@gmail.com

Мікроциркуляторна система відіграє ключову роль у забезпеченні трофічної функції кровообігу. У юнацькому віці, коли триває морфофункціональне дозрівання, адаптація параметрів мікроциркуляції до фізичних вправ має особливе значення для формування фізичної працездатності і є одним з визначальних факторів спортивної успішності. Мета – визначити особливості впливу дозованого фізичного навантаження (ДФН) на параметри мікроциркуляції крові юнаків залежно від віку та рівня тренуваності. Обстежено 106 юнаків тренуваних (спортсменів) і нетренуваних юнаків (студентів) віком 18-21 рік. Методом лазерної доплерівської флоуметрії оцінено динаміку показників судинної перфузії - параметр мікроциркуляції (ПМ), середньоквадратичне відхилення (СКВ), коефіцієнт варіації (Кv), індекс ефективності мікроциркуляції (ІЕМ), активний (АМРК) і пасивний (ПМРК) механізми регуляції кровотоку. У нетренуваних юнаків із низькими початковими значеннями ПМ після ДФН зафіксовано зростання перфузійної активності та варіабельності кровотоку. На противагу цьому, у осіб з високими початковими значеннями ПМ у деяких випадках виявлено ознаки судинної дезадаптації. У тренуваних учасників реакції мікроциркуляції були більш стабільними та структурованими, з ознаками функціональної економізації та більш збалансованого і ефективного залучення активних і пасивних механізмів регуляції периферичної гемодинаміки.

Вікові та функціональні особливості організму юнаків значною мірою впливають на характер мікроциркуляторної відповіді на фізичне навантаження, що підтверджує доцільність індивідуалізованого підходу до тренувального процесу.

Ключові слова: мікроциркуляція, фізичне навантаження, кровоносні судини, вік, тренуваність.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи НУФВСУ «Вплив екзогенних та ендогенних чинників на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (номер державної реєстрації 012U108187).

Вступ.

Мікроциркуляторна ланка гемодинаміки є важливою складовою кровообігу, що забезпечує трофічну

функцію та підтримує сталість внутрішнього середовища. Адекватність метаболічного забезпечення тканин визначається ефективністю транскapілярного обміну [1, 2, 3], а його порушення можуть слугувати ранніми маркерами дезадаптації [3, 4]. Оптимізація мікроциркуляції – одне з пріоритетних сучасних завдань сучасної фізіології. Фізичні вправи істотно впливають на стан кровотоку всередині мікроциркуляторного русла: за помірної інтенсивності вони сприяють покращенню перфузії та газообміну [5, 6], а

надмірні або нефізіологічні – можуть призводити до гіперперфузії, порушення судинної регуляції та стійких мікросудинних розладів, особливо у нетренованих осіб [6, 7].

Період юнацького віку є критичним для формування типів судинної реактивності, які впливають на подальшу працездатність [8, 9]. Проте дані щодо вікових особливостей перфузійної відповіді у юнаків з різним рівнем тренуваності залишаються недостатньо висвітленими. Література свідчить про варіативність мікроциркуляторних реакцій на м'язову роботу: у спортсменів переважають ознаки функціональної економізації [10, 11], тоді як у нетренованих – адаптаційні зміни менш виражені або дезадаптивні [11, 12]. Більшість досліджень зосереджуються на загальній перфузії, хоча глибинні механізми модуляції залишаються малодослідженими.

У зв'язку з цим доцільним є застосування лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ) – чутливого неінвазивного методу кількісної та спектральної оцінки мікроциркуляції у динаміці. Поєднання ЛДФ із дозованими фізичними вправами створює можливості для диференційованого аналізу судинної реактивності залежно від віку та рівня тренуваності. Це визначає актуальність вивчення змін мікроциркуляторних параметрів у юнаків в умовах стандартизованої м'язової роботи.

Мета дослідження.

Визначити особливості впливу дозованого фізичного навантаження на параметри мікроциркуляції крові юнаків залежно від віку та рівня тренуваності.

Об'єкт і методи дослідження.

У дослідженні взяли участь 106 юнаків віком від 18 до 21 року, серед яких були як тренувані особи (легкоатлети-кандидати у майстри спорту; надалі – спортсмени), так і особи без систематичної спортивної підготовки (надалі – студенти). Оцінка вікових особливостей проводилась у межах крос-секційного дизайну, відповідно, виявлені відмінності мають міжгруповий, а не поздовжній характер і відображають особливості функціонального стану осіб різного віку на момент дослідження. Учасників було розподілено на вікові групи (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл обстежених за віком та рівнем тренуваності

Вікова група	Студенти (n)	Спортсмени (n)
18 років	16	20
19 років	10	14
20 років	10	10
21 рік	16	10

Усі обстеження проводили відповідно до вимог біоетики, положень Гельсінської декларації (2000 р., 2008 р.), Директиви 86/609 ЄС та Конвенції Ради Європи ETS № 164. Обстеження спортсменів здійснювали в межах планового тренувального процесу згідно з національними нормативами, зокрема Типовим положенням про центри олімпійської підготовки (2007 р.) та Стратегією олімпійської підготовки (Закон № 77-VIII від 28.12.2014 р.). Участь студентів і спортсменів була добровільною – за умови підписання письмової інформованої згоди.

Дозоване фізичне навантаження (ДФН) створювали на велоергометрі Ergoselect 100 (Ergoline GmbH, Україна) з автоматичним вимірюванням артеріального тиску, при частоті обертання 170 об/хв протягом 2 хвилин. Оцінювання мікроциркуляції крові (МЦК) у тренуваних та нетренованих юнаків здійснювали методом лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ) з використанням апарата BLF 21 (Transonic System Inc., США). Датчики встановлювали на вентральну поверхню дистальної фаланги IV пальця кисті. Реєстрацію сигналу проводили після 10-хвилинної адаптації обстежуваних до температурного режиму (22-24 °C). Артефакти, пов'язані з рухами, усували візуально та за допомогою контролю варіабельності сигналу. Для аналізу відбирали 60-секментні стаціонарні ділянки. Обробку даних здійснювали відповідно до методичних рекомендацій виробника. Метод ЛДФ ґрунтується на реєстрації змін характеристик лазерного променя при проходженні крізь тканини, що дозволяє оцінити перфузію як у поверхневих, так і у глибших судинних структурах. Оскільки величина перфузії має стохастичний характер, для її аналізу застосовували математичний апарат теорії випадкових процесів.

У межах дослідження проаналізовано такі основні параметри мікроциркуляції: параметр мікроциркуляції (ПМ, відображає інтегральну характеристику тканинного кровотоку як функцію від концентрації еритроцитів у досліджуваному об'ємі та їх середньої швидкості); середньоквадратичне відхилення (СКВ, показник часової варіабельності перфузії); коефіцієнт варіації (Kv, характеризує участь вазомоторного компонента в регуляції мікроциркуляції); індекс ефективності мікроциркуляції (ІЕМ, визначає співвідношення між активними та пасивними механізмами регуляції кровотоку); активний механізм регуляції кровотоку (АМПК, відносний внесок судинної стінки та нейрогенної регуляції); пасивний механізм регуляції кровотоку (ПМПК, відносний внесок коливань, синхронізованих із серцево-дихальними ритмами).

Попри те, що обсяг вибірки в групах становив 10-16 осіб, що формально відповідає критеріям малих вибірок, для статистичного аналізу були застосовані методи параметричної статистики. Це обумовлено тим, що попередня оцінка розподілу досліджуваних показників (із використанням критерію Шапіро-Уїлка) не виявила статистично значущих відхилень від нормального розподілу. З урахуванням цього, а також гомогенності дисперсій (перевірено критерієм Левена), застосування параметричних методів (t-критерій Стьюдента) було методологічно обґрунтованим.

Результати дослідження та їх обговорення.

У попередніх роботах [13, 14] було обґрунтовано доцільність поділу обстежених осіб кожної вікової групи на дві підгрупи залежно від вихідних значень показника мікроциркуляції. До першої підгрупи віднесено осіб, у яких величини цього показника перебували в межах 0,5-10 перфузійних одиниць (пф. од.), тоді як у другій підгрупі значення ПМ коливалися від 12 до 25 пф. од. Подальші наші дослідження підтвердили обґрунтованість такого розподілу, оскільки абсолютні значення та динаміка інших параметрів мікроциркуляції у зазначених вікових підгрупах суттєво різнилися (таблиці 2, 3). Як видно з таблиці 2 і 3, результати представленої дослідження також засвідчили виражену вікову та функціональну варіативність

реакцій мікроциркуляції на ДФН у юнаків різного віку і ступеня тренуваності. У кожній віковій групі як серед нетренованих студентів, так і серед спортсменів були виявлені суттєві міжпідгрупові відмінності за вихідними значеннями параметра мікроциркуляції (ПМ), що дозволило класифікувати учасників на підгрупи з низьким (I) та відносно високим (II) рівнем мікроциркуляторної активності.

У групі нетренованих осіб (табл. 2) спостерігалось переважне зростання ПМ у відповідь на ДФН у представників I підгрупи, що свідчить про активацію перфузійних механізмів у осіб із початково низьким рівнем тканинного кровотоку. У той же час, у II підгрупі деяких вікових категорій (особливо у 19-, 20- та 21-річних) відзначалося зниження або мінімальні коливання ПМ після ДФН, що може інтерпретуватись як ознака обмеженої функціональної резервності або початкових проявів дезадаптації.

Показник СКВ, який характеризує часову варіабельність перфузії, мав тенденцію до зростання у більшості випадків у представників I підгрупи незалежно від віку. Це свідчить про підвищення реактивності мікроциркуляторного русла у відповідь на м'язову роботу. Натомість у II підгрупі в окремих випадках (у 18- та 21-річних) відзначалося зниження

СКВ як ознака пригнічення фізіологічної варіабельності мікроциркуляції.

Kv як індикатор вазомоторного контролю, виявляв як позитивну, так і негативну динаміку. У студентів 18 та 21 років в I підгрупі після ДФН спостерігалось різке зниження Kv (-51,1% і -74,0% відповідно), що може свідчити про виснаження активного компоненту регуляції. У II підгрупі в цілому спостерігалась тенденція до помірному зростанню Kv, однак інтерпретація таких змін потребує врахування даних про ІЕМ. Індекс ефективності мікроциркуляції (ІЕМ) у більшості випадків знижувався після ДФН в обох підгрупах, однак ступінь зниження був незначним, що свідчить про збереження загального балансу регуляторних механізмів. Втім, у 18- та 19-річних студентів II підгрупи зниження ІЕМ досягало статистичної значущості, що потребує подальшого аналізу.

Аналіз АМРК (активного механізму регуляції кровотоку) показав суттєве зниження його рівня після навантаження в обох підгрупах і в усіх вікових групах (крім 19- і 21-річних, де зміни були мінімальними або позитивними). Це свідчить про зменшення ролі нейрогенного та міогенного компонентів у реакції судинної стінки після ДФН. У той же час, ПМРК (пасивний механізм) виявив позитивну динаміку – зростання його частки після навантаження майже в усіх групах, що свідчить про активізацію серцево-дихального компонента перфузійної модуляції.

У тренуваних юнаків (табл. 3) реакції мікроциркуляторної системи були більш стабільними та виявляли ознаки функціональної економізації. У переважній більшості випадків відзначалося помірне або значне зростання ПМ після активної м'язової роботи, особливо у представників I підгрупи, що свідчить про достатній резерв мікроциркуляції. При цьому величини ΔПМ були найбільшими у 20-річних спортсменів (до +17,3 пф. од.). СКВ у спортсменів також у більшості випадків зростає, що узгоджується з підвищенням мікросудинної реактивності. Kv змінювався різноспрямовано, однак у 21-річних спортсменів II підгрупи було зафіксовано різке зростання величини цього параметра (+30,3%), що може бути маркером компенсаторної реакції у тренуваних осіб.

Динаміка ІЕМ та АМРК у спортсменів була менш контрастною, ніж у нетренованих: у більшості випадків ці показники змінювалися в межах фізіологічного коридору, без ознак дезадаптації. Водночас приріст ПМРК спостерігався у всіх групах, окрім 21-річних, де мала місце парадоксальна відповідь зі зниженням пасивного механізму на фоні зростання Kv і СКВ.

Таблиця 2 – Динаміка показників мікроциркуляції нетренованих осіб

Параметр	Вік	I п/г, вихідний стан	I п/г після ДФН	Δ I п/г	II п/г, вихідний стан	II п/г після ДФН	Δ II п/г
ПМ, п. о.	18	1.7±0.3	6.2±2.1	+4.5	12.3±1.8	17.3±3.4	+5.0*
	19	3.7±1.1	6.0±2.0	+2.3	24.3±2.6	17.5±3.8	-6.8*
	20	2.1±0.8	4.0±1.1	+1.9	16.5±2.1	15.2±2.2	-1.3
	21	6.9±1.2	12.7±2.5	+5.8	16.6±2.3	14.2±1.3	-2.4
СКВ, п. о.	18	0.83±0.03	1.50±0.04	+0.67*	1.04±0.02	0.62±0.01	-0.42*
	19	0.94±0.03	1.75±0.03	+0.81*	2.25±0.06	2.18±0.04	-0.07
	20	1.37±0.05	2.91±0.05	+1.54*	1.99±0.04	1.80±0.03	-0.19*
	21	1.92±0.03	0.95±0.04	-0.97*	2.76±0.08	2.00±0.04	-0.76*
Kv, %	18	100.7±10.8	49.6±3.5	-51.1*	8.0±1.5**	2.8±1.7*	-5.2*
	19	25.4±3.7	33.1±2.8	+7.7	12.2±2.2**	18.2±1.5*	+6.0*
	20	64.1±4.5	80.6±6.3	+16.5	12.4±1.3**	18.3±2.6*	+5.9*
	21	88.4±5.3	14.4±1.2	-74.0*	5.6±2.0**	19.5±2.1*	+13.9*
ІЕМ, %	18	1.6±0.3	1.53±0.06	-0.07	1.6±0.8	1.46±0.09*	-0.14
	19	3.1±0.2	1.80±0.07	-1.3*	2.3±0.4**	2.28±0.21*	-0.02
	20	2.3±0.2	2.27±0.04	-0.03	1.8±0.5**	1.56±0.06*	-0.24
	21	2.5±0.3	2.49±0.05	-0.01	2.2±0.6	1.99±0.09*	-0.21
АМРК відн. од.	18	2.00±0.03	0.14±0.02	-1.86*	2.26±0.05**	0.23±0.02*	-2.03*
	19	0.08±0.02	0.13±0.01	+0.05	0.18±0.04**	0.20±0.03*	+0.02
	20	1.02±0.02	0.10±0.02	-0.92*	1.17±0.05*	0.17±0.03*	-1.00*
	21	0.10±0.01	0.10±0.01	0.00	0.14±0.03*	0.16±0.02*	+0.02
ПМРК відн. од.	18	0.39±0.04	0.53±0.03	+0.14	0.32±0.03*	0.61±0.03*	+0.29*
	19	0.24±0.03	0.42±0.02	+0.18	0.27±0.05	0.31±0.02*	+0.04
	20	0.34±0.01	0.39±0.02	+0.05	0.39±0.03*	0.46±0.02*	+0.07
	21	0.32±0.02	0.31±0.02	-0.01	0.31±0.02	0.40±0.02*	+0.09*

Примітки: тут і надалі * $p < 0,05$ порівняно з вихідним значенням відповідної підгрупи; ** $p < 0,05$ порівняно із значенням підгрупи I.

Отримані дані підтверджують, що функціональна відповідь мікроциркуляторного русла на ДФН у юнаків є віково- та функціонально залежною. У нетрених осіб із низькими вихідними показниками перфузії спостерігається виражене зростання ПМ та варіабельності кровотоку, що свідчить про активацію резервів мікросудинної регуляції. Натомість у осіб із високими початковими значеннями ПМ динаміка часто є згладженою або навіть дезадаптивною, що вказує на вичерпання регуляторного потенціалу або нестабільність перфузійного контролю. У спортсменів реакції мали більш стабільний і структурований характер, з ознаками функціональної економізації, що проявлялося у гармонійному співвідношенні між активними та пасивними механізмами регуляції.

Особливої уваги заслуговує те, що серед тренуваних осіб не фіксувалося різко негативних змін після ДФН, що може свідчити про сформовану систему нейрогенної та вазомоторної адаптації. Водночас у студентів старших вікових груп спостерігалися маркери потенційної дисрегуляції – зниження активного компонента регуляції на тлі відносного зростання пасивного, що може бути раннім предиктором порушення судинного тону при недостатньому тренувальному впливі.

Загалом виявлена неоднорідність перфузійної відповіді та показників модуляції мікроциркуляції підтверджує дані попередніх досліджень [1, 5, 10, 13] щодо різноспрямованої реакції мікросудинної системи залежно від рівня фізичної підготовки. Це свідчить про необхідність персоналізованого підходу до фізичних вправ у молодому віці з урахуванням індивідуального мікроциркуляторного профілю. Показники лазерної доплерівської флоуметрії в цьому контексті можуть бути інформативними не лише для оцінки ефективності адаптації, але й для раннього виявлення ознак функціонального напруження або дезадаптації мікросудинного русла.

Висновки.

1. Встановлено, що реакція мікроциркуляторного русла на дозоване фізичне навантаження у юнаків залежить як від віку, так і від рівня фізичної підготовки. Найбільш виражені адаптаційні зрушення спостерігалися у молодших учасників з низьким вихідним рівнем перфузії, тоді як у старших юнаків з високими

Таблиця 3 – Динаміка показників мікроциркуляції тренуваних осіб

Параметр	Вік	I п/г, вихідний стан	I п/г після ДФН	Δ I п/г	II п/г, вихідний стан	II п/г після ДФН	Δ II п/г
ПМ, п. о.	18	17.9±2.4	24.5±2.1	+6.6	17.9±2.6	24.5±3.2	+6.6
	19	10.0±1.7	17.0±1.4	+7.0	15.8±3.2**	20.8±2.2*	+5.0
	20	6.7±1.5	24.0±1.4	+17.3	18.0±2.2**	18.3±3.6*	+0.3
	21	9.9±1.8	13.2±1.3	+3.3	20.9±2.9**	14.0±1.1	-6.9
СКВ, п. о.	18	1.22±0.04	2.20±0.03	+0.98*	1.22±0.05	2.20±0.02	+0.98*
	19	0.84±0.04	2.06±0.04	+1.22*	1.74±0.08**	0.97±0.02	-0.77*
	20	1.52±0.06	2.23±0.05	+0.71*	1.92±0.04**	1.75±0.04	-0.17*
	21	1.14±0.05	1.12±0.02	-0.02	2.07±0.09**	5.76±1.09*	+3.69*
Kv, %	18	7.0±1.3	10.0±2.4	+3.0	7.0±1.4	10.0±2.0	+3.0
	19	8.4±1.3	14.2±3.0	+5.8	10.2±1.7**	6.1±1.2*	-4.1*
	20	25.5±2.4	11.1±0.8	-14.4*	10.6±1.6**	8.1±1.1*	-2.5
	21	12.1±1.5	13.4±2.6	+1.3	9.9±1.7**	40.2±4.4*	+30.3*
ІЕМ, %	18	1.9±0.3	2.00±0.04	+0.1	1.9±0.7	2.00±0.02	+0.1
	19	1.4±0.5	2.51±0.05	+1.1*	1.8±0.8**	2.01±0.02*	+0.2
	20	2.9±0.4	2.00±0.03	-0.9*	2.1±0.6**	1.37±0.02*	-0.7*
	21	2.7±0.3	1.68±0.04	-1.0*	1.5±0.8**	3.00±0.05*	+1.5*
АМРК відн. од.	18	0.18±0.02	0.14±0.01	-0.04	0.18±0.05	0.14±0.04	-0.04
	19	0.41±0.03	0.08±0.01	-0.33*	0.10±0.05**	0.14±0.03*	+0.04
	20	0.09±0.01	0.12±0.01	+0.03	0.11±0.03	0.19±0.04*	+0.08*
	21	0.17±0.02	0.20±0.03	+0.03	0.11±0.04**	0.09±0.02*	-0.02
ПМРК відн. од.	18	0.42±0.04	0.39±0.05	-0.03	0.42±0.02	0.39±0.02	-0.03
	19	0.31±0.03	0.32±0.04	+0.01	0.32±0.04	0.42±0.02*	+0.10*
	20	0.27±0.05	0.41±0.06	+0.14*	0.39±0.04**	0.55±0.03*	+0.16*
	21	0.41±0.04	0.43±0.04	+0.02	0.58±0.06**	0.23±0.02*	-0.35*

початковими показниками реакція була менш однорідною й часом виявляла ознаки дезадаптації.

2. У нетрених осіб з низьким вихідним рівнем мікроциркуляції виявлено позитивну динаміку перфузійних параметрів, що свідчить про включення компенсаторних механізмів у відповідь на м'язову роботу.

3. У тренуваних юнаків спостерігалися ознаки функціональної економізації, стабільності судинної реакції та збереження ефективності регуляторних механізмів, зокрема за рахунок збалансованої участі активного і пасивного компонентів.

4. Отримані дані підтверджують доцільність персоналізованого підходу до дозування фізичного навантаження в юнацькому віці з урахуванням індивідуального мікроциркуляторного профілю.

Перспективи подальших досліджень.

Планується розширення дослідження з включенням параметрів серцевої та респіраторної варіабельності як модулюючих факторів мікроциркуляції, а також аналізом довгострокових змін за умов тренувальних мікро-, мезо- і макроциклів.

References / Література

- Munoz CJ, Lucas A, Williams AT, Cabrales P. A Review on Microvascular Hemodynamics: The Control of Blood Flow Distribution and Tissue Oxygenation. Crit Care Clin. 2020;36(2):293-305.
- Guven G, Hilty MP, Ince C. Microcirculation: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Application. Blood Purif. 2020;49(1-2):143-50.
- Lysohub VS, Rozova KV, Bakunovskiy OM, Oliinyk TM, Dubynska SM. Adaptatsiini zminy systemy krovoobihu u sportsmeniv sylovykh vydiv sportu. Visnyk problem biologii i medytsyny. 2023;170(3):56-64. DOI: [10.29254/2077-4214-2023-3-170-56-64](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2023-3-170-56-64). [in Ukrainian].

4. Bakunovskiy OM, Drozdovska SB, Ilin VM, Filipov MM, Pastukhova VA, Skorohbatov AM, et al. Zminy systemy krovoobihu v period shvydkoho vidnovlennia pislia statychnoho navantazhennia u osib z riznym indeksom masy tila. Visnyk problem biologii i medytsyny. 2023;170(3):150-158. DOI: [10.29254/2077-4214-2023-3-170-150-158](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2023-3-170-150-158). [in Ukrainian].
5. Königstein K, Dipla K, Zafeiridis A. Training the Vessels: Molecular and Clinical Effects of Exercise on Vascular Health-A Narrative Review. Cells. 2023;12(21):2544. DOI: [10.3390/cells12212544](https://doi.org/10.3390/cells12212544).
6. Korman Sh-A, Lukyantseva HV. Ultrastrukturni mekhanizmy adaptatsii kysentransportnoi systemy do miazovoi roboty. Visnyk problem biologii ta medytsyny. 2025;2(176):177-85. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-185](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-185). [in Ukrainian].
7. Mendelson AA, Erickson D, Villar R. The role of the microcirculation and integrative cardiovascular physiology in the pathogenesis of ICU-acquired weakness. Front Physiol. 2023;14:1170429. DOI: [10.3389/fphys.2023.1170429](https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1170429).
8. Haferancke J, Baumgartner L, Dettenhofer M, Huber S, Mühlbauer F, Engl T, et al. Molecular Drivers of Vascular Adaptation in Young Athletes: An Integrative Analysis of Endothelial, Metabolic and Lipoprotein Biomarkers. Biomolecules. 2025;15(12):1726. DOI: [10.3390/biom15121726](https://doi.org/10.3390/biom15121726).
9. Sidoryak NG, Rozova EV. Age peculiarities of the cardiovascular system and blood microcirculation in students under the influence of dosed physical training. Vestnik Karagandinskogo universiteta, seriia Biologija. Meditsina. Geografiia. 2021;2(102):76-83. DOI: [10.31489/2021BMG276-83](https://doi.org/10.31489/2021BMG276-83).
10. Soares RN, George MA, Proctor DN, Murias JM. Differences in vascular function between trained and untrained limbs assessed by near-infrared spectroscopy. Eur J Appl Physiol. 2018;118(10):2241-2248.
11. Imas YeV, Luts YP, Lukyantseva HV. Osoblyvosti reaktivnykh zmin parametriv systemy krovoobihu pid vplyvom zaniat kibersportom. Visnyk problem biologii i medytsyny. 2024;1(172):29-36. [in Ukrainian].
12. Malyuga SS, Lukyantseva HV, Bakunovskiy OO. Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. Reports of Morphology. 2022;28(4):48-53. DOI: [10.31393/morphology-journal-2022-28\(4\)-07](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28(4)-07).
13. Rozova KV, Tymoshenko KR, Sydoriak NH. Osoblyvosti mikrotsyrukuliatcii krovi, morfofunktsionalnoho stanu kapiliariv ta mitokhondrii u miazovii tkanyni pry dozovanomu fizychnomu navantazhenni. Ukrainyskyi zhurnal medytsyny, biologii ta sportu. 2018;3(4):199-205. [in Ukrainian].
14. Korman Sh-AS, Lukyantseva HV. Vikovi zminy makro- i mikrotsyrukuliatcii krovi pid vplyvom dozovanoho fizychnoho navantazhennia zalezno vid stupenia trenovanosti orhanizmu. Visnyk Cherkaskoho universytetu. 2024;1:63-71. DOI: [10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-63-71](https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-63-71). [in Ukrainian].

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПАРАМЕТРИ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ КРОВІ ЮНАКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ ТА РІВНЯ ТРЕНОВАНОСТІ

Корман Ш.-А. С., Лук'янцева Г. В.

Резюме. У період завершення біологічного дозрівання організму формуються сталі механізми судинної реактивності, зокрема на рівні мікроциркуляції. Саме цей етап розвитку має важливе значення для майбутньої працездатності та адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи. Відомо, що фізичні вправи сприяють активації тканинного кровотоку, проте характер мікроциркуляторної відповіді суттєво варіює залежно від вихідного функціонального стану, віку та ступеня тренуваності індивіда. Незважаючи на це, питання вікових відмінностей реакції мікроциркуляції у юнаків на фізичні стимули досі вивчене недостатньо, особливо в аспекті розподілу активних і пасивних механізмів регуляції.

Метою роботи було визначення особливостей мікроциркуляторної відповіді на дозоване фізичне навантаження (ДФН) у юнаків віком 18-21 рік із різним рівнем фізичної підготовки. У дослідженні взяли участь 106 юнаків, яких методом лазерної доплерівської флоуметрії обстежено до та після виконання короткотривалого стандартного навантаження на велоергометрі. Проаналізовано основні параметри перфузії та показники регуляторних механізмів (ПМ, СКВ, Kv, ІЕМ, АМРК, ПМРК). Залежно від вихідних значень ПМ учасники додатково розподілені на дві підгрупи: з низькою та відносно високою мікроциркуляторною активністю.

Результати засвідчили, що у нетренованих осіб із низькими початковими показниками ПМ спостерігається виражене зростання перфузії й варіабельності кровотоку після ДФН, що свідчить про активацію резервних механізмів. У той же час, у підгрупах з високими початковими значеннями ПМ у ряді випадків виявлено ознаки дезадаптації. У тренуваних юнаків реакції були більш стабільними, з переважанням ознак функціональної економізації та збереженням ефективності регуляції.

Таким чином, вікові та функціональні чинники значною мірою визначають характер судинної реакції мікроциркуляторної системи на фізичне навантаження. Отримані результати підтверджують доцільність персоналізованого підходу до побудови тренувального процесу в юнацькому віці, з урахуванням індивідуального мікроциркуляторного профілю та резерву судинної адаптації.

Ключові слова: мікроциркуляція, фізичне навантаження, кровоносні судини, вік, тренуваність.

SPECIFIC FEATURES OF THE EFFECT OF DOSED PHYSICAL EXERCISE ON BLOOD MICROCIRCULATION PARAMETERS IN YOUNG MALES DEPENDING ON AGE AND LEVEL OF TRAINING

Korman Sh.-A. S., Lukyantseva H. V.

Abstract. During the final stage of biological maturation, stable mechanisms of vascular reactivity are formed, particularly at the level of the microcirculatory system. This developmental period is crucial for shaping future physical performance and the adaptive potential of the cardiovascular system. While it is well established that physical activity stimulates tissue blood flow, the nature of the microcirculatory response varies significantly depending on the individual's baseline functional state, age, and level of training. However, the issue of age-related differences in microcirculatory responses to physical stimuli in young males remains insufficiently studied, especially regarding the contribution of active and passive regulatory mechanisms.

The aim of this study was to determine the specific features of the microcirculatory response to dosed physical exercise (DPE) in young males aged 18–21 years with varying levels of physical fitness. A total of 106 participants underwent laser Doppler flowmetry before and after a short-term standardized load on a cycle ergometer. Key perfusion parameters and regulatory indices were analyzed (MP, SD, Kv, MEI, ARM, PRM). Based on baseline MP values, participants were additionally divided into subgroups with low and relatively high microcirculatory activity.

The findings revealed a pronounced increase in perfusion and blood flow variability after DPE in untrained individuals with initially low MP, indicating the activation of reserve mechanisms. In contrast, signs of maladaptation were observed in subgroups with higher baseline MP. Trained participants demonstrated more stable responses, characterized by features of functional economization and preservation of regulatory efficiency. Thus, age and functional status significantly influence the vascular response of the microcirculatory system to physical exercise. The results support the rationale for a personalized approach to exercise prescription in youth, taking into account the individual microcirculatory profile and vascular adaptation reserve.

Key words: microcirculation, physical exercise, blood vessels, age, physical fitness.

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

Korman Sh.-A. S.: <https://orcid.org/0009-0001-1422-2689>^{BCD}
Lukyantseva H. V.: <https://orcid.org/0000-0002-8054-0108>^{ADEF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Lukyantseva Halyna Volodymyrivna / Лук'янцева Галина Володимирівна
National University of Physical Education and Sport of Ukraine / Національний університет фізичного виховання і спорту України
Ukraine, 03150, Kyiv, 1 Fizkultury str. / Україна, 03150, м. Київ, вул. Фізкультури 1
Tel.: +380975777765 / Тел.: +380975777765
E-mail: lukjantseva@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.

This article is distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC-BY) License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited © All authors, 2026 / Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Received 20.10.2025 / Стаття надійшла 20.10.2025 року
Accepted 18.02.2026 / Стаття прийнята до друку 18.02.2026 року
Published 27.03.2026 / Опубліковано 27.03.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-1-180-577-586

UDC 796.015:612.397:616-071.7

Svirin Ya. R., Krasnova S. P.

BASELINE BODY COMPOSITION PROFILE OF ESPORTS ATHLETES BASED ON BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS

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

yaroslavsvirin@gmail.com

Esports has evolved from a recreational digital activity into a structured competitive discipline characterized by high cognitive demands, intensive training routines, and prolonged sedentary engagement. Such conditions combine substantial neurocognitive load with limited physical activity and may contribute to the formation of specific morphofunctional characteristics in esports athletes. Nevertheless, studies focusing on instrumental assessment of body composition in this population remain relatively limited. The aim of the study was to characterize the baseline body composition profile of male esports athletes using bioimpedance analysis and to evaluate the relationship between body mass index and body composition parameters. The study included 12 male esports players aged 24-32 years. Anthropometric assessment comprised body height, body mass, and body mass index (BMI). Body composition was evaluated using bioelectrical impedance analysis (Tanita BC-731). The assessed parameters included body fat percentage, muscle mass, visceral fat level, total body water, basal metabolic rate, metabolic age. Considerable interindividual variability was observed in BMI (26.4-46.4 kg/m²), body fat percentage (23.3-45.3%), and visceral fat level (5.5-20.5 units). Stratification using the BMI threshold of 30 kg/m² demonstrated that participants with BMI ≥30 kg/m² had higher levels of body fat, visceral fat, and metabolic age. Correlation analysis revealed a positive association of BMI with visceral fat and metabolic age and a negative association with total body water. Male esports athletes demonstrated pronounced phenotypic heterogeneity in body composition, particularly in adiposity indicators. Bioelectrical impedance analysis may serve as a useful tool for baseline screening and personalization of nutritional and lifestyle interventions.

Key words: esports, body composition, bioelectrical impedance analysis, morphocompositional characteristics, body mass index.