

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ
СПОРТУ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СОСНОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК: 796.015.6:612.014.43+613.12.(23.02)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ СПОРТСМЕНІВ ДО
ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ СЕРЕДНЬОГІР'Я**

091 – біологія

09 – біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В. В. Сосновський

Науковий керівник: Пастухова Вікторія Анатоліївна, доктор медичних наук,
професор

КИЇВ – 2019

Сосновський В.В. Індивідуальні особливості адаптації спортсменів до фізичних навантажень в умовах середньогір'я. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія. – Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, 2019.

Висока ефективність гірської підготовки як засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних з проявом витривалості спортсменів, доведена багатьма дослідниками, які працюють в галузі спортивної фізіології. Однак значно менше робіт присвячені підготовці спортсменів у гірських умовах, у спортивній діяльності яких витривалість не є визначальним чинником, а фізична активність забезпечується переважно анаеробними механізмами. Недостатньо уваги звертається на дослідження індивідуальних особливостей адаптації організму спортсменів до умов гіпоксії, пов'язаних, зокрема, з типом центральної нервової системи і вегетативного гомеостазу.

У зв'язку з цим, метою дисертаційної роботи було визначити індивідуальні особливості адаптації до гіпоксії спортсменів в умовах напруженої м'язової діяльності анаеробного енергозабезпечення.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

1. Дослідити індивідуальні адаптаційні процеси за станом регуляторних систем організму спортсменів до умов середньогір'я в залежності від особливостей вегетативної регуляції.

2. Встановити особливості індивідуальних компенсаторно-приспосувальних реакцій адаптації функціональних систем і механізмів регуляції організму спортсменів після перебування в умовах середньогір'я.

3. Провести порівняльний аналіз функціональних можливостей організму у спортсменів після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і на рівні моря.

4. Розробити практичні рекомендації з оцінювання поточного функціонального стану організму у спортсменів у спокої, при функціональних навантаженнях і дії факторів зовнішнього середовища на основі структурно-лінгвістичного, спектрального та кластерного аналізу варіабельності серцевого ритму.

Об'єкт дослідження – впливи гіпобаричної гіпоксії в умовах інтенсивної м'язової діяльності на функціональний стан і фізичну працездатність спортсменів, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення.

Предмет дослідження – індивідуальні особливості впливів адаптації до гіпоксії в умовах інтенсивної м'язової діяльності на фізичний стан і працездатність спортсменів з різним типом вегетативного гомеостазу, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення.

Методи дослідження: аналіз спеціальної науково-методичної літератури; ритмокардіографія; спірографія, газоаналіз, функціональні проби (активна ортостатична проба, велоергометрія), антропометрія, динамометрія, комплексні педагогічні тесті для визначення рівня фізичної підготовленості, розвитку рухових якостей, математичний і структурно-лінгвістичний аналіз варіабельності серцевого ритму; методи математичної статистики.

За результатами дослідження показано, що всі обстежені спортсмени в початковий період адаптації до умов середньогір'я на підставі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму були розділені на дві групи. До першої групи ввійшли спортсмени з високими значеннями показників варіабельності серцевого ритму, що свідчить про підвищену напруженість регуляторних процесів в організмі в спокої і перенапруження під час функціональних навантажень та перевагу у вегетативному балансі симпатичних впливів. До другої – спортсмени, у яких межі показників лежать у діапазоні помірної напруженості регуляторних процесів і збалансованості симпатичних і парасимпатичних впливів або переваги

парасимпатичних. У спортсменів першої групи реєстрували достовірно ($p < 0,01$) більш високі значення індексу напруження (ІН), показників адекватності (ПАПР) і активності (ПАРС) процесов регуляції, що свідчить про підвищену напруженість регуляторних процесів в організмі. Високі значення індексу вегетативної рівноваги (ІВР), вегетативного показника ритму (ВПР), співвідношення потужностей низькочастотних та високочастотних хвиль (LF/HF) вказують на перевагу у вегетативному балансі у даних спортсменів симпатичних впливів. У спортсменів другої групи спостерігається баланс симпатичних і парасимпатичних впливів і помірне напруження регуляторних систем організму. Спортсмени першої групи становили меншість (41,7%), другої - більшість (58,3%).

У початкову фазу адаптації до умов середньогір'я визначено факторну структуру функціональних станів спортсменів у стані відносного спокою і під час навантажень. В цілому по групі найбільший внесок робив фактор централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів. На другому місці - фактор вагусних впливів, на третьому - фактор повільних хвиль або адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, на четвертому - фактор нестійких станів, що відображає рівень активності регуляторних систем організму, який включається при нездатності інших ланок регуляторної системи утримати організм устійкому функціональному стані, на п'ятому - фактор активності гуморального каналу. У спортсменів першої групи вищі внески факторів нестійких станів і централізації регуляторних механізмів, значно знижений внесок чинника адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. У спортсменів другої групи структура і співвідношення ваги факторів, що описують варіабельність серцевого ритму, мало відрізняється від даних для спільної групи.

На 10-12 добу перебування в умовах середньогір'я при збереженні переваги симпатичних впливів спостерігалась тенденція до нормалізації вегетативного балансу у спортсменів першої групи і зсув вегетативного

балансу в область переваги парасимпатичних впливів у спортсменів другої. Про це свідчать показники LF/HF, які у спортсменів першої групи знизилися від 1,58 до 1,17, а у другої групи стали менше одиниці. Крім того, відзначалась тенденція до зниження напруження функціонування регуляторних систем. ІН на 12 добу перебування в середньогір'ї знизився в цілому по групі з $179 \pm 27,1$ до $162 \pm 20,9$. Однак у спортсменів першої групи все ще відзначалась висока напруженість адаптаційних процесів (ІН = $265 \pm 85,3$). У той же час збереглася на 12 день перебування в горах висока вага факторів централізації регуляторних механізмів та активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, що вказували на неповну завершеність адаптації до хронічної гіпоксії.

Після повернення з гір було проведено порівняння фізичного стану спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я, і спортсменів, які тренувалися на рівні моря. У спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, і у спортсменів першої групи у спокої і при проведенні активної ортопроби спостерігалось дещо більше напруження регуляторних систем організму, ніж у спортсменів другої групи. На це вказують достовірно ($p < 0,05$) більш високі значення ІН. Більше напруження функціональних систем даних спортсменів може бути обумовлене надмірною активацією симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи, що підтверджують високі значення АМо і LF, а також достовірно ($p < 0,05$) більш високі потужності надвисокочастотної компоненти (VHF) у спектрі варіабельності серцевого ритму. Крім того, фактор нестійких станів у цих спортсменів грає певну роль у формуванні реакції на навантаження, в той час як у спортсменів другої групи після тренувань у горах цей фактор відсутній.

Також за допомогою тестування було показано, що найбільш значущі позитивні зміни рівня фізичної підготовленості після навчально-тренувального збору в горах спостерігалися у спортсменів другої основної групи, у яких адаптація до гіпоксії супроводжувалася меншим напруженням регуляторних механізмів. Про це свідчило достовірно значуще ($p < 0,001$) підвищення у

спортсменів даної групи такого інтегрального показника, як рівень фізичної підготовленості з $3,03 \pm 0,21$ балів до $4,01 \pm 0,54$ балів, що відповідає рівню вищому за середній. У спортсменів першої основної групи рівень фізичної підготовленості оцінений в $3,35 \pm 0,26$ балів, що також достовірно ($p < 0,05$) вище за початковий ($2,98 \pm 0,31$ балів) і відповідає середньому рівню. У контрольній групі спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, в середньому по групі рівень фізичної підготовленості становить $3,49 \pm 0,42$ балів, що відповідає середньому рівню і трохи вищий за початковий рівень ($3,20 \pm 0,24$ балів).

Показано, що проведення навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я є ефективним засобом підвищення фізичної працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на середні дистанції. Після повернення з гір у спортсменів відзначалося зменшення кисневої вартості роботи внаслідок зниження кисневого запиту на роботу і кисневого боргу, що свідчило про підвищення економічності реакції організму спортсменів на фізичне навантаження. Зросла потужність анаеробних процесів і в той же час знизилася аеробних. Потужність анаеробних процесів у спортсменів стала вище, ніж аеробних, що відповідало їх спеціалізації бігунів на середні дистанції. Зниження відносного внеску аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму, на думку ряду авторів, підвищує стійкість спортсменів обох груп до гіпоксії, також і до гіпоксії навантаження, що є підтвердженням ефективності гірської підготовки. При цьому ефект гірської підготовки посилювався на 24-25 добу після повернення з гір.

У наших дослідженнях було показано, що не для всіх спортсменів адаптаційні впливи гірського тренування однаково ефективні. Найбільш значущі позитивні зміни рівня фізичної працездатності після навчально-тренувального збору в горах спостерігалися у спортсменів, у яких адаптація до умов середньогір'я супроводжувалася помірним напруженням регуляторних механізмів і переважав ваготонічеській тип вегетативного гомеостазу. Ці дані добре узгоджуються з думкою ряду інших авторів, які відмінності у реакціях на

гіпоксію пояснюють індивідуальними особливостями організму спортсменів: генетичною схильністю до сприятливої реакції на гіпоксію, типом центральної і автономною частиною периферичної нервових систем, а також раціонально або нераціонально спланованою гірської підготовкою. У зв'язку з цим важливе значення для підвищення ефективності гірської підготовки і планування оптимального тренувального процесу в умовах середньогір'я набуває попередній поділ спортсменів на групи з високим і низьким рівнем реакції на гіпоксію.

Таким чином, одержані в роботі дані дають підстави стверджувати, що у спортсменів, у яких у початковому вегетативному балансі переважали парасимпатичні впливи, адаптація до гірських умов проходила успішно на тлі помірного напруження регуляторних систем організму і призводила до позитивних ефектів, а саме поліпшення функціонального стану спортсменів, посилення у вегетативному балансі вагусних впливів, підвищення фізичної працездатності і стійкості до функціональних навантажень. Менш ефективна гірська підготовка для спортсменів з високим початковим тонусом симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи, у яких протягом усього перебування в гірських умовах спостерігався підвищене напруження адаптаційних механізмів.

Ключові слова: бігуни на середні дистанції, адаптація, гірська підготовка, гіпоксія, ритмокардіографія, регуляторні системи, вегетативний гомеостаз, функціональний стан, фізична працездатність, фізична підготовленість.

ANNOTATION

Sosnovsky V. V. Individual peculiarities of adaptation of athletes to physical activity in the conditions of middle mountains. – Qualifying scientific work under the manuscript rights.

Dissertation to obtain the scientific level of the Doctor of Philosophy under the specialty 091 – Biology. – National University of Physical Education and Sports of Ukraine, Kyiv, 2019.

High efficiency of mountain training as a means of increasing the functionality of athletes and sporting results in all sports related to the manifestation of endurance athletes, proved by many researchers working in the field of sports physiology. However, much less work is devoted to the training of athletes in mountainous conditions, in sports activities of which endurance is not a determining factor, and physical activity is provided mainly by anaerobic mechanisms. Insufficient attention is paid to the study of individual characteristics of the adaptation of the body of athletes to hypoxic conditions associated, in particular, with the type of central nervous system and vegetative homeostasis.

In this regard, the purpose of the dissertation was to determine the individual characteristics and the effectiveness of adaptation to hypoxia in conditions of intense muscular activity of athletes who specialize in sports with mainly mechanisms of anaerobic energy supply.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

1. To analyze and generalize the literature data on the effects of hypoxia on the human body in conditions of intense muscular activity.
2. To investigate the changes of the functional state of the organism of athletes in conditions of middle mountains depending on individual characteristics of vegetative regulation.
3. To determine the effectiveness of adaptation to hypoxia based on the assessment of physical fitness of athletes after staying in the mountains.
4. To conduct a comparative analysis of the functional state and physical fitness of the body to athletes after training sessions in mid-mountains and at sea level.

5. To develop practical recommendations for assessing the flow of the functional state of the body to athletes at rest, with functional loads and the effects of environmental factors on the basis of structural-linguistic, spectral and cluster analysis of cardiac rhythm variability.

The object of the study is the effects of hypobaric hypoxia in conditions of intense muscular activity on the functional state and physical fitness of an athlete who specialize in sports with predominantly anaerobic energy supply mechanisms.

Subject of research - individual features of the effects of adaptation to hypoxia in conditions of intense muscular activity on the physical condition and performance of athletes with different types of vegetative homeostasis, specializing in sports with mainly mechanisms of anaerobic energy supply.

Methods of research: analysis of special scientific and methodical literature; rhythmocardiography; spirometry, gas analysis, functional tests (active orthostatic test, veloergometry), anthropometry, dynamometry, complex pedagogical tests for determining the level of physical fitness, development of motor qualities, mathematical and structural-linguistic analysis of cardiac rhythm variability; methods of mathematical statistics.

According to the results of the study, it was shown that all surveyed athletes in the initial period of adaptation to the conditions of the middle mountains were divided into two groups based on the analysis of the characteristics of the heart rate variability.

The first group included athletes with high values of indicators of heart rate variability, indicating an increased tension of regulatory processes in the body at rest and strain during functional loads and the advantage in the autonomic balance of sympathetic influences. The second - athletes, in which the boundaries of indicators lie in the range of moderate tension regulatory processes and the balance of sympathetic and parasympathetic influences or the benefits of parasympathetic. Athletes of the first group recorded significantly ($p < 0.01$) higher values of the stress index (IS), adequacy parameters (PAPR) and activity (PARS) of the regulatory processes, which indicates an increased tension of regulatory processes in the body. The high values of the autonomic equilibrium index (IVR), the vegetative rhythm

index (RPM), the ratio of power of low-frequency and high-frequency waves (LF/HF) indicate the superiority in the autonomic balance of these athletes with sympathetic effects. The athletes of the first group were a minority (41.7%), the second - the majority (58.3%).

In the initial phase of adaptation to the conditions of the middle mountains, the factor structure of the functional states of the athletes in a condition of relative rest and during loads is determined. In general, in the group, the main factor contributed to the centralization of regulatory mechanisms and sympathetic influences. The second one is the factor of vagal influences, on the third one - the factor of slow waves or adaptive mechanisms of the cardiovascular system, on the fourth - the factor of unstable states, which reflects the level of activity of the regulatory systems of the body, which is included in the inability of other parts of the regulatory system to keep the body stable in functional state, on the fifth - the activity factor of the humoral channel. In athletes of the first group, higher contributions of factors of unstable states and the centralization of regulatory mechanisms, the contribution of the factor of adaptation mechanisms of the cardiovascular system is significantly reduced. In athletes of the second group, the structure and ratio of specific gravity factors describing the variability of the heart rate, differ little from the data for the joint group.

At 10-12 days of stay in the middle mountains, while maintaining the benefits of sympathetic influences, the tendency toward the normalization of the vegetative balance in athletes of the first group and the shift of the autonomic balance to the region of the benefits of parasympathetic influences in athletes of the second one was observed. This is evidenced by the LF/HF figures, which dropped from 1.58 to 1.17 for athletes, while in the second group they became less than one. In addition, there was a tendency to decrease the tensions in the functioning of regulatory systems. IS for the 12th day of stay in the middle mountains decreased in general in the group from $179 \pm 27,1$ to $162 \pm 20,9$. However, athletes in the first group still noted high tension of adaptation processes ($IS = 265 \pm 85.3$). At the same time preserved for 12 days staying in the mountains, the high weight of the factors of centralization of regulatory mechanisms and activity of the adaptation mechanisms of the

cardiovascular system, indicating on incomplete completeness of adaptation to chronic hypoxia.

Upon returning from the mountains, a comparison was made between the physical state of the observation that took place in the training college in the middle of the highlands, and sportsmen who trained at sea level. Athletes who conducted a training session at the sea level, and athletes of the first group alone and during the active orthopedic examination, there was somewhat more intense control of the body's regulatory systems than athletes of the second group. This indicates a significant ($p < 0.05$) higher values of IS. More tension of the functional data systems of athletes may be due to excessive activation of the sympathetic department of the autonomic nervous system, confirming high AMO and LF, as well as significantly ($p < 0.05$) higher high-frequency component (VHF) power in the range of heart rate variability. In addition, the factor of unstable states in these athletes plays a role in shaping the reaction to the load, while athletes in the second group after training in the mountains this factor is absent. Also, with the help of testing, it was shown that the most significant positive changes in the level of physical fitness after the training training in the mountains were observed in athletes of the second main group, in which adaptation to hypoxia was accompanied by less tense regulatory mechanisms. This showed a significant increase ($p < 0.001$) in athletes of this group of such an integral indicator as the level of physical fitness from 3.03 ± 0.21 points to 4.01 ± 0.54 points, which corresponds to a level higher than the average. In sportsmen of the first main group, the level of physical fitness was estimated at 3.35 ± 0.26 points, which is also significantly ($p < 0.05$) higher than the initial one (2.98 ± 0.31 points) and corresponds to the average level. In the control group of athletes who conducted the training at the sea level, the average level of physical fitness in the group is 3.49 ± 0.42 points, which corresponds to the average level and slightly higher than the initial level (3.20 ± 0.24 points).

It is shown that conducting of training-training collections in the middle of the highlands is an effective means for improving the physical efficiency of athletes who specialize in running on medium distances. Upon returning from the mountains

athletes, there was a decrease in the oxygen cost of work due to a decrease in oxygen demand for work and oxygen debt, which indicated an increase in the efficiency of the reaction of the body of athletes to physical activity.

The capacity of anaerobic processes has increased and at the same time the aerobic ones have decreased. The power of anaerobic processes in athletes has become higher than aerobic ones, which corresponded to their specialization of runners in middle distance. According to several authors, the reduction of the relative contribution of aerobic metabolism to the general system of energy supply of the organism increases the stability of both groups of athletes to hypoxia, as well as to the hypoxia of the load, which is a confirmation of the efficiency of mountain training. At the same time, the effect of mountain training intensified for 24-25 days after returning from the mountains.

In our studies, it has been shown that not all athletes adapt to the effects of mountain training equally effective. The most significant positive changes in the level of physical performance after training sessions in the mountains were observed in athletes, in which adaptation to the conditions of the middle mountains was accompanied by moderate tension of regulatory mechanisms and predominant vagotonic type of autonomic homeostasis. These data are in good agreement with the opinion of a number of other authors, which explain the differences in the reactions to hypoxia by the individual characteristics of the body of athletes: the genetic predisposition to a favorable response to hypoxia, the type of central and autonomic nervous systems, as well as rationally or irrationally planned mountain training. In this regard, the importance of increasing the effectiveness of mountain training and planning the optimal training process in the middle of the mountains acquires the previous division of athletes into groups with high and low levels of reaction to hypoxia.

Thus, the data obtained in the work give grounds to assert that athletes who had parasympathetic influences in the initial autonomic balance, adaptation to the mountain conditions was successful against the backdrop of moderate tension of the regulatory systems of the body and led to positive effects, namely, the improvement

of the functional state of athletes , increase in the vegetative balance of vagal influences, increase of physical efficiency and resistance to functional loads.

Less effective mountain training for athletes with high initial tone of the sympathetic department of the autonomic nervous system, in which during the whole stay in mountainous conditions there was an increased stress in adaptive mechanisms.

Key words: runners in middle distances, adaptation, mountain training, hypoxia, rhythmocardiography, regulatory systems, autonomic homeostasis, functional state, physical fitness, physical fitness.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Адаптація організму людини до гіпоксії. *Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки»*. Черкаси, 2017. №1. С. 97-106.

2. Ilyin V.N., Filippov M.M., Pastukhova V.A., Sosnovskiy V.V. Training of the athletes with use of hypoxic conditions. *Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки»*. Черкаси, 2017. № 2. С. 11-26.

3. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Пастухова В.А., Портниченко В.И., Сосновский В.В. Гипоксическая тренировка в системе подготовки спортсменов. *Патология, реабилитация, адаптация*. Київ, 2017. Т. 15, № 2. С. 60-72.

4. Имас Е.В., Ильин В.Н., Пастухова В.А., Сосновский В.В. Характеристика физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья. *Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки»*. Черкаси, 2018. № 1. С. 46-53.
<http://dx.doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-1-46-53>.

5. Сосновский В.В. Оцінка ефективності гірської підготовки як засобу підвищення рівня фізичної підготовленості бігунів на середні дистанції. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. Київ, 2018. № 4. С. 14-18.

6. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Ільїн В.М. Характеристики функціональних станів регуляторних систем організму у бігунів на середні дистанції при довгостроковій адаптації до умов середньогір'я. *Фізіологічний журнал*. Київ, 2018. Т. 64, № 6. С. 56-63.

7. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Філіппов М.М., Ільїн В.М. Аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму у спортсменів під час початкової адаптації до умов гірської гіпоксії. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. Budapest, 2018. VI(22), Issue: 186. P. 42-44. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-11>

8. Sosnovsky VV, Pastukhova VA, Pornichenko VI, Filippov MM, Ilyin VM. Effects of medium-height mountain training on the functional abilities and physical fitness of mid-distance runners. *Journal of Physical Education and Sport, JPES*. 2019, 19(4), Art 360, P. 2379-2383. doi:10.7752/jpes.2019.04360

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Сосновський В.В. Гіпоксичне тренування в гірських і штучних умовах: основні чинники, адаптаційні реакції, методи і стратегії застосування в спорті. Матеріали X Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (24-25 травня 2017 р.) Київ, 2017. С. 371-373.

10. Філіппов М.М., Сосновський В.В. Порівняння інформативності різних методів фізичної працездатності спортсменів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання, здоров'я і підготовки майбутніх спеціалістів фізичного виховання і спорту» (23-24 березня 2017 р.). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 15. Київ, 2017. С. 482-485.

11. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Оцінка ефективності гірського тренування спортсменів, що спеціалізуються в швидкісно-силових видах

спорту. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання, здоров'я і підготовки майбутніх спеціалістів фізичного виховання і спорту» (23-24 березня 2017 р.). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 15. Київ, 2017. С. 451-455.

12. Сосновський В.В. Зміни функціонального стану організму кваліфікованих спортсменів в умовах середньогір'я та після повернення на рівень моря. Матеріали XI Міжнародної конференції молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (10-12 квітня 2018 р.). Київ, 2017. С. 254-256.

13. Сосновский В.В. Оценка эффективности адаптивного влияния горной тренировки на функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов с разным типом вегетативного гомеостаза. Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (31 травня 2017 р.). ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди». Переяслів-Хмельницький, 2017. С. 12-17.

14. Сосновский В.В. Изменения сердечного ритма в условиях интенсивной мышечной деятельности на 2-3 сутки пребывания в горах на высоте 2100 м. Збірник научних трудов «Актуальные научные исследования в современном мире». Выпуск 5(25), Часть 9. Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 58-61.

15. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Вплив гіпоксії на функціональний стан регуляторних систем організму спортсменів, які спеціалізуються в легкоатлетичному спринті. Матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції «Перспективи, проблеми та наявні здобутки розвитку фізичної культури і спорту в Україні» (29-30 січня 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 216-221.

16. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Індивідуальні особливості адаптації до гірського клімату спортсменів, що спеціалізуються у бігу на

середні дистанції. Матеріали I Всеукраїнської електронної науково-практичної конференції з міжнародною участю *«Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти»* (17 травня 2018 р.). Київ, 2018. С. 242-244.

17. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Філіппов М.М., Ільїн В.М. Фактори, що визначають фізичну працездатність легкоатлетів-середньовиків після тренувальних зборів в горах. Матеріали XX з'їзду Українського фізіологічного товариства ім. П.Г. Костюка з міжнародною участю, присвяченого 95-річчю від дня народження П.Г. Костюка (27-30 травня 2019 р.). Київ, 2019. *Фізіологічний журнал*, 2019. Т. 65, № 3 (Додаток). С. 24-25.

18. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Пастухова В.А., Портниченко В.И., Сосновский В.В. Влияние пребывания в среднегорье на функциональные возможности и физическую подготовленность бегунов на средние дистанции. Материалы XIII Международной научно-практической конференции *«Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды»* [Электронный ресурс]: (10-12 октября 2019 г.). Гомель, 2019. С. 251-255.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	20
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ГІПОКСІЇ І ЇХ РОЛІ У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ (огляд літератури).....	30
1.1. Теоретичні передумови аналізу процесу адаптації в умовах напруженої м'язової діяльності у спорті.....	30
1.2 Вплив чинників гірського клімату на організм людини.....	33
1.2.1 Класифікація зон і природні чинники гірського клімату.....	33
1.2.2 Адаптація організму до нестачі кисню.....	34
1.3 Гіпоксія і спорт.....	45
1.3.1 Проблема адаптації спортсменів в горах.....	46
1.3.2 Роль гіпоксії в системі підготовки спортсменів.....	57
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	64
2.1 Методи досліджень.....	64
2.1.1 Аналіз наукової і науково-методичної літератури.....	64
2.1.2 Ритмокардіографічне дослідження.....	65
2.1.3 Активна ортостатична проба.....	68
2.1.4. Газоаналітичні методи оцінки фізичної працездатності	69
2.1.5 Антропометрія, динамометрія	70
2.1.6 Тести для визначення рівня фізичної підготовленості.....	70
2.1.7 Математична обробка результатів.....	70
2.2 Організація досліджень.....	71
РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ У СПОРТСМЕНІВ В УМОВАХ СЕРЕДНЬОГІР'Я.....	73
3.1 Особливості функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів на 2-3 добу перебування в умовах	

середньогір'я.....	73
3.1.1 Класифікація кардіоритмограм за показниками одновимірного розподілу ритму серця у стані спокою і при проведенні активної ортопроби.....	74
3.1.2 Класифікація кардіоритмограм за хвильовою структурою ритму серця у стані спокою і при проведенні активної ортопроби.....	80
3.1.3 Структурно-лінгвістичний підхід до класифікації кардіоритмограм у стані спокою і при проведенні активної ортопроби.....	87
3.1.4 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів при проведенні активної ортопроби.....	92
3.1.5 Фактори, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів на 2-3 добу перебування в умовах середньогір'я.....	94
3.2 Особливості функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.....	97
3.2.1 Статистичні та спектральні характеристики серцевого ритму у спортсменів у стані спокою.....	97
3.2.2 Структурно-лінгвістичний підхід до класифікації кардіоритмограм у стані спокою і при проведенні активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.....	101
3.2.3 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів під час проведення активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.....	104
3.2.4 Фактори, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.....	106
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ І ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У СПОРТСМЕНІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ В УМОВАХ РІВНИНИ ПІСЛЯ ПЕРЕБУВАННЯ В	

	19
ГОРАХ.....	110
4.1 Статистичні та спектральні характеристики серцевого ритму у спортсменів у стані відносного спокою.....	110
4.2 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів під час проведення активної ортопробу після навчально-тренувальних зборів у горах і на рівні моря.....	113
4.3 Характеристика фізичної працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на середні дистанції, після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я.....	115
РОЗДІЛ 5 ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ У СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ НАВЧАЛЬНО-ТРЕНУВАЛЬНИХ ЗБОРІВ В УМОВАХ СЕРЕДНЬОГІР'Я І НА РІВНІ МОРЯ.....	123
РОЗДІЛ 6 АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	127
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	141
ВИСНОВКИ.....	143
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	146
ДОДАТКИ.....	170

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АМо	відн. од.	амплітуда моди
АТ	-	активна ортостатична проба
ВІР	відн. од.	вегетативний показник ритму
ВСР	відн. од.	варіабельність серцевого ритму
ГЛЖ	-	гіпертрофія лівого шлуночка
ІВР	відн. од.	індекс вегетативної рівноваги
ІН	відн. од.	індекс напруження
КРГ	-	кардіоритмограма
Са-вузол	-	сино-атріальний вузол
МСК	л/хв	максимальне споживання кисню
ПАПР	відн. од.	показник адекватності процесів регуляції
ПАРС	відн. од.	показник активності регуляторних систем
СВ	-	стан виснаження регуляторних систем
СОН	-	стан оптимального напруження регуляторних систем
СП	-	стан перенапруження регуляторних систем
СФН	-	стан функціональної напруження регуляторних систем
ЧСС	уд.хв ⁻¹	частота серцевих скорочень
CV	%	коефіцієнт варіації
F	Гц	середньозважена частота спектра серцевих скорочень
f _{m1}	Гц	частота повільних хвиль першого порядку
f _{m2}	Гц	частота повільних хвиль другого порядку
f _b	Гц	частота швидких дихальних хвиль
f _f	Гц	частота дуже швидких хвиль
HF	мс ² /Гц	потужність високочастотних коливань серцевого ритму в діапазоні частот 0,15-0,40 Гц
HF%	%	частка високочастотних коливань у спектральній

		структурі варіабельності серцевого ритму
Hfnu,	відн. од.	нормована потужність високочастотних коливань
K0	відн. од.	кількість зрушень до першого негативного значення коефіцієнта кореляції
K0,3	відн. од.	кількість зрушень до значення коефіцієнта кореляції, рівного 0,3
K1	відн. од.	коефіцієнт кореляції після першого зрушення досліджуваного динамічного ряду
LF	мс ² /Гц	потужність низькочастотних коливань серцевого ритму в діапазоні частот 0,04-0,15 Гц
LF%	%	частка низькочастотних коливань у спектральній структурі варіабельності серцевого ритму
Lfnu	відн. од.	нормована потужність низькочастотних коливань
LF/HF	-	співвідношення потужності низькочастотних коливань до потужності високочастотних
Mo	мс	мода
N	-	кількість кардіоінтервалів
PNN50	%	відсоток послідовних кардіоінтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс
R-R	мс	часовий проміжок скорочень серця
RRNN	мс	математичне очікування динамічного ряду кардіоінтервалів
So	відн. од.	амплітуда спектра ритмограми на нульовій частоті
Sbmax	відн. од.	амплітуда швидких (дихальних) хвиль
Sfmax	відн. од.	амплітуда дуже швидких хвиль
Sm _{2ma}	відн. од.	амплітуда повільних хвиль другого порядку
Sm _{1max}	відн. од.	амплітуда повільних хвиль першого порядку
SVLF	відн. од.	амплітуда дуже повільних хвиль
SDNN	мс	стандартне відхилення величин нормальних

		кардіоінтервалів
TP _{0-0,40}	мс ² /Гц	загальна потужність спектра в діапазоні від 0,003 Гц до 0.40 Гц
VHF	мс ² /Гц	потужність надвисокочастотних коливань серцевого ритму в діапазоні частот 0,40-1,00 Гц
VLF	мс ² /Гц	потужність наднизькочастотних коливань серцевого ритму в діапазоні частот 0,003-0,04 Гц
VLF%	%	частка наднизькочастотних коливань у спектральній структурі варіабельності серцевого ритму
ΔR-R	С	варіаційний розмах

ВСТУП

Актуальність. Сучасний спорт є моделлю діяльності людини, при якій рівень функціонування систем його організму знаходиться в зоні граничних напружень і тому виникає необхідність у застосуванні додаткових методів і засобів, що розширюють функціональні можливості організму [20-23, 78].

Показано, що успішна побудова сучасних тренувальних програм, в тому числі і з застосуванням неспецифічних засобів і умов, може бути забезпечена тільки при врахуванні загально біологічних закономірностей адаптації та індивідуального підходу до розвитку різних сторін фізіологічних функцій, відповідного особливостям конкретного спортсмена [78, 121, 204].

Високий рівень функціональної підготовленості до конкретного виду спортивної діяльності не обов'язково супроводжується високим рівнем розвитку всіх факторів працездатності. Для цього потрібно таке співвідношення розвитку різних фізичних якостей, яке є оптимальним для даної спортивної спеціалізації з урахуванням індивідуальності спортсмена. Тому принципово важливим є якомога більш повне розуміння факторів і механізмів розвитку високої працездатності спортсменів [81, 88].

Найбільш часто в якості найважливіших факторів виділяють такі властивості як показники потужності функцій, їх економізація та ефективна мобілізація. У деяких випадках виділяють тільки два головних механізми збільшення працездатності: розширення меж показників функцій різних систем організму і ступеня їх координації, зокрема моторно-вісцеральних взаємодій. Підкреслюється, що саме узгодженість діяльності рухового апарату і вісцеральних систем відіграє ключову роль в процесі довгострокової адаптації до факторів зовнішнього середовища, що постійно змінюються і, зокрема, до інтенсивної м'язової діяльності різного характеру [89, 191].

Відповідно таким уявленням процес адаптації до навантаження кваліфікованих спортсменів полягає в удосконаленні та налаштуванні

фізіологічних механізмів регуляції для підвищення здатності використання функціональних резервів організму. Виходячи з таких позицій, фізіологічну сутність адаптації можна узагальнено охарактеризувати як досягнення такого рівня стану організму, який характеризується удосконаленням механізмів регуляції, збільшенням на цій підставі фізіологічних резервів і готовності до їх мобілізації [123, 125].

При такій спрямованості аналізу регуляторних механізмів адаптації увага акцентується на чутливості і стійкості реакцій організму до зрушень внутрішнього середовища (гомеостатична регуляція) і зовнішніх факторів (наприклад, функціональні проби). При цьому оцінка адаптації до фізичного навантаження концентрується на напруженості і виразності таких реакцій.

Висока ефективність гірської підготовки як засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості спортсменів та аеробним енергозабезпеченням м'язової діяльності, доведена багатьма дослідниками, які працюють в області спортивної фізіології [83, 134, 138, 190, 200]. Менше робіт присвячені підготовці спортсменів у гірських умовах, у спортивній діяльності яких витривалість не є визначальним чинником, а фізична активність забезпечується переважно анаеробними механізмами (силові, швидко-силові, складнокоординаційні види спорту, єдиноборства) [15, 104, 146, 147, 165]. У той же час відомо, що спеціальна витривалість спортсменів по сутності і компонентам своїх проявів суттєво залежить від виду спорту та механізмів енергозабезпечення. У цьому зв'язку є актуальним обґрунтування чіткої регламентації з розвитку у спортсменів, які спеціалізуються в конкретній дисципліні, механізмів різних джерел енергозабезпечення [78, 86]. Обумовленість і цільова спрямованість використання різних тренувальних і позатренувальних засобів стає більш зрозумілою при узгодженні їх з характерними рисами змагальної діяльності в конкретному виді спорту й з конкретної змагальної дистанції. Крім цього, неодмінною умовою сучасного підходу до добору засобів і методів розвитку

спеціальної витривалості є уявлення про їх функціональну спрямованість. Для реалізації такого підходу, орієнтованого на усе більш точну диференціацію й цільову спрямованість тренувального впливу, необхідні досить чіткі уявлення про рівень і особливості функціональних можливостей організму. Недостатньо уваги звертається на дослідження індивідуальних особливостей адаптації організму спортсменів до гіпоксичних умов, пов'язаних, зокрема, з типом центральної нервової системи (сукупність вроджених або набутих індивідуальних здатностей нервової системи) і вегетативним гомеостазом [43, 47, 49].

Наведені дані послужили підставою для проведення власних досліджень щодо визначення індивідуальних особливостей адаптації до умов середньогір'я спортсменів, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України у межах науково-дослідної роботи за темами № 2.10 «Ритмокардіографічні дослідження кваліфікованих спортсменів у різних видах спорту» (№ держ. реєстрації 0116U001610) і № 2.8 «Особливості соматичних, вісцеральних та сенсорних систем у кваліфікованих спортсменів на різних етапах підготовки» (№ держ. реєстрації 0116U001614).

Мета і завдання дослідження: визначити індивідуальні особливості адаптації до гіпоксії спортсменів в умовах напруженої м'язової діяльності анаеробного енергозабезпечення.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

1. Дослідити індивідуальні адаптаційні процеси за станом регуляторних систем організму спортсменів до умов середньогір'я в залежності від особливостей вегетативної регуляції.

2. Встановити особливості індивідуальних компенсаторно-приспосувальних реакцій адаптації функціональних систем і механізмів регуляції організму спортсменів після перебування в умовах середньогір'я.

3. Провести порівняльний аналіз функціональних можливостей організму у спортсменів після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я й на рівні моря.

4. Розробити практичні рекомендації з оцінювання поточного функціонального стану організму у спортсменів у спокої, при функціональних навантаженнях і дії факторів зовнішнього середовища на основі структурно-лінгвістичного, спектрального та кластерного аналізу варіабельності серцевого ритму.

Об'єкт дослідження – впливи гіпобаричної гіпоксії в умовах інтенсивної м'язової діяльності на функціональний стан і фізичну працездатність спортсменів, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення.

Предмет дослідження – індивідуальні особливості впливів адаптації до гіпоксії в умовах інтенсивної м'язової діяльності на фізичний стан і працездатність спортсменів з різним типом вегетативного гомеостазу, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення.

Методи дослідження: аналіз спеціальної науково-методичної літератури; ритмокардіографія; спірографія, газоаналіз, функціональні проби (активна ортостатична проба, велоергометрія), антропометрія, динамометрія, комплексні тести для визначення рівня фізичної підготовленості, розвитку рухових якостей, математичний і структурно-лінгвістичний аналіз варіабельності серцевого ритму; методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше: у спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення, проведена класифікація кардіоритмограм і функціональних станів організму, яка базується на

достовірному поділі математико-статистичних показників і спектрограм варіабельності серцевого ритму на нормальні й аномальні групи, що відповідають сприятливому й несприятливого перебігу адаптації до умов середньогір'я; виділені основні фактори нейрогуморальних, гуморально-метаболических і центральних впливів, що роблять визначальний внесок у стан механізмів регуляції серцево-судинної системи й всього організму в цілому в умовах рівнини й середньогір'я у спортсменів, які спеціалізуються в видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення; показані особливості індивідуальних компенсаторно-приспосувальних реакцій адаптації функціональних систем і механізмів регуляції організму спортсменів до фізичних навантажень в залежності від особливостей вегетативної регуляції в умовах зниження PO_2 і після перебування в умовах середньогір'я.

Підтверджено й доповнено дані про фізіологічні механізми розвитку й компенсації гіпоксії у процесі адаптації до м'язової діяльності; наявні уявлення про особливості нейрогуморальної й гуморально-метаболическої регуляції у спортсменів в умовах середньогір'я, а також про закономірності змін у них функціонального стану організму, що узгоджуються з теорією ультрастабільності і відкривають нові можливості для вивчення вегетативної реактивності й вегетативного забезпечення функціонування всього організму в цілому і окремих його систем у нормі та при різних впливах зовнішнього середовища; дані про зміни функціонального стану, рівня фізичної підготовленості та працездатності у спортсменів після перебування в гірських умовах і на рівні моря.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дані дозволять удосконалити тренувальний процес, зробити його більш раціональним і цілеспрямованим на підставі оперативної оцінки зміни функціонального стану регуляторних систем організму в умовах гіпобаричної гіпоксії і підтвердити доцільність використання тренувальних навантажень в умовах середньо- і низькогір'я, що підвищують аеробну й анаеробну продуктивність

організму і працездатність спортсменів. Запропоновано вдосконалений підхід до оцінки функціонального стану організму спортсмена, що дозволяє оперативно оцінювати індивідуальну стійкість спортсмена до гіпоксичних умов. Результати роботи впроваджені в навчальний процес кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України, у практику збірної команди України з легкої атлетики та у вигляді висновків і рекомендацій тренерам збірної України з легкоатлетичного спринту.

Особистий внесок здобувача у спільно опублікованих наукових працях полягав у визначенні напрямку дослідження, аналізі спеціальної літератури за темою дослідження, їх організації і проведенні, статистичному аналізі і інтерпретації отриманих результатів, підготовці матеріалів до друку.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на X Міжнародній конференції «Молодь та олімпійський рух» (Київ, 2017); VIII Міжнародній конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання» (Київ, 2017); наукової конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (Переяслав-Хмельницький, 2017); науково-методичній конференції «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі» (Переяслав-Хмельницький, 2017); Всеукраїнській електронній конференції «Перспективи, проблеми та наявні здобутки розвитку фізичної культури й спорту в Україні» (Вінниця, 2018); I Всеукраїнській електронній науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти» (Київ, 2018); XX з'їзді Українського фізіологічного товариства імені П.Г. Костюка з міжнародною участю (Київ, 2019); XIII Международной научно-практической конференции «Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды» (Гомель, 2019);

науково-методичних конференціях кафедри медико-біологічних дисциплін НУФВСУ (Київ, 2016 – 2019).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 18 наукових праць, серед яких 7 статей (6 статей надруковані у фахових виданнях, затверджених ВАК України за біологічним напрямом, 1 – у закордонному фаховому виданні) та 10 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Матеріали роботи викладено на 200 сторінках тексту комп'ютерного набору державною мовою. Вони складаються з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, практичних рекомендацій, висновків, списку використаних джерел літератури та додатків. Дисертація містить 16 таблиць і 13 рисунків. Список використаних джерел складається з 211 найменувань.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ
ЛЮДИНИ ДО ГІПОКСІЇ І ЇХ РОЛІ
У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ
(огляд літератури)

1.1 Теоретичні передумови аналізу процесу адаптації в умовах напруженої м'язової діяльності у спорті.

Як встановлено великою кількістю авторів, у результаті спортивної підготовки та постійної тренувальної дії гіпоксії навантаження в організмі спортсмена відбуваються різноманітні морфологічні та функціональні зміни, які визначають стан тренуваності спортсмена [52, 123, 124]. Спортивне тренування, як і інші види спортивної підготовки, має дві взаємозалежні сторони: перетворювальна, у процесі якої людина удосконалює й перетворює свою природу, розширює межі своїх можливостей; і пізнавальна, у якій спортсмен одержує суму знань, умінь і навичок, необхідних для досягнення високих спортивних показників і подальшої виробничої та суспільної діяльності [87, 133].

Підкреслюється, що сучасний спорт – модель діяльності людини, при якій рівень функціонування систем її організму перебуває в зоні граничних напружень і тому виникає необхідність у застосуванні додаткових методів і засобів, що розширюють функціональні можливості організму [23, 78, 189, 191].

У сучасній спортивній фізіології міцно закріпилися основні принципи підготовки спортсменів, що забезпечуються безперервністю тренувального процесу, яка характеризується наступними положеннями: а) спортивне тренування будується як багаторічний і цілорічний процес, усі ланки якого взаємозалежні, взаємообумовлені та підпорядковані завданню досягнення найвищого результату; б) вплив кожного наступного тренувального заняття, мікроциклу, етапу нашаровується на результати попередніх, закріплюючи й

розвиваючи їх; в) робота й відпочинок у спортивному тренуванні регламентуються так, щоб забезпечити оптимальний розвиток якостей і здатностей, що визначають рівень спортивної майстерності [67, 86, 98].

Прогрес у спорті в усьому світі обумовлений: 1 – різким приростом сумарних обсягів тренувальної роботи; 2 – різким збільшенням обсягу допоміжної й, особливо, спеціальної підготовки в загальному обсязі тренувальної роботи; 3 – збільшенням відсотка навантаження високої інтенсивності в загальному обсязі навантаження 4 – застосуванням нетрадиційних позатренувальних засобів, що підвищують працездатність людини [20, 67, 87, 98].

Збільшення обсягу навантажень високої інтенсивності забезпечує максимальний розвиток функціональної системи дихання, аеробних і анаеробних можливостей [87, 128, 141, 168], однак ця можливість у сучасному спорті вищих досягнень практично вичерпана.

В останній час стали використовуватися нетрадиційні засоби, що дозволяють повніше розкрити функціональні резерви організму, перевершити раніше доступні рівні прояву рухових якостей. Це досягається: 1) застосуванням тренажерів, що забезпечують поєднаний розвиток фізичних якостей і технічне вдосконалення; 2) створенням умов для застосування організаційних форм проведення тренування, що сприяють більш повному розвитку функціональних ресурсів, забезпеченню гострої конкуренції й психологічної напруженості в тренувальних заняттях; 3) використанням адаптації до гіпоксії та плануванням тренування в умовах середньогір'я [17, 47, 117, 119].

Одним з основних результатів спортивної підготовки є підвищення загальної фізичної та спеціальної працездатності спортсмена як основної умови досягнення вищих спортивних результатів. При цьому окремі якості й здатності, насамперед фізичні, можуть ефективніше розвиватися при використанні неспецифічних засобів і методів, що належать до загальної й допоміжної підготовки [21, 78, 86].

У той же час показано, що успішна побудова сучасних тренувальних програм, також із застосуванням неспецифічних засобів і умов, може бути забезпечена тільки при урахуванні загальнобіологічних закономірностей адаптації й індивідуального підходу до розвитку різних сторін фізіологічних функцій, що відповідає особливостям конкретного спортсмена [25, 47, 81, 101, 204].

Високий рівень функціональної підготовленості до конкретного виду спортивної діяльності не обов'язково супроводжується високим рівнем розвитку всіх факторів працездатності. Для цього потрібно таке співвідношення розвитку різних факторів працездатності, яке є оптимальним для даної спортивної спеціалізації при урахуванні індивідуальності спортсмена. Тому принципово важливим є як можна більш повне розуміння факторів і механізмів розвитку високої працездатності спортсменів [78].

Найчастіше як провідні фактори виділяють такі властивості, як потужнісні показники функцій, їх економізація й ефективна мобілізація. У деяких випадках виділяють тільки два головні механізми збільшення працездатності – розширення меж показників функцій різних систем організму й ступеня їх координації, зокрема моторно-вісцеральних взаємодій. Підкреслюється, що саме узгодженість діяльності рухового апарату й вісцеральних систем відіграє ключову роль у процесі довготривалої адаптації до мінливих факторів зовнішнього середовища й, зокрема, до інтенсивної м'язової діяльності різного характеру [78, 153, 191].

Відповідно до таких уявлень, процес адаптації до навантаження кваліфікованих спортсменів полягає в удосконаленні й настроюванні фізіологічних механізмів регуляції для підвищення здатності використання функціональних резервів організму. Виходячи з таких позицій, фізіологічну сутність адаптації можна узагальнено охарактеризувати, як досягнення такого рівня стану організму, який характеризується вдосконаленням механізмів регуляції, збільшенням на цій підставі фізіологічних резервів і готовності до їхньої мобілізації [78, 86, 98].

При такій спрямованості аналізу регуляторних механізмів адаптації увага акцентується на урахуванні чутливості й стійкості реакцій організму на зрушення внутрішнього середовища (гомеостатична регуляція) і зовнішні збуджувальні фактори (наприклад, функціональні проби). При цьому оцінка адаптації до фізичного навантаження концентрується на напруженості й виразності таких реакцій. Як метод, що дозволяє оцінити ці показники у спортивній практиці, широко використовується математичний аналіз варіабельності серцевого ритму [6, 40, 137, 142, 196] і структурно-лінгвістичний метод оцінки функціонального стану регуляторних систем організму [42, 45].

1.2 Вплив чинників гірського клімату на організм людини

1.2.1 Класифікація зон і природні чинники гірського клімату

Спрямованість і ступінь виразності фізіологічних реакцій на переміщення в гірські умови в основному визначаються рівнем парціального тиску кисню й реактивністю організму [1, 8, 9, 65, 122]. Виходячи зі ступеня виразності впливу гірського клімату на організм людини, прийнято виділяти кілька зон, розташованих на різних висотах над рівнем моря [12].

Низькогір'я – до 750 - 1000 м над рівнем моря. Характерною рисою цієї зони є те, що в її межах людина не відчуває негативного впливу недостатності кисню ні в умовах спокою, ні при напруженій роботі.

Середньогір'я – у межах від 1000 до 2500 - 3000 м над рівнем моря. В умовах спокою й при помірній діяльності в організмі здорової людини (залежно від її індивідуальних особливостей) не виникає істотних функціональних змін. Напружена м'язова робота в межах даної зони супроводжується більш-менш вираженим кисневим голодом і відповідними змінами у стані організму.

Високогір'я – від 2500 - 3000 м над рівнем моря і вище. При перебуванні в цих умовах в організмі людини виявляється комплекс функціональних змін, властивих вираженій кисневій недостатності.

До природних факторів гірського клімату, що виявляють прямий або непрямий вплив на функціональний стан організму людини, відносять зниження парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі, зниження загального атмосферного тиску, зменшення щільності, температури й абсолютної вологості повітря, збільшення інтенсивності сонячного випромінювання, особливо його ультрафіолетової частини, посилення вітру, аномалії магнітного й гравітаційного полів, підвищення концентрації аеронів, аномалії розподілу хімічних елементів у воді.

Основним фактором, що визначає реакцію організму на переміщення в умови гірського клімату, є знижений парціальний тиск кисню у повітрі, що вдихається. Чим він нижчий, тим більші обмеження надходження кисню в організм. Недостатнє постачання клітин киснем на значних висотах призводить до обмежень біологічного окиснення, зменшення кількості енергії, що звільняється, теплопродукції, обмеження всіх видів функціональної й пластичної діяльності клітин [18, 152, 168, 173].

Згідно з Е. Гіппенрейтером, спостерігається наступна залежність працездатності від висоти: 0 м - 100%; 3000 м - 90%; 4000 м - 80%; 5000 м - 50%; 6500 м - 35%, а за даними В. Абалакова, набір висоти за витратами енергії еквівалентний проходженню 15 км шляху рівниною. У той же час показано, що «фізіологічна» гіпоксія на помірних висотах може виявляти на організм тонізуючу та зміцнювальну дію, стимулює внутрішньоклітинний метаболізм, активує в межах природної фізіологічної регуляції багато функціональних систем організму [2, 10].

1.2.2 Адаптація організму до нестачі кисню

Гіпоксія, як і будь-який інший типовий процес, – тісне переплетення патологічних і захисно-приспосувальних явищ, і якщо при пристосуванні організму до умов гіпоксії викликані цим станом ушкодження не компенсуються, то розвивається киснева недостатність. Стан гіпоксії виникає щоразу, коли напруження кисню в клітинах і тканинах організму стає нижчим за те критичне значення, при якому ще можлива підтримка максимальної швидкості ферментативних окисних реакцій у дихальному ланцюзі мітохондрій [31, 123, 193]. На підтримку цього критичного парціального тиску кисню в тканинах і працюють усі фізіологічні системи організму, що визначають рівень його здоров'я та функціональних можливостей.

Нормативні значення парціального тиску кисню на різних рівнях кисневого каскаду організму становлять приблизно наступні величини: альвеоли легенів – 110 мм рт. ст.; аортальний синус – 105-90 мм рт. ст.; артеріоли – 60-40 мм рт. ст.; тканинні капіляри – 40-30 мм рт. ст.; зовнішня клітинна мембрана – 20-15 мм рт. ст.; мітохондріальна мембрана – 5-3 мм рт. ст. [28, 53, 123].

В основі всіх порушень при гіпоксії лежить неможливість нормального функціонування системи тканинного дихання і енергетичного забезпечення клітин. На виникнення гіпоксії організм реагує включенням комплексу захисно-приспосувальних реакцій, що еволюційно сформувався, за допомогою яких здійснюється адаптація до цього впливу. Філогенетична й видова адаптація до гіпоксії забезпечується анатомічними та біохімічними особливостями організму осіб, які живуть або тимчасово перебувають в умовах недостатності кисню. Індивідуальна адаптація до гіпоксії проявляється у двох основних формах – термінової та довготривалої адаптації (рис. 1.1).

Термінова адаптація розвивається при гострій гіпоксії, коли використовуються готові, наявні в організмі функціональні механізми, що підвищують доставку кисню в тканині. Серед усіх відомих механізмів

термінової адаптації організму до гіпоксії найбільш важливе значення має активація систем транспорту кисню, включаючи систему дихання, кровообігу і крові [65, 67]. Чутливість різних органів і тканин до недостатності кисню неоднакова і є залежною від наступних факторів: інтенсивності обміну речовин у тканинах, що вимагає відповідного забезпечення їх киснем; потужності тканинних гліколітичних систем, які забезпечують вироблення енергії без участі кисню; запасів енергії у вигляді макроергічних з'єднань; потенційної можливості генетичного апарату забезпечувати пластичне закріплення гіперфункції [30, 65, 68, 132, 154].

Найбільш чутлива до недостатності кисню центральна нервова система (ЦНС). Порушення функції ЦНС при гіпоксії визначають усі наступні реакції організму. Зміни в ЦНС носять фазовий характер [17, 43].

Для цього стану характерний помірний розвиток рефлексорних і зворотних тканинних пристосувальних реакцій. Для ЦНС характерне деяке збудження без видимих ознак зміни ЕЕГ. При підйомі на висоту більше 4000 м можуть виникнути ознаки некомпенсованого гіпоксичного стану. При цьому виділяють два симптомокомплекси. Перший характеризується колаптоїдним станом і включає брадикардію, падіння артеріального тиску, гіпергідроз. З'являються блідість або гіперемія, загальмованість, байдужість. На ЕЕГ на початку депресія альфа-ритму, після чого на тлі бета-ритму стають видимі порівняно невеликої амплітуди тета- і дельта хвилі.

Другий симптомокомплекс характеризується розвитком висотної непристосованості. Він включає такі прояви, як зниження інтелектуальної працездатності, зниження адекватної оцінки, розладу координації рухів. Ці порушення діяльності ЦНС протікають на тлі гіпервентиляції, тахікардії, підвищеного артеріального тиску. Характерно, що ці ознаки некомпенсованого гіпоксичного стану проявляються при рівні pO_2 в артеріальній крові не менше 55 мм рт. ст., тобто менше 85% від потрібної величини. Симптомокомплекси, що розвиваються, отримали назву гірської хвороби [80].

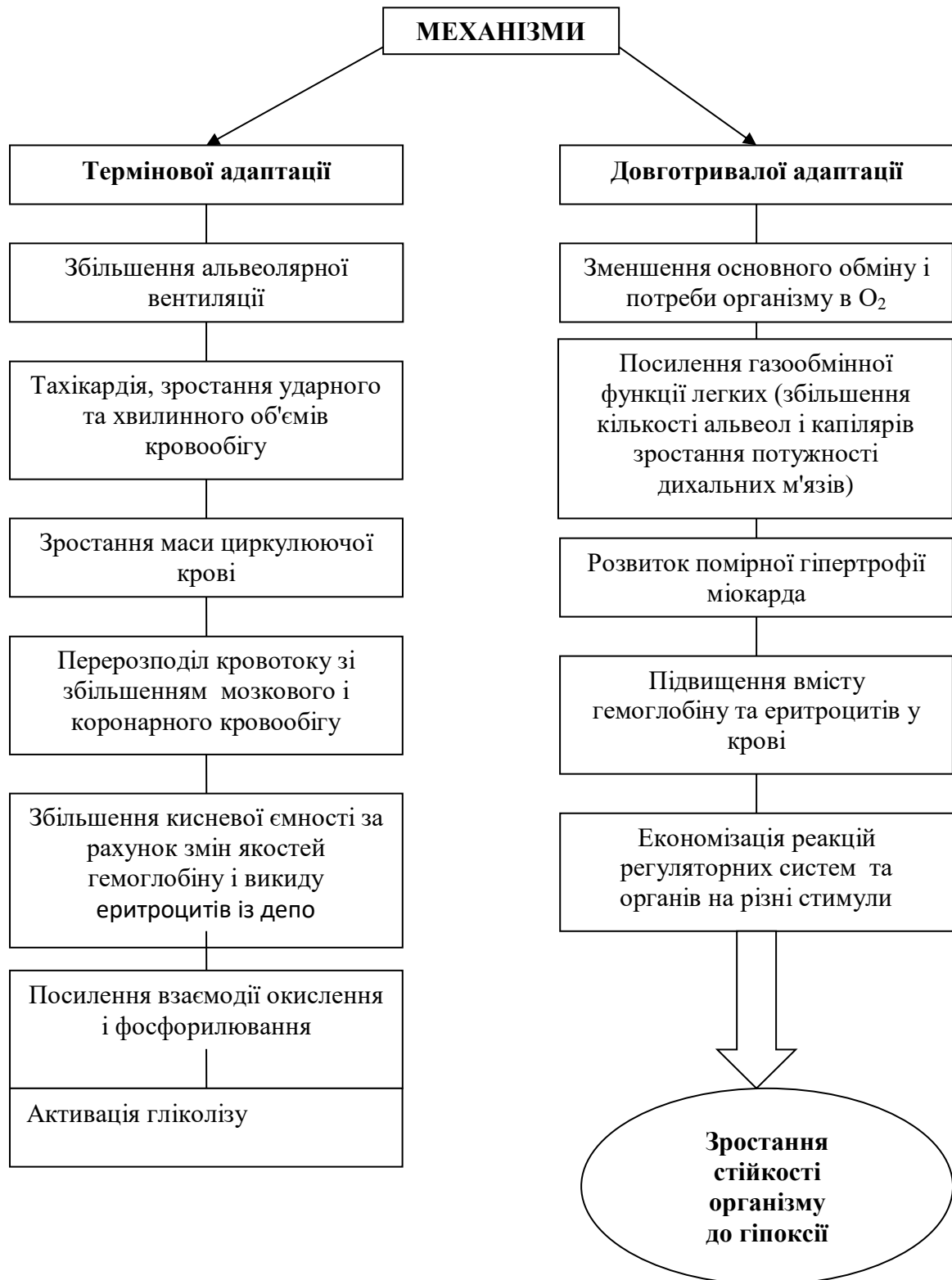


Рис. 1.1 Компенсаторно-приспосувальні реакції при гіпоксії [31]

Функціональні відхилення з боку ЦНС, безсумнівно, позначаються на роботі інших органів і значною мірою визначають характер відповідної реакції організму на перебуванні в умовах середньогір'я. Оскільки кора головного мозку відрізняється високою чутливістю до кисневої недостатності, організм в умовах середньогір'я прагне зберегти достатнє кисневе постачання, у першу чергу, центральної нервової системи [7, 8, 82].

Система зовнішнього дихання реагує на гіпоксію збільшенням альвеолярної вентиляції за рахунок поглиблення й збільшення частоти дихання, а також мобілізації резервних альвеол [3, 31, 65, 123, 176]. Збільшення легеневої вентиляції відбувається в результаті рефлекторного збудження дихального центру імпульсами з хеморецепторів судинного русла, головним чином синокаротидної і аортальної зон, які зазвичай чутливі до змін хімічного складу крові і, у першу чергу, реагують на накопичення вуглекислоти та іонів водню [16].

Гіпервентиляція є, безсумнівно, позитивною реакцією організму на недостатність кисню, але має і негативні наслідки, оскільки ускладнюється виведенням вуглекислоти та зниженням вмісту її в крові – гіпокапнією. Враховуючи вплив вуглекислоти на мозковий і коронарний кровообіг, регуляцію тонуусу дихального й вазомоторного центрів, підтримку кислотно-основної рівноваги, дисоціацію оксигемоглобіну, слід мати на увазі можливі наслідки гіпокапнії [3, 17, 31, 68, 123].

Мобілізація функції системи кровообігу при гіпоксії спрямована на посилення доставки кисню тканинам. Констатуються гіперфункція серця, збільшення інтенсивності кровотоку, розкриття нефункціонуючих капілярних судин.

Загальна реакція серцево-судинної системи, і насамперед серця, формується вдруге – у відповідь на зміни рівня загального кров'яного тиску [24, 68]. Не менш важливими є перерозподіл крові у бік переважного кровопостачання життєво важливих органів і підтримка оптимального кровотоку в легенях, серці, головному мозку за рахунок зменшення

кровопостачання шкіри, селезінки, м'язів, кишок [161]. Ці органи в даних обставинах відіграють роль депо крові. Перераховані зміни кровообігу регулюються рефлекторними й гормональними механізмами. Крім того, продукти порушеного обміну, такі, як гістамін, аденінові нуклеотиди, молочна кислота, виявляючи судинорозширювальну дію й впливаючи на тонус судин, також є важливими тканинними факторами пристосувального перерозподілу крові [69-70].

Підвищення кількості еритроцитів і гемоглобіну збільшує кисневу ємність крові. Викид крові з депо може забезпечити екстрене, але нетривале пристосування до гіпоксії. У той же час недостатність кисню сприяє руйнуванню гемоглобіну й еритроцитів, а продукти розпаду, що утворюються при цьому, відіграють роль факторів, що стимулюють синтез гемоглобіну і утворення еритроцитів. Установлено, що за стимулятори еритропоезу при гіпоксії виступають також еритропоетини нирок. При гіпоксії підвищується здатність молекули гемоглобіну приєднувати кисень у легенях і віддавати його тканинам [31, 168].

Екстрені пристосувальні реакції на рівні систем утилізації кисню при гіпоксії полягають в обмеженні активності систем, органів і тканин, які не беруть участь безпосередньо в забезпеченні організму киснем, посиленні поєднання окиснення й фосфорилування, а також активації гліколізу [17, 168, 184].

Стимуляція симпато-адреналової системи підвищує секрецію та концентрацію в крові адреналіну, у той час як збудження парасимпатичного відділу призводить до посилення секреції інсуліну. Розвиток гіперглікемічної реакції крові свідчить про перевагу симпатичних впливів над парасимпатичними.

Збільшення частоти серцевого ритму, типове для перших днів перебування людини в умови гірського клімату, деякі автори розглядають як підтвердження посилення симпатичних впливів на діяльність міокарда [196, 197]. У той же час ряд авторів відносять тахікардію до ефектів зменшення

впливу парасимпатичних центрів автономної частини периферичної нервової системи на функцію міокарда. Реєстрація потенціалів електричної активності волокон блукаючого нерва, що іннервують серце, показала, що при зниженні у газовій суміші, що вдихається, вмісту кисню до 16-18%, електрична активність зростала й стійко зберігалася на підвищеному рівні [102]. Оскільки pO_2 у газовій суміші, що містить 16% кисню, відповідає висоті 2200 м над рівнем моря, можна вважати, що в умовах середньогір'я змінюються співвідношення активностей симпатичного й парасимпатичного відділів автономної частини периферичної нервової системи, що здійснюють впливи на регуляцію дихання, кровообігу, мікроциркуляцію, травлення й ряд інших вегетативних функцій [43, 102].

Розширення зіниць, яке спостерігається у більшості випробуваних після переміщення в умови гірського клімату, розглядається як одна з ознак підвищення тонусу симпато-адреналової системи й підвищення концентрації адреналіну в крові. На 15-у добу перебування в горах діаметр зіниці, як правило, нормалізується. У деяких випадках початковий період адаптації супроводжується звуженням зіниць, що можна розглядати як ознаку індивідуальних особливостей організму з перевагою тонусу парасимпатичної нервової системи. Фазність повідомлень вегетативних функцій організму відзначена Б.Т. Турусбековим, показала, що протягом 15-20 доби відбувається активація дихальної та серцево-судинної систем, знижуються пороги хемо- і механорецептиних рефлексогенних зон, зростають амплітуди рефлекторних реакцій артеріального тиску й дихання [120].

Систематичне обстеження значних контингентів осіб в умовах гірського клімату Паміру й Тянь-Шаню, проведене М.М. Миррахімовим, свідчить про те, що в першу добу суттєво переважає тонус симпатичного відділу периферичної нервової системи [29, 74]. У той же час деякі автори висловлюють обґрунтовану думку, що в початковий період перебування людини й тварин у горах тонус як симпатичного, так і парасимпатичного відділів периферичної нервової системи знижується. Надалі вплив обох

відділів автономної частини периферичної нервової системи на регуляцію життєвих процесів підсилюється [10, 29]. Така точка зору відповідає поглядам Є. Гелльгорна, який розглядав симпатичний і парасимпатичний компоненти вегетативної регуляції як синергісти, що не виключає домінування в певний період симпатичних або парасимпатичних ефектів. У першому випадку в крові й тканинах може спостерігатися підвищення концентрації катехоламінів, у другому – підвищена концентрація інсуліну.

Експериментальними дослідженнями на тваринах встановлено, що реакція організму на екзогенні введення ацетилхоліну і адреналіну змінюються залежно від ступеня гіпоксії, стадії її розвитку і тривалості дії зниженого парціального тиску кисню. При гострій гіпоксичній гіпоксії дія ацетилхоліну й катехоламінів зменшується. При цьому реакції на катехоламіни знижуються швидше й більшою мірою. При підгострій формі гіпоксії виявлено дві фази змін чутливості до ацетилхоліну – фаза підвищення й фаза зниження чутливості. Встановлено, що активність холінестерази в сироватці крові та еритроцитах, у тканинах мозку і печінки при підгострій гіпоксії помітно знижувалася. Автор цих досліджень Е.А. Маркова [66] вважає, що зміни чутливості серцево-судинної системи до нейромедіаторів пов'язані зі змінами клітинного метаболізму при зниженні pO_2 у повітрі, що вдихається.

Детальні дослідження ролі автономної частини периферичної нервової системи у процесах адаптації організму до умов гірського клімату, проведені С.Б. Даніяровим і А.Г. Зарифьяном [29], показали, що ранні пристосувальні реакції організму (2-3 доба) на переміщення в гірські райони стереотипні і характеризуються вираженою активацією симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи. Тонус блукаючого нерва знижується з 1-ої до 15-ої доби адаптації. Реакції наступного періоду адаптації, що починається після 15-ої доби перебування в гірських умовах, значно більш специфічні. У цьому періоді відбувається підвищення тонузу симпатичного і поступове підвищення тонузу парасимпатичного відділу

автономної частини периферичної нервової системи. Вагусна активність продовжує зростати й після 2-х місяців перебування в гірських умовах, у той час як тонус симпатичного відділу стабілізується на новому рівні.

У початкових стадіях перебування в гіпоксичних умовах посилене виділення мозковим шаром надниркової залози адреналіну і норадреналіну дозволяє подолати функціональне напруження, викликає посилення роботи серця, підвищене утворення глюкози із глікогену печінки сприяє розвитку гіперглікемії, а потім активує гліколіз, за рахунок якого надалі і забезпечуються енергетичні потреби м'язів. Подальше перебування в умовах гіпоксії викликає підвищену секрецію кортикотропних речовин, що призводить до зміни метаболізму і накопичення продуктів неповного окиснення, багато з яких є токсичними [31, 184].

В умовах недостатності кисню суттєво знижується енергетична забезпеченість м'язів. При цьому виконання фізичної роботи завжди має як наслідок виражені функціональні порушення з боку різних органів і систем.

Зниження обміну речовин при гіпоксії призводить до порушення хімічної терморегуляції, у результаті чого знижується температура тіла. У травній системі спостерігається пригнічення моторики, зниження секреції травних соків шлунка, кишок і підшлункової залози. Первісна поліурія змінюється порушенням фільтраційної здатності нирок [31, 65, 70].

Практичний інтерес представляють дані про розумову працездатність людини в умовах недостатнього постачання мозку киснем. Дослідження, що дозволяють характеризувати уважність, якість виконання завдання, швидкість роботи над коректурними таблицями й точність руху (проба з лабіринтом), показали, що в перші дні перебування на висоті 4000 м знижується швидкість рахунку, погіршується увага і точність рухових реакцій [64]. Разом з тим є й суперечливі дані. За даними А.П. Серохвостова [105], отриманими під час експедиції на Памір, результати виконання завдань на увагу й уявлення просторових відносин на висоті 5250 м поліпшувалися. Аналогічні дані отримані при вивченні ряду властивостей ВНД і

короткочасної зорової пам'яті у людей у процесі адаптації до гірського клімату Приельбрусся. Показано, що на 9-у добу перебування в горах відбувається достовірне підвищення показників, що характеризують стан вищої нервової діяльності (ВНД) [55, 56, 64].

Зіставляючи показники ВНД осіб контрольної групи і спортсменів з анемією, автори доходять висновку, що гірський клімат Приельбрусся благотворно впливає на показники ВНД як у практично здорових людей, так і у спортсменів з анемією [64].

Обстеження осіб, які тривалий час проживають в умовах низько- і середньогір'я Киргизії, показало, що основні параметри діяльності ВНД в умовах помірного зниження pO_2 практично не відрізняються від типових для мешканців, які постійно проживають на рівні моря [105, 106].

Механізми довготривалої адаптації, що формуються зазвичай при повторюваній або хронічній помірній за інтенсивністю гіпоксії, також лежать в основі підвищення стійкості організму до дії гіпоксичного фактора [97]. Тривала адаптація до гіпоксії використовує широкі пластичні можливості організму, які засновані на структурних змінах у клітинах і тканинах і здатні як підвищити доставку кисню, так і знизити критичні рівні парціального тиску кисню [9, 31].

В умовах помірної гіпоксії компенсаторні механізми дозволяють у широких межах підтримувати напруження кисню на рівнях, адекватних кожному з етапів його транспорту [53, 124]. Виникла на етапі термінової адаптації гіперфункція зовнішнього дихання надалі в умовах гіпоксії вимагає структурного та енергетичного підкріплення. При цьому забезпечується не тільки просте виживання, але й можливість активної фізичної і розумової діяльності при тривалій гіпоксії [185, 186].

Встановлено, що в системах, які відповідають за транспорт кисню, розвиваються явища гіпертрофії і гіперплазії: збільшується маса дихальних м'язів, легневих альвеол, міокарда, нейронів дихального центру; підсилюється кровопостачання цих органів за рахунок збільшення кількості

функціонуючих капілярних судин і їх гіпертрофії (збільшується діаметр судин і довжина судинного русла) [31, 68, 70, 185].

У кістковому мозку при довготривалій адаптації до гіпоксії підсилюється еритропоез [17, 168].

Поліпшуються умови дифузії кисню з альвеолярного повітря в кров завдяки підвищенню проникності легенево-капілярних мембран, збільшується вміст міоглобіну, за рахунок якого не тільки збільшується киснева ємність, але й інтенсифікується ферментативна активність окисних процесів [17, 31].

У системі утилізації кисню збільшується здатність тканинних ферментів утилізувати кисень, більш ефективно використовується енергія окисних процесів, підсилюються процеси безкисневого звільнення енергії за допомогою гліколізу. Описані процеси відбуваються головним чином в органах, що відповідають за транспорт кисню (легені, серце, дихальні м'язи, еритробластичний паросток кісткового мозку), а також найбільш страждають від недостатності кисню кора великого мозку, нейрони дихального центру [168].

Підвищенню стійкості тканин до гіпоксії сприяє й активізація гіпоталамо-гіпофізарної системи і кори надниркових залоз.

Таким чином, пластичні й енергетичні зміни на клітинному рівні міняють характер адаптаційного процесу при тривалій гіпоксії. Розвивається стійка та ощадлива адаптація [17, 93].

Усі розглянуті пристосувальні реакції до дії гіпоксії спрямовані на збереження енергетичного гомеостазу, підтримку максимально можливої доставки кисню, що типово для *активної адаптації*. Однак адаптація до гіпоксії може здійснюватися шляхом *пасивної адаптації*, коли зі зниженням парціального тиску кисню організм зменшує вироблення енергії і теплопродукції на тлі зниження споживання кисню. Одним із проявів такого типу адаптації є розвиток в гіпоксичних умовах так званого гіпометаболічного стану, при якому зменшується внесок аеробного обміну в

загальну систему енергозабезпечення організму й функціонування всіх систем організму переходить на більш ошадливий режим [35, 90, 91]. При цьому зберігається висока працездатність за рахунок пролонгованого включення анаеробних механізмів енергопродукції та збільшення їх потужності на тлі зниженого аеробного обміну [91, 92, 165].

1.3 Гіпоксія і спорт

Проблема адаптації до гіпоксії в гірських умовах і її роль у підготовці спортсменів у спорті вищих досягнень набули великого значення у спорті вищих досягнень після Ігор XIX Олімпіади в Мехіко, що проходили на висоті 2240 м над рівнем моря. Гірське тренування почало розглядатися не стільки як фактор успішної підготовки до змагань, проведених у гірській місцевості, скільки як ефективний засіб підвищення функціональних резервів і досягнення подальших успішних виступів у змаганнях на рівні моря [75, 107, 150, 164].

Висока ефективність гірської підготовки як засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості спортсменів, доведена багатьма дослідниками, які працюють в області спортивної фізіології [17, 36, 94, 192, 209]. Тому сучасний спорт вищих досягнень став сферою діяльності, у якій дослідження впливу гіпоксії на організм спортсмена в умовах напруженої м'язової діяльності проводяться найбільш інтенсивно.

Багатьма дослідженнями показано, що гіпоксичне тренування підвищує стійкість організму не тільки до даного впливу, але й до багатьох інших несприятливих факторів, зокрема, до фізичного навантаження, зміни температури зовнішнього середовища, до інфекції, отруєнь, впливу прискорення іонізуючого опромінення [15, 131, 194-195, 205].

У результаті подібних тренувань зростає парціальний тиск кисню в тканинах, підвищується здатність переносити значне зниження парціального

тиску кисню у вдихуваному повітрі, збільшується сила й швидкість серцевих скорочення, максимальна робота, вироблена серцевим м'язом, активність симпатoadреналової системи, запобігається виснаження резервів катехоламінів у серцевому м'язі, яке зазвичай спостерігається при надмірних фізичних навантаженнях. Іншими словами, тренування до гіпоксії підвищує загальну неспецифічну резистентність організму.

Тренування до гіпоксії у спорті досягається за допомогою перебування в гірських умовах або при імітації подібних умов. У наш час наукове обґрунтовані й впроваджені в практику спорту кілька варіантів гіпоксичного тренування. Принципово слід розрізняти дві групи методик: 1) для гірських умов (низько-, середньо- і високогір'я, висотна барокамера); 2) для умов нормального атмосферного тиску [31]. При цьому частіше застосовується метод циклічного гіпоксичного впливу на організм спортсмена, що одержав назву інтервального гіпоксичного тренування [27, 54, 55, 96, 97].

1.3.1 Проблема адаптації спортсменів у горах

Результативність у численних видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості, визначається насамперед тим станом, який виникає при недостатньому постачанні тканин організму киснем і ефективністю процесів адаптації до цього стану. Із проблемою гіпоксії, у першу чергу, зустрічаються представники циклічних видів спорту, які виступають на середніх, довгих і наддовгих дистанціях. Недостатність кисню суттєво впливає і на якість виступу в таких видах спорту, як фігурне катання, художня гімнастика та інших. У спортивних іграх, переважно наприкінці таймів, періодів або матчів, занадто часті незрозумілі помилки, що допускаються гравцями. Ці помилки можна пояснити станом кисневого голодування працюючих м'язів і пригніченням ЦНС гравців. Тому основною спрямованістю підготовки спортсменів у багатьох видах спорту є режими тренувань, спрямовані на вдосконалення структур організму, що забезпечують доставку кисню до

працюючих м'язів [39, 95, 96, 99, 174].

Адаптація спортсмена до умов висотної гіпоксії є складною інтегральною реакцією, у яку утягуються практично всі функціональні системи організму. При цьому інтегрована і координована перебудова функцій на субклітинному, клітинному, органному, системному й організменному рівнях можлива лише завдяки перебудові функції систем, що регулюють цілісні фізіологічні реакції [17, 43]. Очевидно, що така адаптація неможлива без адекватної перебудови нервової та ендокринної систем, що забезпечують тонку регуляцію фізіологічних відправлень різноманітних систем [68, 71]. Відразу після переміщення в гори в організмі спортсмена мобілізуються компенсаторні механізми захисту від гіпоксії. Основними адаптаційними реакціями, обумовленими перебуванням у гірських умовах, є збільшення легеневої вентиляції; збільшення серцевого викиду; збільшення змісту гемоглобіну; збільшення кількості еритроцитів; підвищення в еритроцитах 2, 3-дифосфогліцерату (ДФГ), що сприяє виведенню кисню з гемоглобіну; збільшення кількості міоглобіну, що полегшує споживання кисню; збільшення розміру й кількості мітохондрій; збільшення кількості окисних ферментів [17, 51, 52]. Помітні зміни в діяльності різних систем організму спортсмена спостерігаються вже починаючи з висоти 1000-1200 м над рівнем моря. Зокрема, на висоті 1000 м VO_{2max} становить 96-98% максимального рівня, зареєстрованого на рівнині. Зі збільшенням висоти воно планомірно знижується на 0,7-1,0% через кожні 100 м. На висоті 2500 м аеробна потужність знижується на 10-12%, 3500 м – на 18-20% від рівня, зареєстрованого на рівнині. На вершині Евересту рівень МСК становить усього 7-10% максимального в умовах рівнини. Починаючи з висоти 1500м, підйом на кожні чергові 1000м призводить до зниження споживання кисню на 9,2 % [189].

У людей, не адаптованих до гірських умов, ЧСС у спокої і, особливо, при виконанні стандартних навантажень, може збільшуватися вже на висоті 800-1000м над рівнем моря. Особливо яскраво компенсаторні реакції

проявляються при виконанні стандартних навантажень. Про це свідчить динаміка збільшення концентрації лактату в крові при виконанні стандартних навантажень на різній висоті. Якщо виконання навантажень на висоті 1500 м веде до збільшення лактату всього на 30% порівняно з даними, отриманими на рівнині, то на висоті 3000-3500 м він досягає 170-240% [17, 51, 52].

Адаптація до умов середньо- і високогір'я носить фазний характер. У першій фазі (термінові адаптаційні реакції) гіпоксичні умови викликають розвиток гіпоксемії, що викликає порушення гомеостазу і ряд пов'язаних із цим реакцій. У першу чергу, активізуються функції систем, відповідальних за транспорт кисню і його розподіл в організмі: гіпервентиляція легенів, збільшення серцевого викиду, розширення судин мозку і серця, звуження судин органів черевної порожнини та м'язів і ін. [192, 201]. Крім того, у першу фазу адаптації до умов гіпоксії спостерігається частішання серцевих реакцій, підвищення легеневого артеріального тиску в результаті спазму легневих артеріол, що забезпечує регіональний перерозподіл крові й зменшення артеріальної гіпоксемії [178].

Поряд з підвищенням легеневого артеріального тиску відзначається істотне підвищення ЧСС і серцевого викиду, що особливо яскраво проявляється в перші дні перебування в горах. На висоті 2000-2500 м ЧСС підвищується на 4-6 уд-хв¹, серцевий викид - на 0,3- 0,4 л/хв¹. На висоті 3000-4000 м ці зміни можуть досягати відповідно 8-10 уд-хв і 0,6-0,8 л/хв [7, 15].

Через кілька днів перебування в гірських умовах величини серцевого викиду повертаються до рівнинного рівня, що є наслідком підвищення здатності м'язів до утилізації кисню із крові, що проявляється в збільшенні артеріо-венозної різниці за киснем [209]. Збільшується і об'єм циркулюючої крові: у перші дні перебування в горах – у результаті рефлекторного викиду з депо й перерозподілу крові [68, 168], а надалі – внаслідок посилення кровотворення [17]. Паралельно з гемодинамічними реакціями відбуваються виражені зміни зовнішнього дихання і газообміну. Збільшення вентиляції

легенів відзначається вже на висоті близько 1000 м в основному за рахунок деякого збільшення глибини дихання. Фізичні навантаження роблять цю реакцію значно більш вираженою: стандартні навантаження на висоті 900-1200м над рівнем моря призводять до достовірного збільшення порівняно з рівнинними умовами легеневої вентиляції за рахунок як глибини, так і частоти дихання. Збільшення легеневої й альвеолярної вентиляції веде до підвищення pO_2 в альвеолах, що сприяє підвищенню насичення артеріальної крові киснем. Зі збільшенням висоти реакції носять явно виражений характер навіть у спортсменів, тренуваних і адаптованих до умов гір (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Показники кисневотранспортної системи у тренуваних чоловіків при максимальній аеробній роботі на рівні моря і через 2 тижні перебування в умовах гір [7]

Показник	Рівень моря	Висота, м	
		2300	4000
Парціальний тиск O_2 , мм рт.ст.:			
у повітрі, що вдихається	144	112	87
в альвеолярному повітрі	120	95	72
в артеріальній крові	107	80	55
Різниця між альвеолярним повітрям і артеріальною кров'ю	13	15	17
Зовнішнє дихання:			
легенева вентиляція, л/хв, ВTPS	165	175	200
вентиляційний еквівалент O_2	33	39	57
Кров:			
об'єм циркулюючої крові, л	6,42	6,19	5,77
об'ємний вміст O_2			
в артеріальній крові, %	15,5	16,8	13,5
у змішаній венозній крові, %	1,8	1,8	1,8

Кровообіг:			
серцевий викид, л×хв ⁻¹	34,2	31,0	27,5
частота серцевих скорочень, уд.×хв ⁻¹	190	180	170
систоличний об'єм, мл	180	172	162
кисневий пульс, мл О ₂ ×хв ⁻¹	27	24	18

Максимальна аеробна потужність у початковій фазі адаптації до умов гір суттєво знижується й потім залишається зниженою, незважаючи на швидке й істотне підвищення концентрації гемоглобіну. Це пояснюється двома факторами: 1) підвищення концентрації гемоглобіну супроводжується зниженням загального об'єму циркулюючої крові у зв'язку зі зменшенням об'єму плазми, що викликає зниження систолічного об'єму; 2) зниження максимальної частоти серцевих скорочень у гірських умовах не дозволяє підвищити рівень максимального споживання кисню, незважаючи на можливість нормалізації об'єму плазми крові вже через 3-4 тижні перебування в горах [17, 192].

Обмеження максимального рівня споживання кисню значною мірою визначається також розвитком гіпоксії міокарда, яке є основною причиною зменшення серцевого викиду й підвищенням навантаження на дихальні м'язи, що вимагає додаткового кисню [122, 188].

Однією з найбільш гострих початкових реакцій на перебування в горах є підвищення кількості еритроцитів і гемоглобіну (поліцитемія). Інтенсивність цієї реакції визначається висотою, швидкістю підйому в гори й індивідуальними особливостями організму [17, 31]. Уже через кілька годин після підйому в гори спостерігається підвищення концентрації еритроцитів внаслідок зниження об'єму плазми крові через підвищення втрат рідини, викликаних сухістю повітря.

Ретикулоцитоз починається наступного дня після підйому в гори, що є відбиттям посиленої діяльності кісткового мозку. На другу добу перебування в горах відбувається розпад еритроцитів, що вийшли із кров'яних депо в

циркулюючу кров з утвором еритропоетину - гормону, що стимулює утворення гемоглобіну й виробництво еритроцитів. Крім того, недостатність кисню сама собою стимулює виділення еритропоетину [17, 43]. Максимальне виділення еритропоетину досягається через 24-48 годин перебування в горах і далі стабілізується на новому рівні [210]. На значних висотах значне збільшення еритроцитарної маси може настільки підвищити в'язкість крові, що вона буде обмежувати серцевий викид [145].

Поряд з вище описаними змінами в системах організму, що виконують кисневотранспортну функцію, у першу фазу перебування в горах розвивається активація адренергічної і гіпофізарно-адреналової систем (див. підрозділ 1.2). Цей неспецифічний компонент адаптації відіграє роль у мобілізації зовнішнього дихання й кровообігу, але разом з тим проявляється різко вираженим катаболічним ефектом, тобто негативним азотистим балансом, втратою маси тіла, атрофією жирової тканини та ін. [17, 168, 192].

Крім того, гостра гіпоксія, обмежуючи ресинтез АТФ у мітохондріях, викликає пряму депресію функцій ряду систем організму, і насамперед, вищих відділів головного мозку, що проявляється порушеннями інтелектуальної і рухової активності [17, 66].

Вище описана комбінація мобілізації систем становить синдром, що характеризує першу фазу термінової, але багато в чому нестійкої адаптації до гірських умов [68].

У перші дні перебування в середньогір'ї при виконанні стандартних фізичних навантажень відзначається посилення анаеробного гліколізу і підвищення в крові й м'язовій тканині рівня лактату [148]. Через дві-три тижні після перебування в горах інтенсивність гліколізу й утворення лактату при таких же навантаженнях знижується й наближається до умов рівнини. Одночасно відзначається підвищення вмісту вільних жирних кислот у м'язовій тканині [160] і поліпшується метаболічна регуляція процесів енергозабезпечення [189].

У цю перехідну фазу також формуються досить виражені й стійкі структурні й функціональні зміни в організмі спортсмена. Зокрема, розвивається адаптаційна поліцитемія й відбувається збільшення кисневої ємності крові; збільшуються дихальна поверхня легенів, потужність адренергічної регуляції серця, концентрація міоглобіну, підвищується пропускна здатність коронарного русла та ін. [17, 168].

Друга фаза адаптації до гірських умов (довготривалі адаптаційні реакції) пов'язана з формуванням стійкої адаптації, конкретним проявом якої є збільшення потужності й одночасно економічності функціонування дихальної й серцево-судинної систем, ріст дихальної поверхні легенів і потужності дихальної мускулатури, коефіцієнта утилізації кисню із вдихуваного повітря. Відбувається збільшення маси серця і ємності коронарного русла, підвищення концентрації міоглобіну і кількості мітохондрій у міокарді, збільшення потужності енергозабезпечення та ін. [17, 52]. Важливо враховувати, що адаптація у всіх фазах протікає швидше й більш ефективно в осіб, які мають досвід гірського і штучного гіпоксичного тренування [208].

Біопсичні дослідження дозволили встановити основні реакції, характерні для стійкої адаптації м'язової тканини. Вже 4-5 тижневе перебування у високогір'ї призводить до виражених змін у м'язах в учасників високогірних сходжень: зменшується площа м'язів і площа Шс-Волокон і, особливо, Пс-Волокон, збільшується кількість капілярів на 1 мм² м'язової тканини [208], що сприяє вилученню кисню із крові працюючими м'язами. Ця адаптаційна реакція проявляється й протягом досить тривалого часу після повернення з гір, полегшуючи транспорт кисню до м'язової тканини. Спортсмени, які спеціалізуються у видах спорту швидкісно-силового характеру, повинні знати, що в умовах гір існує певний ступінь ризику зниження м'язової маси [17, 31, 192].

Важливим проявом стійкої адаптації є істотна економізація функцій організму. Тут прослідковуються два самостійні напрямки. Перший з них

пов'язаний з економізацією функцій, обумовленою збільшенням функціонального резерву серця, підвищенням кисневої ємності крові і здатностей тканин до утилізації кисню. Другий напрямок обумовлений зниженням основного обміну й використанням кисню тканинами, а також зниженням споживання кисню серцем, що найбільш яскраво прослідковується в горців-аборигенів, однак притаманне і мешканцям рівнин, адаптованим до гірської гіпоксії [43, 89, 91].

У перехідній і третій (стійкій) фазах адаптації реакції апарату кровообігу на гіпоксію знижуються в міру розвитку інших пристосувальних механізмів: посилення еритропоезу, зрушення кривої дисоціації гемоглобіну праворуч, збільшення синтезу АТФ, підвищення активності дихальних ферментів у тканинах, збільшення васкуляризації тканин, підвищення проникності периферичних капілярів, збільшення щільності капілярів і мітохондрій у скелетних м'язах [17, 168].

Перебування жителів рівнин в умовах середньогір'я й високогір'я досить швидко призводить до збільшення кількості еритроцитів і концентрації гемоглобіну, що лежить в основі істотного поліпшення постачання тканин киснем [17]. Киснева ємність крові зростає при збільшенні висоти. На рівні моря вона становить 17-18,5 %, на висоті 1850-2000м - 20-22%, на висоті 3500-4000 м - 25-27,5% [67]. Крива дисоціації оксигемоглобіну зрушується праворуч, що обумовлене насамперед зменшенням спорідненості гемоглобіну до кисню зі зниженням величин рН крові. Кисень від оксигемоглобіну звільняється легше і, незважаючи на знижений градієнт за киснем між артеріальною кров'ю і тканинами, вміст кисню в тканинах підвищується [159]. Кілька тижнів перебування на висоті 4000-4500 м здатні викликати підвищення цих показників до рівня, характерного для постійних мешканців районів, розташованих на висоті 3000-3500 м над рівнем моря [11].

Серед факторів, що забезпечують підвищення працездатності і максимального споживання кисню в результаті перебування і тренування в

горах, васкуляризація та пов'язане з нею збільшення капілярного кровотоку в м'язах перебувають серед найважливіших [192, 203].

Подібні зміни відбуваються й у головному мозку, який має найбільш високу чутливість до недостатності кисню. Тривале перебування в горах призводить до значного збільшення кількості і довжини мозкових капілярів, сприяючи посиленню кровопостачання головного мозку [17, 168].

Пристосувальні реакції з боку функції дихання і газообміну в другій і третій стадіях зводяться до наступного: дихання стає менш частим і більш глибоким порівняно з реакціями, що спостерігаються у першій фазі адаптації. Хвилиний об'єм дихання також трохи знижується, але не перевищує рівнинної норми; нівелюється респіраторний алкалоз; відбувається збільшення екскурсії грудної клітини й надходить стійке збільшення всіх легневих об'ємів і ємностей, а також частка альвеолярної вентиляції у хвилинному об'ємі дихання [31, 192].

Стійка адаптація до гіпоксії пов'язана і з істотними змінами можливостей центральної й периферичної нервової системи. На рівні вищих відділів нервової системи це проявляється у збільшенні стійкості мозку до надмірних подразників, конфліктних ситуацій, підвищенні стійкості умовних рефлексів, прискоренні переходу короточасної пам'яті в довготривалу [17].

На рівні вегетативної регуляції стійка адаптація проявляється, наприклад, у збільшенні потужності адренергічної регуляції роботи серця, що виражається в гіпертрофії симпатичних нейронів, збільшенні кількості симпатичних волокон у міокарді, а також збільшенні інтенсивності й зменшенні тривалості інотропної відповіді серця на норадреналін [93]. Це явище поєднується зі зниженням міогенного тону судин і зменшенням їх реакції на норадреналін [71].

Такі зміни адренергічної регуляції серця і судинного русла забезпечують положення, при якому збільшення серцевого викиду під час поведінкових реакцій, по-перше, швидше реалізується і завершується, а по-

друге, супроводжується меншим підвищенням артеріального тиску, тобто в цілому є більш ощадливим [17, 168].

Тренування в гірських умовах сприяє підвищенню економічності роботи: 5-8 год активного навантаження протягом перших трьох днів перебування на висоті 2500м призводять до збільшення кисневої ємності крові, а також дифузії кисню в м'язову тканину [51, 163]. Досить наочно це проявляється й при аналізі частоти серцевих скорочень при виконанні програм стандартних тестів у різні дні тренування в горах. У перші 3-4 дні періоду акліматизації ЧСС виявляється підвищеною на 3-8% порівняно з умовами рівнини. До кінця першого тижня завершується процес акліматизації і ЧСС стає на рівні, близькому до того, що відзначається в рівнинних умовах. Однак вже через тиждень тренування, незважаючи на збільшення швидкості пересування, у спортсменів відзначається зниження ЧСС, вентиляції легенів і споживання кисню [43]. Про те, що тренування в умовах середньогір'я є потужним чинником підвищення економічності функціонування організму спортсменів свідчать дані про достовірне зниження кисневої вартості проходження марафонської дистанції зі стандартною швидкістю після 12- тижневого тренування в горах [103].

Узагальнення результатів численних досліджень, проведених з проблеми адаптації людини до умов висотної гіпоксії, дозволило виділити ряд координованих між собою пристосувальних механізмів: 1) механізми, мобілізація яких може забезпечити достатнє надходження кисню в організм, незважаючи на дефіцит його в середовищі: гіпервентиляція; гіперфункція серця, що забезпечує рух від легенів до тканин збільшеної кількості крові; 2) поліцитемія й відповідне збільшення кисневої ємності крові; 3) механізми, що роблять можливим достатнє надходження кисню до мозку, серця й інших життєво важливих органів, незважаючи на гіпоксемію, а саме: розширення артерій і капілярів мозку, серця та ін.; 4) зменшення дифузійної відстані для кисню між капілярною стінкою й мітохондріями клітин за рахунок утворення нових капілярів і зміни властивостей клітинних мембран; 5) збільшення

здатності клітин утилізувати кисень внаслідок росту концентрації міоглобіну; збільшення здатності клітин і тканин утилізувати кисень із крові й утворювати АТФ, незважаючи на недостатність кисню; б) збільшення анаеробного ресинтезу АТФ за рахунок активації гліколізу, оцінюване багатьма дослідниками як істотний механізм адаптації [68].

Неправильно побудоване тренування в умовах середньогір'я й високогір'я (надвисокі навантаження, нераціональне чергування роботи й відпочинку та ін.) може призвести до надлишкового стресу, при якому сумація впливу гірської гіпоксії й гіпоксії навантаження здатні призвести до реакцій, характерних для хронічної гірської хвороби [17, 43, 79, 80].

Особливо зростає ризик гірської хвороби при зайво напружених фізичних навантаженнях в умовах високогір'я на висоті 2500-3000м і більше [139, 151]. Не слід думати, що високий рівень адаптації спортсменів до гірських умов і їх часте перебування в горах є потужним профілактичним засобом проти виникнення гірської хвороби. Хвороба може виникнути і у спортсменів високої кваліфікації з великим досвідом підготовки в середньо- і високогір'ї, тому що вони, як правило, починають інтенсивну підготовку без необхідної попередньої адаптації [51, 199]. Профілактиці виникнення гірської хвороби сприяє попереднє штучне гіпоксичне тренування, пасивне перебування в барокамері, східчасте переміщення у високогір'я. Для усунення симптомів гірської хвороби можливе застосування спеціальних препаратів (за показаннями лікаря) або переміщення на меншу висоту.

Слід зазначити, що час, необхідний для досягнення стійкої адаптації, визначається багатьма факторами. За інших рівних умов адаптація відбувається швидше в людей, які регулярно перебувають в умовах штучної або природної гіпоксії. Спортсмени, адаптовані до навантажень на витривалість, пристосовуються до умов середньогір'я й високогір'я швидше, ніж особи, які не займаються спортом, або спортсмени, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах спорту. Збільшення висоти (у певних межах) стимулює адаптаційні реакції й прискорює процес адаптації; процес адаптації

протікає значно швидше в осіб, які широко використовують інтенсивні фізичні навантаження, порівняно з особами, які ведуть звичайний спосіб життя [17, 86]. Для досягнення максимальних величин об'єму циркулюючої крові й маси циркулюючих еритроцитів на висоті 3200 м в умовах звичайного режиму життя необхідно близько 40 днів [17, 168]. Однак залежно від перерахованих вище факторів цей період може бути скорочено в 1,5-2 рази.

Цими ж факторами визначається й тривалість періоду, протягом якого зберігається досягнутий рівень адаптації. Спортсмени, добре адаптовані до гіпоксичних умов, при певному режимі тренування й застосуванні сеансів штучної гіпоксії здатні зберігати рівень реакцій, досягнутий у горах, через 30-40 днів і більше після переїзду в умови рівнини. При одноразовому плануванні підготовки в горах кількість еритроцитів, наприклад, повертається до вихідного рівня вже через 9-12 днів. Коли ж гіпоксичне тренування проводиться регулярно протягом багатьох місяців, його ефект зберігається і через 40 днів і більше після припинення такого тренування. Це стосується і таких показників, як максимальне споживання кисню, споживання кисню на рівні анаеробного обміну та ін. [17, 31, 37, 43].

1.3.2 Роль гіпоксії в системі підготовки спортсменів

Тривалість і ефективність акліматизації спортсменів до умов гір залежить від великої кількості факторів і може коливатися в досить широких межах залежно від віку і кваліфікації спортсменів, специфіки виду спорту, досвіду гіпоксичного тренування, особливостей тренувального процесу, що передуює підйому в гори. Велике значення має повноцінний попередній відпочинок: починати підготовку в горах необхідно у стані повного відновлення фізичних і психічних можливостей спортсмена після попередніх тренувальних і змагальних навантажень. У випадку, якщо гірська підготовка починається в умовах невідновлення організму спортсмена, процес

адаптації до гіпоксії суттєво вповільнюється, тому, як правило, перед переїздом у гори планується 5-7- денні відновні мікроцикли [17, 43].

Уповільнюється процес акліматизації й у тому випадку, якщо гірська підготовка за характером вправ, спрямованістю впливу й динаміці навантажень суттєво відрізняється від попередньої рівнинної. У зв'язку із цим програми тренувальних занять, режим їх чергування повинні бути звичними для спортсмена, особливо в перші дні гірської підготовки. Прискоренню процесу сприяють різноманітні вправи аеробного характеру, також і неспецифічні [17, 168].

Період акліматизації спортсменів коливається в широкому діапазоні – від 3-5 днів і 10-12 годин активного навантаження до 10-12 днів активного навантаження. Ці коливання обумовлюються рядом причин. У першу чергу, це досвід гірської підготовки, накопичений спортсменами, які регулярно виїжджають для тренування в гори, виробляють здатність до досить швидкої й ефективної адаптації до нових умов і здатні в 1,5-2 рази швидше увійти у звичний режим тренування порівняно зі спортсменами такої ж кваліфікації, які прибули в гори вперше [24, 33]. Не менше значення для прискорення процесів акліматизації має і практика застосування штучного гіпоксичного тренування, проведеного в умовах рівнинної підготовки протягом попереднього тижня тренування у горах. Двотижневе тренування в умовах рівнинної підготовки в умовах штучної гіпоксії при загальному обсязі навантаження 20-30 годин здатне різко прискорити й полегшити процес акліматизації спортсменів в умовах природного гіпоксичного тренування [17, 168]. Є дані, що вказують на необхідність значно більш тривалої акліматизації спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту, що вимагають прояву витривалості [159, 177, 180, 208]. Якщо висота становить 1200-1500 м над рівнем моря, для акліматизації потрібно, як мінімум, тиждень, 2000 м – місяць. Однак досвід гірської підготовки спортсменів високого класу свідчить про те, що ці терміни явно завищені. Спортсмени вищої кваліфікації проходять період акліматизації набагато легше порівняно зі спортсменами,

які помітно поступаються їм у майстерності, тренувальному та змагальному досвіді [17].

Процеси відновлення у юних спортсменів, а також у неадаптованих до гірської підготовки дорослих спортсменів, відбуваються значно повільніше порівняно з дорослими спортсменами високої кваліфікації, які регулярно виїжджають для тренування в гори [168]. Наприклад, після стандартного навантаження тривалість відновних реакцій за даними ЧСС, споживання кисню, компенсація кисневого боргу у дорослих спортсменів, адаптованих до гір, виявляється на 25-35% коротше порівняно з дорослими спортсменами, не адаптованими до гірської підготовки, і на 30-45% - порівняно з юними спортсменами. Настільки істотні відмінності багато в чому обумовлені різною реакцією спортсменів зазначених груп на запропоновані стандартні навантаження. Однак навіть у тому випадку, коли спортсменам пропонуються абсолютно ідентичні за реакцією організму навантаження (підвищення концентрації лактату в крові до 6,5 ммоль/л у всіх групах), адаптовані дорослі спортсмени відновлюються на 15-20 і 25-35% швидше неадаптованих дорослих і юних спортсменів відповідно [43].

Коли мова йде про доцільну висоту, на якій слід проводити підготовку, необхідно враховувати протиріччя, що існує між впливом гірської гіпоксії на системи дихання, кровообігу, крові й, у цілому, можливість організму до енергозабезпечення роботи аеробного й аеробно-анаеробного характеру й умовами для ефективного вдосконалення техніко-тактичних, швидкісно-силових і спеціальних психічних компонентів підготовленості. Якщо для вдосконалення можливостей різних ланок системи енергозабезпечення гірське тренування може виявитися високоефективним, то стосовно найважливіших складових технічної й тактичної майстерності, ряду найважливіших компонентів фізичної і психічної підготовленості істотне зниження інтенсивності тренування і його загального обсягу, неминуче в умовах високогір'я, є негативним чинником [17, 43].

Тому вибір оптимальної висоти для підготовки в гірських умовах значною мірою повинен визначатися специфікою спорту. Досвід, а також результати наукових досліджень показують, що бігуни на довгі дистанції й марафонці періодично можуть тренуватися на висоті 5300-4000 м. Для веслярів, плавців, бігунів на середні дистанції, ковзанярів найбільш доцільна висота лежить у діапазоні 1600-2200 м. Спортсмени, які спеціалізуються у швидкісно-силових, складнокоординаційних і ігрових видах, можуть використовувати для гірської підготовки бази, що розташовані на висотах 1200-1600 м [17, 83, 94, 95].

На практиці тренування в гірських умовах найчастіше проводиться на висотах 2000-2700 м над рівнем моря протягом не менше 2-3 тижнів, що дозволяє спортсменам домагатися високих результатів на змаганнях, проведених на рівнині. Модифікацією цього виду тренування є методика, що відбиває концепцію «жити наверху – тренуватися внизу», коли спортсмени постійно перебувають в умовах середньо- або високогір'я, а тренуються на висоті 1000 м або нижче [31, 146, 183, 186, 211].

Безперервне перебування спортсменів, добре акліматизованих до гірських умов, у рівнинних умовах поступово призводить до зникнення структурних і функціональних адаптивних зміни в організмі. Насамперед відбуваються зміни в дихальній системі: реакції адаптації дихання зникають протягом кількох тижнів. Трохи довше зберігаються зміни в системі крові – підвищена кількість еритроцитів і вміст гемоглобіну, киснева ємність крові. Підвищена васкуляризація тканин може зберігатися протягом 2-3 місяців [68, 168].

Тривалість акліматизації на рівні моря після перебування в горах, як і акліматизація до гірських умов, залежить від багатьох факторів і може коливатися в широких межах. В окремих осіб процес повторної адаптації до гірських умов може не завершитися й через 6 місяців після переїзду на рівень моря. В інших уже наприкінці другого місяця основні ефекти перебування в горах зникають [17, 37].

Позитивний вплив гірського тренування на функціональні можливості спортсменів і їх спортивні результати проявляються не відразу після повернення з гір. Можливо це пояснюється необхідністю адаптації м'язової системи, тобто навчанням м'язів у нових (з більш високим атмосферним тиском) умовах [31]. Потрібен певний період реакліматизації, тривалість якого залежить від індивідуальних особливостей організму спортсмена. Приблизно 50-60% спортсменів у перші кілька днів (не більше 3-4) здатні показати високі результати й продемонструвати високу працездатність у спеціальних тестах. Після цього може відбуватися досить тривала фаза (5-6 днів) зниження функціональних можливостей організму спортсменів. В інших 40-50% спортсменів ця фаза надходить відразу після повернення в рівнинні умови і може тривати до 6-8 днів і більше [108]. Протягом цього часу не рекомендується участь у відповідальних змаганнях, планування занять із граничними навантаженнями і вправи спеціально-підготовчого характеру, що пред'являють максимальні вимоги до організму спортсменів [17].

Після закінчення фази знижених функціональних можливостей проявляється відставлений ефект гірської підготовки, який стосовно найважливіших компонентів функціональної підготовленості спортсмена може розвиватися протягом наступних 8-12 днів. Максимальні величини споживання кисню зазвичай реєструються через 3-4 тижні після повернення в рівнинні умови [192]. Залежно від особливостей побудови тренувального процесу в ці дні пік функціональних можливостей і працездатності спортсменів припадає на 20-25 дні після повернення з гір [17].

Через 30-35 днів після повернення з гір відзначаються перші виражені ознаки деадаптації, які в першу чергу торкаються функцій кровообігу, дихання, крові, системи утилізації кисню тканинами [107, 180]. При цьому, чим більш явним був ефект гірської підготовки, тим раніше проявляються ознаки деадаптації [168].

Терміни деадаптації й інтенсивність ослаблення функціональних і структурних перебудов в організмі спортсмена, досягнутих у результаті гірської підготовки, багато в чому залежать від специфіки виду спорту, наявності досвіду гіпоксичної підготовки й характеру тренування після повернення з гір. Спортсмени, які спеціалізуються у видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості (стаєрський біг, велоспорт (шосе), лижні перегони, біатлон), зберігають досягнутий тренуванням у горах рівень адаптації на 20-40% довше порівняно зі спортсменами, які спеціалізуються у спортивних єдиноборствах або спортивних іграх. Значно більш тривалий час (в 1,5-2 рази) зберігаються адаптаційні реакції у спортсменів, які застосовують гіпоксичне тренування (природне і штучне) регулярно, порівняно зі спортсменами, які використовують тренування в горах епізодично [17, 111]. Застосування після повернення з гір значної кількості тренувальних вправ гіпоксичного характеру здатне суттєво віддалити процес деадаптації організму спортсменів. До такого ж ефекту призводить включення в тренувальний процес засобів штучного гіпоксичного тренування [24, 55].

У даному розділі показано, що в результаті фізичних навантажень і постійної дії гіпоксії в організмі спортсмена відбуваються різноманітні морфологічні й функціональні зміни, які визначають стан тренуваності спортсмена. При цьому досить актуальною є необхідність постійного вдосконалення всіх сторін підготовки спортсмена. Поряд з подальшою розробкою традиційних методів всебічної підготовки спортсменів у наш час усе більшого значення набуває розробка й використання нетрадиційних засобів і методів, спрямованих на розширення меж функціональних можливостей організму спортсмена, його аеробної й анаеробної продуктивності, що значною мірою визначають рівень працездатності.

Проблема підготовки і змагань спортсменів у гірських умовах привертає широку увагу фахівців в області спорту. Висока ефективність гірської підготовки як засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних із проявом

витривалості спортсменів, доведена багатьма дослідниками, які працюють в області спортивної фізіології. Однак значно менше робіт присвячено підготовці спортсменів у гірських умовах, у спортивній діяльності яких витривалість не є визначальним чинником (силові, швидкісно-силові, складнокоординаційні види спорту, єдиноборства). Крім того, недостатня увага звертається на дослідження індивідуальних особливостей адаптації організму спортсменів до гіпоксичних умов, пов'язаних, зокрема, з типом центральної нервової системи й вегетативним гомеостазом.

Наведені дані послужили підставою для проведення власних досліджень щодо визначення особливостей адаптації до умов середньогір'я спортсменів, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах спорту.

Результати даного розділу дисертації відображені в публікаціях [43, 111, 168].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методи досліджень

Для досягнення поставленої мети дисертаційної роботи використовувався ряд методів дослідження:

1. Теоретичний аналіз і узагальнення спеціальної вітчизняної і зарубіжної наукової літератури.
2. Методи математичного аналізу варіабельності серцевого ритму.
3. Газоаналітичні методи оцінки фізичної працездатності.
4. Антропометрія, динамометрія.
5. Тести для визначення рівня фізичної підготовленості.
6. Методи математичної статистики.

2.1.1 Аналіз наукової і науково-методичної літератури

Вивчення літературних джерел і узагальнення даних спеціальної літератури дозволили сформулювати загальне уявлення про досліджувану проблему, установити рівень її розробленості та перспективності.

Аналіз літературних джерел дозволив вивчити проблему й використовувати отримані дані при підготовці вступу, першого розділу – огляду літератури, другого розділу – вибору і опису методів дослідження.

Вивчення й узагальнення спеціальної літератури з теми дисертаційної роботи проводилося за монографіями, авторефератами, дисертаціями, журнальними статтями, а також підручниками і навчальними посібниками, у яких розглядалися механізми адаптації організму людини до гіпоксії й роль гіпоксичного тренування в системі підготовки спортсменів.

Проаналізовані інформаційні файли українських, російськомовних пошукових систем і англомовних, серед них «Google», «Yandex»

(www.yandex.ru) – 20 сайтів, «Каталог російських ресурсів» (www.aha.ru)– 30 сайтів, «Alta Vista» (www.alvista.com) – 40 сайтів.

2.1.2 Ритмокардіографічне дослідження

Відомо, що результат діяльності систем регуляції в живому організмі проявляється у вигляді коливань структурної, енергетичної та інформаційної рівноваги, що відбуваються на всіх рівнях (від клітинного до організменного). Ці коливання відбивають діяльність механізмів безперервної регуляції серцево-судинної системи і поточний функціональний стан організму [6, 38, 75, 130, 207]. Наявність коливальних процесів з різними періодами й амплітудою, які відбивають діяльність механізмів центрального керування й саморегуляції як у нормі, так і при патології, може бути виявлена за допомогою реєстрації кардіоритмограм (КРГ) і подальшого математичного аналізу варіабельності ритму серця.

Кардіоритмографічні дослідження проводилися за допомогою програмно-апаратного комплексу «Ритм1» [41, 172]. Показчик серцевого ритму розташовувався на мочці вуха. При цьому використовувався принцип реєстрації відбитої світлової хвилі інфрачервоного діапазону. У комплексі застосований канал виміру частоти дихальних циклів. Показчик дихання встановлювався біля носа в місці максимального повітряного потоку. Частота дихального циклу f_b використовувалася для ідентифікації частотного дихального діапазону $f_b \pm G$ (G – середньоквадратичне відхилення) при проведенні спектрального аналізу ряду кардіоінтервалів. На відміну від раніше застосовуваного підходу до ідентифікації частотного спектра дихальних хвиль [6, 129, 130], використовуваний метод дозволяв уникати невизначеності при визначенні границь діапазонів повільних (LF), швидких (HF) і надшвидких (VHF) періодичних компонентів у ритмі серця й підвищувати вірогідність ритмокардіографічної оцінки вегетативного гомеостазу і функціонального стану організму людини.

Реєстрація КРГ проводилася у положенні обстежуваного лежачи на спині при спокійному диханні після 5-10 хвилин відпочинку і стоячи після проведення АОП. При виявленні артефактів і ектопічних скорочень серця більше 5-10% від загальної кількості зареєстрованих R-R інтервалів спектральний аналіз варіабельності ритму серця не проводився, обмежувалися аналізом гістограми і скаттерограми. Відповідно до «Міжнародного стандарту» [202] у дослідженнях аналізувалися послідовно 5-хвилинні (300 с) записи КРГ.

Розраховувалися статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів: математичне очікування динамічного ряду (RRNN); стандартне відхилення нормальних величин R-R інтервалів (SDNN); коефіцієнт варіації (CV); частка послідовних R-R інтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс (pNN50, %).

У програмі був реалізований метод варіаційної пульсометрії, при цьому будувалася гістограма й визначалися різні її характеристики: мода (Mo), амплітуда моди (AMo), варіаційний рзмах ($\Delta R-R$). Розраховувалися також: індекс напруженості (IH), індекс вегетативної регуляції (IBP), вегетативний показник ритму (ВІР), показник адекватності процесів регуляції" (ПАІР).

Спектральний аналіз проводився за методом швидкого перетворення Фур'є. Визначалися потужності спектра в $\text{мс}^2/\text{Гц}$ у наступних діапазонах: надповільний діапазон (VLF) – від 0,003 Гц до 0,04 Гц; діапазон повільних хвиль другого порядку (LF_2) – від 0,04 до 0,08 Гц; діапазон повільних хвиль першого порядку (LF_1) – від 0,08 до 0,15 Гц; діапазон високочастотних (дихальних) хвиль (HF) – від 0,15 до 0,40 Гц; діапазон надвисокочастотних хвиль (VHF) – від 0,40 до 1,00 Гц. Також розраховувалися: загальна потужність спектра в діапазоні від 0,003 Гц до 0,40 Гц – $\text{TP}_{0-0,40}$ по формулі: $\text{TP}_{0-0,40} = \text{VLF} + \text{LF} + \text{HF}$; потужність у діапазоні низьких частот, виражена в нормалізованих одиницях – Lfnu , яка обчислюється за формулою: $\text{Lfnu} = 100 \times \text{LF} / (\text{TP}_{0-0,40} - \text{VLF})$; потужність у діапазоні високих частот, виражена в

нормалізованих одиницях – $Hfnu$, яка обчислюється за формулою: $Hfnu=100 \times HF / (TP_{0-0,40-VLF})$; співвідношення LF/HF .

Для оцінки функціонального стану організму в апаратно-програмному комплексі поряд із традиційними уявленнями про регуляторні системи організму [57, 73, 76, 142] вперше був застосований структурно-лінгвістичний метод [166], заснований на положенні про те, що організм людини - *ультрастабільна* система [136], яка може перебувати тільки в дискретних станах. При зовнішніх впливах спонтанно перехід між станами відбувається стрибкоподібно за певними правилами [42, 58, 59, 84, 85].

Спектральна формула - послідовність символів, що описує характеристики спектральних ліній у спектрі аналізованого ряду кардіоінтервалів. Наприклад, якщо у спектрі кардіоритмограми відсутні максимуми (спектральні лінії), то в символній формі її можна записати як S_0 . Якщо максимуми спостерігаються тільки в одній із частотних областей, то такі спектри можна представити відповідно у вигляді S_m , S_b . Спектри, у яких присутні максимуми тільки у високочастотній області, позначаються S_f . Якщо є максимуми у двох із трьох частотних областей, то такі спектри записуються в наступному вигляді: $S_m S_b$, $S_m S_f$, $S_b S_m$, $S_b S_f$, $S_f S_m$, $S_f S_b$,. У цьому випадку першим записується компонент, що має найбільшу амплітуду. Трикомпонентні спектри записуються у вигляді $S_m S_b S_f$, $S_m S_f S_b$, $S_b S_m S_f$, $S_b S_f S_m$, $S_f S_m S_b$ і $S_f S_b S_m$.

Живий організм, як ультрастабільна система, може перебувати в рівноважному стані тільки при певних співвідношеннях спектральних компонентів [34, 45, 84, 167]. *Стаціонарними або рівноважними* станами будуть ті, у яких спектри кардіоритмограм описуються наступними формулами: S_0 , S_m , S_b , $S_m S_b$, $S_b S_m$. *Квазістаціонарні або нестійкі* стани мають спектри з формулами S_f , $S_m S_f$, $S_b S_f$, $S_f S_m$, $S_f S_b$, $S_m S_b S_f$, $S_m S_f S_b$, $S_b S_m S_f$, $S_b S_f S_m$, $S_f S_m S_b$, $S_f S_b S_m$. Основною ознакою квазістаціонарного стану є наявність у спектрах кардіоритмограм високочастотного компонента S_f . Передбачається, що швидкі компоненти є відбиттям діяльності в живому

організмі швидкодіючих східчастих механізмів, які при виході організму з рівноважного стану впливають на системи регуляції, які або втримують організм у початковому стані, або переводять його за певними правилами в новий рівноважний стан.

So – спектри кардіоритмограм, для яких характерна відсутність періодичних складових і, отже, відсутність спектральних максимумів, спостерігаються при передтермінальних станах і при деяких патологічних процесах [6, 42, 166].

Спектри Sm, SmSf, Sb, SbSf відзначаються в осіб з недостатністю адаптаційних механізмів, які не здатні забезпечити оптимальну реакцію організму на вплив зовнішніх факторів. Зустрічаються при перенапруженні регуляторних механізмів організму [45, 84] або при патологічних процесах [6, 127].

Спектри SmSb, SmSbSf реєструються при станах повної або часткової адаптації організму до зовнішніх умов [42, 166].

Спектри SbSm, SbSmSf характеризують стан в осіб, у яких повна адаптація до факторів зовнішнього середовища забезпечується за рахунок оптимальної витрати енергетичних і структурних елементів в організмі [42].

Квазістаціонарні нестійкі стани зі спектрами SbSfSm, SmSfSb,Sf, SfSm, SfSb, SfSmSb, SfSbSm характеризуються наявністю спонтанних перехідних процесів в організмі, і час перебування організму в них обмежений [45].

2.1.3 Активна ортостатична проба

Активна ортостатична проба проводилася в такий спосіб. Після попереднього інструктажу обстежуваний проводив 10-15 хвилин у горизонтальному положенні з піднятою головою. КРГ реєстрували протягом останніх десяти хвилин. Потім за командою обстежений не дуже швидко, але без затримок займав вертикальне положення і стояв спокійно по стійці

«струнко», однак без напруження протягом 10 хвилин, протягом яких безупинно йшла реєстрація КРГ.

При проведенні АОП проводився аналіз як нестационарної ділянки КРГ, що характеризує перехідний процес після прийняття положення стоячи тривалістю зазвичай 1 хвилину, так і десятихвилинної стаціонарної.

При аналізі перехідного періоду розраховували відношення мінімального значення R-R інтервалу, зазвичай в районі 15 скорочення від початку уставання, до найдовшого R-R- інтервалу, зазвичай близько 30 скорочення серця, – так званий коефіцієнт 30:15 ($K_{30:15}$) [62, 76, 158].

Реакції на ортостатичну пробу з урахуванням коефіцієнта $K_{30:15}$ можна розділити на нормальну, знижену, високу або надлишкову і парадоксальну.

У здорових людей нормальною реакцією на ортопробу слід уважати $K_{30:15}$ від 1,25 до 1,75. Знижена реакція – $K_{30:15}$ від 1,0 до 1,25. Висока або надлишкова реактивність – значення $K_{30:15}$ більше 1,75 (іноді більше 2,0). Парадоксальна реакція – $K_{30:15}$ менше 1,0.

2.1.4 Газоаналітичні методи оцінки фізичної працездатності

Фізичну працездатність визначали методом велоергометрії. Обстежувані виконували роботу східчасто-зростаючої потужності, яка щохвилини підвищується від 50 до 250 Вт. Використовувалася наступна схема дослідження: 5 хв – спокій, 5 хв – навантаження, 10 хв – відновлення. Газовий склад вдихуваного і видихуваного повітря визначали за допомогою мас-спектрографа МХ 6202 (Україна), легеневу вентиляцію - волюметра 45084 (Німеччина). Оцінювали показники потужності, ємності, ефективності функціональних (дихальної і серцево-судинної) та енергетичних (аеробних і анаеробних) систем. Максимальне споживання кисню (МСК) у літрах за хвилину розраховували за формулою :

$$(2,2 \times \text{PWC170} + 1070)/1000 [26, 126].$$

2.1.5 Антропометрія, динамометрія

У ході антропометричних досліджень визначалися довжина й маса тіла легкоатлетів, які спеціалізуються з бігу на короткі та середні дистанції. Довжина тіла (см) вимірялася антропометром Мартіна, а маса (кг) – вагами TANITA HD – 326. Сила кисті вимірялася за допомогою ручного динамометра [26]. Для визначення сили кисті (правої й лівої) спортсмен робив три спроби кожною рукою, а кращі показники записувалися до протоколу.

2.1.6 Тести для визначення рівня фізичної підготовленості

Для оцінки функціональних можливостей спортсменів, які спеціалізуються з бігу на короткі і середні дистанції, використовували комплексні тести для визначення рівня їх фізичної підготовленості [13, 14, 61]. Тести були розділені на три групи. До першої належали бігові тести, до другої – стрибкові і до третьої – тести з обтяженням. Послідовність виконання і результати тестів наведені в додатку Д.

2.1.7 Математична обробка результатів

Обробка результатів проводилася з використанням стандартних пакетів програм "SPSS" [198].

Для аналізу й оцінки отриманих даних застосовувалися методи параметричної й непараметричної статистики, кореляційного, регресійного, кластерного й факторного аналізу [4, 63].

Оцінка розподілу даних на нормальність проводилася за допомогою критерію χ^2 . При нормальному розподілі вірогідність кількісних відмінностей визначалася за допомогою непарного й парного t-критерію Стьюдента. При відсутності нормального розподілу вірогідність відмінностей оцінювалася за

допомогою непараметричного рангового критерію й критерію Уїлкоксона [4].

2.2 Організація досліджень

Дослідження складалося з п'яти етапів.

На першому етапі був проаналізований і оброблений сучасний науково-методичний матеріал різних вітчизняних і зарубіжних авторів, апробований інструментальний комплекс для проведення обстежень, обрані тема, мета, завдання роботи й відповідні методи дослідження.

На другому етапі в умовах м. Києва на базі Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту України обстежено 19 спортсменів. Усі спортсмени мали кваліфікацію МС (14 осіб) і МСМК (5 осіб), члени збірної України, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції. Середній вік обстежених спортсменів становив $23,9 \pm 3,82$ років. Мінімальний вік обстежених спортсменів – 19 років, максимальний – 29 років.

Проводилася оцінка рівня фізичної підготовленості спортсменів до початку навчально-тренувальних зборів у гірських умовах і на рівні моря.

На третьому етапі проведена оцінка адаптації до гіпоксичної гіпоксії організму залежно від індивідуальних особливостей вегетативної регуляції в 12 спортсменів під час двотижневого навчально-тренувального збору в умовах середньогір'я на висоті 2100 м на базі Ельбрусської медико-біологічної станції Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень НАН України на 2-3-ю й на 11-12-у добу перебування в горах.

На четвертому етапі обстежено 19 спортсменів, які склали три групи – контрольну (7 спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря) і за результатами оцінки адаптації до гіпоксичної гіпоксії дві основні (5 і 7 спортсменів відповідно, які провели навчально-тренувальний збір у гірських умовах).

На базі Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту України проводилися: на 2-3-ю і 24-25-у добу після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я оцінка фізичної працездатності спортсменів двох основних груп; на 25-27-у добу після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і рівнини (м. Одеса) - порівняльна оцінка функціонального стану організму і фізичної підготовленості спортсменів контрольної і основної груп.

На п'ятому етапі були проведені систематизація, обробка й аналіз отриманих даних, визначені найбільш інформативні показники та критерії, створена база даних, розроблені практичні рекомендації, впроваджені результати дослідження в практику.

Результати даного розділу дисертації відображені в публікації [114].

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ У СПОРТСМЕНІВ В УМОВАХ СЕРЕДНЬОГІР'Я

У цьому розділі наведені результати досліджень за допомогою математичного аналізу варіабельності серцевого ритму особливостей вегетативної регуляції серцево-судинної системи, що включають оцінку нервової, нейрогуморальної та гуморально-метаболічної ланок у спортсменів на тлі адаптаційних змін в умовах середньогір'я.

3.1 Особливості функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів на 2-3 добу перебування

Відомо, що зміна ритму серця - універсальна оперативна реакція цілісного організму у відповідь на будь-який вплив зовнішнього середовища [6, 48, 76, 77]. Серце працює під контролем і впливом безлічі рефлекторних і гуморальних факторів, що знаходять своє відбиття в кардіоритмограмах. Математико-статистичні показники й хвильова структура ритму серця у стані спокою та при різних функціональних пробах характеризують баланс між парасимпатичним і симпатичним відділами вегетативної нервової системи (вегетативний гомеостаз), а також стан різних ланок системи регуляції й керування функціями організму.

Тому для того, щоб оцінювати динаміку і якість регуляції кровообігу й організму в цілому в нормі й при патології, необхідно докладно описати й класифікувати зміни в ритмі серця за їхніми статистичними показниками і хвильовою структурою.

3.1.1 Класифікація кардіоритмограм за показниками одновимірного розподілу ритму серця у стані спокою і при проведенні активної ортопроби

Для вивчення розподілу кардіоінтервалів у спортсменів використовували показники, що описують варіаційні ряди кардіоритмограм.

У таблиці 3.1 наведені усереднені математико-статистичні показники, а також ряд вторинних показників, розрахованих за даним варіаційної пульсометрії у 12 спортсменів на 2-3 дні перебування в умовах середньогір'я (на висоті 2100 м), зареєстрованих у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби.

Таблиця 3.1 – Математико-статистичні та вторинні показники варіаційної пульсометрії у спортсменів на 2-3 день перебування в умовах середньогір'я (n=96)

Показник	Середнє значення	Середнє.квадр. відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення
RRNN, мс	687	134,6	473	1323
Mo, мс	654	148,0	450	1300
SDNN, мс	23,2	30,51	10,3	119,5
AMo, %	75	16,0	19	93
$\Delta R-R$, мс	312	340,2	18	932
CV, %	3,3	7,51	1,6	29,9
pnn50, %	6,8	10,87	0,2	55,6
IBP	244	209,8	41	971
ПАПР	115	107,9	16	173
ВПП	4,9	4,09	0,9	9,5
ІН	185	127,2	27	815

Примітка: n – кількість кардіоритмограм

Ці показники є основними статистичними моментами, що описують розподіл кардіоінтервалів у кардіоритмограмах спортсменів, і відбивають ступінь активності різних ланок регуляторної системи, спрямованої на підтримку вегетативного гомеостазу в організмі. Середні значення RRNN і Мо динамічного ряду кардіоінтервалів відбивають активність гуморального каналу регуляції ритму серця. SDNN є одним з основних показників варіабельності серцевого ритму й характеризує сумарний ефект впливу на синусовий вузол симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Збільшення або зменшення цього показника свідчить про зсув вегетативного гомеостазу у бік переваги активності одного з відділів вегетативної нервової системи [76]. CV - нормоване за частотою пульсу середнє квадратичне відхилення, й згідно з рядом авторів [102, 169-170], використовується як критерій активності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. $\Delta R-R$ також переважно залежить від активності вагусної регуляції ритму серця. У той же час АМо визначається активністю симпатичного відділу вегетативної нервової системи. ІВР, ПАПР, ВПР і ІН відбивають стан вегетативного гомеостазу й ступінь централізації регуляції ритмом серця [6, 76].

ІВР указує на співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів автономної частини периферичної нервової системи. ПАПР відбиває відповідність між активністю симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи й активністю синусового вузла. Цей показник залежно від частоти пульсу вказує на надлишкову або недостатню централізацію регулювання ритму серця. ВПР дозволяє оцінювати вегетативний баланс. Чим менше величина ВПР, тим більшою мірою вегетативний баланс зміщений у бік переваги парасимпатичних впливів. ІН характеризує напруження і ступінь централізації керування серцевим ритмом [6, 76]. На підставі наведених у таблиці 3.1 результатів статистичного аналізу розподілу кардіоінтервалів можна зробити висновок про помірну перевагу у спортсменів активності симпатичного відділу

нервової системи і надлишкової централізації регуляції серцевого ритму в початковий період адаптації до гірських умов. Слід зазначити значний розкид зареєстрованих показників, що може свідчити про неоднорідність показників і необхідність поділу їх на групи.

З метою поділу на групи математико-статистичних показників варіаційної пульсометрії використовувалися методи кластерного аналізу. Вірогідність поділу показників на кластери встановлювалася на рівні $p < 0,05$. Область перекриття границь кластерів не перевищувала 2% від їхнього діапазону. Для поділу показників на кластери були проаналізовані наступні масиви даних і вибірки з них:

- вибірки, що містять один з 7 первинних статистичних показників (RRNN, M_0 , SDNN, A_{M_0} , $\Delta R-R$, CV, $pNN50$), які описують розподіл кардіоінтервалів у спортсменів;

- масив середніх значень 11 первинних і вторинних статистичних показників (RRNN, M_0 , SDNN, A_{M_0} , $\Delta R-R$, CV, $pNN50$, IBP, ПАПР, ВПР, ІН).

Як окремі показники, так і масив середніх значень 7 статистичних показників вірогідно розділялися на 5 кластерів при мінімальній кількості ітерацій (рис. 3.1).

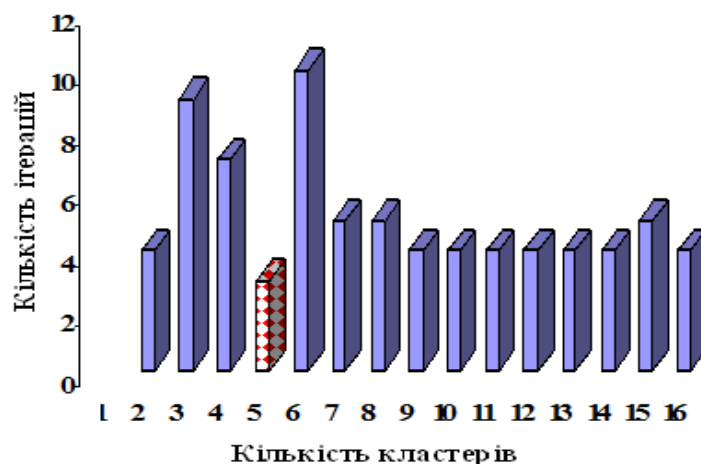


Рис. 3.1. Зміни кількості ітерацій залежно від кількості кластерів показників варіаційної пульсометрії (штрихуванням позначена мінімальна кількість ітерацій, при яких показники вірогідно розподілялися на 5 кластерів)

Характеристики 5 кластерів, отримані на підставі кластерного аналізу кожного з 7 математико-статистичних показників варіаційної пульсометрії, наведені в таблиці А.1 додатка А.

Проведений аналіз показав, що найкраще за кількістю ітерацій на кластери розділилися такі показники як Mo (4 ітерації) CV (4 ітерації) і $pNN50$ (4 ітерації).

Показник Mo надалі був використаний як групувальна змінна для поділу на кластери масиву середніх значень $RRNN$, Mo , $SDNN$, AMo , $\Delta R-R$, CV , $pNN50$, IBP , $ПАПР$, $ВПР$, $ІН$, що характеризують розподіл кардіоінтервалів в 96 кардіоритмограмах (табл. А.2, додаток А).

У I, IV і V кластерах зі збільшенням їх номера величини всіх показників зростають синхронно зі змінами центру групувальної змінної. Такі кластери ідентифіковані як “нормальні” або “регулярні”. В II і III кластерах у значеннях $SDNN$, AMo , $\Delta R-R$, CV , $pNN50$, IBP , $ПАПР$, $ВПР$, $ІН$ спостерігаються відхилення від обумовленого порядку змін показників групувальної змінної.

Аналіз наведених у таблиці А.2 даних указує на те, що характеристики кластерів мають ряд відмітних ознак, обумовлених значенням центру й співвідношенням показників, що увійшли у кластери.

У II кластері значення центру $\Delta R-R$, $pNN50$, $ПАПР$ зростають зі збільшенням групувальної змінної Mo , а IBP , $ВПР$ і $ІН$ зменшуються. У III кластері величини $\Delta R-R$, CV не збільшуються, а зменшуються з ростом групувальної змінної Mo . Аналогічно, AMo , IBP , $ВПР$ і $ІН$ випадають із ряду послідовно зменшуваних значень даних показників в інших кластерах. Такі кластери надалі будуть називатися “нерегулярними”. В “нерегулярних” кластерах крім несинхронної групувальної змінної зміни одного їх значень

центру іноді порушується співвідношення величин показників. Такі файли названі “аномальними”.

Як правило, при описі варіабельності серцевого ритму у здорових людей за допомогою методів варіаційного аналізу питома вага “нерегулярних” або “аномальних” кластерів набагато нижча, ніж питома вага “нормальних”, і не перевищує 5-10%. У той же час питома вага «аномальних» кластерів в описі розподілу кардіоінтервалів у спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я досягає 45,5%.

У таблицях 3.2 і 3.3 наведені межі середніх значень показників, що входять відповідно в “регулярні” і “нерегулярні” кластери.

Таблиця 3.2 – Граничні значення первинних і вторинних математико-статистичних показників варіаційної пульсометрії, що входять в “регулярні” кластери

Показник	Діапазон	Мінімальне значення	Максимальне значення
Mo, мс	750	550	1300
RRNN, мс	743	580	1323
SDNN, мс	108,1	11,4	119,5
AMo, %	58	3	61
$\Delta R-R$, мс	1555	95	1650
CV, %	27,2	2,7	29,9
pNN50, %	34,1	0,2	34,3
IBP	652	2	654
ПАПР	89	16	105
ВПП	11,1	0,2	11,3
ІН	467	22	489

Таблиця 3.3 – Граничні значення первинних і вторинних математико-статистичних показників варіаційної пульсометрії, що входять в “нерегулярні” кластери

Показник	Діапазон	Мінімальне значення	Максимальне значення
Mo, мс	320	450	770
RRNN, мс	377	473	850
SDNN, мс	22,2	10,3	32,5
AMo, %	62	31	93
$\Delta R-R$, мс	1814	18	1832
CV, %	22,5	1,6	24,1
pNN50, %	33,5	2,1	35,6
IBP	958	13	971
ПАПР	125	49	173
ВПП	14,3	10,2	24,5
ІН	905	237	1142

На підставі аналізу результатів, отриманих у даному розділі, можна зробити кілька висновків:

1. Окремі математико-статистичні показники варіаційної пульсометрії у спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я неоднорідні й вірогідно ($p < 0,05$) розділяються на кластери. При цьому на підставі більш швидкого й достовірного поділу на кластери показники Mo, CV і pNN50 можуть бути обрані як групувальні змінні.

2. Окремі вибірки й об'єднані масиви математико-статистичних показників варіаційної пульсометрії розділяються на “регулярні (нормальні)” і “нерегулярні (аномальні)” кластери. У “нормальних” кластерах значення всіх показників кластера зростають синхронно зі змінами величини групувальної змінної.

У “нерегулярних” кластерах спостерігаються відхилення від обумовленого порядку змін показників групувальної змінної. В “аномальних” кластерах іноді утворюються зворотні порівняно з “нормальними” кластерами співвідношення показників.

3. Границі показників “нормальних” кластерів лежать, в основному, у діапазоні, характерному для стану норми й спокою, у той час як фізіологічні границі “аномальних” кластерів зміщені в область функціональних навантажень і напруження регуляторних систем організму. При цьому за рахунок часткового перекриття відсутній чіткий поділ верхніх границь “регулярних” кластерів і нижніх границь “нерегулярних” кластерів.

4. Характеристики отриманих кластерів надалі можуть стати підставою для групової класифікації кардіоритмограм спортсменів за показниками варіаційної пульсометрії.

3.1.2 Класифікація кардіоритмограм за хвильовою структурою ритму серця у стані спокою і при проведенні активної ортопроби

Для вивчення внутрішньої структури динамічної послідовності кардіоінтервалів і оцінки періодичних коливань серцевого ритму (“ хвильової структури”) використовуються відповідно автокореляційна функція й функція спектральної щільності.

У таблиці 3.4 наведені усереднені значення показників автокореляційного та спектрального аналізу й характеристики їх розподілів для 96 кардіоритмограм 12 спортсменів, зареєстрованих у початковій фазі адаптації до умов середньогір'я в стані відносного спокою й при активній ортопробі.

Показники, наведені в таблиці 3.4, характеризують не тільки внутрішню й хвильову структуру серцевого ритму, але й відбивають ступінь і характер впливів на ритм серця різних ланок регуляторної системи, спрямованої на підтримку вегетативного гомеостазу в організмі.

Таблиця 3.4 – Статистичні характеристики розподілу показників автокореляційного й спектрального аналізу на 2-3 день перебування в умовах середньогір'я (на висоті 2100 м), зареєстрованих у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби (n=96)

Показник	Середнє значення	Середнє кв.відх.	Мінімальне значення	Максимальне значення
K1 відн. од.	0,52	0,337	-1,00	1,00
K0, відн. од.	18	24,9	1	148
K0.3, відн. од.	28	38,1	1	288
So, відн. од.	0,094	0,1965	0,000	0,968
SVLF, відн. од.	0,037	0,0268	0,000	0,358
Sm2max, відн. од.	0,018	0,0191	0,000	0,258
Sm1max, відн. од.	0,018	0,0048	0,000	0,242
Sbmax, відн. од.	0,015	0,0287	0,000	0,157
Sfmax, відн. од.	0,009	0,0358	0,000	0,138
fm2, Гц	0,05	0,011	0,04	0,08
fm1, Гц	0,11	0,019	0,081	0,149
fb, Гц	0,29	0,067	0,16	0,39
ff, Гц	0,55	0,116	0,39	0,80
F, Гц	0,23	0,087	0,10	0,64
VLF, мс ² /Гц	715	540,8	32	2637
LF, мс ² /Гц	603	405,8	47	1769
HF, мс ² /Гц	601	300,6	3	1129
VHF, мс ² /Гц	449	305,6	2	1091
TP _{0-0,4} , мс ² /Гц	1915	1091,4	103	3821
LFnu	50,4	31,7	10,3	93,9
HFnu	49,6	26,5	1,5	73,6
VLF%	50,6	24,58	10,7	83,4
LF%	50,9	23,15	11,0	56,5
HF%	30,7	14,05	8,9	55,3
LF/HF	1,04	0,524	0,05	2,64

Примітка: n – кількість кардіоритмограм

Фізіологічний зміст показників K1 і K0 полягає в оцінці зв'язку між центральними й місцевими (автономними) впливами на ритм серця. При сильному зв'язку між цими ланками регуляції динамічний ряд кардіоінтервалів більш організований, автокорелограма загасає повільно й значення K1 і K0 більш високі.

Швидкий початковий спад автокорелограми з наступним повільним загасанням може вказувати на антагоністичні взаємини центральних і місцевих механізмів регуляції [6, 76]. При фізіологічній інтерпретації спектральних компонентів кардіоритмограм ураховують їх частотний діапазон.

У наш час виходять із того, що низькочастотні ($f_m - 0 \div 0,15$ Гц) компоненти (Sm_{2max} , Sm_{1max} , LF) пов'язані з регуляцією в організмі теплопродукції й метаболізму [76], а також з періодично виникаючими спалахами як симпатичної вазомоторної активності (власний ритм судиннорухового центру), так і коливаннями артеріального тиску крові, реалізованого через барорефлекторні механізми.

Ця регуляція здійснюється, в основному, через симпатичний відділ вегетативної нервової системи і ренін-ангіотензинову системи [76, 77].

Середньочастотні (дихальні) ($f_b - 0,12 \div 0,40$ Гц) складові спектра (Sb_{max} , HF) визначаються переважно активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи [6, 187]. Високочастотні ($f_f - 0,20 \div 1,00$ Гц) складові (Sb_{max} , VHF) спектра визначаються активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи [76, 182], а також активністю коркових і підкоркових структур [135, 175, 181, 182]. Найменш ясна фізіологічна сутність наднизькочастотних коливань (SVLF, VLF). Його інтерпретація повинна проводитися тільки з урахуванням даних, отриманих за допомогою функціональних і фармакологічних проб [76].

Як і у випадку з показниками варіаційної пульсометрії представлені в таблиці 3.4 дані дозволяють дійти висновку, що є значний розкид середніх значень практично всіх показників автокореляційного та спектрального аналізу. Це свідчить про статистичну неоднорідність показників і можливість поділу їх на групи. Для об'єктивізації поділу показників на групи, що статистично вірогідно різняться, були застосовані методи кластерного аналізу.

Для поділу показників на кластери були сформовані вибірки, що містять один з 17 показників кореляційного та спектрального аналізу (K_1 , KO , $K_{0.3}$, So , $SVLF$, Sm_{2max} , Sm_{1max} , $Sbmax$, $Sfmax$, fm_2 , fm_1 , fb , ff , VLF , LF , HF , VHF) 36 кардіоритмограм.

Як і у підрозділі 3.1.1 показники кореляційного та спектрального аналізу також вірогідно розподілялися на 5 кластерів при мінімальній кількості ітерацій, що дорівнює 3 (рис. 3.2).

Характеристики 5 кластерів, отримані на підставі кластерного й дискримінантного аналізу кожного з 17 показників автокореляційного та спектрального аналізу 72 кардіоритмограм, наведені в таблиці А.3.

Проведений аналіз показав, що найкраще за кількістю ітерацій на кластери розділилися такі показники як VHF (3 ітерації), KO (3 ітерації) і $Sfmax$ (3 ітерації). Надалі показник VHF був використаний як групувальна змінна для поділу на кластери масиву 25 первинних і розрахункових середніх показників кореляційного та спектрального аналізу (K_1 , KO , $K_{0.3}$, So , $SVLF$, Sm_{2max} , Sm_{1max} , $Sbmax$, $Sfmax$, fm_2 , fm_1 , fb , ff , VLF , LF , HF , VHF , F , TP , $LFnu$, $HFnu$, $VLF\%$, $LF\%$, $HF\%$, LF/HF), що описують хвильову структуру 72 кардіоритмограм у спортсменів (табл. А.4, додаток А).

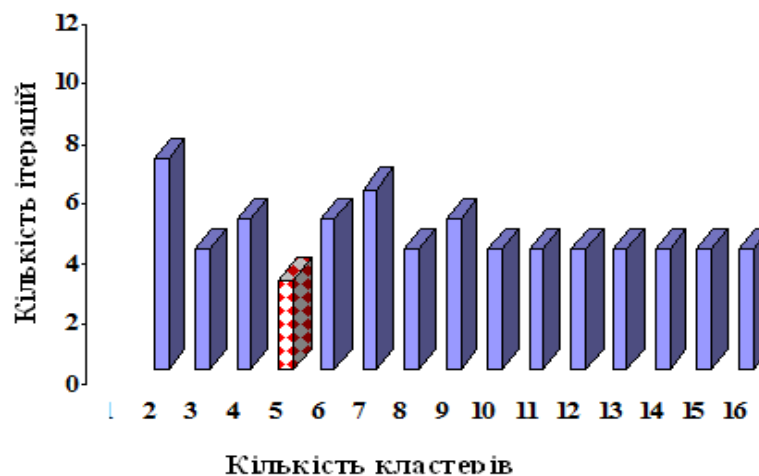


Рис. 3.2. Зміни кількості ітерацій залежно від кількості кластерів показників кореляційного та спектрального аналізу (штрихуванням позначена мінімальна кількість ітерацій, при яких показники вірогідно

розподілялися на 5 кластерів)

Аналіз наведених у таблиці А.4 даних указує на те, що, як і у підрозділі 3.1.1, характеристики кластерів мають ряд відмітних ознак, обумовлених значеннями центрів і співвідношенням, що входять у фактори показників.

В одних кластерах зі збільшенням їх номера величини всіх показників, що характеризують центри кластерів, зростають або зменшуються синхронно зі змінами центру групувальної змінної. У даній роботі такі кластери ідентифіковані як “нормальні” або “регулярні”.

Масив показників спектрального аналізу (K_1 , KO , $K_{0.3}$, So , $SVLF$, Sm_{2max} , Sm_{1max} , $Sbmax$, $Sfmax$, fm_2 , fm_1 , fb , ff , VLF , LF , HF , VHF , F , LF_{nu} , HF_{nu} , $VLF\%$, $LF\%$, $HF\%$, LF/HF) розподіляється на два “нормальні” кластери – I і V. В інших кластерах спостерігаються відхилення від обумовленого порядку змін групувальної змінної практично всіх показників або їх співвідношень. Такі кластери є “нерегулярними”. У таблиці 3.8 “нерегулярні” кластери мають номери II, III і IV. Як і у випадку з показниками варіаційної пульсографії, питома вага “нерегулярних” кластерів показників кореляційного й спектрального аналізу набагато нижча, ніж питома вага “основних”, і становить 29,1%.

При зіставленні результатів кластерного аналізу масивів показників кореляційного та спектрального аналізу з даними, отриманими у підрозділі 3.1.1, можна дійти висновку про те, що кількість “нормальних” кластерів зменшується, і їхній внесок в опис варіабельності ритму серця й стан регуляторних систем організму у спортсменів у початкову фазу адаптації до гірських умов зменшується. Можливо, це пов'язане з тим, що в обстежених спортсменів напруження регуляторних процесів може бути обумовлене переходом з гуморально-метаболічного рівня керівництва на більш високий – рефлекторний, стан якого оцінюється більшою мірою показниками варіаційної пульсометрії.

Надалі для спрощення аналізу всі спортсмени були розподілені на дві групи. До першої меншої за кількістю (41,7%) групи ввійшли спортсмени, у яких показники варіабельності серцевого ритму склали нерегулярні кластери, до другої (58,3%) – регулярні. Згідно з аналізом, проведеним у підрозділі 3.1.1, фізіологічні границі показників нерегулярних (“аномальних”) кластерів можуть бути зміщені в область напруження або перенапруження регуляторних систем організму навіть за відсутності незначних функціональних навантажень.

У таблиці 3.5 наведені результати математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у спортсменів по двом виділеним у даному розділі групах в умовах середньогір'я у стані відносного спокою.

Таблиця 3.5 – Середні значення показників математичного аналізу ритму серця у спортсменів в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я

Показники	1-а група (n = 40)	2-а група (n = 56)
RRNN, мс	683 ± 46,5*	891 ± 49,3
Mo, мс	658 ± 45,8*	864 ± 48,4
SDNN, мс	22,7 ± 9,88	33,9 ± 9,79
AMo, %	82 ± 5,9*	57 ± 3,6
ΔR-R, мс	153 ± 39,4	208 ± 56,5
CV, %	3,3 ± 2,62	3,9 ± 1,95
pNN50, %	3,6 ± 3,01**	9,8 ± 3,56
IH	406 ± 105,3**	90 ± 30,9
IBP	526 ± 143,1**	257 ± 72,0
ПАПР	123 ± 9,4*	66 ± 7,1
ВПП	9,9 ± 2,75*	5,3 ± 1,68
VLFF, мс ² /Гц	581 ± 172,8*	810 ± 143,4

Продовження табл. 3.5

LF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$	$639 \pm 161,1$	$592 \pm 84,5$
HF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$	$408 \pm 105,1^*$	$740 \pm 73,9$
VHF, $\text{мс}^2/\text{Гц}$	$755 \pm 124,5^{**}$	$231 \pm 63,2$
TP _{0-0,40} , $\text{мс}^2/\text{Гц}$	$1625 \pm 453,1$	$2147 \pm 213,6$
LF, %	$39,5 \pm 8,91$	$27,6 \pm 4,98$
HF, %	$46,7 \pm 5,96^{**}$	$15,0 \pm 2,71$
LF nu	$53,1 \pm 10,12$	$49,0 \pm 8,49$
HF nu	$41,8 \pm 8,91^*$	$61,5 \pm 7,64$
LF/HF	$1,58 \pm 0,214$	$0,79 \pm 0,102$
ПАРС	$6 \pm 0,4^*$	

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; середнє значення (стандартна помилка); відмінність між групами на рівні * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

На підставі аналізу результатів, отриманих у даному розділі, можна зробити кілька висновків:

1. Окремі математико-статистичні показники кореляційного й спектрального аналізу неоднорідні й вірогідно ($p < 0,05$) розподіляються на кластери. При цьому на підставі більш швидкого й достовірного поділу на кластери показники VHF, S_{max} і КО можуть бути обрані як групувальна змінна.

2. Окремі показники й об'єднані масиви показників кореляційного та спектрального аналізу, що характеризують хвильову структуру й регуляцію ритму серця, вірогідно ($p < 0,05$) розподіляються на “регулярні” і “нерегулярні” кластери. В “регулярних” кластерах значення всіх показників, що характеризують центри кластера, зростають або зменшуються синхронно зі змінами величини групувальної змінної. В “нерегулярних” кластерах спостерігаються відхилення від обумовленого порядку змін показників групувальної змінної. В “нерегулярних” кластерах іноді утворюються зворотні порівняно з “нормальними” кластерами співвідношення показників.

3. Порівняно з даними варіаційної пульсометрії використання масиву показників кореляційного та спектрального аналізу для поділу на групи й класифікації кардіоритмограм призводить до зменшення кількості “нормальних” кластерів і їх загальної питомої ваги в описі варіабельності ритму серця у спортсменів.

4. До першої, меншої за кількістю (41,7%) групи увійшли спортсмени, у яких показники варіабельності серцевого ритму склали нерегулярні кластери, до другої (58,3%) – регулярні. Згідно з аналізом, проведеним у підрозділі 3.1.1, фізіологічні границі показників нерегулярних (“аномальних”) кластерів можуть бути зміщені в область напруження або перенапруження регуляторних систем організму навіть при відсутності незначних функціональних навантажень.

3.1.3 Структурно-лінгвістичний підхід до класифікації кардіоритмограм у стані спокою і при проведенні активної ортопроби

В основу класифікації спектрів потужності ритму серця в даній роботі покладена система формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні й амплітудні характеристики основних спектральних максимумів [45, 85, 166].

При аналізі кардіоритмограм спортсменів, зареєстрованих в умовах у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я у спокої й при функціональних навантаженнях, зареєстровано 12 з 16 можливих типів спектрів потужності ритму серця, а саме S_o , S_b , S_m , $S_m S_b$, $S_m S_f$, $S_b S_m$, $S_b S_f$, $S_m S_b S_f$, $S_m S_f S_b$, $S_b S_m S_f$, $S_b S_f S_m$, $S_f S_m S_b$.

На рисунку 3.3 наведена гістограма розподілу типів спектрів потужності ритму серця.

Найчастіше зустрічалися спектри типу Smsbsf (16,7%) і Sm (13,9%). Звертає на себе увагу наявність спектрів з вираженим надвисокочастотним компонентом (SmSfSb.SbSfSm, SfSmSb). Вони становлять 14% від усіх спектрів, які зустрічаються, що свідчить про наявність у початковий період адаптації до гірських умов у частини спортсменів (в основному спортсменів першої групи) великої кількості нестійких станів, що характеризуються високим функціональним напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу в стани перенапруження й виснаження [45, 57, 61].

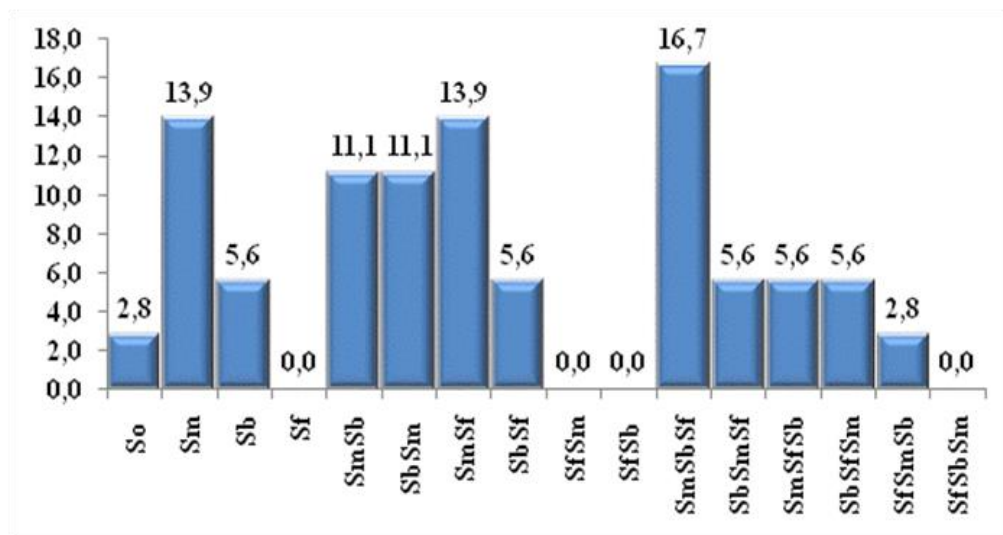


Рис. 3.3 Частота зустрічаємості різних типів спектрів ритму серця у спортсменів у початковий період адаптації до гірських умов

У зв'язку з тим, що багато кардіоритмограм з різними спектрами потужності мали досить близькі математико-статистичні показники, вони були об'єднані в п'ять груп. Надалі замість 12 спектрів аналізувалося п'ять об'єднаних груп спектрів: 1 - SmSb, SmSbSf; 2 -SbSm, SbSmSf; 3 - So; 4 - Sm, SmSf, SmSfSb, SfSmSb; 5 - Sb; SbSf, SbSfSm

Кардіоритмограми зі спектрами So, Sm, SmSf, SbSf, SbSmSf, SbSfSm, Sfsmsb зустрічалися частіше під час функціональних навантажень, ніж у стані спокою (рис. 3.4).

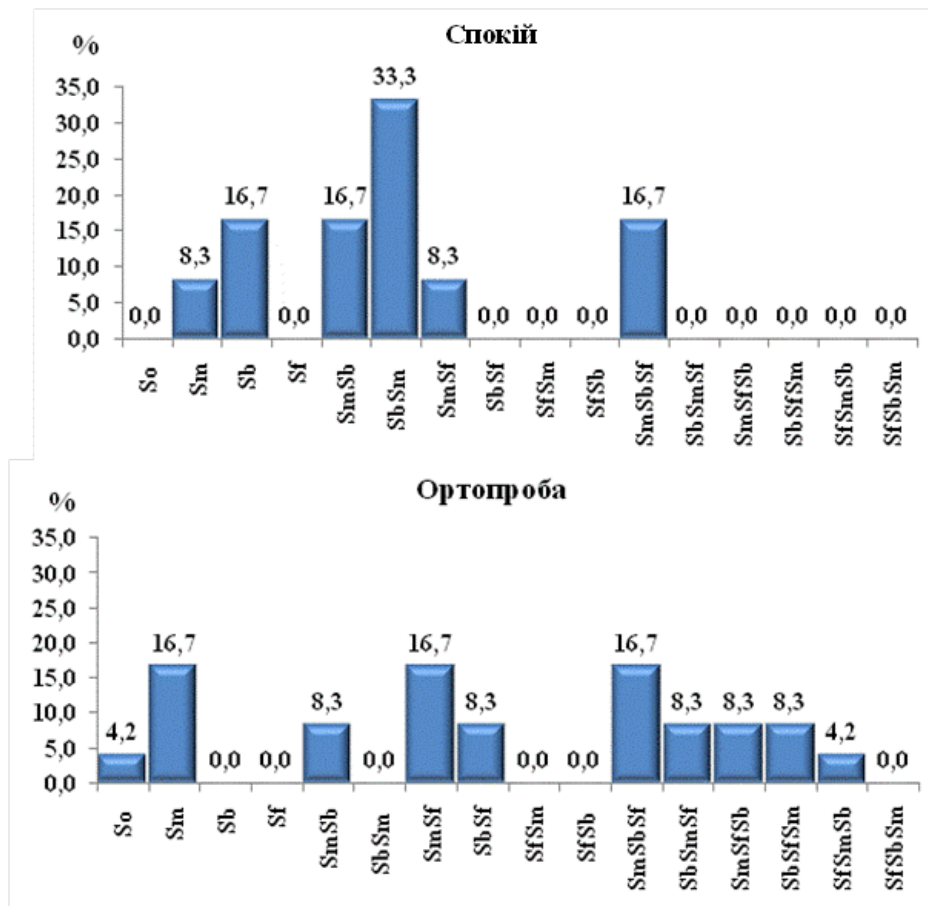


Рис. 3.4. Розподіл типів спектрів ритму серця у спортсменів у початковий період адаптації до гірських умов у стані відносного спокою й при функціональних навантаженнях

У таблиці 3.6 наведені математико-статистичні показники, що описують розподіл кардіоінтервалів у кардіоритмограмах у групах з різними типами спектрів.

Аналіз даних указує на те, що, як і в розділі 3.1.2, у даному масиві показників є як нормальні, так і аномальні кластери або класи. Величини показників, що характеризують кардіоритмограми зі спектрами SmSb, SmSbSf і SbSm, SbSmSf, змінюються синхронно з групувальною змінною M_0 й становлять “регулярні” або нормальні кластери. Тому кардіоритмограми із цими спектрограмами належать до основних класів і згідно з даними, наведеними в розділі 3.1.1, вони більш характерні для стану спокою або невеликих функціональних навантажень.

Таблиця 3.6 – Математико-статистичні показники, що характеризують розподіл кардіоінтервалів у кардіоритмограмах з різними типами спектрів потужності ритму серця у спортсменів у початковий період адаптації до гірських умов

Показники	Sm, SmSf, SmSfSb, SfSmSb	SmSb, SmSbSf	Sb, SbSf, SbSfSm	So	SbSm, SbSmSf
Mo, мс	657	702	718	734	780
RRNN, мс	681	754	765	735	826
SDNN, мс	25,5	19,8	18,5	12,0	41,9
AMo, %	48	62	69	87	35
$\Delta R-R$, мс	395	312	247	207	479
CV, %	3,7	2,7	2,5	1,7	5,1
pNN50, %	14,9	12,8	6,5	6,2	17,9
IBP	122	199	280	420	73
ПАПР	71	88	95	123	44
ВПР	3,9	4,7	5,4	6,8	2,6
ІН	91	143	191	294	47
ПАРС	5	4	6	8	3
% від вибірки	29,7	24	29,7	8,5	8,1

Примітка: темним колонками позначені показники аномальних класів кардіоритмограм

Інші типи спектрів більшою мірою пов'язані з неосновними класами кардіоритмограм, тому що розподіл кардіоінтервалів у них описується “нерегулярними” або аномальними кластерами показників. Вони частіше зустрічаються при напруженні регуляторних систем організму, що виникають під час функціональних навантажень або дії екстремальних факторів. За допомогою показника активності регуляторних систем (ПАРС) була проведена оцінка ступеня напруження регуляторних систем залежно від класу кардіоритмограми й типу спектра потужності ритму серця.

Показано, що при кардіоритмограмах зі спектрами SbSm, SbSmSf, SmSb, SmSbSf значення ПАРС не перевищують 4 балів. За шкалою, розробленою Баєвським і ін. [6, 42], ця сума балів відповідає стану оптимального напруження регуляторних систем організму. При спектрах Sm, SmSf, SmSfSb і SfSmSb величина ПАРС досягає 5 балів.

Це свідчить про функціональне напруження регуляторних систем організму. При спектрі So ПАРС коливається від 7 до 10 балів, і це вказує на перенапруження або виснаження регуляторних систем.

Стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження регуляторних механізмів і спектри ритму серця, що відповідають їм, частіше зустрічаються під час функціональних навантажень, при виникненні перед- і патологічних станів або при дії екстремальних факторів (рис. 3.5).

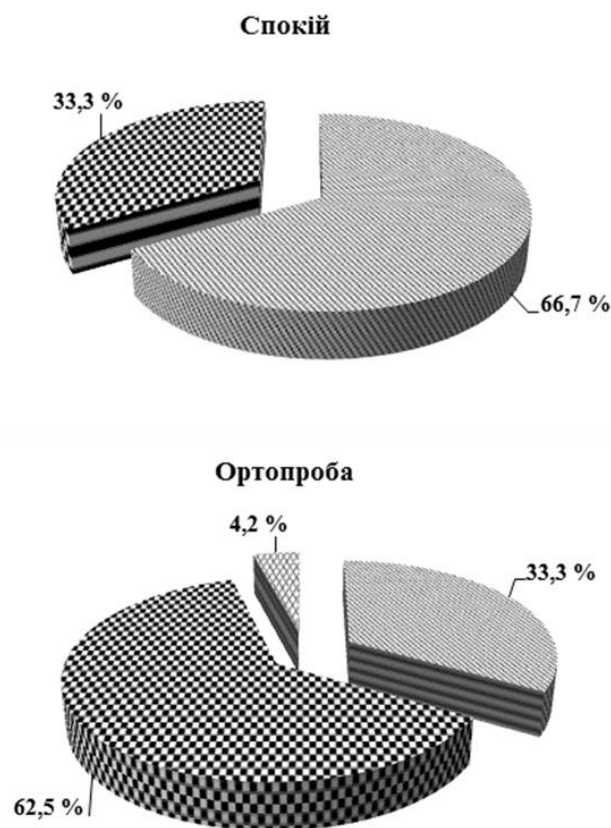


Рис. 3.5 Розподіл станів оптимального (COH – SmSb, SmSbSf, SbSm, SbSmSf), функціонального (CFH - Sm, SmSf, SmSfSb, SfSmSb, Sb; SbSf, SbSfsm) напруження, перенапруження й виснаження (СП і СВ - So) регуляторних механізмів у спокої й при проведенні активної ортопроби у спортсменів у початковий період адаптації до гірських умов:

▨ – COH; ▩ – CFH; ▧ – СП і СВ

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступні висновки:

1. В основу класифікації спектрів потужності варіабельності серцевого ритму може бути покладена система формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні й амплітудні характеристики основних спектральних максимумів.

2. При аналізі кардіритмограм у спортсменів у початковий період адаптації до гірських умов, зареєстрованих у спокої й при функціональних навантаженнях, виявлено 12 з 16 можливих типів спектрів потужності варіабельності серцевого ритму, а саме S_0 , S_b , S_m , $S_m S_b$, $S_m S_f$, $S_b S_m$, $S_b S_f$, $S_m S_b S_f$, $S_m S_f S_b$, $S_b S_m S_f$, $S_b S_f S_m$, $S_f S_m S_b$.

3. Величини показників, що характеризують кардіритмограми зі спектрами $S_m S_b$, $S_m S_b S_f$, $S_b S_m$ і $S_b S_m S_f$, становлять “регулярні” або нормальні кластери. Тому ці спектри кардіритмограм більш характерні для функціональних станів організму в нормі. Інші типи спектрів більшою мірою пов'язані з аномальними кластерами показників варіабельності серцевого ритму. Вони частіше зустрічаються при напруженні регуляторних систем організму, що виникають під час функціональних навантажень або при впливі екстремальних факторів зовнішнього середовища.

3.1.4 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів при проведенні активної ортопроби

У таблицях 3.7-3.8 наведені середні показники спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму, отримані при проведенні активної ортостатичної проби у спортсменів першої і другої груп у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я.

У більшості спортсменів, незалежно від їхньої групової приналежності, спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності (LF), яке більш виражене в другій групі (табл. 3.8). Величина коефіцієнта $K_{30:15}$ у спортсменів в умовах середньогір'я коливалася від 0,85 до 1,31 і в

середньому практично не перевищувала 1,13, що нижче діапазону норми (від 1,25 до 1,75) [76].

Таблиця 3.7 – Показники спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму у спортсменів першої групи в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я під час фонового запису (лежачи) і при активній ортопробі (стоячи)

Показники	Фон (n = 20)	Активна ортопроба (n = 10)
VLF, мс ² /Гц	416 (376; 475)	561 (484; 671)
LF, мс ² /Гц	419 (345; 482)	363 (293; 426)
HF, мс ² /Гц	267 (215; 343)	159 (104; 190)
VHF, мс ² /Гц	747 (30; 996)	1070 (894; 1157)
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	692 (417; 1520)	1085 (935; 1215)
LF/HF	1,60 (1,51; 1,68)	2,24 (1,71; 2,57)
K _{30:15}	-	1,01 (0,86; 1,15)

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 квартили)

Таблиця 3.8 – Показники спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму у спортсменів другої групи в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я під час фонового запису (лежачи) і при активній ортопробі (стоячи)

Показники	Фон (n = 28)	Активна ортопроба (n = 28)
VLF, мс ² /Гц	507 (459; 577)	759 (673; 850)
LF, мс ² /Гц	460 (321; 638)	537 (486; 614)
HF, мс ² /Гц	516 (442; 623)	329 (266; 387)
VHF, мс ² /Гц	424 (389; 495)	799 (697; 883)
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	1481 (1293; 1569)	1643 (1557; 1767)
LF/HF	0,87 (0,81; 1,17)	1,66 (1,55; 1,77)
K _{30:15}	-	1,13 (0,98; 1,21)

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 квартили)

Це свідчило про зниження вегетативної реактивності, обумовленої, у першу чергу, ослабленням вагусних впливів, і внаслідок цього нездатної забезпечити підтримку вегетативного гомеостазу на потрібному рівні при ортостазі, особливо у спортсменів першої групи.

У Додатку Б наведені типові приклади, що ілюструють результати досліджень варіабельності ритму серця у спокої й при проведенні активної ортостатичної проби у спортсменів першої (Б1) і другої груп (Б2), а також їх медико-фізіологічна інтерпретація й висновки.

3.1.5 Фактори, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів на 2-3 добу перебування в умовах середньогір'я

Для виявлення питомої ваги факторів, які визначають розподіл кардіоінтервалів у спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я факторному аналізу в стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби піддавали два масиви, що складаються із 24 первинних показників (RRNN, Mo, SDNN, AMo, $\Delta R-R$, So, S_{1f}, S_{m2max}, S_{m1max}, S_{bmax}, S_{fmax}, fm₂, fm₁, fb, ff, α_0 , α_2 , α_1 , β , γ , VLF, LF, HF, VHF), які описують розподіл кардіоінтервалів, стан регуляторних систем і вегетативний баланс: 1) у кожного з 5 спортсменів першої групи; 2) у кожного з 7 спортсменів другої групи.

Проведений факторний аналіз масиву даних спортсменів другої групи дозволив виділити на рівні значимості $>0,70$ п'ять факторів, що описують 85,6 % змін у розподілах кардіоінтервалів (табл. В.2, додаток В, рис. 3.6).

До складу першого фактора - фактора централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів, що має найбільшу вагу, входять значення спектра на нульовій частоті (So), потужність наднизькочастотних коливань (VLF), середнє значення амплітуди моди гістограм серцевого ритму (AMo),

які характеризують активність відповідно центрального контуру регуляції, церебральних ерготропних впливів і симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи.

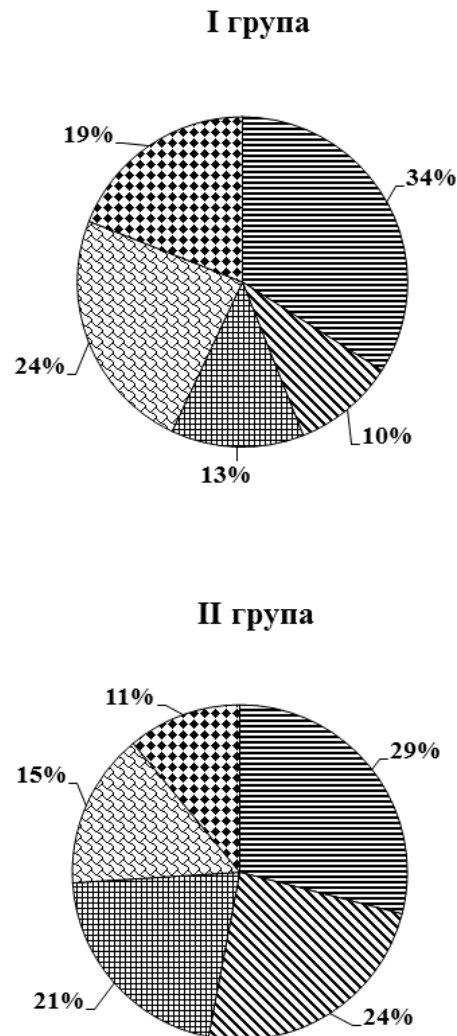







Рис. 3.6. Питома вага факторів, що визначають стан регуляторних систем організму у спортсменів у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я:  – фактор централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів;  – фактор вагусних впливів;  – фактор активності адаптаційних механізмів ССС;  – фактор активності гуморального каналу;  – фактор нестійких станів

Другий фактор – фактор вагусних впливів, містить стандартне відхилення величин кардіоінтервалів (SDNN), амплітуду (S_{bmax}), хвильове число (β) і потужність (HF) високочастотних коливань, що відбивають активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Третій фактор - фактор адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, куди входять хвильові числа (α_2, α_1), амплітуда ($S_{m_{1max}}$) і частота (f_{m_1}), а також потужність (LF) низькочастотних коливань у серцевому ритмі.

У четвертий фактор - фактор нестійких станів - входить максимальна амплітуда (S_{fmax}) і спектральна потужність (VHF), хвильове число або кількість спектральних ліній (γ) у діапазоні надвисокочастотних коливань серцевого ритму.

П'ятий фактор – фактор активності гуморального каналу - містить середнє значення кардіоінтервалів (RRNN) і мод (M_0) гістограм серцевого ритму, що характеризують рівень функціонування синусового вузла.

У спортсменів першої групи також виділено на рівні значимості $>0,70$ п'ять факторів, що описують 85,5 % змін у розподілах кардіоінтервалів (табл. В.1, додаток В, рис. 3.6), однак у них суттєво вище вага фактора нестійких станів, значно знижена вага фактора адаптаційних механізмів серцево-судинної системи й трохи вище вага фактора централізації регуляторних механізмів.

Підсумовуючи результати проведеного аналізу можна прийти до наступних висновків:

1. У спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я в умовах відносного спокою й активної ортопроби проведений факторний аналіз дозволив виділити п'ять факторів, що описують варіабельність серцевого ритму в умовах високогір'я: фактор централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів; фактор вагусних впливів; фактор повільних хвиль або адаптаційних механізмів серцево-судинної системи; фактор дуже швидких хвиль або фактор нестійких станів; фактор активності гуморального каналу містить середнє значення кардіоінтервалів, що

характеризує рівень функціонування синусового вузла. Фактор централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів і фактор вагусних впливів роблять основний внесок в опис варіабельності серцевого ритму у спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я.

2. У спортсменів першої групи суттєво вище вага фактора нестійких станів, значно знижена вага фактора адаптаційних механізмів серцево-судинної системи й трохи вище вага фактора централізації регуляторних механізмів.

3.2 Особливості функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я

Під час обстеження на 2-3 добу перебування в горах було виділено дві групи спортсменів. До першої групи увійшли спортсмени з високими значеннями показників варіабельності серцевого ритму, що свідчить про підвищену напруженість регуляторних процесів в організмі в спокої і перенапруження під час функціональних навантажень та перевагу у вегетативному балансі симпатичних впливів. До другої – спортсмени, у яких границі показників лежать у діапазоні помірної напруженості регуляторних процесів і збалансованості симпатичних і парасимпатичних впливів або переваги парасимпатичних. Тому подальше ми аналізували особливості адаптації спортсменів різних груп до фізичних навантажень окремо.

3.2.1 Статистичні та спектральні характеристики серцевого ритму у спортсменів у стані спокою

У таблиці 3.9 наведені результати математичного аналізу варіабельності серцевого ритму у стані відносного спокою по двом

виділеним у розділі 3.1 групах на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.

Порівняно з початковою фазою адаптації (табл. 3.5), у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я у спортсменів другої групи спостерігалось достовірне ($p < 0,05$) збільшення потужності спектра в області високочастотного компонента (HF), що призвело до зсуву вегетативного балансу в область переваги парасимпатичних впливів і тенденції до нормалізації вегетативного балансу у спортсменів першої.

Таблиця 3.9 – Середні значення показників математичного аналізу ритму серця у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я

Показники	1-а група (n = 40)	2-а група (n = 56)
RRNN, мс	824 ± 24,4*	1130 ± 17,5
Mo, мс	800 ± 39,4*	1100 ± 20,0
SDNN, мс	26,3 ± 17,50	40,1 ± 5,30
AMo, %	65 ± 5,2*	43 ± 2,2
ΔR-R, мс	237 ± 110,	394 ± 99,8
CV, %	3,2 ± 0,96	3,5 ± 0,47
pNN50, %	0,8 ± 2,33**	6,8 ± 1,11
IH	165 ± 45,3**	51 ± 10,9
IBP	268 ± 52,2**	106 ± 32,1
ПАПР	81 ± 4,3*	39 ± 3,4
ВПР	5,3 ± 1,26**	2,5 ± 0,32
VLF, мс ² /Гц	416 ± 58,6**	807 ± 41,3
LF, мс ² /Гц	619 ± 64,2*	490 ± 35,6
HF, мс ² /Гц	531 ± 88,4**	896 ± 30,5
VHF, мс ² /Гц	747 ± 76,6**	224 ± 14,2

Продовження табл. 3.9

TP _{0-0,4} , мс ² /Гц	1581 ± 167,2**	2209 ± 61,3
LF nu	48,8 ± 3,40*	25,0 ± 2,47
HF nu	41,8 ± 5,39*	61,5 ± 3,07
LF/HF	1,17 ± 0,115**	0,52 ± 0,084
ПАРС	4 ± 0,4*	1 ± 0,2

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; середні значення (стандартна помилка); відмінність між групами на рівні * - p<0,05; ** - p<0,01

Про це свідчать показники (LF/HF), які у спортсменів другої групи менше 1, а у першій знизилися від 1,58 до 1,17. На зниження у процесі адаптації активності регуляторних систем організму у спортсменів указують і зміни показників адекватності процесів регуляції (ПАПР) і активності регуляторних систем (ПАРС). На 12 добу перебування в умовах середньогір'я ПАПР по цій групі знизився з 66 ± 7,1 до 39 ± 3,4, а ПАРС із 4 ± 0,2 до 1 ± 0,2 (табл. 3.5 і 3.9). Внаслідок цього намітилася тенденція до зниження напруження функціонування регуляторних систем. Так, ІН на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я знизився в цілому по групі з 90 ± 20,9 до 51 ± 10,9.

У той же час у спортсменів першої групи збереглася відносно висока напруженість адаптаційних процесів. Це підтверджують вірогідно (p<0,01) більш високі в першій групі спортсменів значення ІН, ПАПР і ПАРС (табл. 3.9). Більш високі значення, ніж у спортсменів другої групи значення АМо, ІВР, ВПР, LF/HF указують на збереження переваги у вегетативному балансі в даних спортсменів симпатичних впливів. У той же час більш низькі (p<0,01), ніж в цілому по групі, значення VLF і TP_{0-0,4} і більш високі (p<0,01) значення VHF свідчать про зниження у даних спортсменів центральних впливів на регуляцію серцевого ритму й активізацію в умовах середньогір'я автономних

ланок регуляторної системи, більш швидких, але менш стійких до впливу зовнішніх факторів.

Крім посилення ролі місцевих автономних механізмів регуляції, згідно даним останніх років, більша потужність надвисокочастотного компонента (VHF) у спектрограмах може також свідчити про активацію механізмів, що намагаються перевести організм зі стійкого стану в нестійкий [19, 166]. Одним з таких механізмів може бути активація виконавчих відділів головного мозку (коркових і підкоркових), які є системами швидкого реагування на відхилення організму зі стійкого стану [45, 136, 171]. Ця активація вимагає надлишкового напруження регуляторних систем, яка на тлі ослаблення центрального нейрогуморальної й гуморально-метаболічної ланок уже не підкріплюється достатніми функціональними резервами, що, в остаточному підсумку, може при додаткових функціональних навантаженнях призвести до появи у спортсменів даної групи нестабільних станів.

Підсумовуючи результати проведеного аналізу можна прийти до наступних висновків:

1. На 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я спостерігається зсув вегетативного балансу в область переваги парасимпатичних впливів у спортсменів другої групи й тенденція до нормалізації вегетативного балансу у спортсменів першої. Про це свідчать показники (LF/HF), які у спортсменів другої групи менше 1, а в першій знизилися від 1,58 до 1,17. У той же час у спортсменів першої групи зберігається перевага у вегетативному балансі симпатичних впливів.

2. Відзначається тенденція до зниження напруження функціонування регуляторних систем. Так, ІН на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я у спортсменів другої групи знизився з $90 \pm 20,9$ до $39 \pm 3,4$, у першої – з $406 \pm 105,3$ до $165 \pm 45,3$.

3.2.2 Структурно-лінгвістичний підхід до класифікації кардіоритмограм у стані спокою і при проведенні активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я

При аналізі кардіоритмограм спортсменів, зареєстрованих у на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я в спокої й при функціональних навантаженнях, зареєстровано 7 з 16 можливих типів спектрів потужності ритму серця, а саме Sb, Sm, SmSb, SbSm, SmSbSf, SmSfSb, SbSmSf (рис. 3.7).

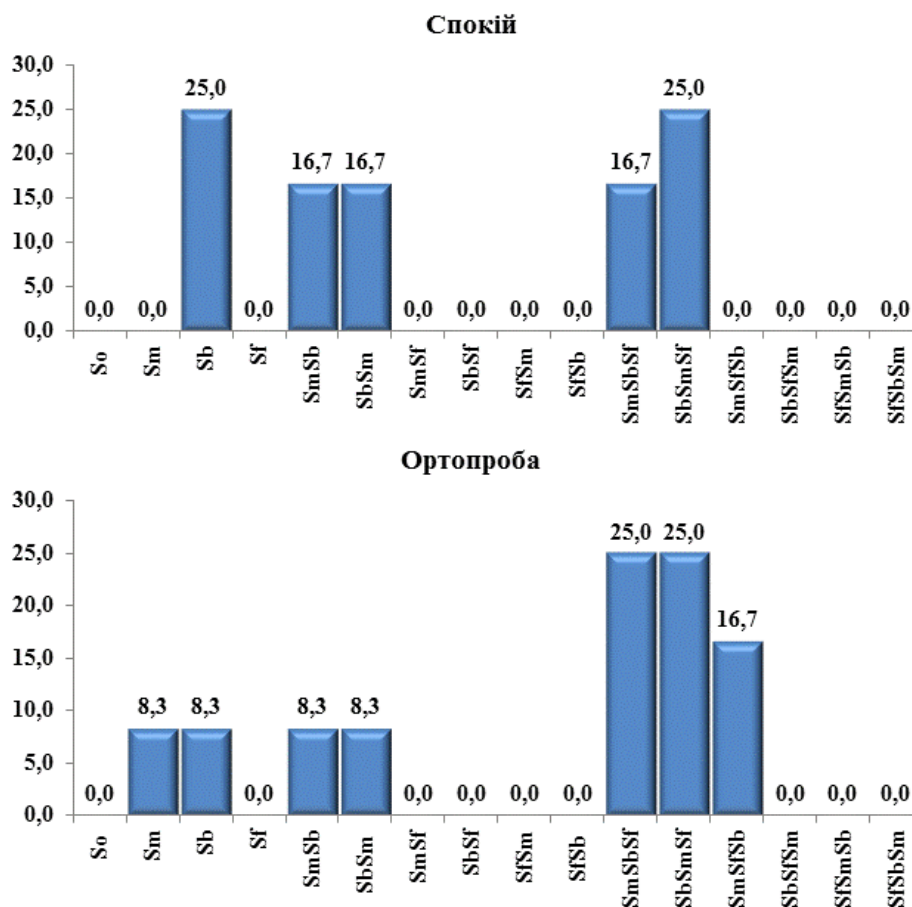


Рис. 3.7 - Розподіл типів спектрів ритму серця у спортсменів у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.

У результаті адаптації до хронічної гіпоксії у спортсменів зникли спектри потужності ритму серця з перевагою надвисокочастного компонента Sf, що свідчить про нестійкі функціональні стани, пов'язані з високим

напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу в стани перенапруження й виснаження [42].

Найчастіше зустрічалися спектри типу Smsb (19,4%) і SbSm (19,4%), Smsbsf (19,4%) і SbSmSf (19,4%). Слід зазначити високий відсоток (21%) спектрів з високочастотним компонентом (Sb, SbSm, SbSmSf), що характеризують у спортсменів стани з високою тренуваністю, у яких повна адаптація до факторів зовнішнього середовища забезпечується за рахунок підвищеної витрати енергетичних і структурних елементів в організмі [48, 174, 175].

Видно, що на відміну від початкової фази адаптації реакція організму спортсменів на ортопробу була більш адекватною. Відсутні спектри So, SmSf, SbSf, SfSmSb, що вказують на високе напруження регуляторних систем організму. Знижений відсотковий вміст кардіритмограм зі спектрами, що містять високочастотний компонент і характеризують функціональне напруження організму спортсменів.

На 11-12 добу (рис. 3.8) на відміну від початкової фази адаптації до умов середньогір'я (рис. 3.6) практично у всіх спортсменів у спокої відсутні стани функціональної напруження (СФН), перенапруження (СП) або виснаження регуляторних механізмів (СВ).

При проведенні активної ортопроби у спортсменів на 10-12 добу не виникають стани перенапруження або виснаження. Спостерігається значно менше станів з функціональним напруженням. Так, якщо в початковій фазі вони становили 62,5 % про всіх зареєстрованих станах, у процесі 12- денної адаптації до хронічної гіпоксії – лише 16,7 %.

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступні висновки:

1. У результаті адаптації до хронічної гіпоксії у спортсменів зникли спектри потужності ритму серця з перевагою надвисокочастотного компонента Sf, пов'язаних з високим напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу в стани перенапруження й

виснаження. Відзначається високий відсоток (21%) спектрів потужності ритму серця, характерних для станів з високою тренованістю.

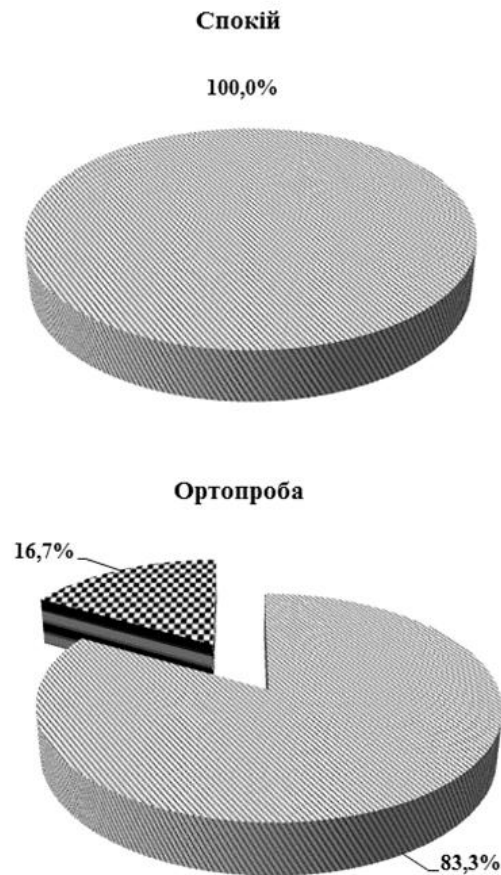




Рис. 3.8 - Розподіл станів оптимального (COH - Smsb, Smsbsf, Sbsm, Sbsmsf), функціонального (CFH - Sm, Smsf, Smsfsb, Sfsmsb, Sb; Sbsf, Sbsfsm) напруження, перенапруження й виснаження (СП і СИ - So) регуляторних механізмів у спокої й при проведенні активної ортопроби у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я:  – COH;  – CFH

2. На 11-12 добу у всіх спортсменів у спокої відсутні стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження регуляторних механізмів. При проведенні активної ортопроби у спортсменів не виникають стани перенапруження або виснаження й спостерігається значно менше станів з функціональним напруженням.

3.2.3 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів під час проведення активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я

У таблицях 3.10 – 3.11 наведені середні показники спектрального аналізу ВСР, отримані при проведенні активної ортостатичної проби у спортсменів першої й другої груп на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я. Як видно із представлених даних, у більшості спортсменів, незалежно від їхньої групової приналежності, зберігається адекватна реакція на ортостатичну пробу, що свідчить про достатнє вегетативне забезпечення функціонування організму.

Величина коефіцієнта $K_{30:15}$ у спортсменів на 11-12 день перебування в умовах в умовах середньогір'я порівняно з початковою фазою адаптації підвищилася і коливалася від 1,05 до 1,84 і в середньому практично у всіх групах не перевищувала 1,24, що близько до нормативних величин (від 1,25 до 1,75) [76] і свідчить про підвищення вегетативної реактивності, обумовленої підвищенням реактивності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи, а також посиленням симпатичних впливів.

Таблиця 3.10 – Показники спектрального аналізу ВСР у спортсменів першої групи на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я під час фонового запису і при проведенні активної ортопроби

Показники	Фон (n=20)	Активна ортопроба (n=10)
VLF, $мс^2/Гц$	389 (318; 431)	641 (497; 764)
LF, $мс^2/Гц$	602 (544; 703)	439 (236; 558)
HF, $мс^2/Гц$	531 (455; 629)	150 (91; 211)
VHF, $мс^2/Гц$	543 (474; 628)	745 (590; 815)
TP _{0-0,40} , $мс^2/Гц$	1528 (1409; 1618)	1226 (1110; 1350)
LF/HF	1,14 (0,95; 1,35)	2,86 (2,18; 3,55)

K _{30:15}	-	1,16 (0,90; 1,25)
--------------------	---	-------------------

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 квартили)

Таблиця 3.11 – Показники спектрального аналізу ВСР у спортсменів другої групи на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я під час фонового запису і при проведенні активної ортопроби

Показники	Фон (n=28)	Активна ортопроба (n=14)
VLF, мс ² /Гц	593 (485; 680)	1012 (945; 1120)
LF, мс ² /Гц	491 (420; 570)	589 (435; 642)
HF, мс ² /Гц	896 (774; 1005)	374 (252; 462)
VHF, мс ² /Гц	185 (127; 266)	401 (325; 486)
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	1979 (1850; 2040)	1976 (1837; 2105)
LF/HF	0,55 (0, 47; 0,69)	1,55 (1,43; 1,75)
K _{30:15}	-	1,24 (1,18; 1,40)

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 квартили)

При проведенні активної ортостатичної проби в більшості спортсменів спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності (LF), яке більш виражене в другій групі. Реактивність парасимпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи (HF) у спортсменів в умовах середньогір'я також збережена, хоча й трохи знижена.

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступний висновок: на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я в більшості спортсменів, незалежно від їхньої групової приналежності, зберігається адекватна реакція на ортостатичну пробу. У той же час при проведенні активної ортостатичної проби в більшості спортсменів спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності.

3.2.4 Фактори, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я

Для виявлення питомої ваги факторів, які визначають розподіл кардіоінтервалів і функціональний стан регуляторних систем організму у спортсменів в умовах середньогір'я у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби факторному аналізу піддавали два масиви, що складаються із 9 первинних показників (RRNN, Мо, SDNN, АМо, (R-R, VLF, LF, HF, VHF), які описують розподіл кардіоінтервалів, стан регуляторних систем і вегетативний баланс організму: 1) у кожного з 5 спортсменів першої групи; 2) у кожного з 7 спортсменів другої групи.

Проведений факторний аналіз масиву даних спортсменів першої групи дозволив виділити на рівні значимості $>0,70$ п'ять факторів, що описують 85,6% змін у розподілах кардіоінтервалів у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я на висоті 2100 м (табл. В.3, додаток В; рис. 3.9).

До складу першого фактора - фактора централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів, що має найбільшу вагу, входять VLF, АМо, які характеризують активність відповідно центрального контуру регуляції, церебральних ерготропних впливів і симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Другий фактор – фактор вагусних впливів - містить SDNN і HF, що відбивають активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. До третього фактора - фактора повільних хвиль або адаптаційних механізмів серцево-судинної системи - входить LF. У четвертий фактор – фактор активності гуморального каналу входять RRNN і Мо, що характеризують рівень функціонування синусового вузла. П'ятий фактор - фактор дуже швидких хвиль або фактор нестійких станів - містить VHF, що відбиває рівень активності регуляторних систем організму і

включається при нездатності інших ланок регуляторної системи утримати організм у стійкому функціональному стані.

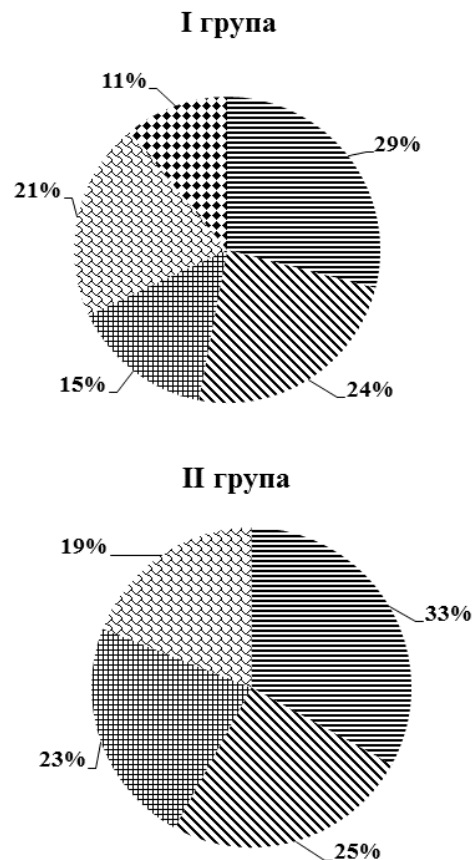


Рис. 3.9 Питомі ваги факторів, що визначають стан регуляторних систем організму у спортсменів у стані відносного спокою й при активній ортопробі на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я: – фактор централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів; – фактор вагусних впливів; – фактор активності адаптаційних механізмів ССС; – фактор активності гуморального каналу; – фактор нестійких станів

У спортсменів першої групи спостерігаються сприятливі зміни в співвідношеннях факторів, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму. Порівняно з початковою фазою адаптації (табл. В.1, додаток В) знизилася з 34% до 29% вага фактора централізації регуляторних процесів і з 19% до 11% вага фактора нестійких станів, зросла із 10% до 24% вага фактора вагусних впливів (табл. В.3, додаток В; рис.

3.11). Ці дані підтверджують зроблений раніше висновок про тенденції до нормалізації вегетативного балансу й зниженню напруженості функціонування регуляторних систем організму, що намітилися у спортсменів даної групи (підрозділ 3.1.2.1).

У той же час після проведення активної ортопроби у деяких спортсменів даної групи виникли нестійкі стани (Smsfsb) або стани, що характеризуються високим напруженням регуляторних механізмів (Sm), які могли призвести до перенапруження адаптаційних процесів і зниження стійкості до функціональних навантажень.

У таблиці В.4 (додаток В) наведені результати факторного аналізу показників кардіоритмограм, зареєстрованих на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби у спортсменів другої групи.

У спортсменів цієї групи факторний аналіз виділив лише 4 фактори, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму. Відсутній фактор нестійких станів, що є сприятливим симптомом і свідчить про підвищення стійкості організму до гіпоксії й фізичних навантажень [174].

Однак збережена на 11-12 добу перебування в горах висока вага факторів централізації регуляторних механізмів (33 %) і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи (23 %) указують на незавершеність адаптації до хронічної гіпоксії й у спортсменів даної групи.

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступні висновки:

1. Проведений факторний аналіз першого масиву даних дозволив виділити на рівні значимості $>0,70$ п'ять факторів, що описують 87,4% змін у розподілах кардіоінтервалів у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби у спортсменів на 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я.

2. У спортсменів першої групи спостерігаються позитивні зміни у співвідношеннях факторів, що визначають функціональний стан

регуляторних систем організму, які свідчать про тенденцію до нормалізації вегетативного балансу й зниження напруженості функціонування регуляторних систем організму.

3. У спортсменів другої групи відсутній фактор нестійких станів, що є сприятливим симптомом і свідчить про підвищення стійкості організму до гіпоксії та фізичних навантажень.

4. Збережена на 11-12 добу перебування в горах висока вага факторів централізації регуляторних механізмів і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи в обох групах спортсменів указують на неповну завершеність адаптації до хронічної гіпоксії.

5. Для спортсменів першої групи в умовах середньогір'я можна рекомендувати щадні режими рухової активності, що чергуються з помірними тренувальними навантаженнями аеробної спрямованості в комбінації з адаптогенами рослинного походження, додатковою субстратною індукцією вітамінними препаратами, антигіпоксантами й мембраностабілізаторами (додаток Б). Для спортсменів другої групи в умовах середньогір'я рекомендуються помірні фізичні навантаження аеробно-анаеробної спрямованості у комбінації із загальнозміцнюючими заходами щодо стандартної методики (додаток В).

Результати даного розділу дисертації відображені в публікаціях [108, 112-114].

РОЗДІЛ 4
ОСОБЛИВОСТІ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ
І ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У СПОРТСМЕНІВ
ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ В УМОВАХ РІВНИНИ
ПІСЛЯ ПЕРЕБУВАННЯ В ГОРАХ

У даному розділі наводяться порівняльні дані про особливості ВСР і функціонального стану організму у спокої й при проведенні активної ортопроби на 25-27 добу після повернення з гір у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я і на рівні моря, а також аналіз визначення ефективності гірського тренування на підставі оцінки фізичної працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на короткі і середні дистанції

4.1 Статистичні та спектральні характеристики серцевого ритму у спортсменів у стані відносного спокою

У таблиці 4.1 наведені результати математичного аналізу ВСР у 5 і 7 спортсменів, які увійшли відповідно до першої й другої груп і провели навчально-тренувальний збір у горах (підрозділ 3.1.1.2), і у 7 спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря.

При порівнянні із групою спортсменів, які тренувалися на рівні моря, у першу чергу, звертають на себе увагу вірогідно більш низькі значення показників варіаційної пульсометрії RRNN, Mo, SDNN, Aмо, (R-R, CV, NN50, pNN50, IH, IBP, ПАПР, ВПР, ПАРС і спектрального аналізу HF, Hfnu і LF/HF у спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я. Це вказує на меншу в них напруженість регуляторних процесів в організмі, зменшення на них центральних впливів й перевагу у вегетативному балансі вагусних впливів.

Таблиця 4.1 – Показники математичного аналізу ритму серця в умовах відносного спокою у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я й на рівні моря

Показники	Рівень моря (n = 14)	Середньогір'я	
		Перша група (n = 10)	Друга група (n = 14)
RRNN, мс	935 (812; 1049)	1001 (974; 1150)*	1145 (1025; 1277)*
Mo, мс	967 (795; 1167)	1022 (824; 1217)*	1170 (1012; 1295)*
SDNN, мс	63,7 (50,2; 78,6)	64,8 (52,6; 75,3)*	82,7 (63,1; 93,5)**
AMo, %	40 (36,7; 44,5)	39 (35,9; 44,6)	22,7 (20,5; 24,1)*
$\Delta R-R$, мс	375 (297; 495)	379 (297; 495)	468 (357; 567)*
CV, %	6,7 (5,7; 7,8)	6,3 (5,7; 7,4)	6,9 (5,4; 7,8)*
pNN50, %	3,3 (2,6; 4,9)	3,8 (3,0; 4,5)	14,5 (13,6; 15,5)**
ИН	60 (51; 77)	54 (49; 62)	26 (20; 34)***
IBP	111 (102; 128)	105 (99; 112)	52 (47; 59)**
ПАПР	43 (38; 50)	35 (31; 40)*	21 (17; 27)**
ВПР	2,8 (2,0; 3,7)	2,6 (2,1; 3,2)	1,5 (1,0; 2,2)**
VLF, мс ² /Гц	6128 (5312; 7149)	5751 (5125; 6783)	4405 (4027; 4966)**
LF, мс ² /Гц	6478 (5754; 7274)	6015 (5437; 6867)	5684 (5054; 6203)**
HF, мс ² /Гц	4780 (4051; 5543)	5073 (4560; 5630)	7275 (6744; 7957)*
VHF, мс ² /Гц	995 (905; 1100)	755 (683; 810)*	455 (407; 512)**
TP _{0-0.40} , мс ² /Гц	16995 (15837; 18135)	16487 (15855; 17447)	17050 (16485; 17883)
LF/HF	1,38 (0,91; 1,68)	1,30 (0,85; 1,69)	0,78 (0,67; 0,98)**
ПАРС	3 (2,2; 3,9)	3 (2,3; 3,9)	2 (1,8; 2,9)*

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 кватили);
* - відмінність від контрольної групи на рівні $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного критерію Уилкоксона

При цьому відмінності від спортсменів контрольної групи, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, були більш виражені й мали статистично достовірний характер у спортсменів другої групи, які провели навчально-тренувальний збір у горах.

Показники спектрального аналізу ВСР також указують на кращий функціональний стан організму у спортсменів другої групи після перебування в горах. Це підтверджується вірогідно ($p < 0,001$) більш низькими значеннями потужності низькочастотного (LF) і надвисокочастотного (VHF) компонентів ($p < 0,05$) у спортсменів другої групи. У спортсменів першої групи після перебування в умовах середньогір'я й у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, достовірних відмінностей у показниках спектрального аналізу ВСР не спостерігалось.

Звертає на себе увагу той факт, що в умовах рівнини загальна потужність спектральних компонентів серцевого ритму ($TP_{0-0.40}$) як у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в рівнинах, так і у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в горах, набагато перевищує загальну потужність спектральних компонентів серцевого ритму у спортсменів під час їх перебування в горах (розділ 3.1.2). Можливо, цей феномен пов'язаний з розвитком в умовах середньогір'я у спортсменів гіпометаболічного стану [89-91, 165].

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступний висновок:

1. У спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я, порівняно зі спортсменами, які пройшли навчально-тренувальний збір на рівні моря, спостерігається більш низька напруженість регуляторних процесів в організмі й перевага спортсменів другої основної групи у вегетативному балансі вагусних впливів.

2. В умовах рівнини загальна потужність спектральних компонентів серцевого ритму як у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в рівнинах, так і у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в

горах, набагато перевищує загальну потужність спектральних компонентів серцевого ритму у спортсменів під час їх перебування в горах.

4.2 Зміни функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів під час проведення активної ортопроби після навчально-тренувальних зборів у горах і на рівні моря

У таблиці 4.2 наведені середні показники варіаційного та спектрального аналізу ВСР, отримані при проведенні активної ортостатичної проби у спортсменів після проведення навчально-тренувальних зборів на рівні моря й у горах.

Таблиця 4.2 – Показники ВСР при проведенні активної ортопроби у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори на рівні моря і у горах

Показники	На рівні моря (n = 14)	Середньогір'я	
		Перша група (n = 10)	Друга група (n = 14)
RRNN, мс	795 (741; 896)	787 (714; 854)	754 (705; 807)
Мо, мс	768 (703; 839)	763 (701; 838)	741 (705; 796)
SDNN, мс	49,9 (47,7; 53,2)	52,7 (50,3; 53,9)	66,8 (62,8; 71,6)
АМо, %	48 (46,8; 54,0)	43 (41,5; 46,3)	39 (36,9; 43,1)*
$\Delta R-R$, мс	327 (284; 388)	366 (323; 427)	405 (356; 484)*
CV, %	6,0 (5,6; 6,8)	6,4 (6,1; 6,9)	8,5 (7,9; 9,3)*
pNN50, %	12,9 (12,3; 13,7)	14,3 (13,8; 14,9)	18,1 (17,6; 18,8)*
ІН	92 (85; 99)	78 (73; 88)	61 (53; 76)*
ІВР	143 (130; 156)	120 (102; 141)	97 (89; 116)*
ПАПР	61 (54; 68)	58 (51; 67)	55 (49; 62)
ВПР	3,7 (3,0; 4,6)	3,4 (2,8; 4,2)	3,3 (2,9; 4,1)

Продовження табл. 4.2

VLF, мс ² /Гц	6382 (5532; 6971)	6098 (5355; 6965)	5244 (4980; 5727)*
LF, мс ² /Гц	7432 (6128; 8033)	6715 (5941; 7896)	6568 (5757; 7142)
HF, мс ² /Гц	1395 (1203; 1489)	2078 (1956; 2175)**	4212 (4132; 4681)***
VHF, мс ² /Гц	2099 (1980; 2201)	2001 (1893; 2173)	1196 (1079; 1300)***
TP _{0-0.40} , мс ² /Гц	15057 (14051; 15863)	14898 (13941; 16002)	15993 (15003; 16859)
LF/HF	5,22 (4,89; 5,96)	3,20 (2,98; 3,59)**	1,46 (1,38; 1,95)***
K _{30:15}	1,65 (1,49; 1,83)	1,77 (1,53; 2,14)	1,89 (1,82; 1,97)*
ПАРС	4 (3,2; 4,9)	4 (3,3; 4,9)	3 (2,9; 3,2)*

Примітка: n – кількість кардіоритмограм; медіана (1-, 3 квантили);

* - відмінність від контрольної групи на рівні $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного критерію Уилкоксона

В цілому у спортсменів обох груп спостерігається адекватна реакція серцево-судинної системи на дану функціональну пробу. Однак у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, при проведенні активної ортопроби спостерігається трохи більше напруження регуляторних систем організму. На це вказують вірогідно ($p < 0,05$) більш високі значення ІН. Більше напруження функціональних систем даних спортсменів може бути обумовлене підвищеною активністю підкоркових нервових центрів (центрального впливу), а також надлишковою активацією симпатичного відділу вегетативної нервової системи, що підтверджують відповідно високі значення VLF, АМо й LF.

Згідно з літературними даними, значення $K_{30:15}$ більше 1,75, що реєструються у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в горах, характерні для добре тренуваних людей і їх слід розцінювати як ознаку високої реактивності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи [76, 158].

На підставі аналізу наведених у даному розділі даних можна зробити наступний висновок: в умовах рівнини у спортсменів після проведення навчально-тренувальних зборів на рівні моря й у горах спостерігається адекватна реакція серцево-судинної системи на активну ортопробу.

Однак у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, при проведенні активної ортопроби спостерігається трохи більша напруженість і активність підкоркових нервових центрів (центрального впливу) регуляторних систем організму.

4.3 Характеристика фізичної працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на короткі і середні дистанції, після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я

Дана серія досліджень після повернення з гір була почата з метою визначення ефективності гірського тренування на підставі оцінки фізичної працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на короткі і середні дистанції.

В обстеженнях взяли участь 12 спортсменів – легкоатлетів, які спеціалізуються в бігу на середні дистанції (кваліфікація МС і МСМК, середній вік $24,5 \pm 3,06$ років).

Тестування проводили в м. Києві двічі по два рази – на 2-у й 3-ю й на 24-у й 25-у добу після навчально-тренувальних зборів у горах. Результати кожних двох обстежень на 2-у й 3-ю й на 24-у й 25-у добу усереднювались. Під час досліджень спортсмени були розділені на дві групи. Першу групу склали п'ять спортсменів, у яких адаптація до умов середньогір'я протікала на тлі високого напруження регуляторних систем організму, у другу ввійшли сім спортсменів, у яких адаптація до умов середньогір'я протікала на тлі помірного напруження (розділ 3).

Протокол і результати тестування фізичної працездатності спортсменів після навчально-тренувальних зборів у горах в умовах м. Києва, у яких

адаптація до середньогір'я протікала на тлі високого напруження регуляторних систем організму, представлені в додатку Г і таблицях 4.3 і 4.4.

На 2-3 добу в даних спортсменів наведені середні по групі розрахункові величини абсолютного й питомого максимального споживання кисню (МПК і МСК_{пит} відповідно), які були нижче належних величин (нМСК). Це свідчило про середній функціональний клас за потужністю аеробної працездатності [98].

Значення питомих анаеробних і аеробних потужностей організму відповідали високому функціональному класу за ємністю анаеробної працездатності й вищому за середній функціональному класу ефективності аеробної працездатності.

При обстеженнях, проведених на 24-25 добу після перебування в горах, відзначалося зменшення кисневої вартості роботи (O_2 вартість) внаслідок зниження кисневого запиту на роботу (O_2 запиту) і кисневого боргу (O_2 вартість відновлення), що свідчило про підвищення економічності реакції організму спортсменів на фізичне навантаження (табл. 4.3).

МСК практично досягло потрібних величин. Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів підвищився до вищого за середній.

Таблиця 4.3 – Показники фізичної працездатності після проведення навчально-тренувальних зборів у горах у спортсменів першої групи

Показники	На 2-3 добу (n = 10)	На 24-25 добу (n = 10)
O_2 вартість роботи, л	9,590 (8,867; 10,009)	8,038(7,803; 8,016)*
O_2 запит на роботу, л	6,180 (4,975; 6,919)	5,157 (4,176; 5,811)*
O_2 вартість відновлення, л	3,410 (2,977; 4,001)	2,881 (1,958; 3,404)*
Алактатний O_2 борг, л	2,214 (1,956; 2,912)	2,109 (1,699; 2,459)*
Лактатний O_2 борг, л	1,196 (0,903; 1,118)	0,772 (0,417; 0,893)*
O_2 запит на роб.у % від заг. ст.	64,4 (45,7; 74,9)	64,2 (46,9; 80,1)

Продовження табл 4.3

О ₂ ст. відновл. у% від заг.ст.	35,6 (26,7; 54,5)	35,8 (20,9; 54,3)
МСК, л/хв	3,446 (2,935; 4,001)	3,820 (3,112; 4,110)
МСКпит, мл/хв/кг	51 (40; 58)	55 (46; 63)
МСК/нМСК, %	92,9 (86,7; 99,5)	103,0(100,2; 105,8)
анаер. потужн., ккал	56,9 (51,9; 68,4)	67,7 (66,3; 78,7)*
пит. ан. потужн., ккал/кг	0,59 (0,48; 0,67)	0,70 (0,68; 0,81)**
аер. потужн., ккал	62,48 (52,23; 68,11)	51,7 (40,93; 52,21)**
пит. аер. потужн., ккал/кг	0,65 (0,57; 0,73)	0,54(0,32; 0,70)*

Примітки: n – кількість обстежень; медіана (1; 3 квартилі); * - відмінність на рівні $p < 0,05$; ** - відмінність на рівні $p < 0,01$; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного рангового критерію

Зросла потужність анаеробних процесів і в той же час знизилася аеробних. На відміну від результатів обстеження, отриманих на 2-3 добу після повернення з гір, потужність анаеробних процесів у цих спортсменів стала вищою, ніж аеробних, що відповідало їхній спеціалізації бігунів на середні дистанції.

Це підтверджують дані про відносний внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму спортсменів. На 24-25 добу після навчально-тренувальних зборів у горах його внесок зменшився порівняно з таким на 2-3 добу (рис. 4.1).

Функціональні класи за ємністю анаеробної працездатності й ефективності аеробної працездатності відповідали високим рівням.

Відсоткові співвідношення кисневого запиту на роботу й кисневої вартості відновлення від загальної кисневої вартості роботи на 2-3 добу й 24-25 добу після навчально-тренувальних зборів не змінилися (табл. 4.3).

Характеристики фізичної працездатності на 2-3 добу й 24-25 добу після повернення з гір у спортсменів другої групи, у яких адаптація до умов

середньогір'я проходила на тлі помірного напруження регуляторних систем організму, представлено в таблиці 4.4.

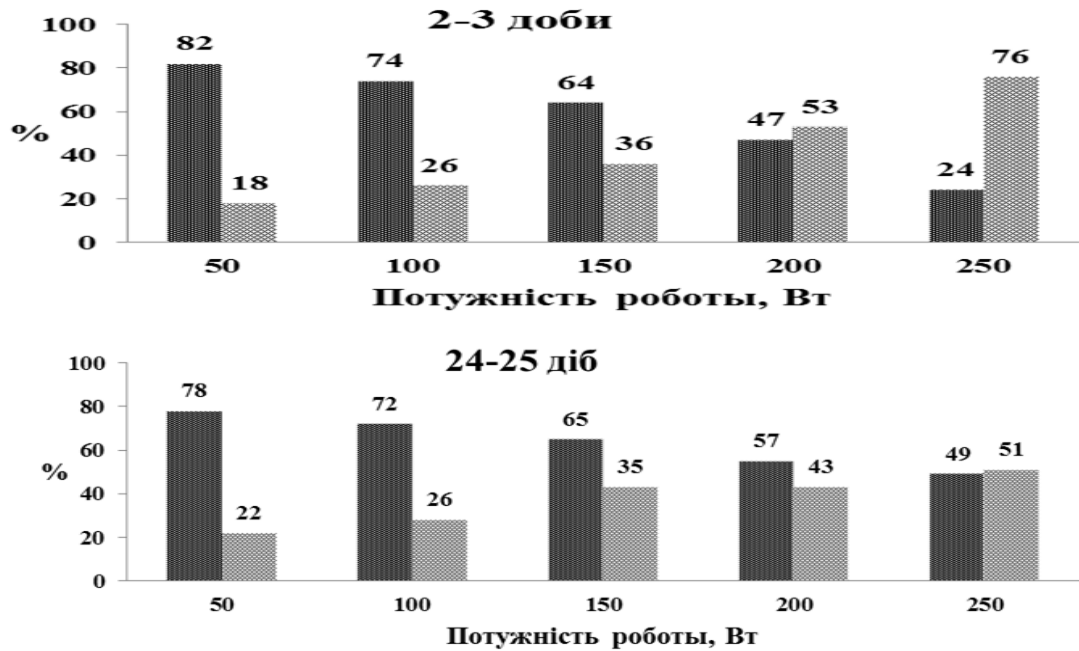


Рис. 4.1. Співвідношення аеробного й анаеробного компонентів енергетичного метаболізму у спортсменів першої групи при фізичному навантаженні на 2-3добу й 24-25 добу після повернення з гір: ■ – анаеробний компонент; □ – аеробний компонент

Таблиця 4.4 – Показники фізичної працездатності після проведення навчально-тренувальних зборів у горах у спортсменів другої групи

Показники	На 2-3 добу (n = 14)	На 24-25 добу (n = 14)
O ₂ вартість роботи, л	7,273 (6,323; 8,311)	6,113 (5,156; 7,036)*
O ₂ запит на роботу, л,	4,857(3,908; 5,199)	4,094 (3,439; 5,018)*
O ₂ вартість відновлення, л	2,416 (1,918; 3,215)	2,019 (1,619; 2,412)*
Алактатний O ₂ борг, л	1,739 (1,510; 2,293)	1,595 (1,231; 1,815)*
Лактатний O ₂ борг, л	0,677 (0,387; 1,011)	0,424 (0,296; 0,598)*
O ₂ ст. роб.в % від заг. ст.	66,8 (46,3; 78,5)	67,0 (49,7; 77,3)

Продовження табл. 4.4

О ₂ ст. відновл. в% від заг.ст.	33,2(21,8; 53,9)	33,0(21,8; 50,8)
МСК, л/хв	3,798 (3,001; 4,09)	4,260 (3,901; 4,612)
МСК _{пит} , мл/хв/кг	54 (42; 59)	61 (50; 69)
МСК/нМСК, %	102,4 (98,3; 105,4)	114,82(109,7;115,9)
анаер. потужн., ккал	72,2 (62,3; 78,1)	80,7 (74,3; 88,1)*
пит. ан. потужн., ккал/кг	0,75 (0,56; 0,80)	0,84 (0,74; 0,89)

Примітки: n – кількість обстежень; медіана (1; 3 квантилі); * - відмінність на рівні $p < 0,05$; ** - відмінність на рівні $p < 0,01$; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного рангового критерію

На 2-3 добу після повернення з гір у них спостерігалася вірогідно ($p < 0,05$) менша О₂ вартість роботи, ніж у спортсменів першої групи, за рахунок більш низьких величин О₂ запиту на роботу й О₂ вартість відновлення (кисневого боргу).

МСК і МСК/МСК_{пит} у спортсменів другої групи також були вищими, ніж у спортсменів першої групи (табл.4.3). Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів був вищим за середній. Значення абсолютних і питомих анаеробних і аеробних потужностей організму відповідали за ємністю анаеробній працездатності й ефективності аеробної працездатності високого функціонального класу.

При обстеженнях, проведених на 24-25 добу після перебування в горах, у спортсменів другої групи також відзначалося зменшення кисневої вартості роботи (О₂ вартість), кисневого запиту на роботу (О₂ запиту) і кисневого боргу (О₂ вартість відновлення), що свідчило про підвищення економічності реакції організму спортсменів на фізичне навантаження (табл. 4.4).

Збільшилося МСК і МСК/МСК_{пит}. Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів підвищився до високого. Як і у спортсменів першої групи зросла потужність анаеробних процесів і в той же час знизилася аеробних. Це підтверджують дані про

відносний внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму спортсменів.

На 24-25 добу після навчально-тренувальних зборів у горах його внесок зменшився порівняно з таким на 2-3 добу (рис. 4.2).

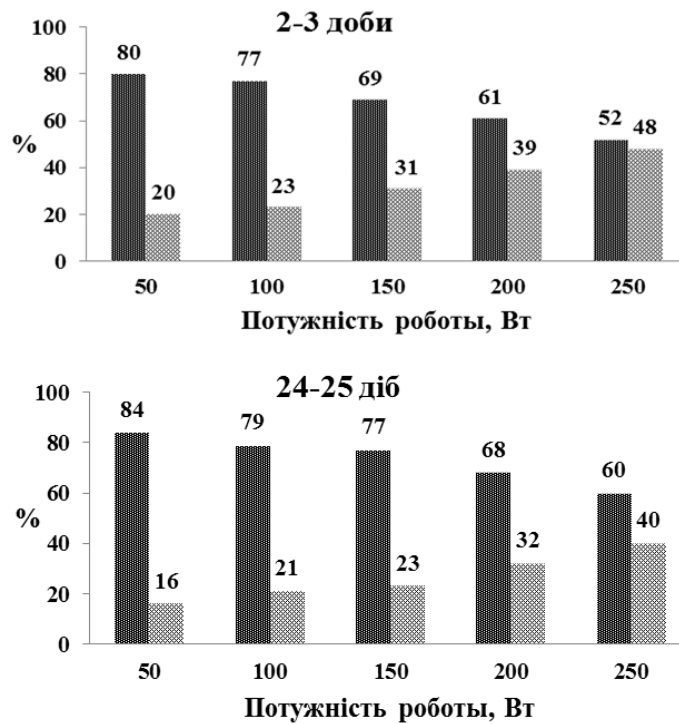


Рис. 4.2. Співвідношення аеробного й анаеробного компонентів енергетичного метаболізму у спортсменів другої групи при фізичному навантаженні на 2-3 добу й 24-25 добу після повернення з гір: ■ – анаеробний компонент; ▒ – аеробний компонент

Функціональні класи за ємністю анаеробної працездатності й ефективності аеробної працездатності в цих спортсменів, як і спортсменів першої групи, відповідали високим рівням.

Зниження відносного внеску аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму, на думку ряду авторів, підвищує стійкість спортсменів обох груп до гіпоксії, також і гіпоксії навантаження, що є підтвердженням ефективності гірської підготовки [90, 124, 168].

Як свідчать результати обстежень спортсменів, проведення навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я вплинули на підвищення фізичної працездатності спортсменів. При цьому ефект гірської підготовки підсилювався на 24-25 добу після повернення з гір. Позитивний ефект був більш виражений у спортсменів другої групи. Цей факт добре узгоджується з даними інших авторів, згідно з якими пік функціональних можливостей і працездатності спортсменів припадає на 20-25 добу після повернення з гір [17, 43].

Однак, не для всіх спортсменів адаптаційні впливи гірського тренування однаково ефективні. У спортсменів першої групи, у яких адаптація в горах проходила на тлі високого напруження регуляторних механізмів і переваги симпатичних впливів, після повернення з гір відзначалася поява нестабільних станів під час функціональних навантажень, що знижувало ефективність гірської підготовки. Математичний аналіз варіабельності серцевого ритму, зокрема спектральний аналіз, показав, що в більшості спортсменів першої групи після перебування в горах великий внесок у регуляторні механізми мав фактор централізації регуляторних процесів. Можливо, що із цим пов'язаний трохи менший ефект перебування в горах для цих спортсменів, ніж спортсменів другої групи.

У спортсменів другої групи після гір переважала активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи й була підвищена стійкість до функціональних навантажень (не виникали нестабільні стани), що свідчило про більш високу ефективність гірського тренування для спортсменів з ваготонічним типом вегетативного гомеостазу [42].

Різна ефективність гірської підготовки рядом авторів пояснюється по різному. Деякі групи дослідників не виявляють ніякого поліпшення фізіологічних показників (гематологічних, максимального споживання кисню) або росту спортивного результату, інші повідомляють про істотний ріст і МСК, і змагального результату [17, 47, 72, 168]. Відмінності у відповідних реакціях на гіпоксію можуть бути обумовлені індивідуальними

особливостями організму спортсменів: генетичною схильністю до сприятливої реакції на гіпоксію [5, 47, 155-157], типом центральної й автономної частини периферичної нервової системи [17, 50, 60, 77], а також раціонально або нераціонально спланованою гірською підготовкою [17, 46, 47, 88]. У зв'язку із цим важливе значення для підвищення ефективності гірської підготовки й планування оптимального тренувального процесу в умовах середньогір'я має попередній розподіл спортсменів на групи з високим і низьким рівнем відповідної реакції на гіпоксію.

Представлені в даному розділі дані дають підстави стверджувати, що проведення в горах навчально-тренувального збору спортсменів, адаптація яких до гірських умов проходила успішно на тлі помірного напруження регуляторних систем організму, призводить до позитивних ефектів, що проявляються в поліпшенні функціонального стану спортсменів, зсуві вегетативного балансу в область переваги вагусних впливів і підвищенні фізичної працездатності й стійкості до функціональних навантажень, які зберігаються й на 25-27 добу після повернення з гір. Менш ефективно гірське тренування для спортсменів з високим вихідним тонусом симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи, у яких протягом усього перебування в гірських умовах спостерігалася підвищене напруження адаптаційних механізмів.

Результати даного розділу дисертації відображені в публікаціях [109, 115, 116, 117].

РОЗДІЛ 5
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ У СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ
НАВЧАЛЬНО-ТРЕНУВАЛЬНИХ ЗБОРІВ В УМОВАХ
СЕРЕДНЬОГІР'Я Й НА РІВНІ МОРЯ

Для оцінки змін функціональних можливостей спортсменів тестування рівня їх фізичної підготовленості проводили в м. Києві до початку навчально-тренувальних зборів і на 25-27 добу після навчально-тренувальних зборів у горах і в умовах рівнини. Спортсмени, які брали участь в експерименті, є членами національної збірної команди в бігу на середні дистанції (400 м і 800 м). Під час дослідження спортсмени були розділені на три групи: контрольну (після навчально-тренувального збору на рівні моря) і дві основні (після навчально-тренувального збору в гірських умовах). Показані результати в тестових вправах були оцінені за допомогою розроблених оцінних шкал [13, 14, 61], представлених у таблицях Д1 і Д2 (додаток Д), наступного дня був відпочинок для спортсменів, на третій день дослідження – моніторинг серцево-судинної системи у стані спокою, потім – після виконання стандартного тестового навантаження (активна ортопроба). Застосовуючи методику оцінки фізичного стану бігунів на короткі й середні дистанції, були виявлені лідери серед спортсменів контрольної й двох основних груп.

Результати тестування фізичної підготовленості спортсменів контрольної й двох основних груп до початку навчально-тренувальних зборів представлені на рис. 5.1 і в таблицях Д.3 – Д.5 (додаток Д).

У контрольній групі спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, у п'яти спортсменів (П-А О., Г-А О., Д-А Н., М-У С., Т-Б М.) відзначався середній рівень фізичної підготовленості й у двох (Р-Ь О. і М-О О.) вищий за середній.

У цілому по групі бальна оцінка фізичної підготовленості семи спортсменів становить $3,20 \pm 0,24$ балів, що відповідає середньому рівню (табл. Д.3, додаток Д).

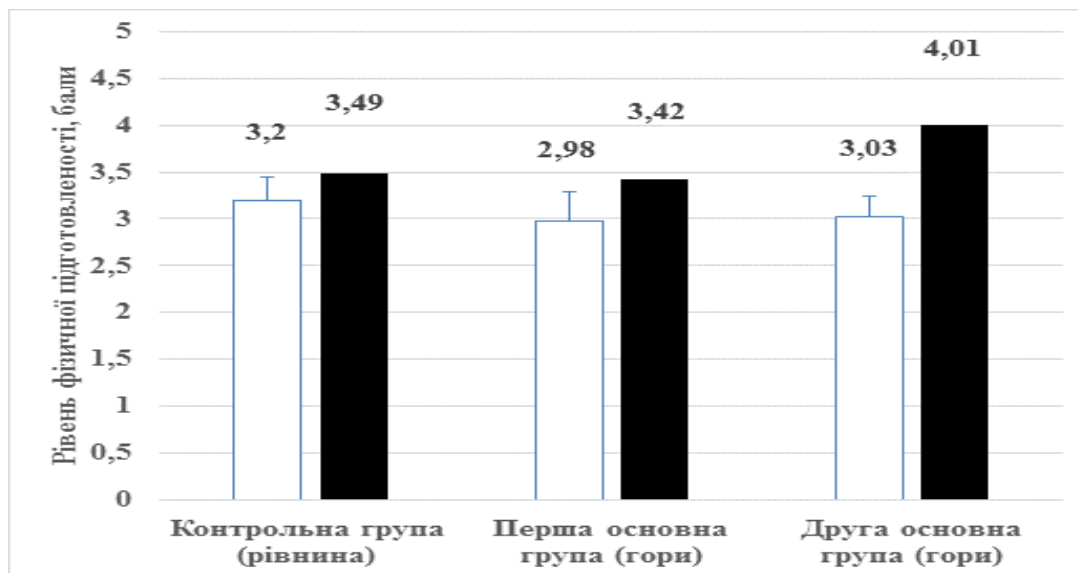


Рис. 5.1 Рівні фізичної підготовленості спортсменів до і після навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і рівнини: □ – до початку учбово-тренувального збору; ■ – після учбово-тренувального збору

Серед спортсменів першої основної групи до початку навчально-тренувального збору в гірських умовах чотири спортсмени (До- До К., Т-П Т., З-В Е., М-Н О.) показали середній рівень фізичної підготовленості, в одного (Т-П А.) рівень фізичної підготовленості вищий за середній.

Бальна оцінка фізичної підготовленості п'яти спортсменів даної групи становить $2,98 \pm 0,31$ балів, що відповідає середньому рівню (табл. Д.4, додаток Д).

Серед спортсменів другої основної групи всі сім спортсменів (В- До О., З-Я О., Щ- До О., Г-У В., Д- Про В., До-М М., Р-Й С.) показали середній рівень фізичної підготовленості.

У середньому по групі рівень фізичної підготовленості семи спортсменів другої основної групи до початку навчально-тренувального

збору становить $3,03 \pm 0,21$ балів, що відповідає рівню вищому за середній (табл. Д.5, додаток Д).

Проведене порівняння результатів педагогічного тестування не виявило достовірних відмінностей по жодному показнику між контрольною й основними групами спортсменів до початку навчально-тренувальних зборів.

Результати повторного тестування після проведення навчально-тренувальних зборів на рівні моря й у горах представлені в таблицях Д.6 – Д.8 (додаток Д).

У контрольній групі спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, у п'яти спортсменів (П-А О., Г-А О., Д-А Н., Т-Б М. і Р-Ь О.) відзначався середній рівень фізичної підготовленості й у двох (М-У С. І М- Про О.) - вищий за середній.

За даними тестування лідером групи є спортсмен М-о О. з рівнем фізичної підготовленості вищим за середній (4,4 балів). У середньому по групі фізична підготовленість семи спортсменів оцінена у $3,49 \pm 0,42$ бали, що відповідає середньому рівню (табл. Д.6, додаток Д). Ця величина трохи вище вихідного рівня ($3,20 \pm 0,24$ балів, таблиця Д.3, додаток Д). Однак ці зміни не є достовірними.

Серед спортсменів першої основної групи, які провели навчально-тренувальний збір у гірських умовах, три спортсмени (До- До К., Т-П Т. і М-Н О.) показали середній рівень фізичної підготовленості, у двох (З-В Е., Т-П А.) рівень фізичної підготовленості вищий за середній. Рівень фізичної підготовленості п'яти спортсменів цієї групи оцінено в $3,42 \pm 0,26$ балів (табл. Д.7, додаток Д), що відповідає середньому рівню. Як і в контрольній групі, у спортсменів першої основної групи спостерігається тенденція до підвищення рівня фізичної підготовленості після навчально-тренувального збору. Однак на відміну від контрольної групи в цій групі спортсменів підвищення рівня фізичної підготовленості є статистично значимим ($p < 0,05$). За даними тестування лідером групи є спортсмен Т-П А. з рівнем фізичної

підготовленості вищим за середній (3,8 балів), який мав найбільшу суму балів до тренувань у гірських умовах (таблиця Д.4, додаток Д).

Серед спортсменів другої основної групи один спортсмен (Г-У В.) показав середній рівень фізичної підготовленості, у чотирьох (В- До О., З-Я О., Д- Про В., Р-Й С.) рівні фізичної підготовленості були вищими за середній і два спортсмени (Щ- До О., До-М М.) мали високі рівні фізичної підготовленості. За даними тестування лідерами групи є спортсмени Ш- До О. і До-М М. Т-П А. з високим рівнем фізичної підготовленості (4,8 і 4,6 балів відповідно). Результати тестування вказують на те, що у спортсменів даної групи навчально-тренувальний збір у гірських умовах призвів до найбільш значимих позитивних змін у фізичній підготовленості. Про це свідчать вірогідно значиме ($p < 0,001$) підвищення такого інтегрального показника, як рівень фізичної підготовленості з $3,03 \pm 0,21$ балів до $4,01 \pm 0,54$ балів з (табл. Д.5 і Д.8, додаток Д).

Таким чином, порівняльна оцінка рівня фізичної підготовленості вказує на те, що функціональні можливості після учбово-тренувальних зборів найбільш підвищились у спортсменів другої основної групи, у яких переважають вагусні впливи й підвищена стійкість до функціональних навантажень, що свідчить про високу ефективність для спортсменів з даним типом вегетативного гомеостазу гірської підготовки. Ці дані добре узгоджуються з наведеними в четвертому розділі результатами оцінки функціонального стану організму спортсменів на 25-27 добу після навчально-тренувальних зборів (підрозділ 4.3, табл. 4.1-4.3, рис. 4.1).

Результати даного розділу дисертації відображені в публікаціях [44, 110, 117].

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

У наш час показано, що аналіз варіабельності серцевого ритму є високоефективним методом оцінки функціонального стану організму людини, який дозволяє прогнозувати загальні тенденції в розвитку різних процесів в організмі, також і адаптаційному до різних факторів зовнішнього середовища, а також ризик розвитку патологічного й компенсаторного процесів [6, 76, 100]. Однак результати оцінки регуляторних порушень за допомогою аналізу варіабельності серцевого ритму при АГ часто мають суперечливий характер [30, 48, 140, 170].

Можливо, однією із причин цих протиріч є те, що при інтерпретації і порівнянні результатів оцінки варіабельності серцевого ритму не враховуються особливості, пов'язані з індивідуальними особливостями організму людини, наявності перед- і патологічних станів, а також впливу кліматичних і географічних умов. Такі дані досить нечисленні.

Відомо, що зміна ритму серця - універсальна оперативна реакція цілісного організму у відповідь на будь-який вплив зовнішнього середовища [6, 77, 179, 207]. Серце працює під контролем і впливом безлічі рефлекторних і гуморальних факторів, що знаходять своє відображення в кардіоритмограмах. Математико-статистичні показники й хвильова структура ритму серця у стані спокою й при різних функціональних пробах характеризують баланс між відділами парасимпатичним і симпатичним відділами автономної частини периферичної нервової системи (вегетативний гомеостаз), а також стан різних ланок системи регуляції й керування функціями організму. Тому для того, щоб оцінити динаміку і якість регуляції кровообігу й організму в цілому у спокої, при функціональних навантаженнях і при дії факторів зовнішнього середовища (гіпоксії) у роботі проведена класифікація кардіоритмограм і функціональних станів організму, що базується на кластерному і структурно-лінгвістичному аналізі

математико-статистичних показників і спектрограм варіабельності серцевого ритму у спортсменів високої кваліфікації. Показано, що математико-статистичні показники варіабельності серцевого ритму вірогідно ($p < 0,05$) розділяються на “регулярні (нормальні)” і “нерегулярні (аномальні)” кластери. При цьому границі показників “нормальних” кластерів лежать у діапазоні, характерному для спокою, адекватних реакцій на функціональні навантаження й компенсованої препатології. В «аномальних» кластерах границі зміщені в область неадекватних реакцій і високого напруження регуляторних систем організму, а також несприятливої в прогностичному змісті патології. За рахунок часткового перекриття відсутній чіткий поділ верхніх границь “нормальних” кластерів і нижніх границь “аномальних”. Характеристики отриманих кластерів у даній роботі стали підґрунтям для групової класифікації кардіоритмограм спортсменів.

Уперше в основу класифікації функціональних станів організму організму спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах спорту, була покладена система формульного запису спектрограм варіабельності серцевого ритму, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні й амплітудні характеристики основних спектральних максимумів.

Уперше на підставі цієї класифікації, а також при достовірному поділі математико-статистичних показників і спектрограм серцевого ритму на нормальні й аномальні кластерні групи оцінювався сприятливий і несприятливий плин адаптації спортсменів до гіпоксичної гіпоксії.

При аналізі кардіоритмограм у спортсменів, зареєстрованих у початковій фазі адаптації до умов середньогір'я у спокої й при функціональних навантаженнях, виявлено 12 з 16 можливих типів спектрів потужності варіабельності серцевого ритму: S_0 , S_b , S_m , S_{msb} , S_{msf} , S_{bsm} , S_{bsf} , S_{msbsf} , S_{msfsb} , S_{bsmsf} , S_{bsfsm} , S_{fsmsb} . Величини показників, що характеризують кардіоритмограми зі спектрами S_{msb} , S_{msbsf} , S_{bsm} і S_{bsmsf} становлять нормальні кластери. Тому ці спектри кардіоритмограм більш

характерні для стійких функціональних станів організму в нормі, при адекватних реакціях на функціональне навантаження й компенсованій препатології. Інші типи спектрів більшою мірою пов'язані з аномальними кластерами показників варіабельності серцевого ритму. Вони частіше зустрічаються при напруженнях і перенапруженнях регуляторних систем організму, що виникають під час високих навантажень або при патологічних станах, і характеризують нестійкі функціональні стани організму.

За характером варіабельності серцевого ритму всі обстежені спортсмени розділені на дві групи. До першої групи ввійшли спортсмени, у яких математико-статистичні й спектральні показники варіабельності серцевого ритму склали аномальні кластери, до другої – нормальні. В умовах середньогір'я спортсмени першої групи становили меншість (41,7%). Порівняльна оцінка розподілу спортсменів по групах на підставі результатів кластерного й структурно-лінгвістичного аналізу свідчить про виявлене у даній роботі часткове перекриття крайніх значень показників варіабельності серцевого ритму в різних групах спортсменів. Це підтверджує думка деяких дослідників про недоцільність використання аналізу варіабельності серцевого ритму з метою проведення диференціальної оцінки функціонального стану спортсменів [57, 60, 77, 207].

Крім того, спроба виділити загальні для всіх груп найбільш інформативні в діагностичному сенсі показники варіабельності серцевого ритму в результаті проведеного аналізу не увінчалася успіхом. Для кожної групи спортсменів існують свої специфічні показники. Тому, очевидно, варто робити упор не на окремих показниках, а на їхньому наборі (кластерах). Саме характеристики цих наборів кластерів можуть стати спочатку корисними для групової ідентифікації спортсмена, а вже потім, виходячи з особливостей групи, можна проводити диференціальну оцінку функціонального стану організму спортсмена.

У більшості спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я спостерігається виражене напруження регуляторних

механізмів. У 41,7% спортсменів, які увійшли до першої групи, на тлі достовірного прискорення ($p < 0,05$) серцевого ритму спостерігається парадоксальне збільшення його варіабельності, що може бути викликане не посиленням парасимпатичних впливів, а ослабленням як симпатичної, так і парасимпатичної сегментарної регуляції. У 58,3% спортсменів, які належать до другої групи, відзначається достовірний зсув вегетативного балансу в область переваги симпатичних впливів. У них відзначається достовірне ($p < 0,05$) зниження загальної потужності (TP) спектрограм серцевого ритму, яке обумовлене значною мірою зменшенням потужності дуже повільних (VLF) і повільних (LF) компонент. У той же час на тлі незначного зниження високочастотного компонента (HF) відзначається достовірне ($p < 0,01$) збільшення надвисокочастотного (VHF) компонента. Ці особливості варіабельності серцевого ритму особливо виражені у спортсменів, які входять у першу групу. У частини спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я реєструються кардіоритмограми зі спектром потужності серцевого ритму, що мають формули Smsf, Smsfsb, Sb; Sbsf, Sbsfsm і Sfsmsb), які характерні для нестійких станів. Для таких станів існує більша ймовірність виникнення спонтанного перенапруження або виснаження регуляторних систем, розвитку перед- і патологічних змін в організмі [34, 42]. Збільшення варіабельності серцевого ритму ($\Delta R-R > 0,6RRNN$) на тлі його частішання, різке зниження загальної потужності спектрограм ($TP_{0-0,40} < 1000\text{мс}^2/\text{Гц}$ при двоххвилинному записі кардіоритмограм і $TP_{0-0,40} < 4000\text{мс}^2/\text{Гц}$ при п'ятихвилинному), істотне зменшення у структурі спектральної потужності дуже повільних ($VLF \leq 30\%TP$) і посилення дуже високочастотних ($VHF \geq 60\%TP$) коливань, високі показники активності регуляторних систем (ПАРС = 5), наявність нестійких станів зі спектральними формулами Sf, Sfsm, Sfsb, Sfsmsb і Sfsbsm указують на незадовільний функціональний стан організму спортсменів, можливість появи неврокардіопатії, обумовленої системними й локальними нейрогормональними порушеннями. Перераховані особливості

варіабельності серцевого ритму є несприятливими діагностичними предикторами й служать підставою для переведення спортсмена в більш високу групу ризику.

Уперше виділені фактори нейрогуморальних, гуморально-метаболічних і центральних впливів, що роблять визначальний внесок у стан механізмів регуляції серцево-судинної системи й усього організму в цілому. Показано, що у спортсменів в умовах середньогір'я на варіабельність серцевого ритму впливають п'ять факторів, що характеризують вплив окремих ланок регуляторної системи організму: фактор централізації регуляторних механізмів; фактор дуже швидких хвиль або нестійких станів, що відбиває активність вищих відділів нервової системи при виникненні нестійких станів організму; фактор активності гуморального каналу, що характеризує рівень функціонування синусового вузла і його відхилення від норми спокою; фактор симпатичних впливів на серцевий ритм, який характеризує активність симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи; фактор низькочастотних або повільних хвиль, які також має назва фактора активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, що забезпечують локальне й загальне пристосування судинної системи до змін ударного й хвилинного об'єму крові при дії екзогенних і ендогенних впливів.

У спортсменів першої групи, які характеризуються в умовах середньогір'я ослабленням церебральних ерготропних впливів, симпатичної й парасимпатичної сегментарної регуляції та посиленням активності вищих відділів нервової системи, збільшена питома вага фактора нестійких станів, повністю відсутній фактор симпатичних впливів на серцевий ритм і з'являється фактор «зникнення» серцевого ритму [76]. Він свідчить про наявність у таких спортсменів регуляторних порушень, пов'язаних з ослабленням церебральних ерготропних нейрогуморальних і гуморально-метаболічних впливів на діяльність серцево-судинної системи. У цьому випадку краще взагалі відмовитися від інтерпретації показників варіабельності серцевого ритму й просто констатувати перехід на місцевий

(автономний) рівень регуляції, при якому на тлі більш низьких функціональних резервів можливі явища декомпенсації. Сам собою цей факт є достатньою підставою для твердження, що функціональний стан організму в більшості спортсменів незадовільний, а ризик розвитку тих або інших ускладнень високий. Це ж підтверджує наявність великої кількості в цій групі спортсменів нестійких станів, з яких, згідно з теорією ультрастабільності, можливі спонтанні переходи в стійкі перед- і патологічні стани [42, 166].

У спортсменів другої групи присутній фактор симпатичних впливів на варіабельність серцевого ритму, відсутній фактор «зникнення» серцевого ритму й знижена вага фактора нестійких станів, що вказує на більш сприятливий плин адаптації до умов середньогір'я.

Ці дані з цілковитою впевненістю дозволяють уважати першу групу спортсменів групою менш сприятливого плин адаптації, другу – більш сприятливого.

Той факт, що в більшості спортсменів фактор низькочастотних або повільних хвиль, що відбиває активність адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, має найменшу питому вагу, підтверджує спостереження про те, що одним з механізмів виникнення дезадаптаційних явищ є порушення регуляції локального й загального пристосування судинної системи до змін ударного й хвилинного об'єму крові, викликаного як ендогенними, так і екзогенними причинами [100, 142].

Порівняно з рівниною, у спортсменів в умовах середньогір'я реєструються вірогідно ($p < 0,001$) більш низькі потужності періодичних компонентів варіабельності серцевого ритму в частотному діапазоні від 0 до 0,40 Гц (VLF, LF, HF, TP), що свідчить про високу напруженість функціонування регуляторних систем організму й зниження адаптаційного потенціалу організму при гіпоксичному впливі. Це ж підтверджують значення показника активності регуляторних систем (ПАРС), які у спортсменів в умовах середньогір'я вірогідно ($p < 0,05$) нижчі, ніж на рівнині.

У спортсменів першої групи в умовах середньогір'я, як і на рівнині, у спокої відзначається виражена перевага потужності надвисокочастотного компонента (VHF) у хвильовій структурі серцевого ритму. Це вказує на активацію систем швидкого реагування, що виникає при нестійкому стані організму. Однак, на відміну від рівнини, в умовах середньогір'я ця активація відбувається на тлі вірогідно більш низьких ($p < 0,01$) потужностей усіх спектральних компонентів (VLF, LF, HF, VHF, TP). Можливо, саме із цим пов'язані більші прояви в умовах середньогір'я феномена «зникнення» серцевого ритму з під модулюючих впливів центральної і автономної частини периферичної нервової систем і більш напружене функціонування регуляторних систем. У той же час, ці центральні й рефлекторні сегментарні впливи у спортсменів першої групи в умовах середньогір'я залишаються ослабленими. Необхідність компенсації цих ослаблених впливів призводить до значного напруження окремих ланок регуляторної системи організму. Це знаходить своє відображення в більш високих, ніж в умовах рівнини, значеннях ІН, ІВР, ПАПР і ВПР і зниженої вегетативної реактивності на функціональні навантаження.

У спортсменів другої групи порівняно з рівниною в умовах середньогір'я відзначається тенденція зсуву вегетативного балансу в область парасимпатичних впливів, більш збалансованого співвідношення між активністю симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи й провідним рівнем функціонування Са-вузла, спостерігається менша симпатико-адреналова активність, що свідчить про більш оптимальне функціонування регуляторних і адаптаційних механізмів. У спортсменів другої групи в умовах середньогір'я також значно знижена роль фактора нестійких станів за рахунок підвищення ваги фактора активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи й появи фактора вагусних впливів. Це вказує на більшу збалансованість центральних і рефлекторних сегментарних впливів.

В умовах середньогір'я в спортсменів порівняно з рівниною спостерігається більше нестійких станів зі спектрограмами серцевого ритму, описуваними формулами типу $Smsf$, $Sbsf$, $Smsfsb$ і $Sbsfsm$, $Smsfsb$, з яких можливі спонтанні переходи у стани перенапруження й виснаження регуляторних систем з ознаками дезадаптації.

Слід також зазначити той факт, що в обстежених спортсменів протягом всього періоду перебування в умовах середньогір'я порівняно з рівниною спостерігається значне зниження спектральних потужностей усіх періодичних компонентів варіабельності серцевого ритму. Можливо, цей феномен пов'язаний з розвитком в умовах середньогір'я гіпометаболічного стану, при якому зменшується внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму спортсменів і функціонування всіх систем організму, також і регуляторних, переходить на більш ощадливий режим. При цьому у спортсменів зберігається висока працездатність за рахунок пролонгованого включення анаеробних механізмів енергопродукції й збільшення їх потужності на тлі зниженого аеробного обміну [89 - 91].

При проведенні активної ортостатичної проби в умовах середньогір'я в більшості спортсменів спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності. При цьому також збережена на адекватному рівні реактивність парасимпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи. Величина коефіцієнта $K_{30:15}$ у спортсменів в умовах середньогір'я в середньому не перевищувала 1,13, що нижче діапазону норми [76, 158] і свідчить про погіршення фізіологічних механізмів, що забезпечують підтримку вегетативного гомеостазу на потрібному рівні при ортостазі.

На 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я при збереженні переваги симпатичних впливів спостерігається тенденція до нормалізації вегетативного балансу у спортсменів першої групи й зсув вегетативного балансу в область переваги парасимпатичних впливів у спортсменів другої. Про це свідчать показники (LF/HF) , які у спортсменів першої групи

знизилися від 1,58 до 1,17 а в другої групи менше 1. Крім того, відзначається тенденція до зниження напруження функціонування регуляторних систем. Так, ІН на 11-12 добу перебування в середгір'ї знизився в цілому по групі з $179 \pm 27,1$ до $162 \pm 20,9$. Однак у спортсменів першої групи усе ще відзначається висока напруженість адаптаційних процесів ($ІН = 265 \pm 85,3$). У всіх спортсменів у спокої відсутні стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження регуляторних механізмів. При проведенні активної ортопроби у спортсменів не виникають стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження й спостерігається значно менше станів з функціональним напруженням. У результаті адаптації до хронічної гіпоксії у спортсменів зникли спектри потужності ритму серця з перевагою надвисокочастотного компонента Sf, що свідчать про нестійкі функціональні стани, пов'язані з високим напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу в стани перенапруження й виснаження. Відзначається високий відсоток (21 %) спектрів потужності ритму серця з перевагою високочастотного компонента (Sb), характерних для станів з високою тренуваністю. У той же час збережені на 11-12 добу перебування в горах високі ваги факторів централізації регуляторних механізмів (33%) і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи (23%) указують на неповну завершеність адаптації до хронічної гіпоксії. Можливо, що неповна адаптація спортсменів обумовлена тим, що перед поїздкою в гори в них була напружена змагальна діяльність. Згідно з літературними даними, у випадку, якщо гірська підготовка починається в умовах недовідновлення організму спортсмена, процес адаптації до гіпоксії суттєво вповільнюється [17, 31]. Уповільнюється процес акліматизації й у тому випадку, якщо гірська підготовка за характером вправ, спрямованістю впливу й динамікою навантажень суттєво відрізняється від попередньої рівнинної. Період акліматизації спортсменів коливається в широкому діапазоні – від 3-5 днів і 10-12 годин активного навантаження до 10-12 днів активного навантаження. Ці коливання

обумовлюються рядом причин. У першу чергу, це досвід гірської підготовки, накопичений спортсменами, які регулярно виїжджають для тренування в гори, виробляють здатність до досить швидкої й ефективної адаптації до нових умов і здатні в 1,5-2 рази швидше увійти у звичний режим тренування порівняно зі спортсменами такої ж кваліфікації, які прибули в гори вперше [24, 33]. Однак збережені в обох групах спортсменів на 12-й день перебування в горах високі ваги факторів централізації регуляторних механізмів і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи вказували на неповну завершеність адаптації до хронічної гіпоксії.

12-ти денний термін перебування в умовах середньогір'я був обраний на підставі даних про те, що для спортсменів, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах спорту, ефективною виявляється двотижнева підготовка [17, 168]. У той же час є дані й про велику тривалість гірського тренування, але не більше 18-21 дня [17]. Можливо, що незавершеність адаптації в обстежених нами спортсменів пов'язана з недостатньою тривалістю перебування в горах. Є дані, що вказують на необхідність значно більш тривалої акліматизації спортсменів. Якщо висота становить 1200-1500 м над рівнем моря, для акліматизації потрібно, як мінімум, тиждень, 2000 м – більше двох тижнів [17, 31, 43, 143].

Уперше в роботі проведена порівняльна комплексна оцінка особливостей варіабельності серцевого ритму і рівня фізичної підготовленості у спортсменів після перебування в гірських умовах рівнини та на рівні моря. На 25-27 добу після повернення з гір у спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я порівняно зі спортсменами, які тренувалися на рівні моря, спостерігається більш низька напруженість регуляторних процесів в організмі й перевага у вегетативному балансі вагусних впливів. Загальна потужність спектральних компонентів серцевого ритму як у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в рівнинах, так і у спортсменів, які провели навчально-тренувальні збори в горах, набагато перевищує загальну потужність спектральних компонентів

серцевого ритму у спортсменів під час їх перебування в горах. Так, у спортсменів середня по групі загальна потужність спектральних компонентів серцевого ритму на 11-12 добу перебування в горах становила $1947 \pm 105,4$ $\text{мс}^2/\text{Гц}$, в умовах рівнини – $17205 \pm 672,0$ $\text{мс}^2/\text{Гц}$. Як уже обговорювалося раніше, цей феномен пов'язаний з розвитком в умовах середньогір'я гіпометаболічного стану [89-91].

В умовах рівнини в цілому у спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я, і у спортсменів, які тренувалися на рівні моря обох груп спостерігається адекватна реакція серцево-судинної системи на дану функціональну пробу. Однак у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, при проведенні активної ортопроби спостерігається трохи більше напруження регуляторних систем організму. Більше напруження функціональних систем даних спортсменів може бути обумовлене підвищеною активністю підкоркових нервових центрів (центрального впливу), а також надлишковою активацією симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи, що підтверджують відповідно високі значення VLF, АМо й LF, а також вірогідно ($p < 0,05$) більш високі потужності надвисокочастотного компонента (VHF) у спектрі ВСР.

Ці дані про позитивний вплив гірського тренування на функціональні можливості спортсменів і їх спортивні результати збігаються з літературними. Однак відомо, що позитивні ефекти гірської підготовки проявляються не відразу після повернення з гір. Потрібен певний період реакліматизації, тривалість якого залежить від індивідуальних особливостей організму спортсмена [37, 144]. Приблизно 50-60% спортсменів у перші кілька днів здатні показати високі результати й продемонструвати високу працездатність у спеціальних тестах. Після цього може настати досить тривала фаза (5-6 днів) зниження функціональних можливостей організму спортсменів. В інших 40-50% спортсменів ця фаза настає відразу після повернення в рівнинні умови, яка може тривати до 6-8 днів і більше [107,

118-119, 149]. Після закінчення фази знижених функціональних можливостей проявляється відставлений ефект гірської підготовки, який стосовно найважливіших компонентів функціональної підготовленості спортсмена може розвиватися протягом наступних 8-12 днів. Максимальні величини споживання кисню зазвичай реєструються через 3-4 тижні після повернення в рівнинні умови [17, 72].

У наших дослідженнях обстеження спортсменів проходили на 25 добу після повернення гір. Згідно з наявним у літературі даним саме на ці терміни (20-25 доба після повернення з гір) припадає пік функціональних можливостей і працездатності спортсменів [17, 31, 168].

Результати проведених досліджень сприяють поглибленню наявних уявлень про особливості нейрогуморальної й гуморально-метаболічної регуляції у спортсменів в умовах середньогір'я, *доповнюють* знання про закономірності змін у них функціонального стану організму відповідно до теорії ультрастабільного й відкривають нові можливості для вивчення вегетативної реактивності й вегетативного забезпечення функціонування всього організму в цілому й окремих його систем у нормі й при різних відхиленнях від неї.

Уперше за допомогою тестування фізичної підготовленості було показано, що не для всіх спортсменів адаптаційні впливи гірського тренування однаково ефективні. Найбільш значимі позитивні зміни рівня фізичної підготовленості після навчально-тренувального збору в горах спостерігалися у спортсменів, у яких математико-статистичні й спектральні показники варіабельності серцевого ритму в умовах середньогір'я склали нормальні кластери й адаптація супроводжувалася меншим напруженням регуляторних механізмів.

Отримані результати про високу ефективність аналізу варіабельності серцевого ритму у спортсменів у різних умовах дають підстави рекомендувати його спортивним лікарям і науковцям для широкого впровадження у спортивну й дослідницьку практику для оцінки поточного

функціонального стану організму спортсменів на різних етапах підготовки, виділенні груп ризику (стратифікація ступеня ризику) при різних зовнішніх впливах з урахуванням як загального функціонального стану організму, так і виразності та спрямованості вегетативного дисбалансу.

Оцінивши особливості варіабельності серцевого ритму за допомогою поділу його характеристик на нормальні й аномальні кластерні групи, можна більш точно прогнозувати ймовірність сприятливого або несприятливого плину адаптації до різних впливів у різних умовах (також географічних і кліматичних), можна дати якісну оцінку адаптаційних резервів, стабільності або нестабільності функціонального стану організму й на цій підставі побудувати тактику побудови тренувального й змагального процесів, що полягає у виборі, оптимізації й оцінці ефективності тренувальних вправ різної спрямованості, фармакологічних і реабілітаційних заходів.

Результати наших досліджень підтвердили й розширили наукові знання про фізіологічні механізми розвитку і компенсації гіпоксії у процесі адаптації до м'язової діяльності, були отримані нові дані щодо індивідуально-типологічних особливостей адаптації спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення, до фізичних навантажень в умовах середньогір'я, зокрема: *уперше* проведена класифікація кардіоритмограм і функціональних станів організму, що ґрунтується на достовірному поділі математико-статистичних показників і спектрограм варіабельності серцевого ритму на нормальні й аномальні групи, що відповідають сприятливому й несприятливому плину адаптації до умов середньогір'я; виділені основні фактори нейрогуморальних, гуморально-метаболических і центральних впливів, що роблять визначальний внесок у стан механізмів регуляції серцево-судинної системи й усього організму в цілому в умовах рівнини й середньогір'я; показані особливості адаптації спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення, до фізичних навантажень в умовах зниженого PO_2 у горах залежно від типу вегетативного гомеостазу; *підтверджені й доповнені*

дані А. З. Колчинської [52-53], В. М. Платонова, М. М. Булатової [17, 86, 87], М. М. Філіппова, Д. Н. Давиденко [123] про фізіологічні механізми розвитку й компенсації гіпоксії у процесі адаптації до м'язової діяльності; данні Н. А. Агаджаняна [2], В. І. Портніченко, В. Н. Ільїна, М. М. Філіппова [92], Р. М. Баєвського і Е. Мотилянської [6], Ф. П. Сулова, Е. Б. Гіппернрейтера, Ж. К. Холодова [119], N. Terrados, J. Melichna, J. Sytvenetal [203] про особливості нейрогуморальної й гуморально-метаболічної регуляції у спортсменів в умовах середньогір'я, а також про закономірності змін у них функціонального стану організму; дані М. М. Булатової, В. М. Платонова [17], Ф. П. Сулова [118], Ф. З. Меєрсона [68], В. Saltin [192] про зміни функціонального стану, рівня фізичної підготовленості та працездатності у спортсменів після перебування в гірських умовах і на рівні моря.

Результати даного розділу дисертації відображені в публікаціях [43, 168].

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При оцінці функціонального стану організму спортсмена на підставі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму необхідно орієнтуватися не на окремі показники, а на їх набори (кластери). Саме характеристики цих наборів можуть стати спочатку корисними для групової ідентифікації типу вегетативного забезпечення організму спортсмена, а вже потім можна проводити індивідуальну оцінку функціонального стану організму спортсмена.

2. За допомогою структурно-лінгвістичного методу аналізу варіабельності серцевого ритму, у спортсменів можна визначити один з 16 можливих типів спектрів потужності варіабельності серцевого ритму, а саме So, Sf, Sb, Sm, SmSb, SmSf, SbSm, SbSf, SfSm, SfSb, SmSbSf, SmSfSb, SbSmSf, SbSfSm, SfSmSb, SfSbSm. Величини показників, що характеризують кардіоритмограми зі спектрами SmSb, SmSbSf, SbSm і SbSmSf, описують функціональні стани організму в нормі, спокої, при адекватних реакціях на функціональні навантаження й компенсованої препаатології. Інші типи спектрів більшою мірою пов'язані зі несприятливими у прогностичному сенсі станами. Особливо несприятливі спектри Sf, SfSm, SfSb, SfSmSb і SfSbSm, які характерні для вкрай нестійких станів. Для спортсменів, у яких реєструються такі спектри потужності варіабельності серцевого ритму, високий ризик виникнення перенапруження або виснаження регуляторних систем, розвитку різних ускладнень у вигляді дезадаптації.

3. Збільшення ВСР ($\Delta R-R > 0,6RRNN$) на тлі його частішання ($RRNN < 700$ мс), різке зниження загальної потужності спектрограм ($TP_{0-0,40} < 1000\text{мс}^2/\text{Гц}$ при двохвилинному записі кардіоритмограм і $TP_{0-0,40} < 4000\text{мс}^2/\text{Гц}$ при п'ятихвилинному), істотне зменшення у структурі спектральної потужності надповільних ($VLF \leq 30\%TP$) і посилення дуже високочастотних ($VHF \geq 60\% TP$) коливань, високі показники активності регуляторних систем (ПАРС = 5(9) вказують на незадовільний функціональний стан організму

спортсмена, можливо, внаслідок його перетренованості або розвитку препатологічних станів (фізичне нездужання, несприятлива фаза індивідуального біологічного ритму).

4. Якщо при проведенні ортостатичної проби $K_{30:15}$ має значення в діапазоні $1,25 \div 1,75$, то вегетативна реактивність і, зокрема, реактивність парасимпатичного відділу, нормальна, якщо в діапазоні $1,00 \div 1,25$ – знижена, нижче $1,00$ – парадоксальна, вище $1,75$ висока. Вегетативне забезпечення оцінюється за допомогою співвідношення LF/HF, при цьому враховується відсоток його приросту до й після активної ортостатичної проби. Якщо приріст LF/HF був більше 75% і при цьому зростає абсолютна потужність LF-компонента, то вегетативне забезпечення характеризується адекватною активацією симпатико-адреналової системи. Якщо приріст LF/HF менше 75%, але більше 15% і при цьому абсолютна потужність LF-компонента зростає не більше, ніж на 50%, то вегетативне забезпечення знижене. Якщо приріст LF/HF менше 15% і при цьому абсолютна потужність LF-компонента або не зростає, або зростає не більше, ніж на 50%, то вегетативне забезпечення різко знижене. Якщо у спортсмена присутні перераховані вище ритмокардіографічні ознаки напруження або перенапруження регуляторних систем організму й поява в спокої або при функціональних навантаженнях нестійких функціональних станів, що характеризуються спектрами ВСР типу Sf, SfSm, SfSb, SfSmSb і SfSbSm, то для нього на початковому етапі відновного періоду в умовах середньогір'я слід рекомендувати щадні режими рухової активності, що чергуються з помірними тренувальними навантаженнями аеробної спрямованості в комбінації з адаптогенами рослинного походження, додатковою субстратною індукцією вітамінними препаратами, антигіпоксантами й мембраностабілізаторами. При відсутності цих ознак на початковому етапі відновного періоду в умовах середньогір'я рекомендуються помірні фізичні навантаження аеробно-анаеробної спрямованості у комбінації із загальнозміцнювальними заходами щодо стандартної методики.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено нові дані щодо індивідуальних особливостей і ефективності адаптації до гіпоксії в умовах інтенсивної м'язової діяльності спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту з переважно механізмами анаеробного енергозабезпечення. Проведене комплексне дослідження дало підставу для детального аналізу змін фізичного стану працездатності спортсменів в умовах середньогір'я і в різні терміни після перебування в горах. На основі одержаних результатів зроблено такі висновки:

1. За індивідуальними особливостями адаптації до фізичних навантажень всі обстежені спортсмени в початковий період адаптації до умов середньогір'я розділені на дві групи. До першої групи увійшли спортсмени з високими значеннями показників варіабельності серцевого ритму, що свідчило про високу напруженість регуляторних процесів в організмі і перевагу у вегетативному балансі симпатичних впливів. До другої – спортсмени, у яких границі показників лежать у діапазоні помірної напруженості регуляторних процесів і збалансованості симпатичних та парасимпатичних впливів. Спортсмени першої групи становили меншість (41,7%), другої – більшість (58,3%).

2. При функціональних навантаженнях (активна ортопроба) у більшості спортсменів, незалежно від їхньої групової приналежності, спостерігалось зниження вегетативної реактивності, обумовленої послабленням вагусних впливів, і внаслідок цього нездатної забезпечити підтримку вегетативного гомеостазу на потрібному рівні при ортостазі. В той же час, у спортсменів першої групи в спокої і при проведенні активної ортопроби виникали нестійкі стани або стани з високим напруженням регуляторних механізмів, які свідчили про перенапруження адаптаційних процесів до умов середньогір'я та зниження стійкості до функціональних навантажень. Порівняно зі спортсменами другої групи у них був значно знижений фактор активності

адаптаційних механізмів серцево-судинної системи і підвищені фактори нестійких станів і централізації регуляторних механізмів.

3. На 11-12 добу перебування в умовах середньогір'я спостерігалась при збереженні переваги симпатичних впливів тенденція до нормалізації вегетативного балансу у спортсменів першої групи й зсув вегетативного балансу в область переваги парасимпатичних впливів у спортсменів другої. Відзначалась тенденція до зниження напруження функціонування регуляторних систем. Однак у спортсменів першої групи під час проведення активної ортопроби усе ще була висока напруженість адаптаційних процесів, відмічалась поява нестійких станів. У всіх спортсменів у спокої були відсутні стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження регуляторних механізмів. При проведенні активної ортопроби у спортсменів спостерігалась значно менше станів з функціональним напруженням. У той же час високі ваги факторів централізації регуляторних механізмів і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи указували на неповну завершеність адаптації до хронічної гіпоксії.

4. Показано, що проведення навчально-тренувальних зборів в умовах середньогір'я є ефективним засобом підвищення працездатності спортсменів, які спеціалізуються в бігу на середні дистанції. Ефект гірської підготовки підсилювався на 24-25 добу після повернення з гір. Найбільш значимі позитивні зміни рівня фізичної працездатності після навчально-тренувального збору в горах спостерігалися у спортсменів, у яких адаптація до умов середньогір'я супроводжувалась помірним напруженням регуляторних механізмів і переважав ваготонічний тип вегетативного гомеостазу.

5. На 25-27 добу після повернення з гір у спортсменів, які пройшли навчально-тренувальний збір в умовах середньогір'я, і у спортсменів, які тренувалися на рівні моря, спостерігалась адекватна реакція серцево-судинної системи на функціональне навантаження. Однак у спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, і у спортсменів першої

групи у спокої і при проведенні активної ортопроби спостерігалась дещо більша напруженість регуляторних систем організму за рахунок підвищеної активності підкоркових нервових (центральных) впливів. На це вказують відповідно вірогідно ($p < 0,05$) більш високі значення ІН і VLF. Більше напруження функціональних систем у даних спортсменів обумовлене також надлишковою активацією симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи, що підтверджують високі значення АМо й LF, а також вірогідно ($p < 0,05$) більш високі потужності надвисокочастотного компонента (VHF) у спектрі варіабельності серцевого ритму.

6. Найбільш значимі позитивні зміни рівня фізичної підготовленості після навчально-тренувального збору в горах спостерігалися у спортсменів другої групи. Про це свідчить вірогідно значиме ($p < 0,001$) підвищення у цих спортсменів такого інтегрального показника, як рівень фізичної підготовленості з $3,03 \pm 0,21$ балів до $4,01 \pm 0,54$ балів. У спортсменів першої групи рівень фізичної підготовленості оцінено в $3,35 \pm 0,26$ балів, що також вірогідно ($p < 0,05$) вище вихідного ($2,98 \pm 0,31$ балів). У спортсменів, які провели навчально-тренувальний збір на рівні моря, у середньому по групі рівень фізичної підготовленості становив $3,49 \pm 0,42$ балів й трохи вище за початковий рівень ($3,20 \pm 0,24$ балів). Однак ці зміни не є достовірними.

7. Розроблені практичні рекомендації, які ґрунтуються на аналізі не окремих показників варіабельності серцевого ритму, а на характеристиках їх наборів (кластерах), які використовуються спочатку для групової ідентифікації типу вегетативного забезпечення організму спортсмена, а вже потім для індивідуальної оцінки його функціонального стану організму.

Подальші дослідження з досліджуваної проблеми будуть спрямовані на розробку критеріїв оцінки адаптаційних впливів гіпоксії на фізичний стан організму спортсменів залежно від вихідного типу вегетативного гомеостазу й на цій підставі здійснення прогнозування ефективності гіпоксичного тренування спортсменів, які спеціалізуються в різних видах спорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаджанян Н.А. Горы и резистентность организма, М.: Наука, 1970. 181 с.
2. Агаджанян Н.А., Адаптация к высокогорью и функция кровообращения, в кн: Кровообращение и окружающая среда. *Материалы IV Всесоюзн. школы-семинара «Физиология кровообращения», Симферополь.* 1983. С. 5-15.
3. Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания. М.: Изд-во УДН, 1987. 170 с.
4. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных 2-е изд, К. 2018. 579 с.
5. Ахметов И., Ильин В., Дроздовская С. Молекулярно-генетические маркеры в спортивном отборе. *Наука в олимпийском спорте*, 2013. № 4. С. 26-31.
6. Баевский Р.М. Ритм сердца у спортсменов. Под ред. Р.М. Баевского и Р.Е. Мотылянской. М.: Физкультура и спорт. 1986. 143 с.
7. Барабашова З.И. Акклиматизация к гипоксии и ее физиологические механизмы. М., Л.,: изд-во АН СССР. 1960. 216 с.
8. Березовский В .А. Напряжение кислорода в тканях животных и человека. К.: Наукова думка. 1975. 277 с.
9. Березовский В.А. Цветок Гильгамеша. Природная и инструментальная оротерапия (очерки о горах и их влиянии на организм человека). Донецк: Издатель Заславский А.Ю. 2012. 304 с.
10. Березовский В.А., Дейнега В.Т. Физиологические механизмы саногенных эффектов горного климата. К.: Наукова думка. 1988. 224 с.
11. Бернштейн Н.А. Роль оксигемоглобина в адаптации к гипоксической гипоксии среднегорья. Механизмы адаптации к спортивной деятельности. М. 1977. С.14-15.

12. Бернштейн А.Д. Человек в условиях среднегорья. М.: Мир. 1981. 392 с.
13. Бобровник В.И. Система оценки и прогнозирования физического состояния квалифицированных спортсменов в легкой атлетике. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2013. № 1. С. 12-19.
14. Бобровник В.И., Тихоненко Я.П. Формирование рационального состава тренировочных средств квалифицированных бегунов на средние дистанции. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 15. "Науково-педагогічні проблеми фізичної культури. Сб. наукових праць «Фізична культура і спорт». За ред. Г.М. Арзютова. К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2016. Випуск 5. (75)16. С. 13-18*
15. Бойчук Т.В., П'ятничук Д.В., Лапковський Е.Й. Оцінка факторів, що впливають на ефективність тренувального процесу у бігунів на середні і довгі дистанції та вплив гіпоксії на функціональний стан організму. *Науковий часопис національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманов. серія 15. Теорія та методика навчання: фізична культура і спорт*. Л.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. 2010. Випуск 8. С. 134-138.
16. Бреслав И.С., Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. Советский спорт. 2013. 336 с.
17. Булатова М.М., Платонов В.Н. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов. *Спортивная медицина*. 2008. № 1. С.95-119.
18. Ван Лир Стикней Э. К. Гипоксия. М.: Медицина. 1967. 367 с.
19. Варонецкас Г., Жемайтите Д., Эйдукайтис А. Изменение нелинейных характеристик вариабельности сердечного ритма под влиянием физической нагрузки на функцию сердечно-сосудистой системы здоровых и больных ишемической болезнью сердца. *Физиология человека*. 2006. № 3. С. 5-12.

20.Виноградов В.Е. Стимуляция работоспособности и восстановительных процессов в тренировочной и соревновательной деятельности квалифицированных спортсменов: монография. К.: НПФ «Славутич-Дельфин», 2009. 367 с.

21.Виноградов В.Е. Стимуляция работоспособности и восстановительных реакций в системе тренировочных воздействий в подготовке квалифицированных спортсменов. К. 2010. 52 с

22.Виноградов В.Е. Внетренировочные средства стимуляции и восстановления работоспособности в подготовке спортсменов высокой квалификации (обзор литературы). *Вестник спортивной науки*. 2012. Т. 5. № 5. С. 25–29.

23.Виноградов В.Е., Билецкая В.В., Ясько Л.В. Средства восстановления после тренировочной и соревновательной деятельности в спортивной ходьбе. *«Молодой ученый»*. 2018. Т. 56. № 4. С. 15 - 19.

24.Волков Н.И., Иорданская Ф.А., Матвеева Э.А. Изменение работоспособности спортсменов в условиях среднегорья. *Теория и практика физической культуры*. 1970. № 7. С. 26-31.

25.Врублевский Е. П., Севдалев С. В., Нарский А. Г., Кожедуб М. С. Технология индивидуализации подготовки квалифицированных спортсменов: теоретико-методические аспекты. М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. Гомель. 2016. 223 с.

26.Гридин Л.А., Ихалайнен А.А., Богомоллов А.В., Ковтун А.Л., Кукушкин Ю.А. Методы исследования и фармакологической коррекции физической работоспособности человека. Под ред. академика РАН И.Б. Ушакова. Изд.: Медицина. 2007. 104 с.

27.Грушин А.А., Антонов А.А., Нагейкина С.И., Ростовцев В.Л. Искусственная гипоксия как дополнительное средство воздействия на организм спортсмена в целях повышения уровня функциональной подготовленности. *Вестник спортивной науки*. 2016. № 3. С. 23-28.

28. Гуляр С.А. Транспорт респираторных газов при адаптации человека к гипербарии. Киев: Наук. Думка. 1988. 296 с.
29. Данияров С., Зарифьян А.Г. Высокогорье и вегетативная нервная система. Ташкент: Медицина. 1977. 176 с.
30. Дацків П.П., Яремко Є.О. Структури серцевого ритму у легкоатлетів-бігунів при фізичних навантаженнях різної потужності. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту* : зб. наук пр. за ред. С. С. Єрмакова. Х. 2003. № 24. С. 72-78.
31. Дмитрук А. И. Гипоксия и спорт: Учебно-методическое пособие. СПб.: 2007. 44 с.
32. Дыба Т.Г. Эффективность воздействия гипоксии на функциональные возможности организма и работоспособность легкоатлетов-спринтеров. *Слобожанский науково-спортивний вісник: Зб. наук. праць. Держкомітет України з фіз. Культури і спорту; ХДІФК. Харків.* 2000. Вип. 3. С. 65-71.
33. Елисеева С. Проблема использования среднегорья при подготовке к соревнованиям по лыжным гонкам. *Теория и практика физической культуры.* 1974. № 11. С. 78-80.
34. Ефанова Ю.К., Ильин В.Н. Классификация функциональных состояний организма квалифицированных гребцов методом структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма. *Мат. IX міжнародного наук. конгресу "Олімпійський спорт і спорт для всіх", Київ, Україна, 20-23 вересня, 2005 р.* 2005. С. 662.
35. Євтушенко О.Л., Портниченко А.Г., Кравченко Ю.В., Ільїн В.М., Назарук І.О., Порніченко В.І. Особливості кровообігу у здорових людей під час адаптації до високогір'я в залежності від гіпоксичного та фізичного навантаження. *Мат. V Міжнародного симпозиуму «Актуальні проблеми біофізическої медицини», Київ, 2007 р.* 2007. С. 70-71.
36. Жгир Б.А., Кудря О.Н. Использование однократной высокогорной гипоксии в тренировочном процессе бегунов на длинные дистанции.

Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. 2017. № 1. С. 31-35.

37. Жгир Б.А., Кудря О.Н. Реакклиматизация легкоатлетов после пребывания в горах. *Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы региона и пути их разрешения».* 2019. С. 185-188.

38. Жемайтите Д., Кепеженас А., Мартинкенас А. и др. Зависимость характеристик сердечного ритма и кровотока у здоровых и спортсменов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. *Физиология человека.* 1998. Т. 24, № 6. С. 56-65.

39. Закусило М.П., Радзівський П.О. Ефективність адаптації – в покращенні стану функціональної системи дихання і підвищення працездатності у висококваліфікованих спортсменів. *Наукові записки. Біологія та екологія.* 2002. Т. 20. С. 47-50.

40. Захарьева Н.Н., Иванова Т.С. Спектральный анализ вариабельности ритмов сердца легкоатлетов в возрасте 12-21 года в подготовительном периоде. Новые подходы к изучению классических проблем. *Материалы VII Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности.* Москва, 29 января – 1 февраля 2013. М.: Графика-Сервис. 2013. 100 с.

41. Ильин В.Н., Попадюха Ю.А., Кравченко Ю.В. Программно-аппаратный комплекс по ритмокардиографической оценке функционального состояния организма человека. *Электроника и связь.* 2001. Т. 12. С. 69-71.

42. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Алвани А. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем. *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2014. № 3. С. 94-100.

43. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Пастухова В.А., Портниченко В.И., Сосновский В.В. Гипоксическая тренировка в системе подготовки спортсменов. *Патологія, реабілітація, адаптація.* 2017. Т. 15. № 2. С. 60–72.

44.Ильин В. Н., Филиппов М. М., Пастухова В. А., Портниченко В. И., Сосновский В.В. Влияние пребывания в среднегорье на функциональные возможности и физическую подготовленность бегунов на средние дистанции. *«Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды»*. Материалы XIII Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс]: (10–12 октября 2019 г.). Гомель, 2019. С. 251-255.

45.Ільїн В.М., Черкес Л.І., Коваль С.Б., Коробейников Г.В. Структурно-лінгвістичний аналіз реакцій організму людини на фізичне навантаження. *Медична інформатика та інженерія*. 2009. № 3. С. 48-54.

46.Имас Е.В., Ильин В.Н., Пастухова В.А., Сосновский В.В. Характеристика физической работоспособности с портсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья. *Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки»*. 2018. № 1. С. 46 – 53.

47.Иссурин В. Б. Подготовка спортсменов XXI: научные основы построения тренировки. М.: Спорт. 2016. 464 с.

48.Коваленко С.О., Кудій Л.І., Каленіченко О.В. Мінливість та відтворюваність показників варіативності серцевого ритму при багатоденних індивідуальних вимірюваннях. *Вісник луганського національного педагогічного університету. Біологічні науки*. 2008. №20 (159). С. 21-26.

49.Коваленко С.О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей: автореф. дис....д-ра біол. наук. К. 2011. 40 с.

50.Коваленко С.О., Андрощук О.І. Зв'язки показника вегетативного тону за індексом Кердо та варіабельністю серцевого ритму у спортсменів. *Науково-методичні основи використання інформаційних технологій в галузі фізичної культури та спорту*. 2017. № 1, С. 50-52.

51.Колб Дж. Факторы окружающей среды. *Спортивная медицина*. 2003. С. 265-280.

52. Колчинская А.З. О физиологических механизмах, определяющих тренировочный эффект средне- и высокогорья. *Теория и практика физической культуры*. 1990. № 4. С. 39-43.

53. Колчинская А. З. Системы дыхания, процесс массопереноса кислорода в организма, кислородные режимы организма. Вторичная тканевая гипоксия. Киев: Наукова думка. 1983. С. 5-14.

54. Колчинская А. З. Интервальная гипоксическая тренировка в спорте высших достижений. *Спортивная медицина*. 2008. №1. С. 9-25.

55. Кравченко Ю.В., Ільїн В.М., Євтушенко О.Л., Портниченко В.І., Яхниця І.О., Черкес Л.І. Імпульсно-періодична гіпоксія як метод прискорення адаптації до умов високогір'я. *Вісник Черкаського університету*. 2007. Вип. 105. С. 43-48.

56. Кравченко Ю.В., Портниченко А.Г., Ільїн В.М., Портніченко В.І. Особливості варіабельності ритму серця при проведенні тесту на толерантність до глюкози при довгостроковій адаптації до гіпоксії. *Мат. VI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність»*, Черкаси, 20-22 вересня 2017 року. 2017. С. 42.

57. Криворученко Е.В. Вариабельность сердечного ритма в практике спортивной медицины и спортивной подготовки: обзор научной литературы. *Спортивная медицина*. 2006. №1. С. 37-46.

58. Криворученко Е.В., Ильин В.Н. Новый подход к оценке работоспособности спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, по анализу показателей вариабельности сердечного ритма. *Сб. материалов международной научн. конф. Состояние и перспективы развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2006»* – Москва: АнитаПресс. 2006. С. 171 – 172.

59. Криворученко О. В. Новий підхід до комплексного оцінювання рівня фізичної підготовленості кваліфікованих бігунів на середні дистанції. *Олимпийский спорт, физическая культура, здоровье нации в современных*

условиях: матер. междунар. научно-практич. конфер.: под общ. ред. проф. Максименко Г. Н. Луганск. 2007. С. 98 – 102.

60.Криворученко Е.В. Связь между уровнем физической подготовленности и типом вегетативной регуляции сердечного ритма спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции. *Физическое воспитание студентов. Харків.* 2010. №1. С. 163-167.

61.Криворученко О. В. Оцінка фізичного стану спортсменів різної кваліфікації, які спеціалізуються з бігу на короткі і середні дистанції: автореф. дис....канд.наук. К. 2010. 20 с.

62.Лизогуб В.С., Коваленко С.О., Дзюбан Ю.О., Кудій Л.І., Грищенко О.В., Борейко Т.І. Особенности реакций центральной гемодинамики та регуляції серцевого ритму на ортопроби осіб з різним індексом маси тіла. *Вісник морфології.* 2008. Т. 14. №1. С. 109-114.

63.Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., Хоменко В.Н., Панченко О.А. Основы компьютерной биostatистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat. 2006. 214 с.

64.Макаренко М.В., Лізогуб В.С., Безкопильний О.В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології людини. Черкаси: «Вертикаль», видавець Кандич С. Г. 2014. 102с.

65.Малкин В. Б., Гиппенрейтер Е.Б. Острая и хроническая гипоксия. Проблемы космической биологии. М. 1977. Т. 35. 320 с.

66.Маркова Е.А., Вадзюк С.Н. Особенности регуляции сердечного ритма у крыс с различной устойчивостью к гипоксии. *Физиол. журн. СССР.* 1981. Т. 27. № 5. С. 703-706.

67.Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. К.: Олимпийская литература. 1999. 320 с.

68.Меерсон Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии. Физиология адаптационных процессов. М.: Наука. 1986. С. 224-248.

69.Меерсон Ф. З. Адаптационная медицина: Механизмы и защитные эффекты адаптации. Нур. Med. Ltd. М. 1993. 332 с.

70.Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина. 1988. 256 с.

71.Меерсон Ф.З., Салтыкова В.А. Влияние адаптации к высотной гипоксии на сопротивление резистивных сосудов. *Кардиология*. 1977. № 5. С. 83-87.

72.Мелленберг Г.В., Сайдхужин Г.Р. Горная подготовка высококвалифицированных спортсменов. М. : «Валери». 1995. 118 с.

73.Миронов В. А. Клинический анализ волновой структуры сердечного ритма при гипертонической болезни: автореф. дисс... доктора мед. наук / Оренбург.1999. 36 с.

74.Миррахимов М. М. Болезни сердца и гор. Фрунзе: Кыргызстан. 1971. 310 с.

75. Миррахимов М.М., Айдаралиев А.А., Джунушев М.Д. О сроках сохранения повышенной резистентности организма при различных режимах акклиматизации к высокогорью. *Космич. биология и авиокосмич. медицина*. 1972. №4. С. 14-18.

76.Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод. Иваново: Иван. Гос. Мед. Академия. 2002. 290 с.

77.Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Новый взгляд на старую парадигму. Нейрософт. 2017. 516 с.

78.Мищенко В.С., Лысенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте. К.:Науковий світ. 2007. 351 с.

79.Муратов Ж.К. Роль гипоксии в развитии и течении острой горной болезни, высокогорная гипоксия и проблемы адаптации человека (литературный обзор). *Образование и наука в современных условиях: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 9 окт. 2015 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс». 2015. С. 46-50.*

80. Науменко С. Е. Горная болезнь: учебное пособие. Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск: ИПЦ НГУ. 2018. 72 с.

81. Новиков А.А., Радчич И.Ю., Морозов О.С. Теоретико-методологические положения управления подготовкой спортсменов высокой квалификации. *Наука в олимпийском спорте*. 2014. № 2. С. 24-28.

82. Орбели Л.А. Нервная система при пониженном давлении. *Сов. наука*. 1940. Т. 10. С. 66-71.

83. Палатный И.А. Эффективность тренировки в условиях низкогорья (900-1300 м над уровнем моря), направленной на повышение специальной выносливости и её компонентов у квалифицированных бегунов на средние и длинные дистанции. *Физическое воспитание студентов творческих специальностей : Сб. науч. тр. Харьков: ХХІІІ*. 2002. №2. С. 6-12.

84. Пат. 22929 Україна, МПК А 63 В 23/00 (2006). Спосіб прогнозування результатів спортсменів-легкоатлетів / Бобровник В.І., Криворученко О.В. – № u200700910; заявл. 29.01.2007; опубл. 25.04.2007, Бюл. №5, 2007 р.

85. Патент на корисну модель №21975 Україна. А61В 8/02. Спосіб визначення працездатності спортсменів, що спеціалізуються у циклічних видах спорту / Ільїн В.М., Криворученко О.В. Заяв. U 2006 11582. Видано 10.04.2007, Бюл. № 4.

86. Платонов В. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов. *Наука в олимпийском спорте*. 2017. №1. С. 29-47.

87. Платонов В. Н. Теоретико-методологические основы спортивного отбора и ориентации в современном спорте высших достижений. *Наука в олимпийском спорте*. 2018. №3. С. 24-51.

88. Платонов В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. М.: Спорт. 2019. 656 с.

89. Портниченко В.И., Онопчук Ю.Н., Ильин В.Н. Гипометаболическое состояние как механизм адаптации организма к гипоксии нагрузки. *Мат. 1-*

ой международной научн. конф. «Высокогорная гипоксия и геном», Терскол, Кабардино-Балкария, РФ, 14-14 августа, 2008 г. 2008. С. 85.

90.Портниченко В.И., Ильин В.Н., Подливаев Б.А. Развитие гипометаболического состояния у высококвалифицированных спортсменов в условиях гипоксии. *Спортивная медицина*. 2008. № 1. С. 74-77.

91.Портниченко В.И., Ильин В.Н., Филиппов М.М. Проявление гипометаболического эффекта в реакциях системы дыхания у спортсменов на физическую нагрузку при адаптации в среднегорье. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2017. № 2. С. 117-124.

92.Портніченко В.І., Ільїн В.М., Філіппов М.М. Зміни в системі дихання та енергетичному обміні у борців при фізичному навантаженні в процесі адаптації до середньогір'я. *Основи побудови тренувального процесу в циклічних видах спорту: збірник наукових праць [Електронний ресурс]*. – Харків: ХДАФК. 2017. С. 184–191.

93.Пшенникова М.Г., Попкова Е.В., Покидышев Д.А. и др. Влияние адаптации к гипоксии на устойчивость к нейродегенеративному повреждению мозга у крыс разных генетических линий. *Вестник Российской Академии медицинских наук*. 2007. № 2. С. 50-55.

94.Пятничук Д.В., Бойчук Т.В. Побудова тренування бігунів на середні і довгі дистанції в умовах Карпатських гір: метод. реком. Івано-Франківськ. 2011. 56 с.

95.Пятничук Д.В., Пятничук Г. Сучасні погляди на систему тренування бігунів на середні й довгі дистанції. *Молода спортивна наука України: зб. наук. пр. з галузі фіз. виховання, спорту і здоров'я людини / за заг. ред. Євгена Приступи. Л.* 2013. Вип. 17, Т. 1. С. 201 – 206.

96.Радзієвський П. О. Механізми адаптації до нормобаричної гіпоксії в курсу інтервального гіпоксичного тренування у висококваліфікованих спортсменів. *Фізіол. журнал*. 2005, №2. С. 90-96.

97.Ровна О.А. Особливості адаптації організму людини до інтервальної нормобаричної гіпоксії в умовах складно-координаційної рухової діяльності: автореф. дис...канд.наук. К. 2011. 20 с.

98.Ровний А.С., Ільїн В.М., Лізогуб В.С., Ровна О.О. Фізіологія спортивної діяльності. Х., ХНАДУ. 2015. 556 с.

99.Ровный А.С., Пасько В.В., Галимский В.А. Гипоксические влияния как фактор оптимизации тренировочного процесса каратистов. *Єдиноборства*. № 2 (9). 2018. С. 46-57.

100. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. М.; СтарКо. 1998. 200 с.

101. Самойленко Т.В. Методика индивидуального планирования легкоатлетов высокой квалификации, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции: Монография. М.: Спорт. 2016. 248 с.

102. Сапова Н.И. Комплексная оценка регуляции ритма сердца при дозированных функциональных нагрузках. *Физиол. журн. СССР*. 1982. Т. 68, №8. С. 1159—1164.

103. Сведенхаг Я. Развитие выносливости в тренировке бегунов на средние и длинные дистанции. *Наука в олимпийском спорте*. 1995. № 1. С. 19–27.

104. Свищ Я., Сибіль М. Відповідь організму легкоатлетів спринтерів на додаткове тренування гіпоксією. *Зб. наук. праць з галузі фізичної культури та спорту. Молода спортивна наука. Вип. 11. Львів: НВФ «Українські технології»*. 2007. С. 228–230.

105. Серохвостов А.П. Некоторые результаты исследования условнорефлекторной деятельности и вегетативных функций у коренных жителей низко- и высокогорья Киргизии: автореф. дисс ... канд. мед. наук. Фрунзе. 1978. 20 с.

106. Сиротинин М.М. Гипоксия и ее значение в патологии. *Гипоксия*. К. 1949. С. 19–27.

107. Солодков А.С. Особенности утомления и восстановления спортсменов. *Ученые записки ун-та им. П. Ф. Лесгафта*. 2013. Т. 100. № 6. С. 130–143.

108. Сосновский В. В. Изменения сердечного ритма в условиях интенсивной мышечной деятельности на 2-3 сутки пребывания в горах на высоте 2100 м. *Актуальные научные исследования в современном мире. Материалы конф. (26-27 мая 2017). Переяслав-Хмельницкий государственный педагог ун-т им Сковороды. Переяслів-Хмельницький*. 2017. С. 58-61.

109. Сосновский В. В. Оценка эффективности адаптивного влияния горной тренировки на функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов с разным типом вегетативного гомеостаза. *Тенденції та перспективи розвитку науки...* Матеріали конф. (31 мая 2017). Переяслів-Хмельницький державний пед. ун-т им Сковороды. Переяслів-Хмельницький, 2017. С. 12-17.

110. Сосновский В. В. Оцінка ефективності гірської підготовки як засобу підвищення рівня фізичної підготовленості бігунів на середні дистанції. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. Київ 2018. № 4. С. 14-18.

111. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Адаптація людини до гіпоксії. *Вісник ЧНУ*. 2017. № 1. С. 97-106.

112. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Індивідуальні особливості адаптації до гірського клімату спортсменів, що спеціалізуються у бігу на середні дистанції. *Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти: Матеріали I Всеукраїнської електронної науково- практичної конференції з міжнародною участю (Київ, 17 травня 2018 р.)*. 2018. С. 242-244..

113. Сосновський В. В. Пастухова В. А., Ільїн В. М. Характеристики функціональних станів регуляторних систем організму у бігунів на середні

дистанції при довгостроковій адаптації до умов середньогір'я. *Фізіол. журн.* 2018. Т. 64. № 6. С. 56-63.

114. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Філіппов М.М., Ільїн В.М. Аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму у спортсменів під час початкової адаптації до умов гірської гіпоксії. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. Budapest.* 2018. VI(22), Issue: 186. P. 42-44. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-11>

115. Сосновский В. В., Пастухова В. А. Вплив гіпоксії на функціональний стан регуляторних систем організму спортсменів, які спеціалізуються в легкоатлетичному спринті. *Перспективи, проблеми та наявні здобутки розвитку фізичної культури і спорту в Україні.* Матеріали I Всеукраїнської електронної конференції Color of science. (30 січня 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 216-221.

116. Сосновський В. В., Пастухова В. А., Філіппов М. М, Ільїн В. М. Фактори, що визначають фізичну працездатність легкоатлетів-середньовиків після тренувальних зборів в горах. Тези XX з'їзду Українського фізіологічного товариства ім.П.Г. Костюка з міжнародною участю. Київ, 2019. *Фізіол. журн.*, 2019, Т. 65, № 3 (Додаток). С. 24-25.

117. Sosnovsky VV, Pastukhova VA, Pornichenko VI, Filippov MM, Ilyin VM Effects of medium-height mountain training on the functional abilities and physical fitness of mid-distance runners. *Journal of Physical Education and Sport, JPES.* 2019, 19(4), Art 360, P. 2379 - 2383. doi:10.7752/jpes.2019.04360

118. Суслов Ф. П. Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства: автореф. дис....д-ра пед. наук. М. 1985. 48 с.

119. Суслов Ф.П., Гиппернрейтер Е.Б., Холодов Ж.К. Спортивная тренировка в условиях среднегорья. М.: Советский спорт. 2003. 200 с.

120. Турсунбеков Б.Т., Макутов К.М., Карянева Р.И. Механизмы высокогорной адаптации при различных функциональных состояниях эндокринной системы. Фрунзе: Илим. 1988. 200 с.

121. Уилмор Дж.Х., Костилл Л. Физиология спорта. К.: Олимпийская литература,. 2005. 504 с.
122. Уэст Дж. Физиология дыхания. М.: Мир, 1988. 200 с.
123. Филиппов М.М., Давиденко Д.Н. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности: Монография. СПб. Киев: БПА. 2009. 268 с.
124. Филиппов М.М., Балыкин М.В., Ильин В.Н., Портниченко В.И., Евтушенко А.Л. Сравнительная характеристика гипоксии, развивающейся при мышечной деятельности и гипоксической гипоксии в горах. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2014. № 4. С. 88-97.
125. Филиппов М., Ильин В. Современные аспекты психофизиологического понимания надежности спортсмена. *Наука в олимпийском спорте*. 2014. № 4. С. 29-35.
126. Філіппов М.М., Сосновський В.В. Порівняння інформативності різних методів фізичної працездатності спортсменів. *VIII Міжнародна конференція «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання. Науковий часопис НПУ ім. Драгоманова*. 2017. С. 482-485.
127. Філіппов М.М., Ільїн В.М., Клименко Г.В. Можливості оцінки ультрастабільності функціонування і резервних можливостей організму спортсмена. *Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7-8 лютого 2019 р. Дніпро*. 2019. С. 734-741.
128. Філіппов М. М., Ільїн В. М., Портниченко В. І., Лук'янцева Г. В. Системні зміни в організмі спортсменів, які впливають на масоперенесення респіраторних газів при м'язовій діяльності в горах. *Вісник проблем біології і медицини*, 2019. Вип. 2, том 2 (151). С. 64-71. doi.org/10.29254/2077-4214-2019-2-2-151-64-71
129. Хаспекова Н. Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и спортсменов с психогенной и органической патологией мозга: дис...д–ра мед. наук: 14.00.16 / М.:ИВНД и НД РАН, 1996. – 217 с.

130. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца. *Вестник аритмологии*. 2003. №32. С. 15–23.
131. Цыганова Т.Н. Эффективность использования адаптации к гипоксии в курсе интервальной нормобарической тренировки в медицине. М.; Нальчик: НИИПРУ КБНЦ РАН, 2000. 186 с.
132. Чеснокова Н.П., Брилли Г.Е., ПолUTOва Н.В., Бизенкова М.Н. Гипоксии: виды, этиология, патогенез. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2017. № 2. С. 53-55.
133. Шинкарук О. Організаційні основи підготовки та відбору спортсменів. *Слобожанський науково-спортивний вісник*. 2016. Т. 53. №3. С. 109-112. doi:10.15391/snsv.2016-3.021
134. Шпак Т.В., Кірієнко М.П. Підготовка велосипедистів високої кваліфікації в умовах середньогір'я. *Спортивна медицина*. 2008. № 1. С.137-142.
135. Щельцин Л. К. Кортикофугальные влияния на ретикулярную формацию и ритм сердца. *Сб. "Адаптация человека и животных к экстремальным условиям внешней среды."*—М.: Изд-во УДН. 1985. С. 28–56.
136. Эшби У. Р. Конструкция мозга. М.: Изд. иностранной литературы. 1962. 398 с.
137. Яблчанский Н.И., Мартыненко А.В., Исаева А.С. Основы практического применения неинвазивной технологии исследования регуляторных систем человека. Х.: Основа, 2000. 88 с.
138. Alvarez-Herms, J., Julia-Sanchez, S., Hamlin, M. J., Corbi, F., Pages, T., & Viscor, G. Popularity of hypoxic training methods for endurance-based professional and amateur athletes. *Physiology & Behavior*. 2015. 143, P.35-38.
139. Anholm J.D., Milne E.N., Stark F. et al. Radiographic evidence of interstitial pulmonary edema after exercise at altitude. *J. Appl. Physiol*. 1999. Vol. 86. P. 503.509.

140. Appel M.L., Berger R.D., Saul J.P. et al. Beat to beat variability in cardiovascular variables: Noise or music? *J Am. Coll Cardiol.* 1989. N14. P. 1139-1148.
141. Astrand P., Rodahl K. Text book of work Physiology: Physiological bases of exercise. Ed.2. New York: McGraw Hill Book Co. 1977. 584 p.
142. Baevsky R.M., Chernikova A.G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry.* 2017. N. 10. P. 66-76.
143. Bonding D. Altitude and hypoxia training –a short review. *Int J Sports Med.* 1997. Nov;18(8). P. 565-70.
144. Bonetti D.L, Hopkins W.G. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis. *Sports Med.* 2009. 39. P. 107–27.
145. Briek F.J., Gledhill N., Fmese A.B., Spnet L.L. Red cell mass and aerobic performance at sea level. Thieme-Stratton-New York, 1982.- P. 43-50.
146. Brocherie F.; Millet G. P.; Hauser A.; Steiner T.; Rysman J.; Wehrlin J. P., Girard, O. "Live High-Train Low and High" Hypoxic Training Improves Team-Sport Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2015c. 47. P. 2140-2149.
147. Brocherie F , Girard O , Faiss R , Grégoire P. Altitude and team sports: traditional methods challenged by innovativesport-specific training in hypoxia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte.* 2016. 12(46). P. 338-358.
148. Brooks G.A. Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4,300 mb. *J. Appl. Physiol.* 1991. Vol. 71. P. 43-50.
149. Chapman R.F, Stickford A.S, Lundby C., Levine B.D. Timing of return from altitude training for optimal sea level performance. *J Appl Physiol.* 2014. 116. P. 837–43.
150. Chick T.W., Stark D.M., Murata G.H. Hyperoxic training increases work capacity after maximal training at moderate altitude. *Chest.* 1993. 104. P. 1759-1762.
151. Clarke C. High altitude cerebral edema. *Sports Med.* 1988. N 19. P. 170-174.

152. Cohen P. J. The metabolic function of oxygen and biochemical lesion of hypoxia. *Anesthesiology*. 1972. Vol. 46. №2. P. 639-645.
153. Costill D.L., Maglisco E.W., Richardson A.B. Handbook of sports medicine and science: Swimming Blackwell Scientific Publications. Oxford, 1992. 286 p.
154. DiPasquale D.M.; Strangman G.E.; Harris N.S., Muza S.R. Hypoxia, Hypobaria, and Exercise Duration Affect Acute Mountain Sickness. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2015. 86. P. 614-619.
155. Drozdovska S.B., Lysenko O.M., Dosenko V.E., Ilyin V.N. Dependence of Aerobic Performance of Athletes on Polymorphism of Genes. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. 2015. V.1. N 1. P. 65–73.
156. Drozdovska S., Goncharov S., Ilyin V., Dosenko V. Integrative genetic variants in ukrainian athletes. *Abstract book of conference «Integrative biology and medicine, Kyiv, Ukraine, 2017*. 2017. P. 21.
157. Drozdovska S. Goncharov S., Dosenko V. Molecular genetic markers in ukrainian athletes. *Biological Markers in Fundamental and Clinical Medicine*. 2018. V. 2. N 1. P. 71-72.
158. Evtushenko A., Ilyin V., Portnichenko V. Delayed reaction of human organism on orthotest after short-term rise from 2000 m to 3800 m altitude. *Abstracts of IV World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (V Annual Meeting for Chinese High Altitude Medicine)*. 2004. P. 202.
159. Ferretti G., Boutellier U., Pendergast D.R. et al. Oxygen transport system before and after exposure to chronic hypoxia. *Int. J. Sports Med*. 1990. N 11. P. 15-21.
160. Friedmann B., Frese F., Menold E., Burtsch P. Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2007. Vol.101. N 1. P. 67-73.
161. Gatterer H, Menz V, Salazar-Martinez E, Sumbalova Z, Garcia-Souza LF, Velika B. et al. Exercise Performance, Muscle Oxygen Extraction and Blood

Cell Mitochondrial Respiration after Repeated-Sprint and Sprint Interval Training in Hypoxia. A Pilot Study. *J Sports Sci Med*. 2018 Aug 14. 17(3). P. 339-347.

162. Green H. J. Altitude acclimatization and energy metabolic adaptations in skeletal muscle during exercise. *J. Appl. Physiol*. 1992. Vol. 73. P. 2701-2708.

163. Hacker R., Appelt D., Buhme H. Energiebereitstellung und Energieumsatz unter Hypoxiebedingungen. Leipzig, FKS. 1984. 245 s.

164. Hahn A.G., Gore C.J., Martin D.T. [et all.] An evaluation of the concept of living at moderate altitude and training at sea level. *Comp Biochem Physiol A Mol. Integr. Physiol*. 2001. 128. P. 777-789.

165. Ilyin V., Beloshitsky P., Portnichenko V., Evtushenko A., Kravchenko Yu., Andriychuk Yu. The energy metabolism of muscular activity of Russian Olympic team wrestlers at high-altitudes. *Abstracts of IV World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (V Annual Meeting for Chinese High Altitude Medicine)*. 2004. P. 269.

166. Ilyin V., Kalnysh V., Gorgo Y. The structure-linguistic approach to evaluation of functional state of human organism in the extreme conditions. *Сб. трудов конф. «Автоматизированный анализ гипоксических состояний»*, Нальчик-Москва. 2003. С. 141-145.

167. Ilyin V., Asanova A., Popadyucha Yu. The evaluation of functional state of human organism as an ultrastable system. *Abstracts of International Workshop "Prediction and decision making under uncertainties": Ternopil, May 25-30, 2004*. 2004. P. 21-23.

168. Ilyin V.N., Filippov M.M., Pastukhova V.A., Sosnovskiy V.V. Training of the athletes with use of hypoxic conditions. *Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки»*. 2017. № 2. С. 11 – 26.

169. Kageyama S., Taniguchi I., Aihara K. Autonomic function test by physical examination. *The Autonomic nervous system. Tokio*. 1991. №28. P. 218–223.

170. Kaplan D. T. The analysis of variability of the heart rate. *J. Cardiovasc. Electro-physiol*. 1994. V.5. P.16-19.

171. Karling P., Nyhlin H., Wiklund U. et al. Spectral analysis of heart rate variability bowel syndrome. *Scand. J. Gastroenterol.* 1998. Vol. 33. №6. P. 572–576.
172. Kravchenko Yu.V., Ilyin V.N., Onopchuk Yu.N., Portnichenko V.I., Evtushenko A.L., Lyuchko E.M., Beloshitsky P.V. Method for the estimation of conjugacy for psychomotor and autonomic nervous processes. *Abstracts of International Workshop “Prediction and decision making under uncertainties”*: Ternopil, May 25-30, 2004. 2004. P. 27-29.
173. Krossler F. *Umweltbiophysic Eine Einfbhrung*. Berlin: Akad. Verl. 1984. 305 s.
174. Landby C., Nielsen T.R., Dela F., Damsgaard R. The influence of intermittent altitule exposure to 4100 m on exercise capacity and blood variables. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 2005. Vol. 15. N 3. P. 182.187.
175. Levy M. N. Neural control of cardiac rate and rhythm: An overview. *J. Mol. and Cell. Cardiol.* 1989. Vol. 21. Suppl. №2. P. 47.
176. Loeppky J.A, Sheard A.C, Salgado R.M, Mermier C.M. $V_{E}STPD$ as a measure of ventilatory acclimatization to hypobaric hypoxia. *Physiol Int.* 2016. Sep;103(3). P. 377-391. doi: 10.1556/2060.103.2016.3.1.
177. Loffredo B.M., Glazer J.L. The ergogenics of hypoxia training in athletes. *Curr. SportsMed. Rep.* 2006. Vol. 5. N 4. P. 203-209.
178. Malik A.B., Kidd R.S. Independent effects of changes in H^{+} and CO_{2} concentrations on hypoxic pulmonary vasoconstriction. *J. Appl. Physiol.* 1973. Vol. 26. N 3. P. 318-323.
179. Malik M., Camm A.J. Components of heart rate variability. What they really mean and what we really measure. *Am. J. Cardiol.* 1993. V.72. P.21-22.
180. Mason S.D., Rundgvist H., Papandreou I. et al. HIF-1alfa in endurance training: suppression of oxidative metabolism. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp.Physiol.* 2007. Vol. 293. N 5. P. 2059-2069.

181. Merri M., Farden D.C., Mottley J.G., Titlebaum E.L. Sampling frequency of the electrocardiogram for the spectral analysis of heart rate variability. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 1990. V.37. P. 99-106.
182. Montano N., Cogliati C., Massimo M., Malliani A. Central origin of autonomic rhythms: Evidence from neural recordings in humans and in conscious animals. *Abstr. 33rd Annu. Sci. Meet Eur. Soc. Clin. Invest., Milan, 8–10 Apr. 1999.* – *Eur. J. Clin. Invest.* 1999. Vol. 29. Suppl. 1. P. 53.
183. Nummela A., Rusko H. Acclimatization to altitude and normoxic training improve 400-m running performance at sea level. *J. Sports Sci.* 2000. №3. P. 441-419.
184. Opie L. H. Effects of anoxia and regional ischemia on metabolism of glucose and fatty acids. *Circ. Res.* 1976. № 37, suppt. P. 52-68.
185. Park H, Hwang H, Park J, Lee S, Lim K. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes – a meta analysis. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2016. 20(1). P. 15–22.
186. Park, H. Y., Shin, C., & Lim, K. Intermittent hypoxic training for 6 weeks in 3000 m hypobaric hypoxia conditions enhances exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers. *Biology of Sport.* 2018. 35(1). P. 49-56.
187. Piccirila G., Vetta F., Viola E. et al. Heart rate and blood pressure variability in obese normotensive subjects. *Int. J. Obesity.* 1998. Vol. 22. №8. P. 741–750.
188. Reeves I.T., Moore L.G., Wofei E.E., Maaeo R.S., Cymerman A., Long A.I. Activation of Sympathj-Adrenal System at High Altitude. *High-Altitude Medicine* / Ed. by G.Ueda, I.T.Reeves, M.Sekiguchi. – Shinshu University Press. 1992. P. 10-27.
189. Robergs R.A., Roberts *Fisiologia do Exercicio* S.O. San Paulo: Phorte Editora. 2002. 490 p.

190. Rodríguez F.A, Iglesias X., Feriche B., Calderón-Soto C., Chaverri D., Wachsmuth N.B. et al. Altitude training in elite swimmers for sea level performance (altitude project). *Med Sci Sports Exerc.* 2015. 47. P. 1965–1978.
191. Saltin B. Malleability of the system in overcoming limitations: functional elements. *J. Exp. Biol.* 1995. Vol. 115. P. 464-468.
192. Saltin B. Exercise and the Environment: Focus on Altitude. *Res. Quarterly Exerc. Sport.* 1996. 67. P. 1-10
193. Semenza G. L. Regulation of physiological responses to continuous and intermittent hypoxia by hypoxia-inducible factor 1. *Exp. Physiol.* 2006. Vol. 91. N 5. P. 803-806.
194. Serebrovska T.V., Serebrovska Z.O., Egorov E. Fitness and therapeutic potential of intermittent hypoxia training: a matter of dose. *Фізіол. журн.* 2016. Т. 62. № 3. С. 78-91.
195. Serebrovskaya T.V., Lei Xi Intermittent hypoxia training as non-pharmacologic therapy for cardiovascular diseases: Practical analysis on methods and equipment. *Experimental Biology and Medicine.* 2016. V. 241. N 15. P. 1708-1723.
196. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health.* 2017. V 5. 258 p. doi:10.3389/fpubh.2017.00258
197. Sharma A.P, Saunders P.U, Garvican-Lewis L.A, Périard J.D, Clark B, Gore C.J. et al. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study. *J Sports Sci Med.* 2018. Nov 20. 17(4). P. 607-616.
198. Sharon L.W., Sarah K.A. Statistics Using IBM SPSS: An Integrative Approach. Cambridge University Press; 3 edition. 2016. 606 p.
199. Shephard R. J. Problems of High Altitude. *Endurance in Sport.* – *Blackwell Sci. Publ.* 1992. P. 471-478.

200. Sinex J.A , Chapman R.F. Hypoxic training methods for improving endurance exercise performance. *Journal of Sport and Health Science*. 2015. № 4. P. 325–332.
201. Sutton J.R., Balcomb A., Killian K.J., Green H.J., Young P.M., Cymerman A., Reeves J., Houston C.S. Breathlessness at Altitude. *Breathlessness, The Cambell Symposium / N.L.Jones, K.J.Killian (Eds.)*. Toronto:Boehringer Ingelheim. Inc.. 1992. P. 143-148.
202. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*. 1996. 93. P. 1043-1065.
203. Terrados N., Melichna J., Sytven J. et al. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitivite road cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol*. 1988. Vol. 57. P. 203-209.
204. Viru A. *Adaptation in Sport Training*. Times Mirror International Publishers. – London. 1995. 320 p.
205. Walsh N. P., Oliver S. J. Exercise, immune function and respiratory infection: An update on the influence of training and environmental stress. *Immunology and Cell Biology*. 2016. 94(2). P. 132-139,.
206. Weiche W. H. Some examples of endocrine and metabolic function in rats during acclimatization to high altitude. *Physiol. effects high altitude*. - Oxford ect.: Pergamon Press. 1964. P. 33-51.
207. West B.J., Turalska M. Hypothetical Control of Heart Rate Variability. *Frontiers in Physiology*. 2019. Vol. 10. P. 1-9. doi: 10.3389/fphys.2019.01078
208. Wilber R. L. Application of altitude hypoxic training by elite athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2007. Vol. 39. N 9. P. 1610-1624.
209. Wilmore J.H., Costill D.L. *Physiology of sport and exercise*. Champaign, Illinois: Human Kinetics. 2004. 726 p.

210. Wolfel E.E., Groves B.M., Brooks G.A. et al. Oxygen transport during steady state, submaximal exercise in chronic hypoxia. *J. Appl. Physiol.* 1991. Vol. 70. P. 1129-1136.

211. Wonnabussapawich P., Hamlin M. J., Lizamore C. A., Manimmanakorn N., Leelayuwat N., Tunkamnerdthai O., Manimmanakorn A. Living and training at 825 m for 8 weeks supplemented with intermittent hypoxic training at 3,000 m improves blood parameters and running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2017. 31(12). P. 3287-3294.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 Характеристики кластерів, отримані на підставі аналізу окремих вибірок середніх значень RRNN, Mo, SDNN, AMo, R-R, CV, pNN50 для 96 кардіоритмограм

Центр кластера	N N кластерів					Кіл-сть ітерацій
	I	II	III	IV	V	
RRNN, мс	730	690	1191	609	839	10
Mo, мс	560	697	1189	978	835	4
SDNN, мс	40,9	13,6	58,4	22,8	19,4	10
AMo, %	34	48	82	63	22	10
$\Delta R-R$, мс	357	244	475	656	422	6
CV, %	3,5	2,5	2,8	4,1	5,6	4
pNN50, %	55,6	2,1	24,5	13,6	41,9	4

Таблиця А.2 Характеристики кластеров полученные на основании анализа массива средних значений RRNN, Mo, SDNN, AMo, $\Delta R-R$, CV, NN50, pNN50, ИВР, ПАПР, ВПР, ИН для 96 кардіоритмограмм

Центр кластера	N N кластерів				
	I	II	III	IV	V
Mo, мс	623	662	725	750	795
RRNN, мс	676	739	740	779	832
SDNN, мс	17,4	20,4	13,3	28,4	30,9
AMo, %	76	49	85	65	55
$\Delta R-R$, мс	295	1312	207	317	479
CV, %	2,8	3,1	1,9	3,8	3,9
pnn50, %	5,9	12,8	6,2	6,5	7,9
ИВР	239	18	512	205	189
ПАПР	135	75	123	79	48
ВПР	3,9	0,6	20,3	2,3	1,2
ИН	228	14	381	187	146
% від вибірки	10,1	33,7	11,8	30,1	4,3

Таблиця А.3 Характеристики кластерів, отримані на підставі аналізу окремих вибірок показників K_1 , K_0 , $K_{0.3}$, S_0 , S_{VLF} , S_{m2max} , S_{m1max} , S_{bmax} , S_{fmax} , f_{m2} , f_{m1} , f_b , f_f , VLF, LF, HF, VHF для 72 кардіоримограм

Центр кластера	N N кластерів					Кіл-сть ітерацій
	I	II	III	IV	V	
K_1 відн. од.	-0,23	0,51	0,19	0,83	-1,00	9
K_0 , відн. од.	148	7	33	67	108	3
$K_{0.3}$, відн. од.	6	33	66	288	112	6
S_0 , відн. од.	0,623	0,150	0,407	0,025	0,917	5
S_{VLF} , відн. од.	0,085	0,126	0,053	0,021	0,156	7
S_{m2max} , відн. од.	0,008	0,015	0,027	0,049	0,157	5
S_{m1max} , відн. од.	0,005	0,008	0,012	0,034	0,019	4
S_{bmax} , відн. од.	0,074	0,203	0,008	0,040	0,022	5
S_{fmax} , відн. од.	0,082	0,224	0,006	0,138	0,033	3
f_{m2} , Гц	0,08	0,06	0,05	0,04	0,07	4
f_{m1} , Гц	0,08	0,01	0,13	0,11	0,15	4
f_b , Гц	0,22	0,32	0,27	0,17	0,37	5
f_f , Гц	0,78	0,70	0,50	0,43	0,60	4
VLF, $мс^2/Гц$	718	222	2205	1496	2637	4
LF, $мс^2/Гц$	139	714	1582	438	1109	10
HF, $мс^2/Гц$	1007	369	29	559	790	8
VHF, $мс^2/Гц$	1056	535	804	63	261	3

Таблиця А.4 Характеристики кластерів, отримані на підставі аналізу масиву середніх значень K_1 , K_0 , $K_{0.3}$, S_0 , S_{VLF} , S_{m2max} , S_{m1max} , S_{bmax} , S_{fmax} , f_{m2} , f_{m1} , f_b , f_f , VLF , LF , HF , VHF , F , TP , LF_{nu} , HF_{nu} , $VLF\%$, $LF\%$, $HF\%$, LF/HF для 96 кардіоримограм

Центр кластера	N N кластерів				
	I	II	III	IV	V
VHF, мс ² /Гц	321	618	636	898	902
VLF, мс ² /Гц	240	443	1835	606	711
LF, мс ² /Гц	251	452	849	1769	732
HF, мс ² /Гц	417	660	535	1022	920
TP, мс ² /Гц	907	1556	3168	3397	2368
LF nu	37,4	40,6	58,9	63,4	44,3
HF nu	62,6	59,4	41,1	36,6	55,7
VLF%	26,0	28,0	58,5	17,8	29,9
LF%	27,5	28,6	27,1	52,1	31,0
HF%	46,5	43,4	14,4	30,1	39,1
LF/HF	0,32	0,79	1,58	1,73	0,81
S_0 , відн. од.	0,216	0,109	0,178	0,002	0,108
S_{VLF} , відн. од.	0,010	0,034	0,001	0,008	0,016
S_{m2max} , відн. од.	0,014	0,014	0,014	0,007	0,009
S_{m1max} , відн. од.	0,008	0,010	0,007	0,019	0,007
S_{bmax} , відн. од.	0,012	0,016	0,006	0,007	0,011
S_{fmax} , відн. од.	0,008	0,009	0,006	0,002	0,008
f_{m2} , Гц	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
f_{m1} , Гц	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11
f_b , Гц	0,28	0,30	0,19	0,17	0,31
f_f , Гц	0,52	0,50	0,61	0,48	0,53
F, Гц	0,26	0,26	0,18	0,26	0,28
K_0 , відн. од.	25	9	19	15	50
K_1 відн. од.	0,32	0,65	0,86	0,83	0,45
$K_{0.3}$, відн. од.	20	32	102	7	39
% від вибірки	29,0	29,4	16,4	8,3	16,9

Додаток Б1

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Ельбрусська медико-біологічна станція, с. Терскол, висота 2100м

Дослідження варіабельності серцевого ритму

Ф. В. О. Щ. О.А., рік народження: 1982, спортивна кваліфікація: Біг-400 м, м.с.

Фонова проба

Дослідження проводилося у положенні лежачи. Тривалість запису серцевого ритму 2 і 5 хв. Насичення O₂ периферичної артеріалізованої крові 93%.

Таблиця функціональних станів і переходів між ними, частотограма

Показники за Р. Баєвським		Показники часового аналізу		Показники спектрального аналізу	
Показник	Значення	Показник	Значення	Показник	Значення
n (2 хв)	106	n (5 хв)	278	VLF, мс ² /Гц	114
ІН, відн. од.	23	АМо, %	24	LF, мс ² /Гц	272
ІВР, відн. од.	52	Мо, мс	1100	HF, мс ² /Гц	1275
ВІР, відн. од.	2	RRNN, мс	1081	VHF, мс ² /Гц	185
НСР, відн. од.	230	SDNN, мс	86	VLF norm, н.у.	2
ПАІР, відн. од.	20	ΔR-R, мс	344	LF norm, н.у.	9
		PNN50, %	35	HF norm, н.у.	88
		CV, %	8	VHF norm, н.у.	3
				LF/HF	0,40
ПАРС	5			Спектральна формула	Sb(1)_

Медико-фізіологічна інтерпретація показників ВСР:

Оцінка частотограми й типу регуляції синусового ритму

Ритм синусовий. ЧСС порівн. = 56 уд./хв – помірна брадикардія. Характер частотограми та хвильової структури серцевого ритму в частотному діапазоні від 0 до 0,40 Гц свідчить про гомеотричний тип регуляції серцевого ритму. Високе значення ПАРС указує на напруження регуляторних систем організму з елементами зниженої адаптації до середньоір'я (гіпоксії).

Оцінка спектрограми та показників спектрального і структурно-лінгвістичного аналізу ВСР

Загальна потужність спектра в частотному діапазоні від 0 до 0,40 Гц підвищена. Стан нейрогуморальної регуляції характеризується високим рівнем вагусних впливів у модуляції серцевого ритму.

Баланс відділів вегетативної нервової системи: помірна перевага активності парасимпатичного відділу.

Відсутність у спектральній структурі серцевого ритму надвисокочастотного компонента в діапазоні від 0,40 до 1,00 Гц і тип спектральної формули Sb свідчать про стійкий функціональний стан організму.

Висновок за результатами ортостатичної проби

У положенні стоячи зареєстровані комплекси QRS: 276.

Реактивність симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи при проведенні ортостатичної проби знижена. Вегетативне забезпечення серцево-судинної системи характеризується підвищеною активацією парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. При уставанні спостерігається перехід зі стану зі спектром Sb(1) у стан зі спектром Sb(5)Sf(5)Sm(2), що характеризується значним напруженням регуляторних систем організму.

Таблиця функціональних станів і переходів між ними, частотограма

Показники часового аналізу		Показники спектрального аналізу	
Показник	Значення	Показник	Значення
R-R min, мс	502	TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	3286
R-Rmax, мс	1171	VLF, мс ² /Гц	924
RRNN, мс	800	LF, мс ² /Гц	848
SDNN, мс	216	HF, мс ² /Гц	1514
ΔR-R, мс	669	VHF, мс ² /Гц	856
PNN50, %	20	LF norm, н.у.	19
CV, %	27	Hf norm, н.у.	62
		LF/HF	0,56
		Спектральна формула	Sb(5) Sf(5)Sm(2)

Загальний висновок. Поточний функціональний стан організму в початковий період адаптації до умов середньогір'я (гіпоксії) характеризується помірним напруженням регуляторних систем. Переважає вагусний тип регуляції серцево-судинної системи. Спостерігається перехід з гетеро- на гомеометричний рівень регуляції серцево-судинної системи, що характеризується зниженими адаптаційними можливостями. У той же час, наявність у стані відносного спокою стабільного функціонального стану організму зі спектром Sb і відсутність переходу при функціональних навантаженнях у високонестійкі нестационарні стани є сприятливими діагностичними ознаками, що дозволяють прогнозувати адаптацію організму до умов середньогір'я та інтенсивних фізичних навантажень за типом фізіологічного стресу. На цьому етапі адаптації до умов середньогір'я рекомендуються щадні режими рухової активності, що чергуються з помірними тренувальними навантаженнями аеробної спрямованості, у комбінації з адаптогенами рослинного походження, додатковою субстратною індукцією вітамінами, антигіпоксантами і мембраностабілізаторами.

Додаток Б2

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Ельбруська медико-біологічна станція, с. Терскол, висота 2100м

Дослідження варіабельності серцевого ритму

Ф. В. О. М. О.М., рік народження: 1986, спортивна кваліфікація: біг-400 м, м.с.

Фонова проба

Дослідження проводилося в положенні лежачи. Тривалість запису серцевого ритму 2 і 5 хв. Насичення O₂ периферичної артеріалізованої крові 94%.

Таблиця функціональних станів і переходів між ними, частотограма

Показники за Р. Баєвським		Показники часового аналізу		Показники спектрального аналізу	
Показник	Значення	Показник	Значення	Показник	Значення
n (2 хв)	107	N (5 хв)	275	VLF, мс ² /Гц	333
Амо, %	33	RRNN, мс	1091	LF, мс ² /Гц	522
Мо, мс	1150	SDNN, мс	71	HF, мс ² /Гц	1473
ІН, відн. од.	60	ΔR-R, мс	316	VHF, мс ² /Гц	177
ІВР, відн. од.	139	PNN50, %	35	VLF norm, n.u.	14
ВІР, відн. од.	4	CV, %	7	LF norm, n.u.	11
НСР, відн. од.	542			HF norm, n.u.	74
ПАІР, відн. од.	28			VHF norm, n.u.	4
ПАРС	3			LF/HF	0,35
				Спектрал. формула	Sb(3)

Медико-фізіологічна інтерпретація показників ВСР:

Оцінка частотограми й типу регуляції синусового ритму

Ритм синусовий. ЧСС порівн. = 55 уд./хв – помірна брадикардія. Помірна синусова аритмія. Стійка регуляція серцевої діяльності. Помірне ослаблення активності підкіркових нервових центрів. Низьке ПАРС указує на достатні функціональні резерви організму й задовільну адаптацію до умов середньогір'я (гіпоксії).

Оцінка спектрограми та показників спектрального і структурно-лінгвістичного аналізу ВСР

Загальна потужність спектра в частотному діапазоні від 0 до 0,40 Гц перевищує вікову норму. Стан вегетативної регуляції характеризується високим рівнем симпатичних і вагусних (парасимпатичних) впливів у модуляції серцевого ритму.

Баланс відділів вегетативної нервової системи: баланс активностей симпатичного й парасимпатичного відділів збережений.

Відсутність у стані відносного спокою у спектральній структурі серцевого ритму надвисокочастотного компонента в діапазоні від 0,40 до 1,00 Гц і тип спектральної формули S_b свідчать про стійкий функціональний стан організму.

Висновок за результатами ортостатичної проби

У положенні стоячи зареєстровані комплекси QRS: 305.

Реактивність симпатичного відділу автономної частини периферичної нервової системи при проведенні ортостатичної проби збережена. При уставанні спостерігається перехід зі стану зі спектром $S_b(3)$ у стан зі спектром $S_b(5)S_m(3)S_f(2)$, що характеризується помірним напруженням регуляторних систем організму.

Таблиця функціональних станів і переходів між ними, частотограма

Показники часового аналізу		Показники спектрального аналізу	
Показник	Значення	Показник	Значення
R-R min, мс	649	TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	3063
R-R max, мс	1249	VLF, мс ² /Гц	759
RRNN, мс	913	LF, мс ² /Гц	996
SDNN, мс	156	HF, мс ² /Гц	1308
ΔR-R, мс	600	VHF, мс ² /Гц	883
PNN50, %	21	LF norm, n.u.	24
CV, %	17	Hf norm, n.u.	44
		LF/HF	0,76
	Спектральна формула	Sb(5)Sm(3)Sf(2)	

Загальний висновок

Задовільний рівень здоров'я з достатніми функціональними резервами організму в початковій фазі адаптації до умов середньогір'я (гіпоксії). У стані відносного спокою спостерігається збалансований за симпатичним і парасимпатичним впливами тип регуляції серцево-судинної системи. Наявність у стані відносного спокою стабільного функціонального стану зі спектром Sb і перехід при функціональних навантаженнях у стан зі спектром Sbsmsf, що характеризується помірним напруженням регуляторних механізмів, є сприятливими діагностичними ознаками, що дозволяють прогнозувати адаптацію організму до умов середньогір'я й інтенсивних фізичних навантажень за типом фізіологічного стресу.

На цьому етапі адаптації до умов середньогір'я рекомендуються помірні фізичні навантаження аеробно-анаеробної спрямованості у комбінації із загальнозміцнювальними заходами щодо стандартної методики.

Додаток В

Таблиця В.1 Результати факторного аналізу показників 30 кардіоримограм, зареєстрованих у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби у спортсменів першої групи на початковій фазі адаптації до умов середньогір'я

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
RRNN	0,260	0,801*	0,345	0,002	0,401
SDNN	0,656	-0,063	0,688	-0,013	0,018
Mo	-0,057	0,888*	0,196	-0,012	0,246
AMo	-0,644	-0,116	-0,564	0,453	0,101
$\Delta R-R$	0,613	-0,101	0,171	0,173	0,619
α_0 ,	-0,719*	0,443	0,070	0,015	0,037
α_2	-0,153	0,094	-0,029	0,827*	0,086
α_1	-0,187	-0,239	0,114	0,765*	0,080
β	0,094	-0,215	-0,278	0,209	0,819*
γ	-0,160	-0,587	-0,427	0,028	0,419
So	0,952*	-0,066	0,123	0,150	-0,090
Svlf	0,705*	0,248	0,163	-0,043	0,148
Sm2max	0,016	0,087	-0,020	0,932*	-0,156
Sm1max	-0,007	-0,062	0,045	0,939*	-0,051
Sbmax,	0,049	-0,115	-0,226	0,032	0,938
Sfmax	0,166	-0,117	0,932*	-0,073	-0,227
fm2	-0,244	-0,247	0,117	0,769*	0,046
fm1	0,184	0,244	-0,540	0,618	0,082
fb	-0,438	0,341	-0,047	0,353	-0,432
ff	-0,200	0,204	-0,785*	0,177	-0,152
VLF	0,732*	0,366	0,106	-0,012	-0,237
LF,	-0,123	0,655	-0,371	-0,007	0,580
HF	-0,064	0,065	-0,335	0,223	0,813*
VHF	-0,424	-0,265	-0,640	-0,142	0,365
Рівень детермінації, %	28,6	20,9	16,3	11,1	8,6

Примітка: у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.2 Результати факторного аналізу показників 42 кардіоримограм, зареєстрованих у стані відносного спокою й при проведенні активної ортопроби у спортсменів другої групи на початковій фазі адаптації до умов середньогір'я

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
RRNN	-0,069	0,023	0,056	-0,102	0,937*
SDNN	0,122	0,831*	-0,213	0,361	0,014
Mo	-0,019	0,008	0,037	-0,161	0,910*
AMo	0,714	0,162	0,349	-0,229	-0,039
$\Delta R-R$	0,219	0,025	0,155	0,101	-0,049
α_0 ,	-0,714*	0,191	-0,089	-0,063	-0,101
α_2	0,079	-0,067	0,906*	0,042	0,174
α_1	0,140	-0,003	0,885	-0,142	0,857
β	-0,081	0,776	0,384	-0,114	0,237
γ	0,020	-0,026	0,939	-0,728	-0,006
So	0,833	0,023	0,182	0,064	0,264
Svlf	-0,776*	-0,307	-0,239	-0,033	-0,287
Sm2max	0,246	-0,293	-0,287	0,407	-0,348
Sm1max	0,099	-0,047	0,924*	-0,021	-0,070
Sbmax,	-0,224	0,877*	-0,126	0,124	-0,108
Sfmax	-0,053	0,034	-0,029	0,944*	-0,003
fm2	-0,095	-0,081	0,161	-0,017	0,045
fm1	-0,107	-0,028	0,886*	-0,129	0,036
fb	-0,026	0,670	0,219	-0,186	0,036
ff	0,104	-0,093	0,803	-0,139	0,056
VLF	0,690	-0,337	-0,095	-0,132	-0,144
LF,	-0,273	-0,422	0,747*	-0,031	-0,184
HF	-0,225	0,829*	-0,144	-0,027	-0,036
VHF	-0,087	0,054	0,249	-0,874*	0,026
Рівень детермінації, %	24,4	20,3	18,3	12,9	9,7

Примітка: у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.3 Результати факторного аналізу показників кардіоримограм, зареєстрованих на 11-12 добу перебування в умовах в умовах середньогір'я у стані відносного спокою й при активній ортопробі у 5 спортсменів першої групи (n=30)

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
RRNN	-0,056	0,015	0,905*	0,074	-0,095
SDNN	0,110	0,847*	0,017	-0,197	0,312
Mo	-0,021	0,012	0,945*	0,045	-0,203
AMo	0,827*	0,158	-0,041	0,293	-0,199
$\Delta R-R$	0,295	0,031	-0,068	0,144	0,085
VLF	0,754*	-0,345	-0,137	-0,105	-0,173
LF,	-0,242	-0,327	-0,155	0,798*	-0,029
HF	-0,237	0,856*	-0,071	-0,098	-0,015
VHF	-0,085	0,047	0,034	0,213	-0,881*
Рівень детермінації, %	24,6	20,1	18,5	12,8	9,6

Примітка: у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.4 Результати факторного аналізу показників кардіоримограм, зареєстрованих на 11-12 добу перебування в умовах у стані відносного спокою й при активній ортопробі у 7 спортсменів другої групи (n=42)

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
RRNN	0,214	0,844*	0,293	0,002
SDNN	0,606	-0,093	0,645	0,713*
Mo	-0,081	0,905*	0,017	-0,033
AMo	-0,602	-0,101	-0,564	0,402
$\Delta R-R$	0,634	-0,145	0,171	0,183
VLF	0,785*	0,401	0,106	-0,005
LF,	-0,097	0,600	0,771*	-0,012
HF	-0,073	0,083	-0,335	0,746*
VHF	-0,455	-0,279	-0,640	-0,155
Рівень детермінації, %	28,8	20,7	19,5	15,5

Примітка: n – кількість кардіоримограм; у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.5 Результати факторного аналізу показників кардіоримограм, зареєстрованих у спокої та при проведенні активної ортопроби у 5 спортсменів першої групи, які провели навчально-тренувальний збір у горах(n=15)

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
RRNN	0,023	-0,035	0,677	0,095	-0,112
SDNN	0,598	0,087	0,045	-0,125	0,232
Mo	0,235	-0,055	0,923*	0,351	-0,164
AMo	0,032	0,631	-0,025	0,184	-0,078
$\Delta R-R$	0,453	0,237	-0,052	0,402	0,121
VLF	-0,198	0,702*	-0,281	-0,007	-0,056
LF,	-0,256	-0,341	-0,233	0,723*	-0,53
HF	0,944*	0,457	-0,058	-0,102	-0,234
VHF	0,005	-0,111	0,017	0,091	-0,702*
Рівень детермінації, %	25,1	24,9	19,6	10,5	7,5

Примітка: n – кількість кардіоримограм; у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.6 Результати факторного аналізу показників кардіоримограм, зареєстрованих у спокої й при проведенні активної ортопроби у 7 спортсменів другої групи після повернення з гір (n=21)

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
RRNN	-0,101	0,918*	0,063
SDNN	0,835*	0,265	0,113
Mo	-0,189	0,901*	0,094
AMo	-0,097	-0,199	0,030
$\Delta R-R$	0,775*	0,306	0,084
VLF	0,023	-0,315	0,585
LF,	-0,045	-0,030	0,927*
HF	0,861*	0,480	0,179
VHF	0,145	0,132	0,238
Рівень детермінації, %	31,1	28,4	26,1

Примітка: n – кількість кардіоримограм; у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Таблиця В.7 Результати факторного аналізу показників ритмограмм, зареєстрованих у стані спокою та при проведенні активної ортопроби у 7 спортсменів після повернення з моря (n=21)

Показник	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
RRNN	0,130	-0,103	0,913*	-0,066	0,010
SDNN	-0,155	-0,498	-0,198	-0,155	0,258
Mo	0,002	-0,017	0,914*	-0,050	0,092
AMo	-0,266	0,730*	-0,061	0,582	-0,502
$\Delta R-R$	0,497	-0,521	-0,291	-0,197	0,346
VLF	0,911*	0,109	0,144	-0,004	0,121
LF,	-0,009	0,010	0,474	0,823*	0,128
HF	-0,009	-0,280	-0,266	0,301	0,051
VHF	-0,008	0,160	0,153	-0,024	-0,877*
Рівень детермінації (%)	23,9	18,3	14,7	11,2	10,2

Примітка: n – кількість кардіоримограм; у фактори ввійшли показники, рівень значимості яких перевищує 0,70 (відзначені *).

Додаток Г

Національний університет фізичного виховання і спорту України
 Протокол велоергометричного обстеження
 Т. А.В., рік народження: 1998, спортивна кваліфікація, м.с.

Твердоступ А.В. Київ						
Циклограмма нагрузки						
мин	VO ₂	Этапы				
1	305	пс				
2	312	пс				
3	832	50 Вт				
4	1020	100 Вт				
5	1065	150 Вт				
6	1109	200 Вт				
7	1148	250 Вт				
8	562	в1				
9	485	в2				
10	409	в3				
11	384	в4				
12	360	в5				
13	322	в6				
14	283	в7				
15	289	в8				
16	275	в9				
17	251	в10				
W	Вт	50	100	150	200	250
анаэр.комп.	ккал	0,864	3,997	10,317	19,825	32,548
аэр.комп.	ккал	2,548	6,238	10,152	14,290	18,624
анаэр.комп.	%	25,31	39,05	50,40	58,11	63,61
аэр.комп.	%	74,69	60,95	49,60	41,89	36,39
общ.эн	ккал	3,411	10,234	20,469	34,114	51,171
общ.раб.	Вт*мин	750				
анаэр.мощ.	ккал	67,549				
уд.ан.мощ.	ккал/мин	0,704				
аэр.мощ.	ккал	51,850				
уд.аэр.мощ.	ккал/кг	0,540				
O ₂ стоимость работы	л	4,449				
O ₂ запрос на работу	л	3,725				
O ₂ стоимость восстановления	л	0,723				
Алактатный O ₂ долг	л	0,468				
Лактатный O ₂ долг	л	0,256				
O ₂ ст. раб. в % от общ.ст.	%	83,74				
O ₂ ст. восст. в % от общ. ст.	%	16,26				
дМПК	л/мин	3,561				
дМПКуд	мл/мин/кг	46				
МПК	л/мин	3,879				
МПКуд	мл/мин/кг	50				
МПК/дМПК	%	108,93				
ЧССмах	уд./мин	160				
Заключение						
Функциональный класс по мощности аэробной работоспособности -						выше среднего
Функциональный класс по эффективности аэробной работоспособности -						высокий
Функциональный класс по емкости анаэробной работоспособности -						высокий
Преобладает анаэробный тип работоспособности.						

Додаток Д

Таблиця Д.1 Таблиця оцінки фізичної підготовленості легкоатлетів спортивної кваліфікації МС, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції (чоловіки) [172-173, 182-184]

Тести		Рівень підготовленості				
		низький	нижчий за середній	середній	вищий за середній	високий
Бігові	30 м з ходу, 15 м підбіг, с	>3,14	3,02– 3,14	2,89 – 3,01	2,76 – 2,88	≤ 2,75
	80 м з низького старту, с	>9,34	9,01 – 9,34	8,67 – 9,00	8,33– 8,66	≤ 8,33
	150 м з низького старту, с	>19,30	18,17 – 19,30	17,03 – 18,17	15,90– 17,03	≤ 15,90
Стрибкові	Стрибок у довжину з місця, м	≤2,75	2,76 – 2,92	2,93– 3,09	3,10 – 3,26	>3,26
	8-кратний стрибок з місця, м	≤23,18	23,19 – 24,89	24,90 – 26,59	26,60– 28,29	>28,29
	8-кратний стрибок на правій з місця, м	≤23,11	23,12– 24,56	24,57 – 26,01	26,02– 27,47	>27,47
	8-кратний стрибок на лівій з місця, м	≤23,37	23,38 – 24,79	24,80 – 26,21	26,22 – 27,63	>27,63
З обтяженнями	Метання ядра 4 кг знизу-уперед, м	≤14,20	14,21 – 16,07	16,08 – 17,94	17,95 – 19,81	>19,81
	Метання ядра 4 кг знизу-назад, м	≤ 14,25	14,25 – 16,46	16,46 – 18,67	18,67– 20,88	>20,88
	Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	≤0,86	0,87 – 1,04	1,05 – 1,24	1,25 – 1,42	>1,42
	Підтягування, кількість разів	≤11	11 – 13	13 – 16	16 – 18	> 18
	Кистьова (права) динамометрія, кг	≤42	43 – 48	49 – 54	55 – 60	>60
	Кистьова (ліва) динамометрія, кг	≤41	41 – 47	47 – 53	53 – 59	> 59

Таблиця Д.2 Таблиця оцінки фізичної підготовленості легкоатлетів
спортивної кваліфікації МС, які спеціалізуються з бігу
на середні дистанції (жінки) [172-173, 182-184]

Тести	Рівень підготовленості				
	низький	нижче середнього	середній	вище за середнє	високий
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	>3,62	3,49– 3,62	3,37 – 3,49	3,24 – 3,37	≤ 3,24
80 м з низького старту, с	>10,76	10,37– 10,76	9,97 – 10,37	9,58–9,97	≤ 9,58
150 м з низького старту, с	>19,69	19,20– 19,69	18,70– 19,20	18,21– 18,70	≤ 18,21
Стрибок у довжину з місця, м	≤2,19	2,19– 2,35	2,35– 2,51	2,51– 2,67	>2,67
8-кратний стрибок з місця, м	≤19,02	19,02– 20,44	20,44– 21,85	21,85– 23,27	>23,27
8-кратний стрибок на правій з місця, м	≤19,16	19,16– 20,10	20,10– 21,05	21,05– 21,99	>21,99
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	≤19,19	19,19– 20,00	20,00– 20,81	20,81– 21,62	>21,62
Метання ядра 4 кг знизу-уперед, м	≤11,15	11,15– 12,81	12,81– 14,46	14,46– 16,12	>16,12
Метання ядра 4 кг знизу-назад, м	≤ 10,11	10,11– 12,34	12,34– 14,58	14,58–16,81	>16,81
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	≤0,57	0,57– 0,70	0,70– 0,83	0,83– 0,95	>0,95
Підтягування, кількість разів	≤1	1 – 5	5– 8	8– 12	> 12
Кистьова (права) динамометрія, кг	≤22	22 – 26	26– 30	30– 36	>36
Кистьова (ліва) динамометрія, кг	≤20	20– 24	24– 28	28– 32	>32

Таблиця Д.3 Результати педагогічного тестування спортсменів, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції до проведення навчально-тренувального збору на рівні моря (n=7)

Тест	Спортсмен							Показник	
	П-А О.	Г-А О.	Д-А Н.	М-В С.	Т-Б М.	Р-Ь О.	М- Про	Х	С
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	3,60	3,53	3,47	3,12	3,10	3,23	2,97	3,29	0,24
80 м з низького старту, с	9,94	9,90	9,73	9,36	9,27	9,15	9,09	9,49	0,36
150 м з низького старту, с	19,56	21,04	20,43	17,99	17,87	16,33	18,45	18,81	1,63
Стрибок у довжину з місця, м	2,43	2,55	2,39	2,97	3,16	3,00	2,98	2,78	0,32
8-кратний стрибок з місця, м	19,47	21,68	19,61	27,96	27,54	27,15	27,42	24,40	3,96
8-кратний стрибок на правій з місця, м	18,93	21,35	19,44	25,39	26,27	26,58	26,47	23,49	3,45
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	18,32	21,44	19,78	25,73	25,89	27,03	26,77	23,57	3,62
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	12,89	13,21	14,87	16,89	18,21	18,38	17,84	16,04	2,36
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	12,93	14,56	15,47	17,13	17,90	18,56	18,92	16,50	2,24
Підтягування, кількість разів	9,00	7,00	8,00	15,00	15,00	16,00	18,00	12,57	4,43
Жим штанги лежачи, кг	55,00	50,00	50,00	80,00	85,00	80,00	80,00	68,57	16,00
Маса тіла, кг	57,00	68,00	60,00	68,00	78,00	69,00	73,00	67,57	7,18
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,96	0,74	0,83	1,18	1,09	1,16	1,10	1,01	0,17
Динамометрія (права), кг	28,00	26,00	28,00	56,00	55,00	54,00	58,00	43,57	15,25
Динамометрія (ліва), кг	28,00	24,00	28,00	55,00	50,00	50,00	55,00	41,43	14,02
Рівень підготовленості, бали	2,80	3,20	3,10	3,10	3,20	3,50	3,50	3,20	0,24

Таблиця Д.4 Результати педагогічного тестування спортсменів першої групи, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, до проведення навчально-тренувального збору в горах (n=5)

Тест	Спортсмен					Показник	
	До-До К.	Т-П Т.	М-Н О.	З-В Е.	Т-П А.	X	S
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	3,62	3,34	3,05	3,10	3,00	3,22	0,26
80 м з низького старту, с	10,01	10,35	9,40	9,21	9,24	9,64	0,51
150 м з низького старту, с	18,44	18,95	17,98	17,69	16,93	18,00	0,76
Стрибок у довжину з місця, м	2,68	2,64	2,80	2,98	3,15	2,82	0,23
8-кратний стрибок з місця, м	21,56	20,00	25,60	25,87	26,32	23,87	2,89
8-кратний стрибок на правій з місця, м	20,93	19,50	25,00	25,03	26,05	23,30	2,89
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	20,12	18,75	25,31	25,32	26,84	23,27	3,59
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	12,36	14,12	15,97	15,88	17,34	15,13	1,93
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	13,37	14,77	16,71	16,57	18,51	15,99	1,97
Підтягування, кількість разів	4,00	4,00	15,00	15,00	19,00	11,40	6,95
Жим штанги лежачи, кг	40,00	40,00	80,00	85,00	80,00	65,00	22,91
Маса тіла, кг	54,00	53,00	74,00	72,00	77,00	66,00	11,55
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,74	0,75	1,08	1,18	1,04	0,96	0,20
Динамометрія правої кисті, кг	32,00	30,00	50,00	60,00	52,00	44,80	13,16
Динамометрія лівої кисті, кг	24,00	30,00	54,00	58,00	50,00	43,20	15,21
Рівень підготовленості, бали	2,90	2,80	2,70	3,00	3,50	2,98	0,31

Таблиця Д.5 Результати педагогічного тестування спортсменів другої групи, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, до проведення навчально-тренувального збору в горах (n=7)

Тест	Спортсмен							Показник	
	В-До О.	З-Я О.	Щ-Д О.	Г-В В.	Д-Про В.	До-М М.	Р-Й С.	X	S
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	3,14	3,31	3,25	3,24	3,20	3,21	3,00	3,19	0,10
80 м з низького старту, с	10,24	10,56	10,30	10,20	9,90	9,22	9,23	9,95	0,53
150 м з низького старту, с	19,65	18,95	21,70	18,53	18,40	17,80	18,00	19,00	1,34
Стрибок у довжину з місця, м	2,30	2,40	2,56	2,97	2,94	2,74	2,98	2,70	0,28
8-кратний стрибок з місця, м	20,52	21,30	20,07	26,14	27,00	25,04	25,30	23,62	2,89
8-кратний стрибок на правій з місця, м	19,60	19,64	19,15	25,78	27,20	25,80	25,23	23,20	3,55
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	19,80	20,97	19,47	25,00	27,14	25,55	26,37	23,47	3,27
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	15,72	12,00	15,12	17,46	19,00	17,00	15,70	16,00	2,20
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	15,95	13,20	16,70	17,37	20,04	16,53	16,95	16,68	2,02
Підтягування, разів	4,00	4,00	12,00	19,00	21,00	20,00	16,00	13,71	7,27
Жим штанги лежачи, кг	45,00	45,00	50,00	85,00	110,00	85,00	90,00	72,86	25,9
Маса тіла, кг	56,00	53,00	56,00	72,00	79,00	63,00	75,00	64,86	10,5
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,80	0,85	0,89	1,18	1,39	1,35	1,20	1,10	0,24
Динамометрія (права), кг	24,00	22,00	28,00	51,00	53,00	60,00	54,00	41,71	16,3
Динамометрія (ліва), кг	20,00	30,00	30,00	48,00	60,00	60,00	50,00	42,57	15,9
Рівень підготовленості, бали	2,80	2,90	3,10	2,90	3,40	3,20	2,90	3,03	0,21

Таблиця Д.6 Результати педагогічного тестування спортсменів, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, після проведення проведення навчально-тренувального збору в горах (n=7)

Тест	Спортсмен							Показник	
	П-А О.	Г-А О.	Д-А Н.	М-В С.	Т-Б М.	Р-Ь О.	М-Пр О.	Х	С
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	3,45	3,47	3,42	3,01	2,96	3,05	2,95	3,19	0,45
80 м з низького старту, с	9,87	9,71	9,69	9,28	9,17	9,09	9,00	9,40	0,35
150 м з низького старту, с	19,56	21,54	20,43	17,99	17,87	16,33	17,45	18,74	1,83
Стрибок у довжину з місця, м	2,43	2,55	2,39	2,97	3,04	3,00	2,98	2,77	0,29
8-кратний стрибок з місця, м	19,47	21,68	19,61	26,46	26,54	27,15	26,42	23,90	3,50
8-кратний стрибок на правій з місця, м	18,93	21,35	19,44	25,39	26,27	26,58	25,47	23,35	3,33
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	18,32	21,44	19,78	25,73	25,89	27,03	25,77	23,42	3,49
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	11,89	13,21	14,87	16,89	17,21	18,38	17,84	15,76	2,48
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	12,93	14,56	15,47	17,13	17,90	18,56	18,92	16,50	2,24
Підтягування, кількість разів	9,00	7,00	8,00	15,00	15,00	16,00	18,00	12,57	4,43
Жим штанги лежачи, кг	55,00	50,00	50,00	80,00	85,00	80,00	80,00	68,57	16,00
Маса тіла, кг	57,00	68,00	60,00	68,00	78,00	69,00	73,00	67,57	7,18
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,96	0,74	0,83	1,18	1,09	1,16	1,10	1,01	0,17
Динамометрія (права), кг	28,00	26,00	28,00	56,00	55,00	54,00	58,00	43,57	15,25
Динамометрія (ліва), кг	28,00	24,00	28,00	55,00	50,00	50,00	55,00	41,43	14,02
Рівень підготовленості, бали	3,3	3,4	3,4	3,5	3,1	3,3	4,4	3,49	0,42

Таблиця Д.7 Результати педагогічного тестування спортсменів першої групи, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, після проведення навчально-тренувального збору в горах (n=5)

Тест	Спортсмен					Показник	
	До-До К.	Т-П Т.	М-Н О.	З-В Е.	Т-П А.	X	S
30 м з ходу, 15 м підбіг, с	3,50	3,24	3,01	2,95	2,79	3,10	0,28
80 м з низького старту, с	10,10	10,02	9,20	9,00	9,15	9,49	0,52
150 м з низького старту, с	18,30	19,80	17,20	17,60	16,50	17,88	1,26
Стрибок у довжину з місця, м	2,76	2,54	2,95	3,00	3,00	2,85	0,20
8-кратний стрибок з місця, м	22,00	20,64	26,65	26,28	27,40	24,59	3,05
8-кратний стрибок на правій з місця, м	19,90	20,20	26,00	26,30	27,50	23,98	3,63
8-кратний стрибок на лівій з місця, м	20,35	19,68	26,18	26,25	27,58	24,01	3,70
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	13,40	14,30	16,42	16,12	18,30	15,71	1,92
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	14,78	15,44	17,40	17,10	19,10	16,76	1,71
Підтягування, кількість разів	6	3	16	15	20	12,00	7,18
Жим штанги лежачи, кг	45,00	40,00	80,00	85,00	85,00	67,00	22,53
Маса тіла, кг	50,00	53,00	74	73	78	65,60	13,05
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,90	0,75	1,08	1,16	1,09	1,00	0,17
Динамометрія (права), кг	32	34	52	62	54	46,80	13,16
Динамометрія (ліва), кг	28	30	54	60	54	45,20	15,01
Рівень підготовленості, бали	3,4	3,3	3,1	3,5	3,8	3,42*	0,26

Примітка: * - відмінність на рівні $p < 0,05$ між даними, отриманими для другої основної групи спортсменів до і після навчально-тренувального збору.

Таблиця Д.8 Результати педагогічного тестування спортсменів другої групи, які спеціалізуються з бігу на середні дистанції, після проведення навчально-тренувального збору в горах (n=7)

Тест	Спортсмен							Показник	
	В- До О.	З-Я О.	Щ- До О.	Г-В В.	Д- Про В.	До-М М.	Р-Й С.	X	S
30 м з ходу, 15 м підбіг,с	3,20	3,26	3,22	3,01	2,84	2,74	2,80	3,01	0,22
80 м з низького старту, с	10,00	10,1	9,43	8,98	8,60	8,62	9,03	9,25	0,61
150 м з низького старту,с	18,34	18,7	18,20	16,80	17,02	15,88	17,0	17,42*	1,02
Стрибок у довжину з місця, м	2,75	2,60	2,76	3,11	3,24	3,14	3,08	2,95	0,25
8-кратний стрибок змістя, м	20,92	22,6	23,32	27,14	28,00	28,34	27,3	25,19	3,24
8-кратний стрибок на правій з місця, м	20,60	20,0 4	22,16	26,78	27,20	27,80	27,23	24,49	3,54
8-кратний пстрибок на лівій з місця, м	20,80	22,5	22,35	26,00	27,14	27,65	26,37	24,69	2,73
Метання ядра (4 кг) знизу-уперед, м	15,95	15,0	16,36	15,46	19,00	19,00	17,7	16,92	1,65
Метання ядра (4 кг) знизу-назад, м	16,45	15,2	17,55	16,47	20,94	19,53	16,95	17,58	1,99
Підтягування, разів	5	4	14	19	21	20	16	14,14	7,01
Жим штанги лежачи, кг	45,00	50,0	50,00	85,00	115,00	90,00	90,0	75,00	26,8
Маса тіла, кг	57,00	55,0	56,00	72	79	63	75	65,29	9,95
Коефіцієнт відносної сили верхніх кінцівок	0,79	0,91	0,89	1,18	1,46	1,43	1,20	1,12	0,27
Динамометрія (права), кг	34	32	38	51	56	61	64	48,00	13,2
Динамометрія (ліва), кг	30	30	32	48	60	60	60	45,71	14,7
Рівень підготовленості, бали	3,8	3,8	4,8	3,4	4,2	4,6	3,5	4,01** +•	0,54

Примітка. Жирним шрифтом виділені результати спортсменів з високим рівнем фізичної підготовленості (відповідно до оцінних таблиць А1 і А2); * -

відмінність на рівні $p < 0,05$ між даними, отриманими для другої основної групи спортсменів до і після навчально-тренувального збору; ** - на рівні $< 0,001$; • - відмінність на рівні $p < 0,05$ між другою основною і контрольною групами після навчально-тренувального збору; + - відмінність на рівні $p < 0,05$ між першою і другою основними групами після навчально-тренувального збору.

Додаток Е

Список публікацій здобувача

1. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Адаптація організму людини до гіпоксії. Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки». Черкаси, 2017. №1. С. 97-106.
2. Ilyin V.N., Filippov M.M., Pastukhova V.A., Sosnovskiy V.V. Training of the athletes with use of hypoxic conditions. Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки». Черкаси, 2017. № 2. С. 11 – 26.
3. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Пастухова В.А., Портниченко В.И., Сосновский В.В. Гипоксическая тренировка в системе подготовки спортсменов. Патология, реабилитация, адаптация. Київ, 2017. Т. 15, № 2. С. 60–72.
4. Имас Е.В., Ильин В.Н., Пастухова В.А., Сосновский В.В. Характеристика физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья. Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки». Черкаси, 2018. № 1. С. 46 – 53.
5. Сосновский В.В. Оцінка ефективності гірської підготовки як засобу підвищення рівня фізичної підготовленості бігунів на середні дистанції. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. Київ, 2018. № 4. С. 14-18.
6. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Ільїн В.М. Характеристики функціональних станів регуляторних систем організму у бігунів на середні дистанції при довгостроковій адаптації до умов середньогір'я. Фізіологічний журнал. Київ, 2018. Т. 64, № 6. С. 56-63.
7. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Філіппов М.М., Ільїн В.М. Аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму у спортсменів під час початкової адаптації до умов гірської гіпоксії. Science and Education a

New Dimension. Natural and Technical Sciences. Budapest, 2018. VI(22), Issue: 186. P. 42-44.

8. Sosnovsky VV, Pastukhova VA, Pornichenko VI, Filippov MM, Ilyin VM. Effects of medium-height mountain training on the functional abilities and physical fitness of mid-distance runners. *Journal of Physical Education and Sport, JPES*. 2019, 19(4), Art 360, P. 2379 - 2383. doi:10.7752/jpes.2019.04360

9. Сосновський В.В. Гіпоксичне тренування в гірських і штучних умовах: основні чинники, адаптаційні реакції, методи і стратегії застосування в спорті. Матеріали X Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (24-25 травня 2017 р.) Київ, 2017. С. 371-373.

10. Філіппов М.М., Сосновський В.В. Порівняння інформативності різних методів фізичної працездатності спортсменів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання, здоров'я і підготовки майбутніх спеціалістів фізичного виховання і спорту» (23-24 березня 2017 р.). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 15. Київ, 2017. С. 482-485.

11. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Оцінка ефективності гірського тренування спортсменів, що спеціалізуються в швидкісно-силових видах спорту. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання, здоров'я і підготовки майбутніх спеціалістів фізичного виховання і спорту» (23-24 березня 2017 р.). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 15. Київ, 2017. С. 451-455.

12. Сосновський В.В. Зміни функціонального стану організму кваліфікованих спортсменів в умовах середньогір'я та після повернення на рівень моря. Матеріали XI Міжнародної конференції молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (10-12 квітня 2018 р.). Київ, 2017. С. 254-256.

13. Сосновский В.В. Оценка эффективности адаптивного влияния горной тренировки на функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов с разным типом вегетативного

гомеостаза. Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (31 травня 2017 р.). ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди». Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 12-17.

14. Сосновский В.В. Изменения сердечного ритма в условиях интенсивной мышечной деятельности на 2-3 сутки пребывания в горах на высоте 2100 м. Сборник научных трудов «Актуальные научные исследования в современном мире». Выпуск 5(25), Часть 9. Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 58-61.

15. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Вплив гіпоксії на функціональний стан регуляторних систем організму спортсменів, які спеціалізуються в легкоатлетичному спринті. Матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції «Перспективи, проблеми та наявні здобутки розвитку фізичної культури і спорту в Україні» (29-30 січня 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 216-221.

16. Сосновський В.В., Пастухова В.А. Індивідуальні особливості адаптації до гірського клімату спортсменів, що спеціалізуються у бігу на середні дистанції. Матеріали I Всеукраїнської електронної науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти» (17 травня 2018 р.). Київ, 2018. С. 242-244.

17. Сосновський В.В., Пастухова В.А., Філіппов М.М., Ільїн В.М. Фактори, що визначають фізичну працездатність легкоатлетів-середньовиків після тренувальних зборів в горах. Матеріали XX з'їзду Українського фізіологічного товариства ім. П.Г. Костюка з міжнародною участю, присвяченого 95-річчю від дня народження П.Г. Костюка (27-30 травня 2019 р.). Київ, 2019. Фізіологічний журнал, 2019. Т. 65, № 3 (Додаток). С. 24-25.

18. Ильин В.Н., Филиппов М.М., Пастухова В.А., Портниченко В.И., Сосновский В.В. Влияние пребывания в среднегорье на функциональные возможности и физическую подготовленность бегунов на средние дистанции. Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды» [Электронный ресурс]: (10-12 октября 2019 г.). Гомель, 2019. С. 251-255.

Додаток Є

Відомості про апробацію результатів дисертації:

- X Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (Київ, 24-25 травня 2017 р.) – публікація, усна доповідь.
- VIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання, здоров'я і підготовки майбутніх спеціалістів фізичного виховання і спорту» (Київ, 23-24 березня 2017 р.) – публікація, усна доповідь.
- XXV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (Переяслав-Хмельницький, 31 травня 2017 р.). – публікація.
- I Всеукраїнська інтернет-конференція «Перспективи, проблеми та наявні здобутки розвитку фізичної культури і спорту в Україні» (Вінниця, 29-30 січня 2018 р.). – публікація.
- XI Міжнародна конференція молодих вчених «Молодь та олімпійський рух» (Київ, 10-12 квітня 2018 р.). – публікація, усна доповідь.
- I Всеукраїнська електронна науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти». (Київ, 17 травня 2018 р.). – публікація.
- XX з'їзд Українського фізіологічного товариства імені П.Г. Костюка з міжнародною участю з міжнародною участю, присвяченого 95-річчю від дня народження П.Г. Костюка (Київ, 27-30 травня 2019 р.). – публікація, усна доповідь
- XIII Международная научно-практическая конференция «Проблемы физической культуры населения, проживающего в условиях неблагоприятных факторов окружающей среды» [Электронный ресурс]: (Гомель, 10-12 октября 2019 г.). – публікація.

Додаток Ж1

Акт впровадження

Додаток Ж2

Акт впровадження