

DOI 10.29254/2077-4214-2025-3-178-499-506

UDC [796.41+612.135]:577.175.3

¹Belykova M. V., ²Rozova K. V., ²Vashchenko N. M.**THE EFFECT OF MELATONIN ON MICROCIRCULATION DURING SYSTEMATIC FITNESS EXERCISE**¹National University of Physical Education and Sport of Ukraine (Kyiv, Ukraine)²Bogomolets Institute of Physiology of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

belikova.maria@gmail.com

Increasing the intensity of microcirculation in fitness athletes is not affected at all. It has been shown that morphofunctional changes under the infusion of physical stimulation are an important component of adaptation. The use of grub houses can be made of brown to enhance the influence of fitness on the functioning of other physiological systems. Thus, the use of melatonin can help you adapt to physical demands for antioxidant and chronoregulatory effects. The research method was to determine the effect of melatonin on microcirculation in people who engage in fitness. For this purpose, they were obtained from researched young people, divided into 3 groups in a long period of time, including participation in training and on the use of melatonin at home for 2 months. Microcirculation was measured using a laser Doppler method using a BLF 21 analyzer. As a result of the investigation, it was found that all participants were divided into groups with low and high microcirculation in the muscles. It has been established that regular aerobic fitness can influence microcirculation regulation mechanisms. The use of melatonin preparations in fitness athletes with high values of microcirculation indicators should lead to a compensatory increase in the effectiveness of regulation of blood flow in the microcirculation system for the sake of the importance of active regulation mechanisms. It has been found that the inclusion of melatonin preparations during the training process to enhance the body's adaptive mechanisms is advisable for athletes with a high level of muscle tissue perfusion per unit of time.

Key words: melatonin, aerobic fitness, microcirculation, perfusion value.

Connection of the publication with planned research works.

The work was carried out within the framework of the state budget topic "The influence of endogenous and exogenous factors on the course of the body's adaptive reactions to physical exertion of various intensities" (state registration number 0121U108187).

Introduction.

Young people are increasingly interested in fitness and its varieties. It attracts not only mainly girls, but also boys, who are aimed at improving their health, increasing their working capacity, and counteracting the stresses that surround modern people every day [1, 2]. The health component of fitness is quite well scientifically substantiated. Scientific methodological support of the educational and training process, development of new approaches to ensuring the growth of working capacity during training, increasing the efficiency of the formation of adaptive reactions and improving the recovery process is carried out within the framework of existing sports areas and is clearly insufficient [3].

Nutrition is an auxiliary, but very important component in the context of sports for people for whom sports are not a profession, but occupy a significant place in their lives [4, 5]. The scientific material accumulated in recent years helps to form an individual nutrition plan for each person, which meets the wishes of the person and is optimal for him when practicing a particular sport, including fitness [6]. The use of food additives may be appropriate in the preparation of diets when it is necessary to increase the amount of energy carriers, or plastic components, or those that affect the regulation of physiological processes [5]. Melatonin (MT), the main oscillator and corrector of chronorhythms, is included in those that regulate physiological processes [7]. For

those people who are involved in fitness, the main value is the antioxidant and immunomodulatory effects and biorhythmological function [8]. It is its powerful antioxidant properties that contribute to the fact that MT can claim the role of the main molecule in the body's defense system against oxidative stress, due to the neutralization of hydrogen peroxide and the destruction of hydroxyl radicals [3, 9]. Due to the antioxidant properties of MT, cell membranes are stabilized, the permeability of vascular walls is reduced, their resistance increases, and microcirculation is improved [5, 10, 11].

Modern studies show that morphofunctional transformations in the microcirculation system that occur under the influence of skeletal muscle contraction as a result of muscular activity are an important component in the mechanisms of adaptation of the body and in increasing performance. However, to date, there has been virtually no research conducted into the features of blood microcirculation during fitness training, nor into possible ways of influencing the effectiveness of microcirculation restructuring, in particular using food additives that play the role of physiologically and biologically active substances, such as MT.

The aim of the study.

To investigate the mechanisms of the influence of the dietary supplement melatonin on the state of blood microcirculation in the muscles of young men under the conditions of systematic training in strength fitness groups.

Object and research methods.

The study involved 40 young men aged 30-35 years, who were divided into three groups.

The first group included men who systematically (twice a week for at least 2 years) engaged in aerobic fitness (n=15). For 30 days at the beginning of training,

all of them took the melatonin drug NOW Foods Melatonin (USA) at a dose of 3 mg once a day for 60 days. The second group included young men who systematically (twice a week for at least 2 years) engaged in aerobic fitness but did not receive the specified drug (n=15). The third (control) group included young healthy men who did not engage in sports and did not take melatonin (n=10). All groups were randomized by age, and groups I and II were randomized by duration of aerobic fitness training.

Spinning Track was classified as aerobic fitness training based on the dominant mechanism of energy supply of muscle activity.

All participants underwent a medical examination before the start of the study and signed an informed consent to participate in the experiment [12]. None of them had contraindications for performing physical exercises in aerobic fitness groups. The blood microcirculation was studied in the subjects using laser Dopplerography (LDG) using the BLF 21 analyzer (Transonic System Inc., USA).

During this study, the following parameters were recorded that characterize blood microcirculation. The characteristic of tissue blood flow recorded during LDH is a microcirculation parameter (MCP), which is a function of the concentration of erythrocytes in the tissue beam and their average velocity. The value of PM represents the level of perfusion of a unit volume of tissue per unit time and is measured in relative units (perfusion units - pf. units). Median (M) is the arithmetic mean value of the microcirculation index (PM). This indicator characterizes the average flow of erythrocytes per unit volume of tissue in the probed area in the recording time interval. It is also measured in relative or perfusion units (pf. units). The root mean square deviation – σ (RMS) of the amplitude of blood flow fluctuations from the arithmetic mean value of M. The parameter σ or SKV is also measured in perfusion units. It characterizes the temporal variability of MC or fluctuations in the flow of erythrocytes, referred to in microvascular semantics as Flux. The coefficient of variation is equal to the product of $K - \sigma / M$ multiplied by 100%, which characterizes the contribution of the vasomotor component to the modulation of tissue blood flow. The flux motion index (FMI) provides an integral characteristic of the ratio of the mechanisms of active (caused by biogenic and neurogenic activity of pre-capillary vasomotors and vascular tone itself) and passive (caused by blood flow fluctuations synchronized with cardio- and respiratory rhythms) blood flow modulation.

The results were processed using the program "Microsoft Office Excel 2010" using the Student's t-test. Differences were considered significant at $p < 0.05$.

Research results and their discussion.

The study involved young men aged 30 to 35 years (table 1).

An assessment of the average perfusion value of a unit volume of muscle tissue per unit time, i.e. PM, revealed that the examined individuals, regardless of whether they were engaged in fitness or not, should be divided into 2 subgroups. In men of the first subgroup, the value of PM ranged from 0.5 to 12 perfusion units (pf. units); in the second subgroup, the value of PM ranged from 12 to 25 pf. units (table 1). The subsequent analysis of the results showed that such a distribution is

necessary, since the values and changes of other indicators characterizing microcirculation (MC) in both subgroups also differed significantly.

It was found that in individuals from both subgroups who regularly engaged in aerobic fitness, PM was significantly higher than in young people who did not engage in sports (by 44% in subgroup I and by 26% in subgroup II). The difference in the intensity of microcirculation between individuals who exercised and those who did not exercise has been noted by scientific teams studying microcirculation [13, 14]. These results are evidence that fitness training leads to an intensification of blood flow per unit volume of muscle tissue, that is, it contributes to improving the supply of oxygen to tissues in fitness athletes.

Table 1 – Microcirculation parameter values (PM, pf. units) in individuals at rest before taking melatonin

	I subgroup	II subgroup
Control group	7.4±1.1	16.9±2.4#
Fitness runners	10.7±1.3*	21.3±2.7*#

Notes: * – compared to the control group ($p < 0.05$), # – compared with the I subgroup ($p < 0.05$).

The value of the standard deviation (SD), which characterizes the temporal variability of MC, in both trained and untrained individuals in the first subgroup was lower than in the second subgroup (table 2), therefore it can be assumed that at higher values of PM, the mechanisms of tissue blood flow modulation are more actively involved.

Table 2 – Amplitudes of blood flow fluctuations in relation to the arithmetic mean value (SVC, pf. units), in individuals at rest before taking melatonin

	I subgroup	II subgroup
Control group	4.6±0.4	7.8±1.1#
Fitness runners	3.7±0.3	6.4±0.9#

Notes: # – compared with the I-th subgroup ($p < 0.05$).

Analysis of the coefficient of variation (Kv), which provides information about the contribution of the vasomotor component to the modulation of tissue blood flow, showed that the values of this parameter in individuals with high PM were significantly lower than those with a lower PM level, regardless of the degree of training of the subjects (table 3). Therefore, at high intensity of muscle tissue perfusion, the possibilities of vascular tone influencing MC are reduced.

Table 3 – Coefficient of variation of tissue blood flow (Kv) in resting subjects before melatonin administration

	I subgroup	II subgroup
Control group	12.1±1.3	28.5±3.3#
Fitness runners	10.0±2.4	17.3±1.9*#

Notes: * – compared to the control group ($p < 0.05$), # – compared with the I subgroup ($p < 0.05$).

The flux motion index (FMI) provides an integral characteristic of the ratio of the mechanisms of active (caused by biogenic and neurogenic activity of precapillary vasomotors and vascular tone itself) and passive (caused by blood flow fluctuations, synchronized cardio-

and respiratory rhythms) blood flow modulation. The results obtained (**table 4**) indicate the predominance of the influence of vascular tone over passive modulations on MC in individuals with lower PM values, and such a predominance is observed in untrained young people relative to fitness lighters in both subgroups. That is, regular aerobic fitness training can increase the impact of biogenic and neurogenic activity of precapillary vasomotors on MCs in muscle tissue.

Thus, it can be stated that regular aerobic fitness training can influence the mechanisms of MC regulation, which is also confirmed by previous studies [3, 5, 6].

Table 4 – Ratio of active and passive blood flow modulations (BFM) in resting subjects before melatonin administration

Control group	I subgroup	II subgroup
	1.7±0.05	1.3±0.01#
Fitness runners	2.4±0.02*	2.0±0.04*#

Notes: * – compared to the control group ($p < 0.05$), # – compared with the I subgroup ($p < 0.05$).

The use of MT led to the following changes. In the examined fitness lighters of the I subgroup, the PM increased (by 34%), while in the II subgroup it decreased (by 33%) (**table 5**).

The difference in the response to the use of an admixture with MT may indicate the inclusion of different mechanisms of influence in the MC regulation system: in the first case, mainly from the sympathetic nervous system, in the second, from the parasympathetic one. Several scientific groups have indicated the influence of melatonin on the regulation of physiological functions through activation of the autonomic nervous system [7, 8]. It was interesting to note that the use of MT equalized the perfusion value of a unit volume of muscle tissue per unit time in fitness athletes with different initial levels of PM. That is, with the help of MT, it is possible to influence the efficiency of blood supply to muscle tissue if necessary.

Changes in SVE after the use of MT consisted in the fact that in individuals with low PM this value had only a tendency to change, namely to increase ($0.1 < p < 0.2$), and in fitness lighters with an initial high level of PM SVE increased by 2.7 times (**table 5**). Such changes may indicate greater adaptive lability in individuals of the II subgroup, aimed at optimizing blood perfusion of muscle tissue.

Analysis of the coefficient of variation, which provides information about the contribution of the vasomotor component to the modulation of tissue blood flow, also revealed significant differences in the response to the use of MT depending on the value of PM (**table 5**). In fitness lighters of the I subgroup, there were no significant changes in Kv, while in individuals of the II subgroup, this indicator increased by 4.1 times. Therefore, it should be noted that the use of MT in trained individuals with high PM sharply increases the contribution of the vasomotor component to blood flow modulation, and the effectiveness of this compensatory-adaptive mechanism increases.

When using MT, IFM did not significantly change in fitness lighters of the 1st subgroup, while in the 2nd subgroup it increased by 2.1 times (**table 5**). Such dynamics may indicate low efficiency of blood flow regulation in the MC system at a low initial level of PM and an increase in the efficiency of blood flow regulation due to active mechanisms at its high level.

Based on the data obtained from the analysis and generalization of scientific and methodological literature, the study of practical experience in conducting training in aerobic fitness groups, and the generalization of information obtained during the research process, the following practical recommendations can be made for planning and organizing the use of melatonin as a food additive. To increase the effectiveness of melatonin's influence on the formation of adaptive reactions of the body, it is advisable to determine blood microcirculation indicators. The most appropriate use of food additives with melatonin is for fit athletes, in whom a high level of perfusion of a unit volume of muscle tissue per unit time is determined.

Individuals who have not chosen a significant increase in endurance and performance as their goal, or those who do not know the initial level of microcirculation

Table 5 – Changes in the main parameters of blood microcirculation in fitness athletes against the background of melatonin use

Parameters	I subgroup		II subgroup	
	to the use of MT	after using MT	to the use of MT	after using MT
Microcirculation parameter, pf. units	10.7±1.3	14.3±1.1*	21.3±2.7	14.3±3.1*
Standard deviation, pf. units	3.7±0.3	4.1±0.6	6.4±0.9	17.3±2.3*
Coefficient of variation	10.0±2.4	12.1±1.8	17.3±1.9	70.9±5.7*
Fluxmotion Index	2.4±0.02	2.5±0.07	2.0±0.04	4.2±0.10*

Notes: * – compared to the state before the use of MT ($p < 0.05$).

tion indicators, can add foods that contain melatonin in sufficient quantities to their diet [15].

Conclusions.

1. Regardless of their sports activities, young men are divided into those with high or low levels of perfusion of a unit volume of muscle tissue per unit time, i.e. different microcirculation efficiency. This feature must be taken into account when developing a fitness training system.

2. Regular aerobic fitness classes can influence the mechanisms of microcirculation regulation.

3. The use of melatonin preparations in fit athletes with high values of the microcirculation index leads to a compensatory increase in the efficiency of blood flow regulation in the microcirculation system due to the predominance of active regulation mechanisms.

4. The inclusion of melatonin preparations during the training process in order to enhance the body's adaptive mechanisms is advisable for athletes with a high level of perfusion of a unit volume of muscle tissue per unit time.

Prospects for further research.

The results obtained indicate the feasibility of conducting further studies on the formation of compensatory and adaptive mechanisms in the microcirculation system in fitness athletes in response to the influence of melatonin food additives in order to increase the body's performance and prevent the development of negative consequences in response to intense physical exertion.

**ВПЛИВ МЕЛАТОНІНУ НА МІКРОЦИРКУЛЯЦІЮ
ПРИ СИСТЕМАТИЧНИХ ЗАНЯТТЯХ ФІТНЕСОМ**¹Національний університет фізичного виховання і спорту України (м. Київ, Україна)²Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України (м. Київ, Україна)

belikova.maria@gmail.com

Вивчення інтенсивності мікроциркуляції у фітнесслайтерів залишається зовсім не вивченим. Показано, що морфофункціональні зміни під впливом фізичного навантаження є важливим компонентом адаптації. Використання харчових домішок може бути корисним для підвищення корисного впливу фітнесу на функціонування окремих фізіологічних систем. Так застосування мелатоніну може допомогти адаптуватись до фізичних навантажень за рахунок антиоксидантних та хронорегулюючих властивостей. Метою дослідження було визначити вплив мелатоніну на мікроциркуляцію у чоловіків, які займаються фітнесом. Для цього були залучені у дослідженні молоді чоловіки, поділені на 3 групи в залежності від участі в тренуваннях та використанні мелатонінової домішки протягом 2 місяців. Мікроциркуляцію вимірювали за допомогою метода лазерної доплерографії при використанні аналізатора BLF 21. В результаті дослідження було знайдено розділення всіх учасників не залежно від спортивних занять на групи з низькою та з високою мікроциркуляцією у м'язах. Встановлено, що регулярні заняття аеробним фітнесом можуть впливати на механізми регуляції мікроциркуляції. Застосування препаратів мелатоніну у фітнесслайтерів з високими значеннями показника мікроциркуляції призводить до компенсаторного зростання ефективності регуляції кровотоку в системі мікроциркуляції за рахунок переважання активних механізмів регуляції. Виявлено, що включення препаратів мелатоніну в період тренувального процесу з метою посилення адаптивних механізмів організму доцільне у спортсменів з високим рівнем перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу.

Ключові слова: мелатонін, аеробний фітнес, мікроциркуляція, величина перфузії.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота виконана в межах НДР «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (номер державної реєстрації 0121U108187).

Вступ.

Зростає інтерес молоді до занять фітнесом та його різновидами. Він приваблює вже не тільки переважно дівчат, але й хлопців, котрі націлені на зміцнення здоров'я, зростання працездатності, протидії стресам, котрі щоденно оточують сучасну людину [1, 2]. Якщо оздоровча складова фітнесу досить добре науково обґрунтована, то науково методичне забезпечення навчально-тренувального процесу, розробки нових підходів до забезпечення зростання працездатності в ході тренувань, підвищення ефективності формування адаптивно-приспосувальних реакцій та поліпшення відновлювального процесу здійснюється в рамках існуючих спортивних напрямків і є явно недостатнім [3].

Режим харчування є допоміжним, проте дуже важливим компонентом на тлі занять спортом у людей, для яких спорт не є фахом, але займає значне місце в їхньому житті [4, 5]. Накопичений за останні роки науковий матеріал допомагає сформувати індивідуально для кожної людини план харчування, який відповідає побажанням людини і є оптимальним для неї при заняттях тим чи іншим видом спорту, зокрема й фітнесом [6]. Використання харчових домішок може бути доцільним при складанні раціону, коли необхідно збільшити кількість енергоносіїв, або пластичних компонентів, або тих, які впливають на

регуляцію фізіологічних процесів [5]. Саме до тих, які регулюють фізіологічні процеси відносять мелатонін (MT), основний осцилятор та коректор хроноритмів [7]. Для тих людей, які займаються фітнесом головну цінність мають антиоксидантний та імуномодельючий ефекти і біоритмологічна функція [8]. Саме його потужні антиоксидантні властивості сприяють тому, що MT може претендувати на роль головної молекули в системі захисту організму від оксидативного стресу, завдяки нейтралізації перекису водню та знищенню гідроксильних радикалів [3, 9]. Завдяки антиоксидантним властивостям MT стабілізуються клітинні мембрани, знижується проникність стінок судин, збільшується їх резистентність і покращується мікроциркуляція [5, 10, 11].

Сучасні дослідження показують, що морфофункціональні перетворення в системі мікроциркуляції, що виникають під впливом скорочення скелетного м'яза в рев результаті м'язової діяльності, є важливим компонентом в механізмах адаптації організму, у підвищенні працездатності. Проте до теперішнього часу практично не проводилося досліджень ані особливостей мікроциркуляції крові при фітнес-тренуваннях, ані можливих шляхів впливу на ефективність перебудови мікроциркуляції, зокрема за допомогою харчових домішок, що відіграють роль фізіологічно та біологічно активних речовин, таких як MT.

Мета дослідження.

Дослідити механізми впливу харчової домішки мелатоніну на стан мікроциркуляції крові у м'язах молодих чоловіків за умов систематичного тренування в групах силового фітнесу.

Об'єкт і методи дослідження.

У дослідження були залучені 40 молодих чоловіків віком 30-35 років, які були розподілені на три групи.

Перша група включала чоловіків, які систематично (двічі на тиждень протягом не менше, як 2 роки) займалися аеробним фітнесом ($n=15$). Протягом 30 днів на початку тренувань всі вони приймали препарат мелатоніну NOW Foods Melatonin (США) в дозі 3 mg одноразово кожної доби протягом 60 днів. В другу групу були залучені молоді чоловіки, які систематично (двічі на тиждень протягом не менше, як 2 роки) займалися аеробним фітнесом але не отримували вказаного препарату ($n=15$). До третьої (контрольної) групи було включено молодих здорових чоловіків, які не займалися спортом і не приймали препарат мелатоніну ($n=10$). Усі групи були рандомізовані за віком, а I та II – за строками занять аеробним фітнесом.

До занять аеробним фітнесом було віднесено Spinning Track за домінуючим механізмом енергозабезпечення м'язової діяльності.

Всі учасники проходили медичне обстеження перед початком проведення досліджень і підписали інформовану згоду на участь в експерименті [12]. Жоден з них не мав протипоказань для виконання фізичних вправ в групах аеробного фітнесу. У обстежених була вивчена мікроциркуляція крові за допомогою лазерної доплерографії (ЛДГ) при використанні аналізатора BLF 21 (Transonic System Inc., США).

При виконанні цього дослідження були зареєстровані наступні параметри, які характеризують мікроциркуляцію крові. Характеристика тканинного кровотоку, зареєстрована при ЛДГ, являє собою параметр мікроциркуляції (ПМ), який є функцією від концентрації еритроцитів в промені тканини і їх середньої швидкості. Величина ПМ являє собою рівень перфузії одиниці об'єму тканини за одиницю часу і вимірюється в відносних одиницях (перфузійних одиницях – пф. од.). Медіана (М) – середнє арифметичне значення показника мікроциркуляції (ПМ). Цей показник характеризує середній потік еритроцитів в одиниці об'єму тканини в зондуемій ділянці в інтервалі часу реєстрації. Вимірюється також у відносних або перфузійних одиницях (пф. од.). Середнє квадратичне відхилення – σ (СКВ) амплітуди коливань кровотоку від середнього арифметичного значення М. Параметр σ або СКВ також вимірюється в перфузійних одиницях. Він характеризує тимчасову мінливість МЦ або коливання потоку еритроцитів, іменовану в мікросудинній семантиці як Флакс. Коефіцієнт варіації дорівнює добутку $K - \sigma / M$ на 100%, що характеризує внесок вазомоторного компонента в модуляцію тканинного кровотоку. Індекс флаксмоцій (ІФМ) – дає інтегральну характеристику співвідношення механізмів активної (обумовленої біогенною та нейрогенною активністю пре капілярних вазомоторів та власне судинним тонусом) та пасивної (обумовленої флуктуаціями кровотоку, синхронізованими з кардіо- та дихальними ритмами) модуляцій кровотоку.

Результати були оброблені за допомогою програми «Microsoft Office Excel 2010» з використанням t-критерія Стюдента. Відмінності приймали як достовірні при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення.

В дослідженні брали участь молоді чоловіки у віці від 30 до 35 років (таблиця 1).

Проведена оцінка середньої величини перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу, тобто ПМ, виявила, що обстежувані особи незалежно від того, займалися або не займалися вони фітнесом повинні бути розподілені на 2 підгрупи: у чоловіків I-ї підгрупи величина ПМ коливалася в межах від 0,5 до 12 перфузійних одиниць (пф. од.); в II-й підгрупі величина ПМ становила від 12 до 25 пф. од. (табл. 1). Наступний аналіз отриманих результатів показав, що такий розподіл є необхідним, оскільки величини та зміни інших показників, що характеризують мікроциркуляцію (МЦ), в обох підгрупах також суттєво відрізнялися.

Було встановлено, що у осіб обох підгруп, які регулярно займалися аеробним фітнесом, ПМ був суттєво вищим, ніж у молодих людей, що не займалися спортом (на 44% у I-й підгрупі та на 26% – у II-й). Різницю інтенсивності мікроциркуляції між особами, які тренувались та тими, хто не займався спортом відмічали наразі наукові колективи, які вивчали мікроциркуляцію [13, 14]. Такі результати є свідченням того, що заняття фітнесом призводять до інтенсифікації кровотоку в одиниці об'єму м'язової тканини, тобто сприяють поліпшенню постачання тканин киснем у фітнеслайтерів.

Таблиця 1 – Величини параметру мікроциркуляції (ПМ, пф. од.) у осіб в стані спокою до прийому мелатоніну

Контрольна група	I підгрупа	II підгрупа
	7,4±1,1	16,9±2,4#
Фітнеслайтери	10,7±1,3*	21,3±2,7*#

Примітки: * – у порівнянні з контрольною групою ($p < 0,05$), # – у порівнянні з I-ю підгрупою ($p < 0,05$).

Величина середнього квадратичного відхилення (СКВ), яка характеризує часову мінливість МЦ, і у тренуваних і у нетренуваних осіб у I-й підгрупі була нижчою, ніж у II-й підгрупі (табл. 2), отже можна припустити, що при більших значеннях ПМ активніше задіяні механізми модуляції тканинного кровотоку.

Таблиця 2 – Амплітуди коливань кровотоку по відношенню до середнього арифметичного значення (СКВ, пф. од.), у осіб в стані спокою до прийому мелатоніну

Контрольна група	I підгрупа	II підгрупа
	4,6±0,4	7,8±1,1#
Фітнеслайтери	3,7±0,3	6,4±0,9#

Примітки: # – у порівнянні з I-ю підгрупою ($p < 0,05$).

Аналіз коефіцієнта варіації (K_v), який дає інформацію про внесок вазомоторного компонента в модуляцію тканинного кровотоку показав, що величини цього параметра у осіб з високим ПМ був значно меншим, ніж при більш низькому рівні ПМ незалежно від ступеня тренуваності обстежених (табл. 3). Отже, при високій інтенсивності перфузії м'язової тканини можливості впливу тонусу судин на МЦ є зниженими.

Інтегральну характеристику співвідношення механізмів активної (обумовленої біогенною та ней-

Таблиця 3 – Коефіцієнт варіації тканинного кровотоку (K_v) у осіб в стані спокою до прийому мелатоніну

Контрольна група	I підгрупа	II підгрупа
	12,1±1,3	28,5±3,3#
Фітнеслайтери	10,0±2,4	17,3±1,9*#

Примітки:* – у порівнянні з контрольною групою ($p < 0,05$), # – у порівнянні з I-ю підгрупою ($p < 0,05$).

рогенною активністю прекапілярних вазомоторів і власне судинним тонусом) та пасивної (обумовленої флуктуаціями кровотоку, синхронізованими кардіо-та дихальними ритмами) модуляції кровотоку дає індекс флаксмоцій (ІФМ). Отримані результати (**табл. 4**) вказують на переважання впливу судинного тонусу над пасивними модуляціями на МЦ у осіб з меншими значеннями ПМ, причому таке переважання спостерігається у нетренованих молодих людей відносно фітнеслайтерів в обох підгрупах, тобто регулярні заняття аеробним фітнесом здатні підвищувати вплив біогенної та нейрогенної активності прекапілярних вазомоторів на МЦ в м'язовій тканині.

Таблиця 4 – Співвідношення активних та пасивних модуляцій кровотоку (ІФМ) у осіб в стані спокою до прийому мелатоніну

Контрольна група	I підгрупа	II підгрупа
	1,7±0,05	1,3±0,01#
Фітнеслайтери	2,4±0,02*	2,0±0,04*#

Примітки: * – у порівнянні з контрольною групою ($p < 0,05$), # – у порівнянні з I-ю підгрупою ($p < 0,05$).

Таким чином, можна констатувати, що завдяки регулярним заняттям аеробним фітнесом можна впливати на механізми регуляції МЦ, що також підтверджується попередніми дослідженнями [3, 5, 6].

Використання МТ призвело до наступних змін. У обстежених фітнеслайтерів I-ї підгрупи ПМ зростав (на 34%), тоді як в II-й підгрупі – знижувався (на 33%) (**табл. 5**).

Різниця у відповіді на застосування домішки з МТ може вказувати на включення різних механізмів впливу в системі регуляції МЦ: у першому випадку – переважно з боку симпатичної нервової системи, у другому – парасимпатичної. Декількома науковими колективами було вказано на вплив мелатоніну на регуляцію фізіологічних функцій через активацію автономної нервової системи [7, 8]. Цікавим виявився той факт, що застосування МТ зрівнювало величину перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу у фітнеслайтерів з різним вихідним рівнем ПМ. Тобто за допомогою МТ можна за необхідності

Таблиця 5 – Зміни основних параметрів мікроциркуляції крові у фітнеслайтерів на тлі застосування мелатоніну

Параметри	I підгрупа		II підгрупа	
	до застосування МТ	після застосування МТ	до застосування МТ	після застосування МТ
Параметр мікроциркуляції, пф. од.	10.7±1.3	14.3±1.1*	21.3±2.7	14.3±3.1*
Середнє квадратичне відхилення, пф. од.	3.7±0.3	4.1±0.6	6.4±0.9	17.3±2.3*
Коефіцієнт варіації	10.0±2.4	12.1±1.8	17.3±1.9	70.9±5.7*
Індекс флаксмоцій	2.4±0.02	2.5±0.07	2.0±0.04	4.2±0.10*

Примітки: * – у порівнянні зі станом до застосування МТ ($p < 0,05$).

впливати на ефективність кровопостачання м'язової тканини.

Зміни СКВ після застосування МТ полягали у тому, що у осіб з низьким ПМ ця величина мала лише тенденцію до змін, а саме – до зростання ($0,1 < p < 0,2$), а у фітнеслайтерів з вихідним високим рівнем ПМ СКВ зростало у 2,7 рази (**табл. 5**). Такі зміни можуть свідчити про більшу адаптивну лабільність у осіб II-ї підгрупи, спрямовану на оптимізацію перфузії кров'ю м'язової тканини.

Аналіз коефіцієнта варіації, котрий дає інформацію про внесок вазомоторного компонента в модуляцію тканинного кровотоку, також виявив значні відмінності реакції на застосування МТ у відповідності від величини ПМ (**табл. 5**). У фітнеслайтерів I-ї підгрупи не відбувалося достовірних змін K_v , натомість у осіб II-ї підгрупи цей показник зростав у 4,1 рази. Отже, слід відмітити, що застосування МТ у тренуваних осіб з високим ПМ внесок вазомоторного компонента в модуляцію кровотоку різко зростає, і збільшується ефективність даного компенсаторно-приспосувального механізму.

При застосуванні МТ ІФМ достовірно не змінювався у фітнеслайтерів I-ї підгрупи, в той же час, як у II-ї підгрупи він зростав у 2,1 рази (**табл. 5**). Така динаміка може свідчити про низьку ефективність регуляції кровотоку в системі МЦ при низькому вихідному рівні ПМ і про підвищення ефективності регуляції кровотоку за рахунок активних механізмів при його високому рівні.

Отримані дані аналізу та узагальнення науково-методичної літератури, вивчення практичного досвіду проведення тренування в групах аеробного фітнесу та узагальнення інформації, здобутої в процесі дослідження можна зробити наступні практичні рекомендації з планування та організації застосування мелатоніну в якості харчової домішки. Для підвищення ефективності впливу мелатоніну на формування адаптивних реакцій організму доцільним є визначення показників мікроциркуляції крові. Найбільш доцільне використання харчових домішок з мелатоніном є для фітлайтерів, у яких визначається високий рівень перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу.

Особи, які не обирали за мету суттєве підвищення витривалості та працездатності, або такі, що не знають вихідного рівня показника мікроциркуляції, можуть додавати до свого харчового раціону продукти, які містять мелатонін в достатній кількості [15].

Висновки.

1. Незалежно від занять спортом молоді чоловіки розподіляються на таких, що мають високий або низький рівень перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу, тобто різну ефективність мікроциркуляції. Таку особливість необхідно враховувати при розробці системи фітнес-тренувань.
2. Завдяки регулярним заняттям аеробним фітнесом можна впливати на механізми регуляції мікроциркуляції.

3. Застосування препаратів мелатоніну у фітлайтерів з високими значеннями показника мікроциркуляції призводить до компенсаторного зростання ефективності регуляції кровотоку в системі мікроциркуляції за рахунок переважання активних механізмів регуляції.

4. Включення препаратів мелатоніну в періоді тренувального процесу з метою посилення адаптивних механізмів організму доцільне у спортсменів з високим рівнем перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати свідчать про доцільність проведення подальших досліджень формування компенсаторно-приспосувальних механізмів в системі мікроциркуляції у фітнеслайтерів у відповідь на вплив харчових домішок мелатоніну з метою підвищення працездатності організму та запобігання розвитку негативних наслідків у відповідь на інтенсивні фізичні навантаження.

References / Література

- Cherepov OV, Myasoyedenkov KO, Kopylov OM. Suchasni problemy rozvytku ozdorovcho-rekreatsiyanoi fizychnoyi kultury. Naukovyy chasopys NPU im. M.P. Drahomanova. 2011;3:411-417. [in Ukrainian].
- Tschakert G, Hofmann P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2013;8:600-610.
- Balitska YEP. Motyvatsiya studentiv do zanyat fitnessom v tekhnichnomu vyshchomu navchalnomu zakladi. Pedagogika, psykholohiya ta medyko-biologichni problemy fizychnoho vykhovannya i sportu. 2013;6:3-6. [in Ukrainian].
- Andriyuk L, Yatsyuk V, Fedyayeva S, Lomeyko S. Teoretychni ta praktychni aspekty nutrytsiologii. Lviv – Truskavets: Posvit; 2017. 124 s. [in Ukrainian].
- Zelart. Fitnes ta yoho vydy. Odesa: Zelart; 2018. Dostupno: <http://zelart.com.ua/poleznye-materialy/34-fitness-i-ego-vidy.html>. [in Ukrainian].
- Chernozub AA. Osoblyvosti adaptatsiynykh reaktsiy cholovikiv v umovakh sylovykh navantazhen. Fiziologichnyy zhurnal. 2015;61(5):99-107. [in Ukrainian].
- Vasey C, Jennifer McBride J, Penta K. Circadian Rhythm Dysregulation and Restoration: The Role of Melatonin. Nutrients. 2021;13(10):3480. DOI: [10.3390/nu13103480](https://doi.org/10.3390/nu13103480).
- McCarthy MJ, Gottlieb JF, Gonzalez R, McClung CA, Alloy LB, Cain S, et al. Neurobiological and behavioral mechanisms of circadian rhythm disruption in bipolar disorder: A critical multi-disciplinary literature review and agenda for future research from the ISBD task force on chronobiology. Bipolar Disord. 2022;24(3):232-263. DOI: [10.1111/bdi.13165](https://doi.org/10.1111/bdi.13165).
- Tan DX, Manchester LC, Esteban-Zubero E, Zhou Z, Reiter RJ. Melatonin as a Potent and Inducible Endogenous Antioxidant: Synthesis and Metabolism. Molecules. 2015;20(10):18886-906. DOI: [10.3390/molecules201018886](https://doi.org/10.3390/molecules201018886).
- Chitimus DM, Popescu MR, Voiculescu SE, Panaitescu MA, Pavel B, Zagrean L, et al. Melatonin's Impact on Antioxidative and Anti-Inflammatory Reprogramming in Homeostasis and Disease. Biomolecules. 2020;10(9):1211. DOI: [10.3390/biom10091211](https://doi.org/10.3390/biom10091211).
- Zhang Y, Liu T, Yang H, He F, Zhu X. Melatonin: A novel candidate for the treatment of osteoarthritis. Ageing Res Rev. 2022;78:101635. DOI: [10.1016/j.arr.2022.101635](https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101635).
- Verkhovna Rada Ukrainy. Helsinska deklaratsiya Vsesvitnoyi medychnoyi asotsiatsiyi «Etychni pryntsyipy medychnykh doslidzhen za uchastyu lyudyny u yakosti obyektu doslidzhennya». Kyiv: Verkhovna Rada Ukrainy; 1964 [onovleno 2008]. Dostupno: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005. [in Ukrainian].
- Bergtraum D. Suchasni uyavlennya pro typologichni ta individualni osoblyvosti pereferychnoi gemodynsmyky sportsmeniv risnykh spetsialnostey. Young Sport Science of Ukraine. 2012;3:19-25. [in Ukrainian].
- Diomin AN, Ogurcova MB, Shcopynsy EA. Typologichna charakteristyka centralnoi gemodynamyky u sportsmeniv u saleznosti vid poloxenia tila. Pedagogyca, psycologia ta medico-biologichni problem fisychnogo vychovania ta sportu. 2007;6:91-94. [in Ukrainian].
- Zhinochyy Svit. 8 bahatykh na melatonin produktiv, yakі dopomozhut krashche spaty. Zhinochyy Svit; 2018. Dostupno: <http://www.world.com.ua/health/23198>. [in Ukrainian].

ВПЛИВ МЕЛАТОНІНУ НА МІКРОЦИРКУЛЯЦІЮ ПРИ СИСТЕМАТИЧНИХ ЗАНЯТТЯХ ФІТНЕСОМ

Белікова М. В., Розова К. В., Ващенко Н. М.

Резюме. Проведено дослідження особливостей мікроциркуляції крові при фітнес-тренуваннях, як і можливих шляхів впливу на ефективність перебудови мікроциркуляції, зокрема за допомогою харчових домішок, що відіграють роль фізіологічно та біологічно активних речовин, таких як мелатонін.

Мета дослідження – дослідити механізми впливу харчової домішки мелатоніну на стан мікроциркуляції крові у м'язах молодих чоловіків при систематичних заняттях фітнесом.

Об'єкт і методи дослідження. У обстежених була вивчена мікроциркуляція крові за допомогою лазерної доплерографії при використанні аналізатора BLF 21. Зареєстровані наступні параметри: параметр мікроциркуляції, тобто величина перфузії в одиниці об'єму тканини за одиницю часу, медіана – середнє арифметичне значення показника мікроциркуляції, середнє квадратичне відхилення – σ амплітуди коливань кровотоку від середнього арифметичного значення, коефіцієнт варіації дорівнює добутку $K - \sigma / M$ на 100% та Індекс флаксмоцій.

Результати та обговорення. Проведена оцінка середньої величини перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу виявила, що обстежувані особи незалежно від того, займалися або не займалися вони фітнесом повинні бути розподілені на 2 підгрупи: у чоловіків I-ї підгрупи величина перфузії м'язів була майже вдвічі менша за такий показник у другої підгрупи. Було встановлено, що у осіб обох підгруп, які регулярно займалися аеробним фітнесом, цей показник був вищим, ніж у молодих людей, що не займалися спортом. Такі результати є свідченням того, що заняття фітнесом призводять до інтенсифікації кровотоку в одиниці об'єму м'язової тканини, тобто сприяють поліпшенню постачання тканин киснем у фітнеслайтерів. Виявлено факт, що застосування мелатоніну зрівнювало величину перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу у фітнеслайтерів з різним вихідним рівнем перфузії м'язів.

Висновки. Незалежно від занять спортом молоді чоловіки розподіляються на таких, що мають високий або низький рівень перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу, тобто різну ефективність мікроциркуляції. Завдяки регулярним заняттям аеробним фітнесом можна впливати на механізми регуляції мікроциркуляції. Застосування препаратів мелатоніну у фітнеслайтерів з високими значеннями показника

мікроциркуляції призводить до компенсаторного зростання ефективності регуляції кровотоку в системі мікроциркуляції за рахунок переважання активних механізмів регуляції. Включення препаратів мелатоніну в періоді тренувального процесу з метою посилення адаптивних механізмів організму доцільне у спортсменів з високим рівнем перфузії одиниці об'єму м'язової тканини за одиницю часу.

Ключові слова: мелатонін, аеробний фітнес, мікроциркуляція, величина перфузії.

THE EFFECT OF MELATONIN ON MICROCIRCULATION DURING SYSTEMATIC FITNESS EXERCISE

Belykova M. V., Rozova K. V., Vashchenko N. M.

Abstract. A study was conducted on the features of blood microcirculation during fitness training, as well as possible ways of influencing the effectiveness of microcirculation restructuring, in particular with the help of food additives that play the role of physiologically and biologically active substances, such as melatonin.

The aim of the study – to investigate the mechanisms of the influence of the dietary supplement melatonin on the state of blood microcirculation in the muscles of young men during systematic fitness training.

Object and research methods. Blood microcirculation was studied in the subjects using laser Dopplerography using the BLF 21 analyzer. The following parameters were recorded: microcirculation parameter, i.e. the amount of perfusion per unit of tissue volume per unit of time, median – the arithmetic mean value of the microcirculation indicator, the standard deviation – σ of the amplitude of blood flow fluctuations from the arithmetic mean value, the coefficient of variation is equal to the product of $K - \sigma / M$ multiplied by 100% and the Fluxmotion Index.

Results and discussion. The assessment of the average value of perfusion of a unit volume of muscle tissue per unit time revealed that the examined individuals, regardless of whether they were engaged in fitness or not, should be divided into 2 subgroups: in men of the first subgroup, the value of muscle perfusion was almost half as low as this indicator in the second subgroup. It was found that in both subgroups, people who regularly engaged in aerobic fitness, this indicator was higher than in young people who did not engage in sports. Such results are evidence that fitness classes lead to an intensification of blood flow per unit volume of muscle tissue, that is, they contribute to improving the supply of oxygen to tissues in fitness athletes. It was found that the use of melatonin equalized the perfusion value of a unit volume of muscle tissue per unit time in fitness athletes with different initial levels of muscle perfusion.

Conclusions. Regardless of their sports activities, young men are divided into those with high or low levels of perfusion per unit volume of muscle tissue per unit time, i.e. different microcirculation efficiency. Regular aerobic fitness classes can influence the mechanisms of microcirculation regulation. The use of melatonin preparations in fitness athletes with high values of the microcirculation index leads to a compensatory increase in the efficiency of blood flow regulation in the microcirculation system due to the predominance of active regulatory mechanisms. The inclusion of melatonin preparations during the training process in order to enhance the adaptive mechanisms of the body is advisable for athletes with a high level of perfusion of a unit volume of muscle tissue per unit time.

Key words: melatonin, aerobic fitness, microcirculation, perfusion value.

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

Belykova M. V.: <https://orcid.org/0000-0002-8010-105X>^{ABDE}

Rozova K. V.: <https://orcid.org/0000-0002-6266-4617>^{ACF}

Vashchenko N. M.: <https://orcid.org/0009-0008-0334-8236>^B

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Belykova Maria Viktorivna / Бєлікова Марія Вікторівна

National Physical Education and Sports University of Ukraine / Національний університет фізичного виховання і спорту України

Ukraine, 02000, Kyiv, 1 Fizkultury str. / Адреса: Україна, 02000, м. Київ, вул. Фізкультури 1

Tel.: 0688948587 / Тел.: 0688948587

E-mail: belikova.maria@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 24.04.2025 / Стаття надійшла 24.04.2025 року
Accepted 15.08.2025 / Стаття прийнята до друку 15.08.2025 року