

МІНІСТЕРСТВО МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Факультет магістратури, заочного навчання та підвищення кваліфікації
Кафедра лижних видів спорту, велоспорту та туризму

КІНАШ СТЕПАН МИХАЙЛОВИЧ

СПЕЦІАЛЬНА ПІДГОТОВКА КВАЛІФІКОВАНИХ БІАТЛОНІСТІВ НА
ПІДГОТОВЧОМУ ЕТАПІ РІЧНОГО МАКРОЦИКЛУ

Кваліфікаційна робота

освітній рівень	Другий (магістерський) рівень <i>(назва освітнього рівня)</i>
галузь знань	01 Освіта / Педагогіка <i>(шифр і назва галузі знань)</i>
спеціальність	017 Фізична культура і спорт <i>(код і назва спеціальності)</i>
спеціалізація	Тренерська діяльність в обраному виді спорту (лижний спорт) <i>(назва спеціалізації)</i>

Науковий керівник: Котляр Сергій Миколайович, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційної роботи

КІНАШ СТЕПАН МИХАЙЛОВИЧ

СПЕЦІАЛЬНА ПІДГОТОВКА КВАЛІФІКОВАНИХ БІАТЛОНІСТІВ НА ПІДГОТОВЧОМУ ЕТАПІ РІЧНОГО МАКРОЦИКЛУ

Спеціальність: 017 Фізична культура і спорт

Спеціалізація: Лижний спорт

2026 рік

Актуальність дослідження. Сучасний біатлон характеризується швидкими змінами умов змагальної діяльності, що створює постійну потребу в оптимізації та вдосконаленні тренувального процесу спортсменів та психологічній стійкості. Незважаючи на широкий вибір запропонованих методів і засобів, важливо постійно оновлювати підходи до тренувальних занять, щоб відповідати новим викликам і підвищеним вимогам спорту. Це визначає актуальність досліджень у цій сфері, спрямованих на пошук найбільш ефективних і сучасних методів підготовки біатлоністів різної кваліфікації.

Мета роботи удосконалити тренувальний процес кваліфікованих біатлоністів 18 - 20 років в підготовчому періоді річного макроциклу.

Завдання дослідження: 1. Провести аналіз науково-методичної літератури, що стосується методик підготовки в біатлоні та лижних перегонах в річному макроциклі. 2. Визначити морфо-функціональні показники кращих Світових біатлоністів та України. 3. Здійснити порівняльний аналіз результатів стрільби в різних видах спортивної програми у кваліфікованих біатлоністів. 4. Розробити та практично перевірити спеціальну стрількову підготовку біатлоністів за допомогою комп'ютерної системи Scatt в підготовчому періоді річного макроциклу.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні прийняли участь кваліфіковані біатлоністи віком 18-20 років, у кількості 20 чоловік (контрольна та експериментальні групи). Під час підготовчого періоду

(травень – серпень) відбувалась удосконалення стрілецької підготовки в контрольній групі (n=10) за традиційною методикою, а в експериментальній групі (n=10) використовували комп'ютерної системи Scatt. Для вирішення поставлених завдань використовувалися такі методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури; вивчення й узагальнення практичного досвіду роботи тренерів; аналіз документів планування та обліку тренувального процесу; педагогічні спостереження; спеціальне педагогічне тестування; психологічні дослідження; педагогічний експеримент; методи математичної статистики.

Результати. Аналіз результатів проведених досліджень виявили, що за підготовчий період покращення стрілецької підготовки відбулися в КГ та ЕГ. Влучність з положення лежачі в ЕГ покращилося на 10,6%, в КГ на 6,5%, з положення стоячи в ЕГ – 10,1%, КГ – 5,7% ($p < 0,05$). В показниках, які відповідають за швидко-стрільність в ЕГ покращилися з положення лежачі – 22,3%, стоячи – 16,8%, в КГ з положення лежачі – 9,4%, стоячи – 10,8% ($p < 0,05$).

Висновки. Розроблена методика стрілкової підготовки за допомогою комп'ютерної системи Scatt та тренування з лазерною зброєю із застосуванням штучного інтелекту, може стати важливим засобом спеціальної підготовки біатлоністів, допомагаючи їм поліпшити свою техніку стрільби та досягати кращих результатів на змаганнях.

Ключові слова: біатлон, тренувальний процес, стрілецька підготовки, підготовчий період.

ABSTRACT

Qualification work

KINASH STEPAN MIKHALOVICH

SPECIAL TRAINING FOR QUALIFIED BIATHLETES AT THE PREPARATORY STAGE OF THE ANNUAL MACROCYCLE

Specialty: 017 Physical Culture and Sports

Specialization: Skiing

Year 2026

Relevance of the study. Modern biathlon is characterised by rapid changes in competitive conditions, which creates a constant need to optimise and improve the training process for athletes and their psychological resilience. Despite the wide range of methods and tools available, it is important to constantly update training approaches in order to meet new challenges and increased demands in the sport. This determines the relevance of research in this area, aimed at finding the most effective and modern methods of training biathletes of different skill levels.

The purpose of the work improve the training process for qualified biathletes aged 18-20 during the preparatory period of the annual macrocycle..

Objectives of the study: 1. To analyse scientific and methodological literature on training methods in biathlon and cross-country skiing in the annual macrocycle. 2. To determine the morphological and functional indicators of the best biathletes in the world and Ukraine. 3. Conduct a comparative analysis of shooting results in various types of sports programmes among qualified biathletes. 4. Develop and test in practice special shooting training for biathletes using the Scatt computer system during the preparatory period of the annual macrocycle.

Materials and methods of research. Twenty qualified biathletes aged 18-20 participated in the study (control and experimental groups). During the preparatory period (May–August), shooting training was improved in the control group (n=10) using traditional methods, while the experimental group (n=10) used the Scatt computer system. The following research methods were used to solve the tasks: analysis of scientific and methodological literature; study and generalisation

of the practical experience of coaches; analysis of documents for planning and recording the training process; pedagogical observations; special pedagogical testing; psychological research; pedagogical experiment; methods of mathematical statistics.

Results. Analysis of the results of the studies revealed that during the preparatory period, improvements in marksmanship training occurred in the control (CG) and experimental group (EG). Accuracy from a prone position improved by 10.6% in the EG and 6.5% in the CG, and from a standing position by 10.1% in the EG and 5.7% in the CG ($p < 0.05$). The indicators responsible for rapid fire in the EG improved from a prone position – 22.3%, standing – 16.8%, in the CG from a prone position – 9.4%, standing – 10.8% ($p < 0.05$).

Conclusions. The developed shooting training methodology using the Scatt computer system and laser weapon training with artificial intelligence can become an important tool for the special training of biathletes, helping them improve their shooting technique and achieve better results in competitions.

Keywords: biathlon, training process, shooting training, preparatory period.

ЗМІСТ

	Стр
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. Теоретико-методичні основи побудови тренувального процесу біатлоністів	11
1.1. Загальна характеристика спортивної підготовки	11
1.2. Особливість психологічної підготовки біатлоністів.....	19
1.3. Інноваційні технології та застосування штучного інтелекту в підготовці біатлоністів (стрілецька підготовка).....	26
ВИСНОВОК 1 РОЗДІЛУ.....	34
РОЗДІЛ 2. Методи та організація дослідження.....	37
2.1. Методи дослідження.....	37
2.2. Організація дослідження.....	49
РОЗДІЛ 3. Дослідження підготовки кваліфікованих біатлоністів в підготовчому періоді річного макроциклу.....	51
3.1. Морфо-функціональні дослідження показників кваліфікованих біатлоністів.....	51
3.2. Дослідження результатів стрільби кваліфікованих біатлоністів.....	58
3.3. Інноваційні технології та застосування штучного інтелекту в підготовці біатлоністів (стрілецька підготовка).....	65
ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ.....	72
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АМЕ	аеробна метаболічна ємність
АНАМЕ	анаеробна метаболічна ємність
АТ	артеріальний тиск
АТФ	аденозинтрифосфат
ЖЄЛ	життєва ємність легенів
МСК	максимальне споживання кисню
ЧСС	частота серцевих скорочень
ЦНС	центральна нервова система
ЗМЕ	загальна метаболічна ємність
ІГСТ	індекс гаргвардського степ-теста
КВ	коефіцієнт витривалості
ETS	систему транспорту електронів
LST/LIT	тренування в повільному темпі
MIT	тренування в середньому темпі
HIIT	високоінтенсивні тренування
SIT	спринтерські інтервальні тренування
CSA	площа поперечного перерізу
TCA	трикарбонових кислот

ВСТУП

Актуальність. Біатлон – це зимовий вид спорту, який протягом останнього десятиліття є одним із популярних видів спорту в Україні. Свою популярність він отримав завдяки своїй привабливості та постійно мінливому ходу гонки [4]. Біатлон поєднує у собі дві різні спортивні дисципліни: лижні гонки та стрільбу. Біг на лижах є видом діяльності, який передбачає велике фізичне навантаження, стрільба, з іншого боку, вимагає більшої концентрації, що часто відбувається під паралельними впливом навантаження [2, 17].

У розвитку сучасного світового спорту можна виділити такі тенденції: гостра конкуренція у всіх видах спорту; дедалі зростаючий рівень спортивної майстерності атлетів, неухильне підвищення світових рекордів, постійне збільшення тренувальних і змагальних навантажень; значне розширення вікового діапазону спортсменів; проведення великих і тривалих змагань у складних екологічних умовах (висока температура навколишнього середовища, гірський клімат, швидка зміна кліматичних зон і часових поясів). Відзначені основні тенденції розвитку світового спорту, насамперед неухильне підвищення тренувальних і змагальних навантажень, викликають необхідність у подальшій і більш інтенсивній розробці комплексного застосування різних засобів відновлення відновлюючих заходів, фізичної, техніко-тактичної та психологічної підготовки спортсменів [8].

Доцільно відзначити, що оптимальне поєднання тренувального процесу та відновлення спортсменів є фізіологічною основою постійної і тривалої адаптації організму до спортивних навантажень. Тому застосування спеціальних засобів і методів відновлення після тренувальних і змагальних навантажень, психологічна підготовка розглядається як невід’ємна складова частина підготовки спортсменів [23].

Високий рівень спортивних результатів залежить від докладно продуманої, науково-обґрунтованої системи підготовки спортивного резерву.

Тренувальний процес повинен забезпечувати всебічний розвиток професійних навичок спортсмена. Тренування в підготовчому періоді повино охоплювати технічні та тактичні аспекти, необхідні для досягнення успіху в біатлоні, включаючи стрільбу з різних положень, техніку та швидкість пересування на лижах, тактичне мислення під час змагань та психологічну готовність до високих навантажень й участі у змаганнях (Мулик В.В., 2015; Бурла А. О., Бурла О. М. (2018); Асаулюк І. О., Буй І. В., 2021).

Аналіз науково-методичної літератури показує, що успіхів можна досягти лише за умови систематичного і цілорічного тренування. Частіше переможцями стають ті спортсмени, у яких навички стрільби базуються згарною лижною швидкістю.

Сучасний біатлон характеризується швидкими змінами умов змагальної діяльності, що створює постійну потребу в оптимізації та вдосконаленні тренувального процесу спортсменів та психологічній стійкості. Незважаючи на широкий вибір запропонованих методів і засобів, важливо постійно оновлювати підходи до тренувальних занять, щоб відповідати новим викликам і підвищеним вимогам спорту. Це визначає актуальність досліджень у цій сфері, спрямованих на пошук найбільш ефективних і сучасних методів підготовки біатлоністів різної кваліфікації.

Мета дослідження – удосконалити тренувальний процес кваліфікованих біатлоністів 18 - 20 років в підготовчому періоді річного макроциклу.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз науково-методичної літератури, що стосується методик підготовки в біатлоні та лижних перегонах в річному макроциклі.
2. Визначити морфо-функціональні показники кращих Світових біатлоністів та України.
3. Здійснити порівняльний аналіз результатів стрільби в різних видах спортивної програми у кваліфікованих біатлоністів.

4. Розробити та практично перевірити спеціальну стрількову підготовку біатлоністів за допомогою комп'ютерної системи Scatt в підготовчому періоді річного макроциклу.

Об'єкт дослідження – тренувальний процес кваліфікованих біатлоністів 18-20 років.

Предмет дослідження – оптимізація тренувального процесу кваліфікованих біатлоністів 18-20 років на підготовчому етапі річного макроциклу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися такі методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури; вивчення й узагальнення практичного досвіду роботи тренерів; аналіз документів планування та обліку тренувального процесу; педагогічні спостереження; спеціальне педагогічне тестування; психологічні дослідження; педагогічний експеримент; методи математичної статистики.

Наукова новизна. Розкрито зміст і напрями розвитку спеціальної підготовки біатлоністів на підготовчому етапі за допомогою використання спеціальних комплексів вправ та спеціальних вправ з психологічної підготовки. Доповнено дані щодо вдосконалення спеціально-фізичної підготовки, розвитку фізичних якостей біатлоністів шляхом впровадження спеціальних комплексів вправ, які включають в себе не лише рухові, але й технічні та психологічні аспекти тренувального процесу.

Структура роботи. Робота складається з трьох розділів, висновків, та списку використаних джерел 78. Робота викладена на 86 сторінках тексту, містить 8 рисунків і 15 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ БІАТЛОНІСТІВ

1.1. Загальна характеристика спортивної підготовки

Біатлон, олімпійський вид спорту, який поєднує техніку пересування на лижах і стрільбу з малоколіберної гвинтівки [45], що потребує від організму спортсмена значних фізіологічних і психологічних вимог, подібні до тих, що пов'язані зі змаганнями в лижних перегонах, і водночас налаштовуючися на удосконалення точного контролю дрібної моторики під час стрільби після проведення інтенсивних вправ і під психологічним тиском [61]. Пересування на лижах з гвинтівкою на спинні може впливати на техніку рухів і біомеханіку дій спортсмена під час гонки [59].

Спортивна підготовка біатлоністів – багатофакторний процес, який охоплює організацію тренувального процесу, підготовку до змагань та участь у них, науково-методичне, матеріально-технічне та медико-біологічне забезпечення, що передбачає створення потрібних умов для поєднання занять спортом з професійною діяльністю, навчанням і відпочинком [3].

Спортивне тренування – складова спортивної підготовки. Спеціалізований процес, побудований на використанні фізичних справ з метою розвитку та удосконалення якостей та здібностей, що обумовлюють готовність спортсмена до здобуття найвищих спортивних показників у конкретній дисципліні, на кожному етапі підготовки.

Організація тренувального процесу з дітьми, вибір методів і методичних прийомів, підбір засобів навчання, визначення ступеня й об'єму навантаження повинні ґрунтуватися на наукових знаннях закономірностей розвитку дитячого організму [6, 37, 42]. Процеси росту і розвитку, збільшення ваги і розмірів тіла, диференціація тканин і органів протікають

безупинно і нерівномірно – періоди інтенсивного зростання змінюються періодами уповільнення. При цьому темпи росту і розвитку окремих органів і систем, по відношенню один до одного, не рівномірні [13, 21].

Кожний віковий період характеризується певними анатомо-фізіологічними, функціональними і психологічними особливостями. Урахування цих особливостей залежить ефективність використання засобів, форм і методів фізичного виховання.

У структурі підготовленості спортсменів виділяють відносно самостійні сторони, що мають суттєві ознаки: технічну, фізичну, тактичну, психологічну, інтелектуальну та інтегральну підготовленість.

У тренувальній та змагальній діяльності біатлоніста ні одна із зазначених сторін підготовленості не проявляється ізольовано, а об'єднується у складний комплекс, спрямований на досягнення найвищих результатів. Кожна із сторін підготовленості залежить від ступеню вдосконалення інших, визначається ними та в свою чергу, обумовлює їх рівень. Наприклад, технічне удосконалення біатлоніста зумовлене рівнем розвитку різних рухових якостей – витривалості, сили, швидкості, гнучкості, координаційних здібностей [3].

Завдання технічної підготовки – досягнення рівня технічної майстерності, який забезпечує найбільш повну реалізацію функціонального потенціалу під час проходження на лижах відрізків змагальної дистанції зі стрільбою на вогневих рубежах. Вирішення цього завдання передбачає розв'язання низки проміжних: оволодіння засадами техніки пересування на лижах і стрільби в процесі пробігання відрізків дистанції; індивідуалізація техніки з урахуванням особливостей спортсмена, її корекція зі зростанням функціональних можливостей; пошук шляхів подальшого удосконалення майстерності; оптимізація варіантів техніки та пересування на лижах у взаємодії зі стрільбою на вогневих рубежах.

Фізична підготовка визначається рівнем розвитку витривалості, силових, швидкісних, координаційних здібностей та гнучкості.

У науковій праці В. П. Карленко [13] зазначається, що для досягнення біатлоністами певного рівня розвитку спеціальної витривалості протягом річного макроциклу необхідно використовувати оптимальні методи тренування та брати участь у контрольних стартах і змаганнях. Це дозволяє не лише вдосконалити рухові якості спортсменів, але й оцінити їхній прогрес, адаптувати тренувальні програми відповідно до індивідуальних потреб і підготуватися до основних змагальних подій сезону.

Силова витривалість є важливою руховою якістю, яка охоплює здатність виконувати рухові дії протягом тривалого періоду часу з високою інтенсивністю, при цьому забезпечуючи стабільність робочої ефективності м'язів. Ця якість визначається не лише витривалістю м'язів, але й їхньою здатністю протистояти втомі та зберігати оптимальний рівень функціонування протягом тривалого навантаження [8, 32].

Швидкісно-силова витривалість і координаційні здібності (рівновага, баланс та інші) є основними для біатлоністів, особливо під час проходження схилів, поворотів та при у складні погодних умовах, таких як снігопад, ожеледь, сильний вітер, низькі температури, а також під час поганого ковзання лиж. Це через те, що збереження високого рівня спеціальних якостей, варіативності технічних дій дозволяє спортсменам підтримувати оптимальну швидкість та ефективно долати перешкоди, що зустрічаються на трасі. Такі дії допомагають зберігати максимальну ефективність рухів протягом усієї гонки під час змагань, що є вирішальним для досягнення успіху в біатлоні.

Всі ці вимоги спеціальної підготовки біатлоністів, вимагають від них не лише високої фізичної підготовки, а й швидкості реакції, координації рухів і психологічної стабільності. Тому необхідно звернути особливу увагу під час підготовчого періода на всі види підготовки, щоб спортсмени були готові ефективно протистояти будь-яким умовам у процесі змагань [14, 27].

У сучасному біатлоні використовуються різноманітні засоби і методи спортивного тренування для розвитку спеціальних якостей. Ці методи

сприяють інтенсифікації тренувального процесу та дозволяють досягти максимального розвитку функціональних можливостей основних систем енергозабезпечення та провідних рухових якостей. Це включає в себе різні види тренувань:

- на довгих повільних дистанціях – Long Intensity Training (LIT);
- тренування в середньому темпі – Moderate Intensity Training (MIT);
- високоінтенсивних інтервальних тренувань – High Intensity Interval Training (HIIT), час роботи 1–4 хв;
- спринтерських інтервальних тренувань – Sprint Interval Training (SIT), час максимальної роботи до ~30 с (Gibala et al. 2014).

Традиційний тренінг LIT передбачає, що особа підтримує субмаксимальне робоче навантаження протягом тривалого періоду часу або успішно завершує фіксовану відстань/час за рахунок потужності, що перевищує середню (Coyle 1995). З іншого боку, HIIT і SIT вимагають від індивіда виконання повторюваних поєдинків з інтенсивністю, близькою до максимальної, протягом короткого періоду часу зі зменшеним обсягом тренувань (Laursen and Jenkins 2002; Gibala et al. 2006).

У більш пізніх дослідженнях почали безпосередньо розглядати важливість інтенсивності фізичних вправ порівняно з об'ємом щодо вмісту та функції мітохондрій (Daussin et al. 2008; Jacobs et al. 2013b; Cochran et al. 2014; Granata et al. 2016b; MacInnis et al. 2016). Granata et al. (2016b) використовували всі три протоколи вправ (LIT, HIIT і SIT), відповідаючи за обсягом у традиційних групах і групах HIIT, для молодих чоловіків із середньою підготовкою. Після 4 тижнів тренувань дослідники спостерігали збільшення максимального мітохондріального дихання на 25% лише в групі SIT, без змін ні в групах LIT, ні в групах HIIT.

MIT — це фізичне тренування з помірною інтенсивністю навантаження, зазвичай у межах 70–85% від максимального серцевого ритму (HRmax) або 60–75% від VO_{2max} . Це проміжна зона між LIT (низькою

інтенсивністю) і НІТ (високоінтенсивними інтервалами), робота в зоні "threshold" (на порозі аеробного-анаеробного переходу).

Таблиця 1.1.

Порівняльні характеристики основних систем тренувань [66]

Параметр	ЛІТ	МІТ	НІТ
Інтенсивність	<70% HRmax	70–85% HRmax	>85–90% HRmax
Мета	Базова витривалість	Порогова витривалість	Анаеробна потужність
Використання	Об'ємне тренування	Порогове тренування	Пікова функціональність

Коли зберігається інтенсивність тренувань і регулюється лише об'єм, мітохондріальна адаптація знову відрізняється, використовуючи схему, за якою спортсмени виконували НІТ один раз на день три рази на тиждень (1/1/3), потім двічі на день три рази на тиждень (2/1/3), а потім один раз на день два рази на тиждень (1/1/2). Granata зі своїми колегами (Granata et al. 2016b) показали, що мітохондріальне дихання та активність цитратсинтази (CS) зросли (приблизно на 50%) лише протягом періоду тренувань із великим обсягом.

Рівень витривалості біатлоніста обумовлений ефективністю енергозабезпеченням м'язової роботи (аеробної, анаеробної, анаеробно-аеробні), стійкістю та варіативністю рухових навичок і вегетативних функцій, рівнем інших фізичних якостей та сторін підготовленості.

Тренування на витривалість призводить до адаптації як серцево-судинної, так і кістково-м'язової системи, що підтримує загальне збільшення фізичної здатності та продуктивності (Brooks 2011). Локальні адаптації в скелетних м'язах, такі як збільшення мітохондріального біогенезу та щільності капілярів, сприяють здатності організму транспортувати та використовувати кисень для генерації енергії, а отже, затримують настання м'язової втоми під час тривалої аеробної продуктивності (Joyner and Coyle 2008).

Розвиток силової витривалості передбачає проведення повторної роботи з використанням ваги в діапазоні від 20% до 30% від максимальних силових можливостей, що виконується у середньому темпі. Важливо, щоб ця робота відбувалася з однаковим навантаженням та сталою швидкістю, щоб забезпечити ефективний розвиток силової витривалості і підвищити рівень фізичної підготовки [11, 51].

У підготовчому періоді рекомендується застосовувати спеціальні вправи з навантаженням, яке становить близько 70% від максимального, такий підхід сприяє ефективній підготовці м'язів і суглобів, щоб вони змогли адаптуватися до більш інтенсивних тренувань [5, 47].

Тренування в ускладнених умовах може змусити спортсмена реагувати на різноманітні чинники, такі як зміни температури, вітер, або адаптуватися до недостатності кисню на висоті. Це сприяє розвитку не лише рухових, але й психологічних навичок, таких як концентрація та стресостійкість. Такий вид тренувань може також сприяти формуванню тісної командної роботи та взаємодії з тренером та партнерами команди. Усе це підкреслює важливість регулярного включення ускладнених умов у тренувальні програми для розвитку силової витривалості. Такий підхід дозволяє спортсменам не лише підвищити фізичну підготовку, але й готуватися до різноманітних умов, з якими вони можуть зіткнутися під час змагань [9, 27].

У сучасному світі спортивного тренування не існує однозначної думки щодо методів та засобів розвитку спеціальних якостей у біатлоні. Це пояснюється різноманітністю підходів до тренування фахівців різних країн, індивідуальними особливостями спортсменів та постійними дослідженнями у галузі спортивної науки табл. 1.2.

Деякі тренери та експерти [23; 59] переважно спрямовуються на використання традиційних силових вправ, таких як присідання з вагою, жим лежачи та станова тяга, для підвищення загальної сили. Інші [31; 56] надають перевагу функціональним тренуванням, що базуються на комплексі спеціальних вправ, які імітують рухи та дії, які характерні для біатлону.

Таблиця 1.2.

Інноваційних технологій у підготовці лижників-гонщиків та біатлоністів

Країна	Вид спорту	Інноваційні технології	Літературне джерело	Посилання	Анотація
Норвегія	Лижні гонки	Проект FramSki: персоналізація ковзання лиж	Norwegian SciTech News	https://norwegianscitechnews.com/2025/03/making-the-worlds-fastest-skis/	Проект FramSki спрямований на створення лиж з індивідуальними характеристиками під спортсмена і умови снігу.
Норвегія	Лижні гонки	Порівняльний аналіз VO ₂ max юніорів і дорослих	Frontiers in Physiology	https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2023.1288606/full	Порівнюються тренувальні характеристики та VO ₂ max у юніорів і дорослих лижників світового рівня.
Швеція	Лижні гонки	Моніторинг захворювань і обсягів тренування	PLOS ONE	https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0250088	Дослідження фіксує перехід юніорів у дорослі спортсмени з точки зору тренувального навантаження та здоров'я.
США	Лижні гонки	Розвиток м'язів ядра для економії енергії	Journal of Sports Sciences	https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02701367.2021.1887441	Ефекти статичного та динамічного тренування м'язів ядра на економіку рухів у юніорів.
Німеччина	Лижні стрибки	Skilog: сенсорна система зворотного зв'язку	arXiv	https://arxiv.org/abs/2309.14455	Інтелектуальна система для оцінки техніки та продуктивності спортсменів у реальному часі.
Фінляндія	Лижні гонки, біатлон	Моделювання тренувального процесу юніорів	Nord University	https://www.nord.no/en/research/research-at-the-faculties/research-at-fea/physical-education-sports-and-outdoor-life/performance-development-in-cross-country-skiing-and-biathlon	Аналіз підходів до тренування китайських та норвезьких спортсменів у лижних гонках і біатлоні.
Італія	Лижні гонки, біатлон	Методологія для покращення досліджень	Springer	https://link.springer.com/article/10.1007/s42978-021-00112-6	Рекомендації щодо підвищення якості досліджень у зимових видах спорту.
Норвегія	Лижні гонки	Пірамідальна модель розподілу інтенсивності	Frontiers in Sports and Active Living	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7947281/	Дослідження характеристик тренувань світових лижників на довгі дистанції, що включає пірамідальну модель розподілу

		тренувань			інтенсивності тренувань з акцентом на техніку подвійного відштовхування.
Швеція	Лижні гонки	Використання вимірювачів потужності в лижних палицях для ідентифікації технік	arXiv	https://arxiv.org/abs/1904.10359	Пілотне дослідження застосування машинного навчання для ідентифікації технік лижного ходу на основі даних з вимірювачів потужності в палицях.
США	Біатлон	Гіпоксичні тренування для підвищення витривалості	Emory University - History of Skiing & Snowsports	https://scholarblogs.emory.edu/historyofskiing/2023/05/02/the-evolution-of-sports-performance-testing-in-biathlon/	Аналіз використання гіпоксичних тренувань у біатлоні для покращення витривалості та підвищення рівня гемоглобіну.
Фінляндія	Лижні гонки	Роль сили верхньої частини тіла у лижних гонках	16th International Symposium Combined Endurance and Strength Training for Physical Fitness and Sports Performance	https://slideplayer.com/slide/7347062/	Обговорення важливості розвитку сили верхньої частини тіла для покращення продуктивності у лижних гонках.
Італія	Лижні гонки	SkiTraVis: візуалізація траєкторій лижників у монокулярних відео	arXiv	https://arxiv.org/abs/2304.02994	Розробка алгоритму для візуалізації траєкторій лижників на основі монокулярних відео, що може покращити аналіз техніки.
Україна	Лижні гонки	Аналіз змін функціонального стану кардіореспіраторної системи під час підготовчого періоду	ResearchGate	https://www.researchgate.net/publication/364470140_A_Systematic_Review_of_the_Effects_of_Strength_and_Power_Training_on_Performance_in_Cross-Country_Skiers	Оцінка змін функціонального стану кардіореспіраторної системи та параметрів фізичної працездатності у лижниць-гонщиць протягом підготовчого періоду.

Засоби та методи вдосконалення тренувального процесу у біатлоні незмінно є об'єктом досліджень та експериментів у спортивній науці. Тривалі дебати стосовно оптимального підходу до тренувань підштовхує до постійного вдосконалення методики спортивного тренування, щоб забезпечити максимальний результат та направлено на підтримання здоров'я спортсменів [3, 11, 27, 38, 46].

1.2. Особливість психологічної підготовки біатлоністів

У біатлоні, як й в інших видах спорту психологічна підготовка поділяється на психологічну підготовку тренера та психологічну підготовку спортсмена. У свою чергу в психологічній підготовці спортсмена виділяють чотири розділи, тісно пов'язані між собою:

а) психологічну підготовку до довгого навантаженого тренувального процесу та “вкатці”, чи літньо - осінньому ;

б) загальну психологічну підготовку до змагань в умовах високогір'я чи рівної місцевості;

в) корекцію психічних станів на заключному етапі підготовки до відповідальних змагань;

г) спеціальну підготовку до конкретних змагань.

Психологічна підготовленість біатлоніста багато в чому обумовлена його особистими якостями та особливостями - дисциплінованістю й вимогливістю до себе, цілеспрямованістю, сміливістю й рішучістю, наполегливістю, упевненістю у своїх силах та емоційною стійкістю під час виступів у змаганнях. Провідні напрямки психологічної підготовки: формування мотивації для досягнення високої спортивної майстерності; виховання вольових якостей; регулювання психічної напруженості та формування емоційної стійкості; керування передстартовим станом [27, 61].

Вирішення найважливішого завдання психологічної підготовки - формування стійкої мотивації для досягнення високої майстерності - прямо обумовлене педагогічною майстерністю тренера.

Деяка ступінь психічного перенапруження в пік тренувального навантаження - це природній результат правильно побудованого тренувального процесу. Відсутні ознаки психічної перенапруги означає, що біатлоніст міг би витримати більше фізичне навантаження та більш жорсткий спортивний режим.

Якщо в повсякденному тренувальному навантаженні, далекому від максимуму об'єму та інтенсивності, у спортсмена з'являються явні ознаки психічного перевантаження, причини його треба шукати в додаткових факторах:

а) поганому психологічному кліматі (наприклад, довге перебування на зборах далеко від будинку, від сім'ї);

б) зниження мотивації (наприклад, відміна від'їзду на змагання, у яких біатлоніст дуже хотів прийняти участь);

в) у конфліктній життєвій ситуації (наприклад, необхідність ділити години між тренуванням та підготовкою в університеті);

г) поява в системі цінностей нової цінності, більш значної, ніж спорт, та інше.

Хвилювання перед стартом - необхідний компонент високого результату. Воно допомагає спортсменові зробити крок через стандарти тренувальних результатів, піднятися над собою частіше на неочікувану висоту.

Психологічна підготовка змагального періоду та тренувального дуже відрізняються між собою. Те що було корисно для мотивації тренувального процесу, може бути шкідливе в змагальній обстановці (розмови про результати перегони та стрільби, усякого роду "накачування", привертання уваги на значності виступу). Всі це дозволено лише в крайніх випадках поганого настрою спортсмена, і то перед стартом. Якщо в період змагань у

спортсмена підвищена чуттєвість до всього, що так чи інакше торкається його виступу та результату, та в першу чергу до різних проявів станів тренера. Тому тренер ні при яких обставинах не винний проявляти хвилювання, сумнівів з приводу виступу спортсмена, невпевненості, подразнення та інших негативних явищ [11, 32, 47].

Біатлоніст повинен знати, що найсильніший ворог майбутнього результату - це помисли про нього. Їх треба замінити помислами про працю, про те, що як і коли робити. Без постійної підготовки з боку психології спортсмен не може правильно виконати стрільбу, та розумно пройти усю дистанцію. Тому психологічна підготовка біатлоністів так важлива як у тренувальному, так й у змагальному періодах [29, 53].

За допомогою бази даних літератури (LIDA), яка є частиною та співпрацює з Міжнародним союзом біатлоністів (IBU) та Інститутом прикладних досліджень тренувань (Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)) у Лейпцигу. Вона працює на платформі, яка базується на дослідницькій базі даних тренувань SPONET (що містить понад 50 000 записів і щомісяця зростає на 350 нових публікацій) доступних про тренування з біатлону.

Під час дослідження наукових праць з психологічної підготовки біатлоністів, нами були виявлені наступні дані, які ми сформуваємо в таблицю 1.3.

Психологічна підготовка використовується для виявлення формування та розвитку психологічних процесів та якостей особливості біатлоністів, необхідним для успішної тренувальної діяльності та виступів на змаганнях. При цьому враховується те, що психологічна підготовка сприяє ефективному проведенню інших видів підготовки (загальної фізичної, спеціальної фізичної, теоретичної, практичної, технічної), а також є умовою виступу на змаганнях.

Таблиця 1.3.

Дослідження психологічного стану в змагальній діяльності в біатлоні

Автор	Посилання	Анотація	Висновки
Frank Eirik Abrahamsen, Andreas Kvam, Stig Arve Sæther (Норвегія) 2024	https://www.mdpi.com/2075-4663/12/2/38	Психологічні детермінанти результатів у біатлоні: тематичне дослідження національної збірної Норвегії U23	Результати дослідження зосереджені на складному взаємозв'язку між психологічними факторами, зокрема самоефективністю, тривожністю, контролем уваги та результативністю, у стрільбі з біатлону. Висновки: Впровадження цілісного підходу до тренувань з біатлону передбачає гармонізацію фізичних та психологічних елементів з персоналізованими режимами психологічної підготовки.
Josefsson, T., Gustafsson, H., Iversen Rostad, T., Gardner, F. L., & Ivarsson, A. (Швеція) 2020	Josefsson, T., Gustafsson, H., Iversen Rostad, T., Gardner, F. L., & Ivarsson, A. (2020). Mindfulness and shooting performance in biathlon. A prospective study. <i>European Journal of Sport Science</i> , 21(8), 1176–1182. https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1821787	Уважність та результати стрільби в біатлоні. Перспективне дослідження	Результати дослідження показали, що аспекти усвідомленості позитивно пов'язані з результатами стрільби, причому вищі рівні Усвідомленості, Перефокусування та Усвідомлення пов'язані з кращими результатами стрільби у змаганнях. Незважаючи на те, що пояснена дисперсія була досить невеликою, навіть незначне покращення результатів стрільби може збільшити шанси спортсмена на перемогу у змаганнях з біатлону.
Emilia Florina Grosu, Florin Constantin Motică, Mircea-Nicolae Ordean, Vlad Teodor Grosu 2018	https://www.heartmath.org/research/research-library/abstracts/ski-biathlon-mental-training-techniques/?utm_source=chatgpt.com	Підвищення результатів у лижному біатлоні шляхом зниження тривожності та стресу за допомогою методів ментального тренування	Порівняльний аналіз результатів тестів, застосованих до досліджуваних груп, та статистичної значущості дозволяє стверджувати, що застосування розумового тренування призводить до зниження тривожності, пов'язаної з технічними проблемами.
Moran A, Toner J, Campbell M. 2018	Moran A, Toner J, Campbell M. Attention and concentration. In: A Mugford, JG Cremades,	У психології термін «увага» стосується когнітивної системи, яка полегшує вибір	У цьому розділі розглядається застосовна психофізіологічна теорія, що інформує про практичні способи концептуалізації та втручання в роботу з

	eds. <i>Sport, Exercise, and Performance Psychology</i> . 1st ed. Routledge; 2018: 233-250.	одних стимулів для подальшої обробки, одночасно пригнічуючи вибір інших стимулів. У спортивній та виконавській психології було проведено значні дослідження того, як експерти та новачки використовують свою перцептивну систему для керування своєю увагою. У психології «пупілометрія» – це об'єктивне вимірювання розумових зусиль за допомогою викликаних завданням змін діаметра зіниці ока під час когнітивної обробки.	оптимальними виконавцями, спрямовані на покращення управління енергією та стресом шляхом оптимальних звичок сну та психофізіологічної саморегуляції фізичного та психічного станів. Продуктивність можна розглядати як кінцевий результат підходів до саморегуляції для пом'якшення/оптимізації рівня стресу, як з превентивної, так і з відновлювальної або коригувальної позиції. Психологічні стресори можуть викликати значну фізіологічну реакцію, яка виснажує людину за відсутності адаптивних здібностей до подолання труднощів або «розумових навичок». Стрес, рівень енергії, збудження та, зрештою, продуктивність залежать не лише від фізіологічних факторів, таких як сон; на них також впливають когнітивні функції, емоції та поведінка.
Bartura K, Abrahamsen FE, Gustafsson H, Hatzigeorgiadis A, Gorgulu R. Норвегія 2024	Bartura K, Abrahamsen FE, Gustafsson H, Hatzigeorgiadis A, Gorgulu R. Ironic processes of concentration and suppression under pressure: A study on rifle shooting in Norwegian elite biathletes. <i>Scand J Med Sci Sports</i> . 2024; 34:e14647. doi:10.1111/sms.14647	У стрільбі з гвинтівки придушення небажаних думок може мати зворотний ефект, змушуючи спортсменів поводитися всупереч бажаному наміру та ще більше погіршувати свої результати.	Намагання контролювати повторювані праймінгові зусилля та негативні думки зменшують іронічні помилки у виконанні в подібній мірі в умовах когнітивного навантаження серед біатлоністів, незалежно від впливу перешкод. Потрібні подальші дослідження, щоб визначити ефективність придушення негативних інструкцій, пов'язаних із завданням, у зниженні ймовірності іронічних помилок у виконанні під тиском.

Під психологічною підготовкою біатлоніста мається на увазі стан спортсмена, який з'явився в результаті підготовки (у тому числі й психологічної) та дозволяючий досягнути особливих результатів у змагальній діяльності. Завжди повинен бути взаємозв'язок видів підготовки (психологічної, фізичної, спеціальної, технічної, тактичної, теоретичної). Частіше всього психологічна підготовка розглядається як один з видів підготовки. У цьому випадку їй, поряд з іншими видами, відводиться відповідна роль у плануванні тренувального та змагального процесів, позначаються відповідна мета, форми та методи [13, 25, 56]

Виявляється, що по-перше, повинно бути враховано сумарний вплив навантаження, а по-друге виявлено співвідношення однієї мети з іншою фізичною підготовкою, при цьому це співвідношення наприкінці встановлює динаміку мотивів спортсмена. У зв'язку з цим психологічну підготовку можна розглядати як особливу функцію формування суб'єктивного відношення, оцінки значності усіх видів зробленої праці для успіху в спортивній діяльності. Умови та процес виникнення й розвитку активності людини, у якому її психіка збагачується знанням та засобами перетворення дійсності вважається суб'єктивізацією.

До психологічної підготовки біатлоністів відносять також необхідність підвищення активності усіх пізнавальних психічних процесів. Загострення відчуттів та сприймання, рухливість уявлень, швидкість розумових операцій - всі це в цілому забезпечує успішність підготовки в спорті. Велике значення має широке використання засобів стимуляції вольових зусиль, що дозволяє спортсменам виявляти свої резервні можливості та достатньо ефективно перетворювати їх у свідомість. А свідомість біатлоніста виявляється у вигляді відчуттів та сприйняття уявлень, пам'яті, уваги, волі та емоцій, характеру та темпераменту. У процесі психологічної підготовки, з одного боку, у спортсмена поширюється резерв нових образів своєї рухової активності, а з іншої - з'являються умови для найбільш повноцінного використання всієї його психоенергетики. Тільки на трасі або на рубежі в

багатьох випадках необхідно навчати спортсмена витратити усю наявну психологічну енергію з вибухом. Тільки на цій основі й досягаються високі спортивні результати [5, 12, 29].

Перед психологічною підготовкою біатлоністів постає ряд суттєвих завдань, які витікають із потреб підвищення спортивної майстерності та до успішного виступу на змаганнях [53].

Найбільш загальними є такі завдання:

1) поширити та заглибити склад образів особистих рухливих дій спортсмена та на цій основі підвищити рівень свідомого управління найбільшою кількістю рухів та дій;

2) розробити методи свідомого управління функціями свого організму та на цій основі підвищувати резерви психоенергетики спортсмена;

3) формувати вміння одержувати перемогу при виступах на змаганнях та на цій основі досягати високих показників в усіх видах спортивної підготовки;

4) збагачувати пам'ять спортсмена знаннями наукових психологічних понять та на цій основі розкривати шляхи впровадження виявлених закономірностей у галузі психології в практику спортивної діяльності [6, 20, 47].

Найбільш ефективним засобом удосконалення психічних якостей виступає комплекс вправ, спрямованих на розвиток спеціальної стрілкової підготовки й зв'язаних з високими вимогами до фізичних і психічних можливостей організму. Засобами психологічної підготовки можуть бути: стрільба на завдання (з визначеним результатом), використовуючи ТСО, турніри (дуельна стрільба), виконання різних ігрових вправ, контрольна стрільба, швидкісна стрільба 5+5, вивчення аутогенного тренування, дихальної гімнастики на зниження ЧСС, тренування техніки стрільби з реєстрацією основних її параметрів в умовах тренування й модельних розумів змагань, тренування в різних тимчасових інтервалах, застосування

ритмо-структурних комплексів - виконання серій вправ по зонах інтенсивності.

1.3. Інноваційні технології та застосування штучного інтелекту в підготовці біатлоністів (стрілецька підготовка)

Біатлон, це багатокomпонентний вид спорту, який поєднує різне за характером навантаження – максимально динамічне під час лижної гонки та статичне напруження під час стрільби. Окремими спеціальними тренуваннями в лижних гонках і стрільбі можна досягнути високих результатів в окремому з цих видів спорту, але реалізувати з успіхом таку підготовку у змаганнях з біатлону майже неможливо [35].

Результативність стрільби – одна з найважливіших характеристик успішного біатлоніста. Дане вміння є безумовно вродженим, (це доведено науковцями які займалися цим питанням) але відомо й те, що його як і будь-яке інше, можна розвинути у значній мірі (Брюховских Т.В. 2015; Пятков В.Т. 2002). В залежності від методики занять і принципового індивідуального підходу до потенціальноуспішного спортсмена, можна виховати з нього майстра спорту (Мулик В. В. 2010; Калиніченко О. М. 2008, 2011; Лопатьєв А. О. 2009). У стрільбі в основному вся техніка обумовлена мікрорухами в суглобах тіла спортсмена, які ледь помітні для очей тренера (Зубрилов Р. О., 2010, 2012) [35].

Влучний постріл – це наслідок точного виконання біатлоністом визначених дій – підготовки до пострілу, прицілювання, затримки дихання і спуска спускового гачка. Всі ці дії знаходяться в чітко визначеному взаємозв'язку, мають окремі завдання, направлені на вирішення загального завдання – влучного виконання пострілу. Кожен з цих елементів має свої, строго визначені, завдання, направлені на вирішення однієї мети – уразити ціль. Так, наприклад, виготовлення повинне забезпечити достатню стійкість

(нерухомість) зброї, щоб у момент роботи пострілу не відбулося його відхилення від наміченої мети [4].

Сенс прицілювання полягає в тому, щоб додати зброї строго певний напрям для ураження малої по розмірах цілі. Щоб зберегти достатню стійкість зброї при приготуванні, необхідно на час роботи пострілу затамувати подих, зменшивши тим самим коливання грудної клітки, і плавно натиснути на спусковий гачок у момент найменшого коливання зброї [15].

Фахівці виделяють основні елементи техніки стрільби.

1. Приготування – створення необхідної рівноваги біатлоніста із зброєю і оптимальною для цього напругою м'язового апарату, забезпечення нормального функціонування зорового апарату, внутрішніх органів і кровообігу. У біатлоні існує два положення для стрільби з гвинтівки: лежачи і стоячи [13].

2. Влучність стрільби залежить від приготування стрілка і ступеня коливання зброї під час здійснення пострілу, тому основною задачею спортсмена є пошук оптимального положення, що забезпечує найменше коливання системи "тіло стрілка – зброя":

- мушка праворуч від мішені – зменшити кут розвороту тулуба;
- мушка вгорі – просунути вперед;
- мушка внизу – відсунути назад;
- точніше наведення в біатлоні проводиться в процесі дихання [4].

Приклад гвинтівки необхідно притискати до плеча так, щоб під час прицілювання не відбувалося продавлення його вниз або убік, опускаючи лівий лікоть на землю, злегка притиснути правою рукою приклад до плеча. Не напружуючи надмірно м'яза шиї, покласти щоку на гребінь прикладу так, щоб око знаходилося проти діафрагми. При цьому у біатлоніста повинне бути відчуття зливої голови і прикладу як єдиного цілого [4, 13, 15].

Через те що антропометричні дані в людей різні, неможливо розробити єдине положення, що могло б підійти всім стрілкам. Тому спортсмену в процесі тренувальних занять варто підібрати найбільш раціональний для себе

варіант приготування, виходячи зі своїх індивідуальних особливостей, однак не виходячи за рамки правил змагань і з огляду на встановлені закономірності, і в цьому може допомогти ШІ.

У спорті неприродний розум (штучний інтелект) присутній досить давно, як і різноманітні технології. І саме вони збільшують його видовищність, покращує контроль за станом спортсменів та допомагає у побудові тренувального процесу. З часом штучного інтелекту (AI) буде все більше, і всі ми маємо бути до цього готові, хоча б підсвідомо.

Вивчення досвіду ведучих спортсменів, розумний критичний підхід до вибору раціонального варіанта приготування, безперестанний пошук і удосконалення її елементів у процесі тренувальних занять – це основні шляхи досягнення високих стабільних результатів у стрільбі [4, 15, 36].

Зручність у приготуванні – поняття відносне. Воно залежить від ступеня тренуваності спортсмена. Відомо, що якщо попрацювати із зброєю (макетом) 5–6 днів по 30–40 хв., то, що здавалося раніше незручним положенням тіла або якої-небудь його частини, стає звичним, зручним. Стійкість зброї при стрільбі лежачи погіршується на 7%, а при стрільбі стоячи на 19% (при монокулярному зорі). Зажмурювання лівого ока впливає на гостроту правого до 22%, хоча відомо, що біокулярний зір краще монокулярного [36].

Баланс (стійкість) біатлоніста при стрільбі залежить від багатьох чинників: від правильного приготування; ступені закріплення м'язів і зв'язок; положення тіла; постановки голови. Спосіб більшої концентрації «відчуття пози» шляхом тренування спортсменів у приготуванні без зорового контролю як «вхолосту», так і при стрільбі на укорочені дистанції. Формування стійкості в приготуванні, як на початку навчання, так і в подальшому вдосконаленні, вирішується шляхом утримання зброї в точці прицілювання при тренуванні без пострілу і при стрільбі. Доцільним є і виконання стрільби з виносом точки прицілювання на стрілецькому тренажері «scatt» [4, 36].

Стійкість тіла спортсмена при підготовці до стрільби забезпечує руховий апарат людини, що підрозділяється на пасивний (кістки, зв'язки) і активний (система м'язів). У роботі рухового апарата і керуванні їм ведуча роль належить нервовій системі. При скороченні м'язи можуть виконувати роботу двох видів: статичну – при фіксації (закріпленні) рухливих ланок тіла в тому чи іншому положенні і динамічну – під час виконання рухів окремих ланок тіла [4].

При динамічній роботі відбувається послідовність напруги м'язів з розслабленням, скорочення з розтяганням. Природно, що статична робота м'язів у силу їх безупинного і тривалого скорочення більш стомлююча, ніж динамічна, при якій у проміжках між окремими скороченнями м'яз відпочиває [2].

У біатлоні, у відмінності від стрільби, виключається можливість стомлення м'язів від їх статичної напруги через нетривалість ведення стрільби. Стомлення м'язової системи, як і всього організму, відбувається внаслідок навантаження, отриманого при проходженні дистанції.

З огляду на те, що забезпечувати і зберігати визначене положення тіла при приготуванні до стрільби тільки за рахунок напруги м'язів недоцільно (стійкість швидко порушується в наслідок стомлюваності м'язів), потрібно прагнути велику вагу зброї і тулуба перекласти на пасивний руховий апарат (кістки і зв'язки), що володіють меншою рухливістю. Отже, при підготовці до стрільби варто вибирати таке вихідне положення, при якому фіксація рухливих ланок тіла в суглобах досягалася б не стільки м'язовою системою, скільки пружними сухожильними зв'язуваннями (практично невтомними в порівнянні з м'язами). Включення в роботу пасивного рухового апарата забезпечує нерухоме вихідне положення і в такий спосіб найменше коливання системи «тіло стрілка – зброя» під час стрільби [4, 15, 36].

Прицілювання – важливий зорово-руховий процес. Спортсмену приходится прицілюватися в умовах безперервного коливання гвинтівки, особливо вираженого після навантаження. Тому задача біатлоніста не тільки

в зоровому сприйнятті порушень у взаєморозташуванні прицілу, мушки й цілі, але й у відновленні влучного напрямку гвинтівки відносно цілі [4, 15].

Зорова сенсорна система дозволяє точно розрізнити кольори, розміри, форму, ступінь освітленості, розташування предметів оточення. Зорова сенсорна система біатлоніста повинна забезпечувати високий ступінь гостроти зору впродовж виконання стрілецької вправи в цілому.

Довге прицілювання знижує працездатність як рухового, так і світло сприймаючого апарата ока: знижується чіткість зображення предмета й яснє бачення його, що викликає грубі помилки в прицілюванні. Тобто, не можна допускати "зацілювання". Оптимальний час прицілювання 2–4 с на кожному мішені [15].

Характер залежності точності визначається участю контролю за рухом переважно різних сенсорних систем. Пульсоподібні «скачки» гвинтівки помітно знижують кучність стрільби, якщо постріли відбуваються в різні моменти щодо поштовху систоли. Коли ж стабільність моменту пострілу по відношенню до передування йому систолі вище, то біатлоністові вдається понизити негативну дію пульсації [36].

У зв'язку з перезарядкою і відхиленням загальної технічної підготовки при стрільбі лежачи та стоячи, необхідно здійснювати контроль дихання перед кожним пострілом. Дихання залежить від індивідуальних здатностей біатлоніста. Напрямок стрільби справаналіво з підводкою мушки праворуч, ліворуч, зверху або знизу. Експериментально доведено, що краще проводити мушку знизу нагору, більш якісно, але в тимчасових режимах є резерв [4].

Спуск гачка – завершальний етап здійснення пострілу. Він завжди має вирішальне значення, тому що при неправильному спуску гачка (різкі рухи), передчасному чи запізньому спуску можливий зсув зброї, збивання наведення.

Влучний постріл можливий тільки при плавному натисканні на спусковий гачок у строгій погодженості з правильним прицілюванням. Характер і ступінь коливання зброї змінюються протягом різних відрізків

часу і досягають своєї меншої амплітуди в момент урівноважування системи й уточнення прицілювання [4]

Штучний інтелект може допомагати, но не замінити тренера в біатлоні та інших видах спорту.

Міжнародний союз біатлоністів намагається йти в ногу з часом. Разом зі своїм медіапартнером Eurovision Sport IBU вже застосовує систему камер на стрільбищі на основі штучного інтелекту. Це гарантує, що всі 30 стрілецьких позицій будуть охоплені, а національні транслятори матимуть змогу вивести в етер свого атлета.

Ще майже 10 років тому швейцарські фахівці робили дослідження, в якому намагались передбачити рівень стрільби біатлоніста та її залежність від різних факторів.

Різноманітні датчики на тілі атлета – це також штучний інтелект, але це вже не щось нове та надто прогресивне. Однак всіх цих зчитувачів даних і порад від ШІ на основі них ставатиме все більше.

Кілька років тому на одній із зустрічей міжнародна біатлонна спільнота, голови федерацій, дискутували щодо напрямків розвитку цього виду спорту найближчим часом. Президент Федерації біатлону Молдови, далеко не найбільш біатлонної країни, заявив про впровадження системи, яка відстежуватиме реальний прогрес біатлоністів ще з дитячого спорту.

Проведений нами аналіз наукових досліджень з питання застосування штучного інтелекту та інноваційних технологій в підготовці біатлоністів, особливо, що стосується стрілецької підготовки, було виявлено (табл. 1.4.)

Дослідження Maier T. та колег (2018), які дослідили дані 118 300 пострілів за 4 сезони та навчили різні моделі машинного навчання, перш ніж передбачити 34 340 майбутніх пострілів (у наступному сезоні) виявили, що спортсменам слід зосередитися на загальних показниках влучань в певний режим стрільби, які втілюють майстерність стрільби, тоді як інші впливи здаються незначними [56].

Таблиця 1.4.

Дослідження застосування ШІ в стрілецькій підготовці біатлоністів

Дослідження	Автор(и)	Методика	Джерело
ML-прогноз пострілів	Maier, T., Meister, D., Trösch, S., Wehrlin, J.P. (2018)	Мета цього дослідження полягала в тому, щоб А) дослідити фактори, що впливають на результати стрільби у біатлоні, та В) передбачити майбутні влучання та промахи.	<i>Journal of Sports Sciences</i>
Байєсівська модель	Leonelli, M. (2025)	Модель враховує специфічні для спортсменок, позиції, типу гонки та етапу ефекти, забезпечуючи комплексне уявлення про мінливість точності стрільби. Включаючи динамічні компоненти, ми показуємо, як результати змінюються протягом сезону, а валідація моделі демонструє сильну прогностичну здатність як на загальному, так і на індивідуальному рівнях.	<i>International Journal of Performance Analysis in Sport</i>
SCATT-тренінг юніорів	Plotskaya, E., Zakharova, A. (2015)	Використання SCATT-симулятора для тренувань поштуральної стабільності (14–19 років, 0,5 год три рази/тиждень, 21 день)	<i>SciTePress</i>
Метод корекції прицілу	Zubrilov R., Astafyev, N. (2023)	Удосконалення алгоритму тренування стрільби біатлоністів методом «прицілювання» за змінних вітрових умов	<i>Sport Herald</i>
Vuokatti lab	Vuokatti Training Range (Фінляндія, 2024)	Розробленому відділом спортивних технологій Університету Ювяскюля, біатлоністи стріляють по електронних мішенях, а точність влучання миттєво відображається стрільцю та тренеру.	<i>University Feature</i>

Аналіз публікації Leonelli M. (2025) «Прогнозування та розуміння результатів стрільби у професійному біатлоні: байєсівський підхід» виявив, що ця робота демонструє потенціал передового байєсівського моделювання у спортивній аналітиці, прокладаючи шлях для майбутніх досліджень у біатлоні та подібних видах спорту, що вимагають інтеграції технічних навичок та навичок витривалості [53].

Під час своїх досліджень Plotskaya E., Zakharova A. (2015) використовували інноваційний метод SCATT-тренінг для підготовки юних біатлоністів та виявили суттєве покращення технічних параметрів: зменшення траєкторії прицілювання та зростання точності стрільби, та при цьому методі не потрібно використовувати патронів, а тільки електронне обладнання, яким може керувати та контролювати ШІ.

Дослідження українських фахівців Зубрилова Р. та Астаф'єв М. (2023), які були направлені на удосконалення стрілкової підготовки під час важких погодних умов (сила та зміна напрямку вітра). Вони розробили алгоритм тренування з використанням електронного тренажера стрільби (SCATT), який дозволив значно зменшити витрати патронів та пришвидшує оволодіння технікою стрільби біатлоністами в реальних важких умовах.

Стрілковий тир, який розташований поблизу спортивного центру Вуокатті є першим у своєму роді у Фінляндії, а також унікальним у Європі. Фахівець проекту Антті Леппявурі з факультету спортивних та медичних наук Університету Ювяскюля розробив електронні мішені для біатлоністів під час застосування яких, точність влучання миттєво відображається стрільцю та тренеру на екрані, і біатлоніст отримує негайний зворотний зв'язок. Електронна система дозволяє тренеру виконувати іншу роль, краще використовуючи свій тренерський досвід. На цьому стрільбищі тренеру не потрібно використовувати телескоп, щоб спостерігати за влучаннями. Натомість тренер зосереджується на спостереженні за біатлоністом та виявленні можливих недоліків, що впливають на його виступ.

Штучний інтелект допомагає спортсменам та тренерам під час тренувального процесу та і в звичайному житті, але він не може замінити людину-тренера-товарища, тому що від немає емоцій та духовності.

Проведені бесіди зі спортсменами-біатлоністами збірної команди України показали, що наприклад: Анастасія Меркушина каже, що не використовує ШІ у тренувальному процесі. Натомість він допомагає їй в інших справах. Лідер української команди Дмитро Підручний на застосування ШІ наразі дивиться спокійно, але поки що не застосовує в своєму тренувальному процесі. Приблизно ж таке ж бачення має Віталій Мандзин: "Серйозно темою штучного інтелекту не цікавлюсь, досить далекий від того. Інколи, коли є якесь питання, що не стосується спорту, то буває згадаю про ШІ та щось у нього запитаю. Але насправді поки що не планую ним активно користуватися, не бачу такої потреби наразі".

ВИСНОВКИ 1 РОЗДІЛ

На сучасному етапі біатлон продовжує розвиватися не лише як один із провідних зимових олімпійських видів спорту, а й як інноваційна система взаємодії між людиною, технікою й новітніми науковими досягненнями. В умовах підвищення конкуренції на міжнародній арені, а також постійного зростання вимог до результативності, фізичної витривалості та психологічної стійкості спортсменів, виникає об'єктивна необхідність у вдосконаленні підходів до тренувального процесу. Одним із найбільш перспективних напрямів такого вдосконалення є застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) в системі спортивної підготовки біатлоністів.

У найближчі три роки, найімовірніше, ШІ активно буде впроваджуватись у кількох напрямках: аналітика результатів та тактика, аналіз техніки спортсмена, тактичні рішення (на основі статистики попередніх гонок, погоди, форми суперників). ШІ зможе аналізувати пульс,

дихання, стабільність прицілу — і давати рекомендації для підвищення точності. Можливе створення індивідуальних тренажерів зі зворотним зв'язком на основі ШІ, які адаптуються до поточної форми спортсмена

Розвиток біатлону сьогодні характеризується широким використанням цифрових платформ, сенсорних пристроїв, систем біомоніторингу та відеоаналізу. Завдяки ШІ-технологіям стало можливим прогнозування результатів, аналіз стрільби й лижного ходу, виявлення технічних помилок, а також індивідуалізація навантаження в реальному часі. Наприклад, сучасні симулятори (типу SCATT) використовуються для поліпшення стрілецької точності, контролю за мікродинамікою прицілювання, швидкістю виконання пострілу та стабільністю позицій.

Штучний інтелект активно впроваджується в аналіз фізіологічного стану спортсменів та адапційних процесів, забезпечуючи моніторинг серцевого ритму, частоти дихання, м'язової активності, рівня втоми та ефективності відновлення. Адаптивні тренувальні платформи, які використовують машинне навчання, дозволяють будувати індивідуальні програми підготовки на основі багаторічних даних з урахуванням вікових, морфофункціональних і психофізіологічних характеристик спортсменів.

Особливу роль ШІ відіграє у стрілецькій підготовці, яка є унікальною складовою біатлону. Програми з комп'ютерним зором аналізують якість прицілювання, затримку дихання, стабільність прикладання зброї до плеча, швидкість реакції на ціль. Новітні розробки в галузі доповненої реальності дають змогу тренуватися в умовах, наближених до змагань, навіть за відсутності снігового покриття чи реального стрільбища.

Крім того, нейромережеві моделі дедалі частіше використовуються в оцінюванні психологічного стану біатлоністів, зокрема для моніторингу рівня тривожності, концентрації уваги, здатності до саморегуляції. Це сприяє формуванню комплексного підходу до підготовки спортсменів, який враховує не лише фізичні, але й когнітивні та емоційні складові їхньої готовності.

Таким чином, впровадження штучного інтелекту у систему підготовки біатлоністів демонструє високу ефективність та відкриває нові горизонти для наукового обґрунтування тренувального процесу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення інтегрованих цифрових платформ, що забезпечать безперервне поєднання аналізу тренувальних даних, прогнозування змагальної форми та автоматичну корекцію програм підготовки. Поєднання традиційних методик та інноваційних технологій дозволить забезпечити стабільне зростання результатів і зберегти здоров'я спортсменів на всіх етапах спортивного вдосконалення.

За допомогою штучного інтелекту може бути введено чимало технологічних рішень для глядачів, зокрема робити інтерактивну графіку змагань, як буде доповнювати ефект присутності, реальність, а можливо й участі самих глядачів в змаганнях. Глядачі будуть отримувати миттєву аналітику (ймовірність промаху, прогнози щодо місця на фініші, тощо) в реальному часі. Коментатори зможуть мати підказки в режимі реального часу.

Можливо втрутити штучний інтелект і в боротьбу з допінгом. Спеціальні алгоритми аналізуватимуть біологічні проби, паспорти спортсменів, які будуть ефективніше за нинішні методи.

На нашу думку штучному інтелекту зовсім замінити тренера буде дуже складно та взагалі не можливо, тому що людина має емоції, які їй допомагають, має духовне світосприйняття, співчуття та інші якості, які не притоланні ШІ.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методи дослідження

У роботі були використані такі методи дослідження:

1. Аналіз науково-методичної літератури, а також вивчення і ознайомлення з практичним досвідом підготовки лижників-гонщиків;
2. Педагогічні спостереження;
3. Педагогічні тести контролю;
4. Медико-біологічні дослідження;
5. Психологічні дослідження;
6. Педагогічний експеримент;
7. Методи математичної статистики.

Для досягнення поставленої мети дослідження на основі аналізу науково-методичної літератури, нами було відібрано наступні морфофункціональні показники, які тісно корелюють з фізичною працездатністю та адаптацією організму спортсмена до фізичного навантаження. До них належать, в першу чергу, такі морфо-функціональні показники: ЧСС, САТ, ДАТ, ПАТ; розвиток м'язів тулуба, верхніх і нижніх кінцівок. Від розвитку саме цих показників у спортсмена залежать результати в подоланні змагальної дистанції. Виходячи з цього пропонуємо методику прогнозування рівня фізичної працездатності спортсмена на основі оцінки показників його фізичного розвитку і функціонального стану: індекс маси тіла (ІМТ) з урахуванням компонентного складу тіла (м'язова і жирова маси); фізичний розвиток нижніх кінцівок – активна маса ніг (АМНК); фізичний розвиток верхніх кінцівок – активна маса рук (АМВК); стан серцево-судинної системи: частота серцевих скорочень (ЧСС), систолічний артеріальний тиск (САТ), діастолічний артеріальний тиск (ДАТ), пульсовий артеріальний тиск (ПАТ); інтегральний показник кардіореспіраторної продуктивності – максимальне споживання кисню (МСК).

2.1.1. Методи теоретичного аналізу і узагальнення науково-методичної літератури.

Вивчення, аналіз і узагальнення вітчизняної і зарубіжної науково-методичної літератури дозволили розглянути наявні науково-практичні розробки в підготовці лижників. Було проведено пошук для виявлення відповідних досліджень у кількох наукових базах даних, включаючи PubMed, Google Scholar, Web of Science та Scopus.

За допомогою бази даних літератури (LIDA), яка є частиною та співпрацює з Міжнародним союзом біатлоністів (IBU) та Інститутом прикладних досліджень тренувань (Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)) у Лейпцигу. Було проведено аналіз LIDA, яка базується на дослідницькій базі даних тренувань SPONET (що містить понад 50 000 записів і щомісяця зростає на 350 нових публікацій) доступних про тренування з біатлону.

Пошук був обмежений рецензованими журнальними статтями та матеріалами конференцій, опублікованими між 2005 і 2025 роками, щоб охопити останні досягнення в цій галузі. Для пошуку використовувалися наступні ключові слова: «Підготовка в біатлоні», «Адаптація в циклічних видах спорту», «Тренувальний процес в циклічних видах спорту (біатлон)», «Підготовка до змагань в лижних перегонах», «Інноваційні методики тренування в біатлоні», «Психологічна підготовка в біатлоні», «Застосування штучного інтелекту для стрількової підготовки в біатлоні».

Були отримані наступні дані:

- відомості про дослідження: автор(и), рік публікації, назва журналу;
- методи та засоби спортивного тренування на різних етапах підготовки;
- методи розвитку фізичних якостей сила/швидкість/витривалість;
- види передзмагальної підготовки спортсменів в лижних видах спорту;
- психологічна підготовка спортсменів, які виступають в біатлоні;
- інноваційні методики тренування та застосування штучного інтелекту при побудові тренувального процесу в біатлоні.

Аналітичний огляд літератури представлений в 1 розділі роботи. Нами оцінений стан теоретичної підготовки в біатлоні і зокрема в річному макроциклі підготовки. Виявлені і визначені основні напрями з проблеми, що стосується розвитку фізичних якостей. Нами було проаналізовано науково-методична література, що стосується питання психологічної підготовки, а також застосування нових інноваційних методів тренування за останні 20 років.

2.1.2. Методи педагогічного дослідження і експерименту.

Інтерв'ювання і опитування тренерів і спортсменів.

При узагальненні досвіду передової спортивної практики враховувалися точки зору провідних українських і зарубіжних тренерів і спортсменів. Інтерв'ювання і опитування проводилися в основному у формі особистих бесід, а також по розробленим анкетам, з метою виявлення думок з ряду питань: а) засоби підготовки які використовуються на передзмагальному етапі; б) методи психологічної підготовки які застосовуються при підготовці на перед змагальному етапі; в) види техніко-тактичної, стрілецької підготовки спортсменів; г) перелік загально-підготовчих та спеціально-підготовчих засобів та інше.

Педагогічні спостереження. На усіх етапах виконання кваліфікаційної роботи нами використовувався метод педагогічних спостережень [6, 16, 43]. Об'єктом цих спостережень були тренувальні заняття з кваліфікованими лижниками-гонщиками. В ході таких спостережень збирався, а потім аналізувався матеріал про зміст, спрямованість і порядок використання загальних і спеціальних засобів в підготовці спортсменів.

Спостереженням необхідно було виявити ефективність використання різних засобів на перед змагальному етапі підготовки лижників-гонщиків. Проводилися спостереження за змінами параметрів техніки (довжина і частота кроків) при пересуванні на лижах і лижоролерах на різних ділянках трас. В ході експериментів спостерігалася загальна і спеціальна працездатність лижників.

Хронометраж робився для фіксації часу проходження дистанцій, ведення стрільби, результати змагань і тренувальнь. Також в педагогічних експериментах фіксувалися результати тестів з кросового бігу, кросу з імітацією лижних ходів, пересуванню на лижоролерах і лижах.

Спеціальні педагогічні випробування. Педагогічне тестування проводилося з урахуванням відомих наукових положень, викладених в роботах Вомра Т., Buzzichelli С. (2015), Костюкевич В. М. та колег (2017), Осіпова В. М. (2019) та інших фахівців.

Для вирішення завдань, поставлених в роботі, нами були вибрані тести, які раніше вже використовувалися в дослідженнях загальної і спеціальної фізичної і технічної підготовленості біатлоністів. Такий підхід виправданий, оскільки при цьому можна отримати результати порівнянні із вже відомими в спеціальній літературі.

I. Тести для оцінки загальної підготовленості біатлоністів:

десятерний стрибок з місця з ноги на ногу (м); біг на дистанції 60 м, 400 м, 1500 м, 5000 м (с); згинання – розгинання рук в упорі лежачи (раз); підтягування на перекладині різним хватом (раз); вправи для м'язів черевного пресу.

II. Тести для оцінки спеціальної підготовленості:

контрольні перегони на лижах на дистанціях 500 м, 1000 м, 1500 м, 5 000 м (с); кросовий біг з відштовхуванням лижними палицями з шаговою і стрибковою імітацією лижних ходів у підйом на дистанціях 500 м, 1000 м, 3 000 м, 5 000 м (с); «утримання» заданого темпу рухів при роботі руками на блоковому тренажері при різному навантаженні (с); пересування 100 м, 200 м, 300 м (с) з ходу з максимальною швидкістю на лижах, лижоролерах і стрибковою імітацією в підйом при максимальній швидкості.

Педагогічні експерименти були основним методом дослідження і проводилися в природних умовах.

В процесі проведення експериментів вирішувалися завдання: а) аналіз психологічного стану спортсменів; б) вибору засобів підготовки які кращі

застосовувати в підготовчому періоді річної підготовки біатлоністів; в) проаналізувати співвідношення спеціально-фізичної та стрілкової підготовки кваліфікованих біатлоністів.

Групи для експериментів склалися по загальноприйнятих принципах логічного розподілу – за спортивним результатом, віком, статі і інше. Експерименти переслідували мету виявлення ефективних засобів і методів підготовки на підготовчому етапі кваліфікованих біатлоністів 18 – 20 років.

Після завершення дослідження було зроблено висновки. Вони виявили наскільки успішно було застосування запропонованих рекомендацій, які вплинули на підвищення рівня фізичної підготовки спортсменів. Важливо було врахувати не лише зміни у загальних фізичних показниках, але й їхній вплив на спеціальні аспекти підготовки. Такий підхід до оцінки впливу тренувань дозволяє розробляти більш ефективні програми підготовки та забезпечувати оптимальні умови для досягнення високих результатів у біатлоні.

2.1.3. Медико-біологічні методи досліджень.

Дослідження проводилися для визначення рівня функціональної підготовленості і спеціальної працездатності у спортсменів: серцево-судинної системи - ЧСС, тест PWC_{170} ; дихальної системи – ЖЄЛ, частота дихання.

Визначення рівня функціональної працездатності серцево-судинної системи і дихального апарату є одним з важливих завдань при оцінці тренуваності, оскільки відбиває функціональний стан серцево-судинної системи і дихального апарату [2, 32].

Частота серцевих скорочень є одним з найважливіших фізіологічних показників, що характеризують стан серцево-судинної системи при оцінці інтенсивності м'язового навантаження [32].

На тренувальних заняттях ЧСС реєструвалася пальпаторно і за допомогою пульсометрів фірми «POLAR», «GARMIN».

Тест PWC_{170} . Методика тестування. Спортсменові давалися послідовно

два навантаження на лижних тренажерах *Concept 2 skierg* виконувати які пропонувалося в рівномірному темпі 5 хв.

Перше навантаження складале 40 одночасних відштовхувань за хвилину.

Друге навантаження було 60 одночасних відштовхувань за хвилину.

Після кожного навантаженнями спортсменів надавався 5-хвилинний відпочинок, за який брався ЧСС відновлення 3 хвилини (кожні 5 с записувався результат).

Розрахунок фізичної працездатності робився по рівнянню, запропонованому В.Л. Карпманом, яке стосовно даного випадку мало наступний вигляд:

$$PWC_{170} = V_1 + (V_2 - V_1) \times \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}$$

де PWC_{170} - спеціальна фізична працездатність, виражена у величинах швидкості бігу в м/с при ЧСС 170 уд/хв;

V_1 і V_2 - кількість відштовхувань за хвилину роботи 1-ого і 2-ого навантаження;

f_1 і f_2 - величини ЧСС відразу після виконання 1-ого і 2-ого навантажень.

Після виконання другого навантаження у лижників вимірювалася ЧСС за методикою Мешкониса кожні 5 с на протязі 3 хвилини. На підставі виміру ЧСС нами визначався «показник функціонального стану» (ПФС) лижників :

$$ПФС = 600 - 24 \times a - (I_{xi} - aI)$$

де 600 – експериментально встановлена величина, a - значення ЧСС за 10с, x_i - значення ЧСС за кожні 10с трьох хвилинного періоду відновлення, ($I_{xi} - aI$ - сума абсолютних значень різниць між ЧСС за кожні 10с трьох хвилинного відновлення і початкової ЧСС за 10с.

Частота дихання визначалася підрахунком дихальних рухів з додатком кисті руки до грудей в подчеревній області спортсменів.

Індекс маси тіла (ІМТ), розраховують за формулою: маса тіла, кг / довжину тіла, м², що характеризує розподіл маси по поверхні тіла. У результаті отримаємо модифіковану формулу індексу маси тіла:

$IMTa \text{ (кг/м}^2\text{)} = [M \text{ (кг)} - D \text{ (кг)}] / [L \text{ кг/м}^2\text{}]$, де: *IMTa* – індекс маси тіла активної; *M* – маса тіла; *D* – жирова маса; *L* – довжина тіла.

Для того щоб розрахувати жировий компонент маси тіла (*D*, кг) можна використати формули запропоновані J.Mateigka [32]:

$D \text{ (кг)} = S \text{ (м}^2\text{)} \times f \text{ (мм)} \times k$, де: *D* – маса жирової тканини; *S* – площа поверхні тіла; *f* – середня товщина трьох шкірно-жирових складок; *k* – константа 0,9.

Площу поверхні тіла (*S*, м²) можна обчислити за формулою:

$S \text{ (м}^2\text{)} = 100 + M \text{ (кг)} + [L \text{ (см)} - 160] / 100$, де: *S* – площа поверхні тіла; *M* – маса тіла; *L* – довжина тіла.

Виходячи з вищесказаного отримаємо формулу для обчислення активної маси нижньої кінцівки (ноги):

$MНКа = LK \times [(C(3) - \pi \times f(7))^2 + (C(4) - \pi \times f(8))^2] \times 0,00007$, де: *MНКа* – активна маса нижньої кінцівки; *LK* – довжина нижньої кінцівки; *C(3)* – обхват стегна; *C(4)* – обхват гомілки; *f(7)* – товщина шкірно-жирової складки стегна; *f(8)* – товщина шкірно-жирової складки гомілки; π – математична константа, яка виражає відношення довжини кола до його діаметру, становить 3,14.

Аналогічно обчислюємо активну масу верхньої кінцівки (руки) за формулою:

$МВКа = LK \times [(C(2) - \pi \times f(3))^2 + (C(1) - \pi \times f(2))^2] \times 0,00007$, де: *МВКа* – активна маса верхньої кінцівки; *LK* – довжина верхньої кінцівки; *C(2)* – обхват плеча; *C(1)* – обхват передпліччя; *f(2)* – товщина шкірно-жирової складки передпліччя; *f(3)* – товщина шкірно-жирової складки плеча; π – математична константа, яка виражає відношення довжини кола до його діаметру, становить 3,14.

Для визначення стану серцево-судинної системи, як центрального компоненту фізичної працездатності ми пропонуємо використовувати показник пульсового тиску (ПТ) у відношенні до частоти серцевих скорочень (ЧСС), оскільки при збільшенні частоти серцевих скорочень доля систоли в серцевому циклі зростає. Формула для розрахунку:

$ПАТ = САТ - ДАТ / ЧСС$, де: *ПАТ* – пульсовий артеріальний тиск; *САТ* – систолічний артеріальний тиск; *ДАТ* – діастолічний артеріальний тиск; *ЧСС* – частота серцевих скорочень.

Функціональні можливості серцево-судинної системи можна визначити за показником потенційного максимального споживання кисню (МСКп), який можна розрахувати за формулою:

$МСКп = УОС \times ЧСС_{\max} \times Hb \times 0,00134$, де *УОС* – ударний об'єм серця при максимальній частоті серцевих скорочень; *ЧСС_{max}* – максимальна частота серцевих скорочень при якій фіксується найбільший ударний об'єм серця; *Hb* – гемоглобін крові.

2.1.4. Психологічні методи досліджень.

При написанні роботи проводівся комплекс методик для оцінки психічного стану спортсменів, у який входили:

1. *Психомоторні і сенсорно-перцептивні тести* активно застосовуються у біатлоні, лижних гонках та інших видах циклічного спорту для оцінки: швидкості реакції; точності рухів; координації; зорово-моторної координації; стійкості уваги; працездатності сенсомоторних систем.

Основні показники психомоторних тестів:

- Простий час реакції (ПЧР);
- Складний час реакції (СЧР);
- Час зорової та слухової реакції;
- Рівень точності та стабільності моторних дій.

Таблиця 2.1

Поширені психомоторні тести

Назва тесту	Що оцінює	Де застосовується
Реакція на зоровий стимул (PsyTech, Vienna Test System, Dynavision)	Простий і складний час реакції	Біатлон, лижні гонки, стрільба
Реакція на рухомий об'єкт	Зорово-моторна координація	Стрільба, лижні спуски
Тест на стабільність ритму (метроном)	Темп рухів, сенсомоторна стабільність	Лижна підготовка, стрільба
Тест Френка	Рівень напруження та точність рухів	Лижні гонки, стрільба
Платформа стабілографії	Координація рівноваги, контроль положення тіла	Спуски, баланс

Сенсорно-перцептивні тести:

- Концентрація уваги;
- Розподіл уваги;
- Обсяг оперативної пам'яті;
- Сприйняття швидкості, простору, часу.

Таблиця 2.2

Поширені сенсорно-перцептивні тести

Назва тесту	Що оцінює	Де застосовується
Тест на концентрацію уваги (Stroop Test)	Швидкість переключення уваги	Стрільба в біатлоні
Коректурна проба Бурдона	Об'єм і стійкість уваги	Перед стартами
Таблиця Шульте	Швидкість зорового пошуку, стійкість уваги	Стрільба
Психометричні сенсорні панелі (Vienna Test System)	Сенсомоторна реакція	Комбінована підготовка
Eye-Tracking технології	Зорове сприйняття і слідування	Стрільба, лижні гонки

Додаткові сучасні технології:

- Balance System SD (Biodex) — оцінка рівноваги;
- Dynavision D2™ — візуально-моторна координація;
- Vienna Test System (VTS) — великий комплекс для психофізіологічного тестування;

- Системи Motion Capture — кінематика рухів;
 - Eye-Tracking (Tobii Pro) — контроль зорового фокусу під час стрільби.
- В таблиці 2.3 представлені психофізіологічні тести, які застосовуються для підготовки кваліфікованих біатлоністів та лижників-гонщиків.

2. *Методика САН* — суб'єктивна оцінка самопочуття, активності і настрою [61].

Призначення: оперативна оцінка психоемоційного стану, самопочуття спортсмена в момент обстеження.

Структура методики:

Самопочуття (С) — суб'єктивна оцінка фізичного стану організму: втома, біль, нездужання, енергетичний рівень.

Активність (А) — рівень енергії, готовності до дії, мотивації, концентрації.

Настрій (Н) — емоційний фон: позитивний чи негативний емоційний стан, стресовий фон.

Інтерпретація: високі показники свідчать про оптимальний психофізіологічний стан; зниження будь-якого з показників свідчить про накопичену втому, стрес, перетренованість; допомагає тренеру та лікарю коригувати навантаження; застосування в сучасних дослідженнях біатлону.

Методика САН використовується у поєднанні з:

- HRV (варіабельність серцевого ритму).
- Моніторингом сну.
- Біохімічними маркерами (креатинкіназа, кортизол).
- Оцінкою психологічного стресу через шкали STAI, POMS

3. *Шкала Т* (тонус нервової системи) — методика для оцінки нервової системи, характеризує фізичну і психічну слабкість нервової системи.

Призначення: оперативна оцінка функціонального стану центральної нервової системи (ЦНС), зокрема рівня її активації перед фізичним навантаженням, у процесі тренувань або після навантаження.

Шкала Т дозволяє оцінити рівень тонусу нервової системи спортсмена, який визначає його функціональну готовність до тренувальної чи змагальної діяльності [50].

Оцінка базується на суб'єктивній самооцінці стану спортсмена за 10-бальною шкалою (від 1 до 10 балів), де:

- 1–3 бали — гіпотонічний стан (знижений тонус): млявість, сонливість, апатія, небажання працювати.
- 4–6 балів — нормотонічний стан (оптимальний тонус): активність, гарний настрій, оптимальна готовність до тренування.
- 7–10 балів — гіпертонічний стан (підвищений тонус): надмірне збудження, нервозність, можливий розвиток психоемоційної нестабільності.

Процедура проведення: а анкетування проводиться перед тренуванням або змаганнями, спортсмен самостійно виставляє бали в оцінці свого тонусу, для більш об'єктивної оцінки результати шкали Т поєднують з іншими методами (наприклад, шкалою САН, частотою пульсу, тестами на швидкість реакції тощо).

Інтерпретація даних:

- Оптимальні значення для виступу на змаганнях: 5–6 балів.
- Знижені значення: ризик недостатньої мобілізації.
- Завищені значення: ризик передстартового перенапруження.

Застосування у практиці лижних гонок та біатлону: контроль стану ЦНС дозволяє більш точно підібрати об'єм і інтенсивність тренувань; використовується для моніторингу ефективності відновлення; допомагає в підборі психологічних засобів регуляції (аутотренінг, дихальні вправи, релаксація); широко використовується в поєднанні з HRV, біохімічними маркерами, шкалою POMS.

В таблиці 2.3 представлені психофізіологічні тести, які застосовуються для підготовки кваліфікованих біатлоністів та лижників-гонщиків.

Таблиця 2.3.

Сучасні психофізіологічні тести для підготовки біатлоністів та лижників-гонщиків

№	Назва тесту	Напрямок тестування	Опис	Використання в біатлоні / лижних гонках	Автор / Джерело
1	Простий час реакції (ПЧР)	Психомоторика	Реакція на одиночний зоровий чи слуховий стимул	Стартові реакції, стрільба	Vienna Test System; Hooper & Mackinnon (1995)
2	Складний час реакції (СЧР)	Психомоторика	Вибір відповідної реакції на стимул	Стрільба в умовах навантаження	Eckner et al. (2011)
3	Dynavision D2™	Візуально-моторна координація	Робота з миготливими світловими сигналами	Координація під час стрільби	Dynavision, USA
4	Eye-Tracking (Tobii Pro)	Сенсорно-перцептивне тестування	Аналіз рухів очей та фокусування	Стрільба під час біатлону	Vickers J.N. (2007)
5	Тест стабільності ритму	Сенсомоторна стабільність	Відтворення заданого ритму	Ритмічність рухів у лижних гонках	Орлов Л.А. (1982)
6	Стабілографія (Balance System SD)	Рівновага, координація	Аналіз стабільності опорно-рухового апарату	Координація під час руху	Biodex, USA
7	Motion Capture	Кінематика	Аналіз траєкторій рухів	Техніка ковзання на лижах	Platonov V.N. (2013)
8	Методика САН	Самооцінка стану	Оцінка самопочуття, активності та настрою	Психологічна готовність	Doskin V.A. et al. (1973)
9	Шкала Т	Оцінка тонусу нервової системи	Суб'єктивна оцінка готовності ЦНС	Стартова готовність	Орлов Л.А. (1982)
10	Vienna Test System (VTS)	Комплексна психофізіологія	Модульна система тестів	Багатофакторна діагностика	Schuhfried GmbH, Austria

2.1.5. Методи математичної статистики

Усі отримані в ході експериментального дослідження дані піддавалися обробці з використанням загальновідомих методів математичної статистики [2, 19, 32, 44].

Розраховувалися наступні показники:

\bar{x} - середнє арифметичне;

σ - середньоквадратичне відхилення;

m - помилка репрезентативності середньої арифметичної;

t - достовірність відмінності між середніми величинами (за критерієм Стьюдента);

r - коефіцієнт кореляції.

Математична обробка здійснювалась на персональному комп'ютері з використанням стандартних статистичних пакетів StatGraphics 2.1, Statistica 5.7., також використовувалися графічні методи [2, 19]. Для первинної підготовки таблиць та проміжних розрахунків використовувався пакет Microsoft Excel.

2.2. Організація досліджень

Дослідження складалося з трьох послідовних та взаємопов'язаних етапів, що забезпечували послідовність у плануванні, отриманні, обробці та інтерпретації теоретичного та експериментального матеріалу.

1 етап (вересень – травень 2024-2025 років) На першому етапі досліджень проводився аналіз науково-методичних літературних і інформаційних джерел з питань застосування спеціальних вправ для розвитку швидко-силових якостей та психологічної підготовки у біатлоністів. Цей аналіз був спрямований на вивчення різноманітних методик та підходів, що використовуються тренерами та фахівцями у сфері спортивної підготовки. Важливим аспектом було визначення оптимальних засобів впровадження спеціальних вправ у тренувальний процес біатлоністів

з метою максимізації їхнього впливу на покращення фізичної форми та результативності. На цьому етапі дослідження сформульовано тему магістерської роботи, визначено об'єкт, предмет дослідження та завдання, які вирішують поставлену мету.

2-й етап (травень – жовтень 2025 року) був направлений на дослідження морфо-функціональних особливостей кваліфікованих біатлоністів ТОП-15 кожного сезону 2022–2024 років та України. Нами було зроблено порівняльний аналіз стрільби (лежачи, стоячи) на різних дистанціях у кваліфікованих біатлоністів (Норвегії, Швеції, Франції, Німеччини та України) та аналіз результативності, часу та фізіологічного стану. На основі цих даних ми запропонували спеціальну стрількову підготовку за допомогою комп'ютерної системи Scatt (*Shooting Coaching Analysis Technology*) і проводили аналіз стрілецької підготовки за допомогою AI. У дослідженні прийняли участь біатлоністи віком 18-20 років, спортивна кваліфікація КМС та МС у кількості 20 чоловік (контрольна та експериментальні групи). Під час підготовчого періоду (травень – серпень) відбувалась удосконалення стрілецької підготовки в контрольній групі (n=10) за традиційною методикою, а в експериментальній групі (n=10) використовували інноваційну методику.

3-й етап (листопад – грудень 2025 року) мав узагальнюючий характер, було проведено педагогічний аналіз результатів, статистичну обробку отриманих матеріалів та їх узагальнення, систематизацію та інтерпретацію з формулюванням висновків, літературне оформлення кваліфікаційної роботи магістерського рівня.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГОТОВКИ КВАЛІФІКОВАНИХ БІАТЛОНІСТІВ В ПІДГОТОВЧОМУ ПЕРІОДІ РІЧНОГО МАКРОЦИКЛУ

3.1. Морфо-функціональні дослідження показників кваліфікованих біатлоністів

Сучасний біатлон — це унікальний вид спорту, що поєднує високу аеробну продуктивність із етапною/преривною стрільбою. Успіх на міжнародному рівні визначається не лише технікою чи психологічною стійкістю, а й морфо-функціональними особливостями спортсмена.

Морфо-функціональне моделювання – це процес створення еталонного профілю біатлоніста, який включає:

- Антропометричні дані (зріст, маса, довжина кінцівок);
- Функціональні показники (VO_2max , ЧСС, лактатний поріг);
- Співвідношення м'язової, жирової та кісткової маси.

Вивчення антропометричних показників спортсменів в різних видах спорту зберігає високу актуальність у зв'язку з постійною необхідністю уточнення критеріїв спортивного відбору. У більшості видів спорту існує цілий ряд чітко сформульованих антропометричних модельних характеристик, без дотримання яких добитися успіху в конкретній дисципліні практично неможливо. Власні дослідження показують наявність взаємозв'язку між окремими складовими працездатності і морфологічними показниками.

Цей підхід активно використовується в провідних країнах світу – Норвегії, Швеції, Франції, Німеччині – для відбору та підготовки спортсменів.

У зв'язку з цим мета наших досліджень полягала у визначення оптимальні антропометричні і функціональні моделі кваліфікованих біатлоністів які успішно виступають на змаганнях за останні 5 років.

При розробці антропометричних моделей спортсменів орієнтуються на найбільш значимі показники, що визначають здатність до досягнення видатних результатів в конкретних видах спорту. Зіставлення індивідуальних даних конкретного спортсмена з модельними показниками дозволяє визначити відповідність антропометричних можливостей спортсменів заданому рівню залежно від його спеціалізації, види спортивних змагань.

Нами було досліджено кваліфіковані біатлоністи (рівень Кубка світу, чемпіонатів Європи/світу): Норвегія – 15; Швеція – 14; Франція – 12; Німеччина – 13; Україна – 10 спортсменів. Вік: 22 – 30 років (середній – 27,1 ± 3,4 року) (IBU Athlete Profile Report 2024, NIF Biomechanics Database) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Антропометричні показники ТОП-15 біатлоністів сезонів 2022–2024 років (n=64)

ПАРАМЕТРИ/КРАЇНА	Норвегія	Швеція	Франція	Німеччина	Україна
Вік, роки	27,3 ± 3,1	26,8 ± 3,5	27,5 ± 2,9	27,1 ± 3,3	26,9 ± 3,7
Зріст, см	182,1 ± 3,8	179,4 ± 4,2	177,3 ± 3,6	180,2 ± 4,0	178,5 ± 5,1
Маса тіла, кг	74,5 ± 3,2	71,8 ± 3,5	69,2 ± 2,8	72,6 ± 3,0	70,1 ± 3,8
Індекс маси тіла, кг/м ²	22,4 ± 0,3	22,3 ± 0,5	22,1 ± 0,2	22,4 ± 0,3	22,2 ± 0,4
% жирової маси, %	8,1 ± 0,9	8,3 ± 1,1	8,6 ± 0,8	8,0 ± 0,7	9,2 ± 1,3*
Довжина рук, см	82,3 ± 2,2	80,1 ± 1,8	79,5 ± 1,6	81,0 ± 2,0	79,8 ± 1,7
ЖЄЛ, л	5,8 ± 0,4	5,6 ± 0,3	5,4 ± 0,4	5,7 ± 0,3	5,3 ± 0,5*
Індекс Кетле II, г/см	409 ± 18	400 ± 16	390 ± 14	403 ± 15	393 ± 20

Примітка: * - значення достовірно нижчі за $p < 0,05$.

Основні відмінності (табл. 3.1) в усереднених модельних характеристиках одних спортсменів від інших складають: маса спортсменів

(3 – 8%), зріст (1 – 3%), довжина рук (1,5 – 3,5%), індекс Кетле (1,5 – 4,5%) ($p>0,05$). Більш високі показники мають біатлоністи Норвегії, які більш за часом виступають на змаганнях елітного рівня (рис. 3.1)

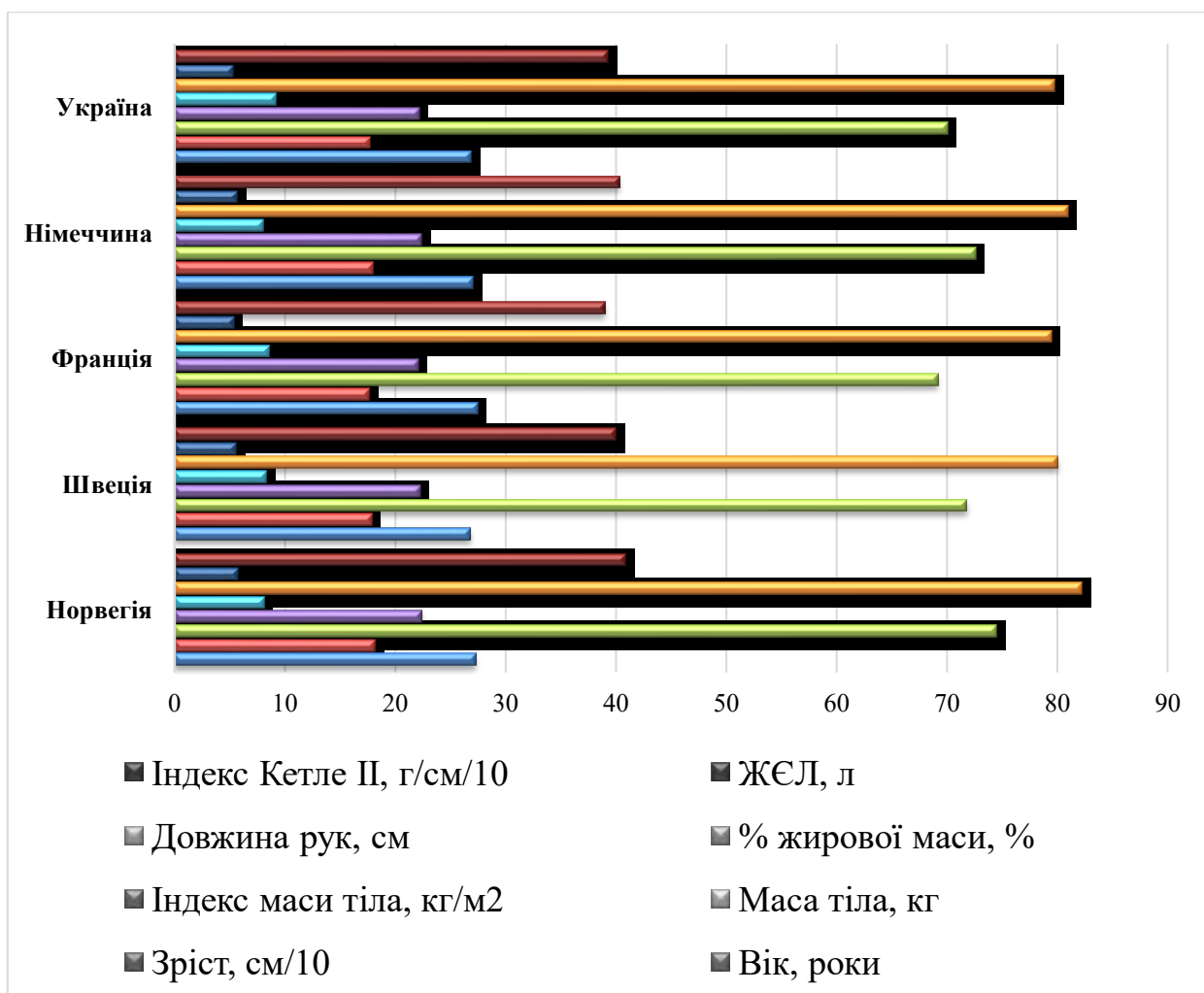


Рис. 3.1. Модельні антропометричні показники кращих біатлоністів Світу сезону 2022/2024 років

В результаті дослідження ми виявили, що середній вік переможців знаходиться в діапазоні 26 – 28 років, піковий вік для стабільних результатів є 25 – 30 років. Українці трохи молодші, що вказує на менший досвід у стресових ситуаціях (мас-старт, переслідування), але вони є індивідуальними для кожного спортсмена.

Найвищий зріст та довжину рук мають спортсмени з Норвегії (182,1 см та 82,3 см), що забезпечує більшу перевагу у відштовхуванні палицями. Найнижчі є французькі біатлоністи (177,3 см), но вони є більш

компактнішими, що забезпечує менший опір повітря при проходженні різних ділянок траси, особливу перевагу мають на спучках та при подоланні поворотів та підйомів. Показники українських спортсменів близьки до середніх показників.

Маса тіла найбільша є у спортсменів Норвегії (74,5 кг), а найнижча у французьких спортсменів (69,2 кг). Біатлоністи України мають масу – 70,1 кг, що входить до середнього діапазону, але з більшим відсотком жиру.

Німецьки біатлоністи мають найнижчий відсоток жиру (8,0%), що свідчить про високий рівень спеціальної підготовки. Спортсмени з України мають вищий % жиру (9,2%) порівняно з елітою, що може впливати на загальну витривалість [73].

Індекс маси тіла (ІМТ) усі спортсмени мають в діапазоні 22,1 – 22,4 кг/м², який є оптимальним для спортсменів, які змагаються в видах спорту на витривалість, якщо є відхилення >23 або <21, то є ризик зниження продуктивності тренування/змагання. Індекс Кетле II кращі показники отримані у біатлоністів Норвегія (409 г/см), Німеччина (403 г/см), що може вказувати вказує на вищу м'язову масу. В українців, цей показник (393 г/см), який є найжчий, що може свідчити про меншу силову підготовку.

Життєва ємність легенів (ЖЄЛ) найвища у біатлоністів Норвегії (5,8 л), Німеччини (5,7 л), Швеція (5,6 л). Українські спортсмени мають – 5,3 л, що 0,4 – 0,5 л нижча, що може впливати на аеробну продуктивність.

Нами було проведено дослідження, як впливають антропометричні показники спортсменів різних країн на результати в гонках: спринт, гонка переслідування, індивідуальна гонка, мас-старт (рис. 3.2).

Аналіз проведених антропометричних досліджень кваліфікованих біатлоністів показує, що відмінність модельних характеристик знаходиться в межах 1,1% - 8,5% і вони не мають достовірні відмінності ($p > 0,05$) по більшому числу показників.

На нашу думку, антропометричні дані повинні знаходитися в межах середніх показників.

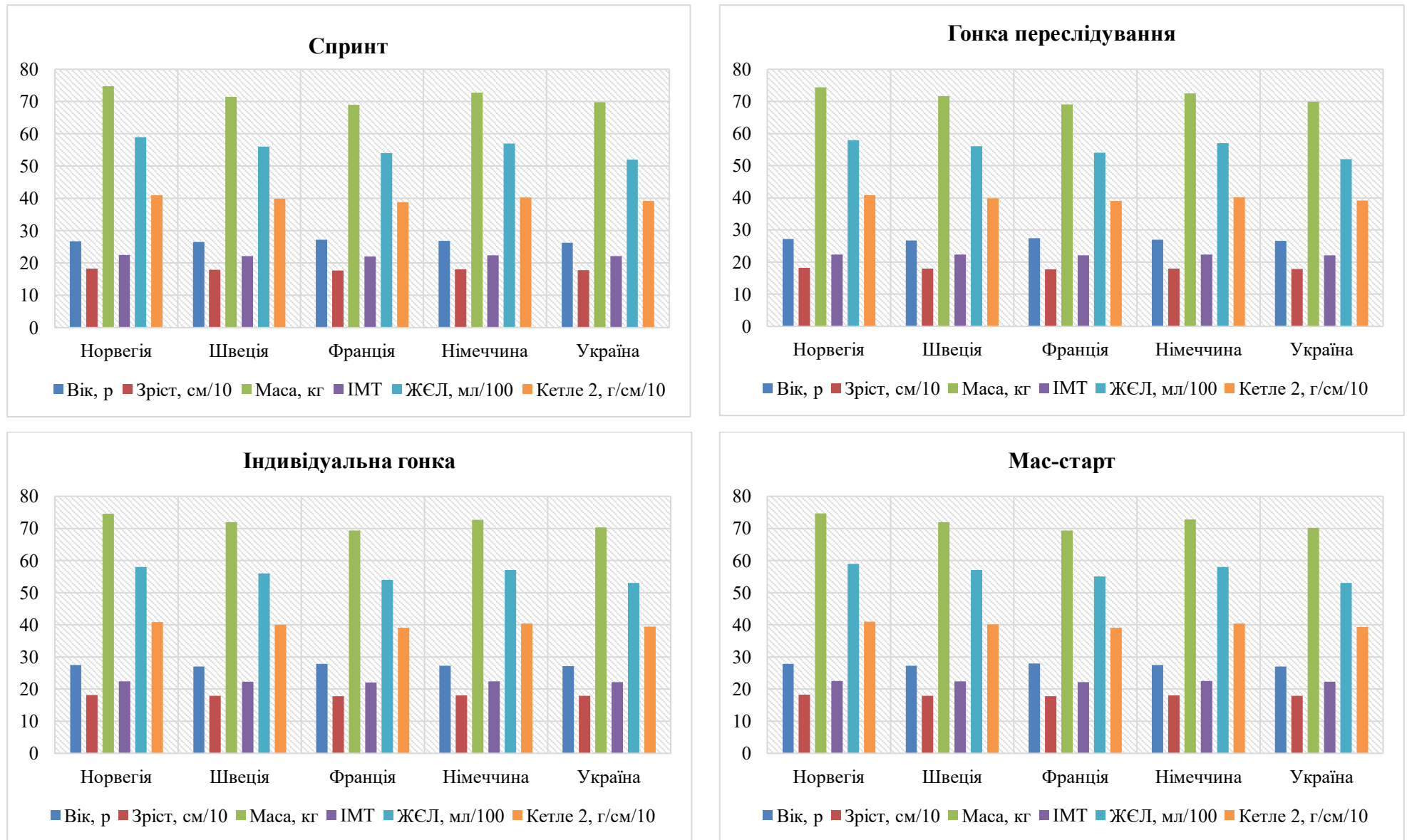


Рис. 3.2. Модельні антропометричні показники кваліфікованих біатлоністів різних країн

На наступному етапі наших досліджень, ми визначали функціональні показники кращих світових біатлоністів (табл. 3.2) [50, 71, 73].

Таблиця 3.2

**Функціональні показники ТОП-15 біатлоністів сезонів 2022–2024 років
(n=64)**

ПАРАМЕТРИ/КРАЇНА	Норвегія	Швеція	Франція	Німеччина	Україна
VO ₂ max (мл/кг/хв)	76,3 ± 2,1	75,8 ± 2,3	74,2 ± 1,9	75,1 ± 2,0	72,4 ± 2,6
VO ₂ max (л/хв)	5,7 ± 0,3	5,4 ± 0,2	5,1 ± 0,2	5,5 ± 0,3	5,1 ± 0,3
Лактатний поріг (ммоль/л)	4,0 при 92% ЧСС max	3,9 при 91%	3,8 при 90%	4,0 при 92%	3,6 при 88%
ЧСС max (уд/хв)	192 ± 5,1	193 ± 4,2	191 ± 6,0	192 ± 5,2	190 ± 6,1
ЧСС спокою (уд/хв)	38 ± 3,1	39 ± 4,0	41 ± 3,3	38 ± 2,4	43 ± 5,2
HRV (RMSSD, ms)	85 ± 12,0	82 ± 10,3	78 ± 11,2	84 ± 9,1	68 ± 14,2

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найвищий VO₂max – у норвежських та шведських біатлоністів. Українські біатлоністи мають на 3,5–4,0 мл/кг/хв нижчий VO₂max, що вказує на меншу аеробну продуктивність. Лактатний поріг у українців досягається при нижчій інтенсивності – ознака недостатньої спеціалізованої підготовки. Нижчий HRV свідчить про гірше відновлення та вищий рівень стресу (рис. 3.3).

Рисунки 3.1 та 3.3 показує наглядну різницю в морфо-функціональних показниках біатлоністів різних країн.

Морфо-функціональна модель кваліфікованого біатлоніста складаються:

- Зріст 177–182 см;
- Маса 69–75 кг;
- Вміст % жиру <9%;
- ЖЄЛ 5,6 – 5,8 л;
- VO₂max >75 мл/кг/хв;
- Лактатний поріг при 90–92% ЧСС max;
- HRV >75 ms.

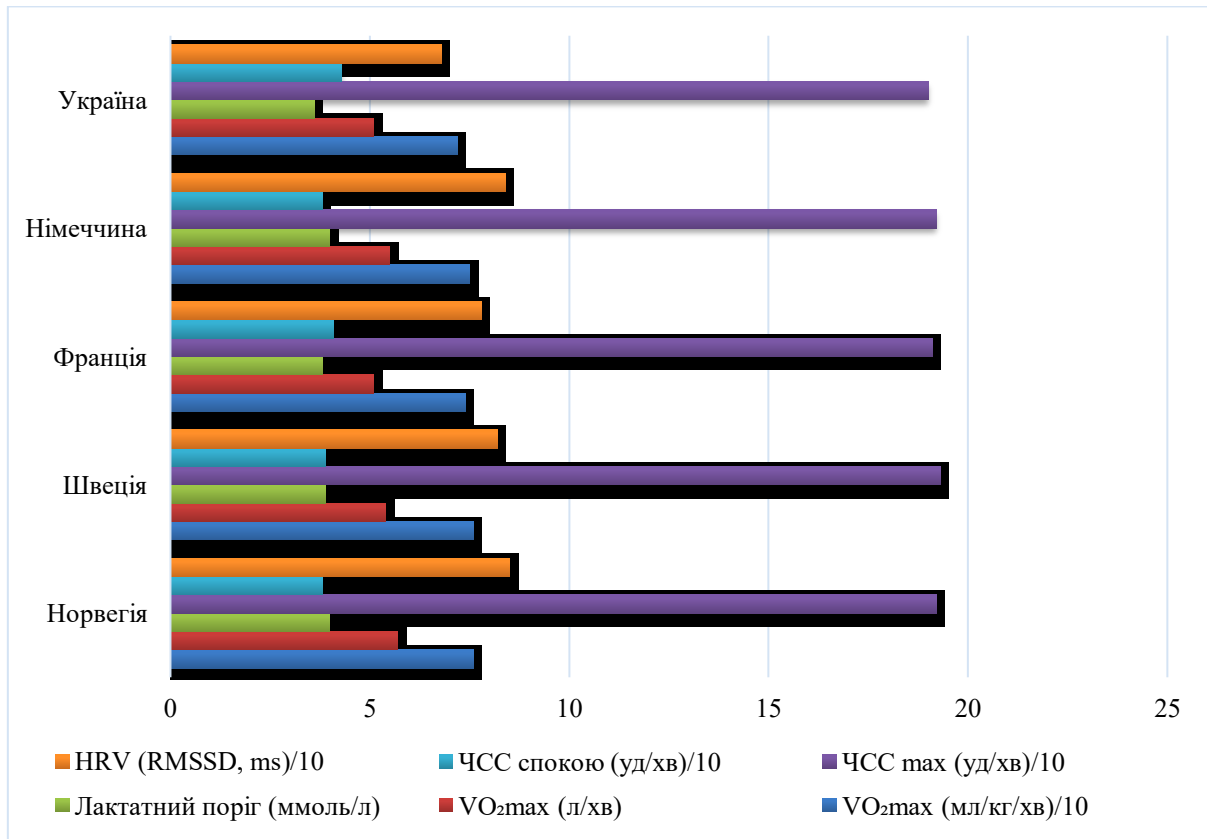


Рис. 3.3. Модельні функціональні показники кращих біатлоністів Світу сезону 2022/2024 років

Біатлоністи Норвегії та Німеччини мають найвищий рівень функціональної підготовки, що відображається у стабільних результатах на міжнародній арені.

Українські біатлоністи мають задовільні антропометричні показники, але відстають за функціональними параметрами: VO_{2max} нижчий на 3,5–4,0 мл/кг/хв; лактатний поріг досягається при нижчій інтенсивності; HRV на 15–20% нижчий, це ознака недовідновлення спортсменів. Основна причина відставання українських біатлоністів на нашу думку, це недостатній обсяг ЛІТ/НІТ навантаження, відсутність системного контролю (HRV, VO_{2max} , лактату, гемоглобину), обмежений доступ до новітніх технологій, а також недофінансування наукового супроводу.

3.2. Дослідження результатів стрільби кваліфікованих біатлоністів

Стрільба є одним із найбільш вирішальних елементів успіху в біатлоні. Навіть біатлоніст, який найкращий лижник, програє гонку, якщо допустить промахи. У сучасному біатлоні стрільба проводиться у двох положеннях – лежачи та стоячи в різних дисциплінах змагань: спринт, індивідуальна гонка, переслідування, мас-старт, естафета.

Кожна дисципліна має свої особливості: рівень пульсу перед стрільбою; час на прийняття ізготовки; кількість промахів; емоційний тиск, психологічний стан.

Мета цього дослідження – провести порівняльний аналіз характеристик стрільби кваліфікованих біатлоністів провідних країн світу (Норвегія, Швеція, Франція, Німеччина) та України, з акцентом на: точність стрільби (%); час, витрачений на стрільбу; час під час стрільби; різницю між положеннями (лежачі/стоячі) та змагальними дисциплінами.

Дані зібрані за період 2022–2025 рр. з офіційних звітів IBU, національних федерацій, наукових досліджень та тренувальних баз [48, 62, 73].

Порівняльні характеристики стрільби (лежачи/стоячи) на різних дистанціях у кваліфікованих біатлоністів: аналіз результативності, часу та фізіологічного стану.

Об'єкт дослідження були кваліфіковані біатлоністи (рівень Кубка Світу, чемпіонатів Європи/Світу): Норвегія – 14; Швеція – 13; Франція – 12; Німеччина – 13; Україна – 10 спортсменів. Вік: 23–31 рік (середній — 26,8 року). Дисципліни які досліджували були: спринт; індивідуальна гонка; гонка переслідування; мас-старт; естафета; спринтерська естафета.

В результаті аналізу протоколів змагань результатів стрільби лежачі та стоячи кращих ТОП-15 біатлоністів Світу та України сезонів 2022-2024 років, ми виявили % співвідношення загальної точності стрільби (табл. 3.3)

Таблиця 3.3

**Загальна точність стрільби (лежачі/стоячи) ТОП-15 біатлоністів сезонів
2022–2024 років (n=64)**

КРАЇНА	ПОЛОЖЕННЯ СТРІЛЬБИ		
	Лежачи (%)	Стоячи (%)	Загалом (%)
Норвегія	94,3 ± 2,5	89,1 ± 2,1	91,7 ± 2,3
Швеція	93,8 ± 2,7	88,5 ± 2,5	91,2 ± 2,6
Франція	92,1 ± 2,1	86,3 ± 2,3	89,2 ± 2,2
Німеччина	93,5 ± 2,8	87,9 ± 3,1	90,7 ± 2,9
Україна	88,6 ± 3,3	82,4 ± 2,8	85,5 ± 3,0

В результаті загального аналізу результатів стрільби кращих біатлоністів Світу виявили, що найвища точність у норвежців та шведів, українські спортсмени в цьому змагальному показнику відстають на 6,2% від лідерів. Різниця між стрільбою лежачи та стоячи знаходиться в межах ~5–6%, що вказує на складність контрольованої стрільби особливо з положення стоячи.

Дослідження якості стрільби, які входять до ТОП-15 кращих біатлоністів Світу під час змагань з різних дисциплін виявив, що найвища точність у спортсменів є в індивідуальній гонці (помилка в стрільбі спортсменам коштує 1 хв), найнижча – в мас-старті (у спортсменів проходить контактна боротьба, високий стрес, непередбачувана тактика, за промах долають штрафне коло 150 м) (табл. 3.4 та рис. 3.4).

Стрільба, це складний елемент змагань, який включає в себе: підхід до вогневого рубежу, гальмування, прийняття ізготовки (положення стрільби), виконання прицілювання, натискання на спусковий гачок, виконання п'ять пострілів (в естафеті іноді вісім пострілів, додаткові патрони) уход з рубежа. Потрібно влучити мішенні з положення лежачі 45 мм, стоячи – 115 м, з

дистанції 50 м. Кожна секунда витрачена на стрільбі впливає на загальний результат в гонці. Аналіз часу витраченого на стрільбу представлений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.4

Середня точність стрільби (%) біатлоністів в сезонах 2022 – 2024 років
(n=64)

ДИСЦИПЛІНА	КРАЇНА				
	Норвегія	Швеція	Франція	Німеччина	Україна
Спринт	92,4	91,8	89,6	90,2	84,3
Індивідуальна	94,1	93,5	92,0	93,0	88,7
Переслідування	90,3	89,2	86,7	88,1	81,9
Мас-старт	88,7	87,4	85,3	86,5	80,1
Естафета	91,2	90,0	88,4	89,6	83,5

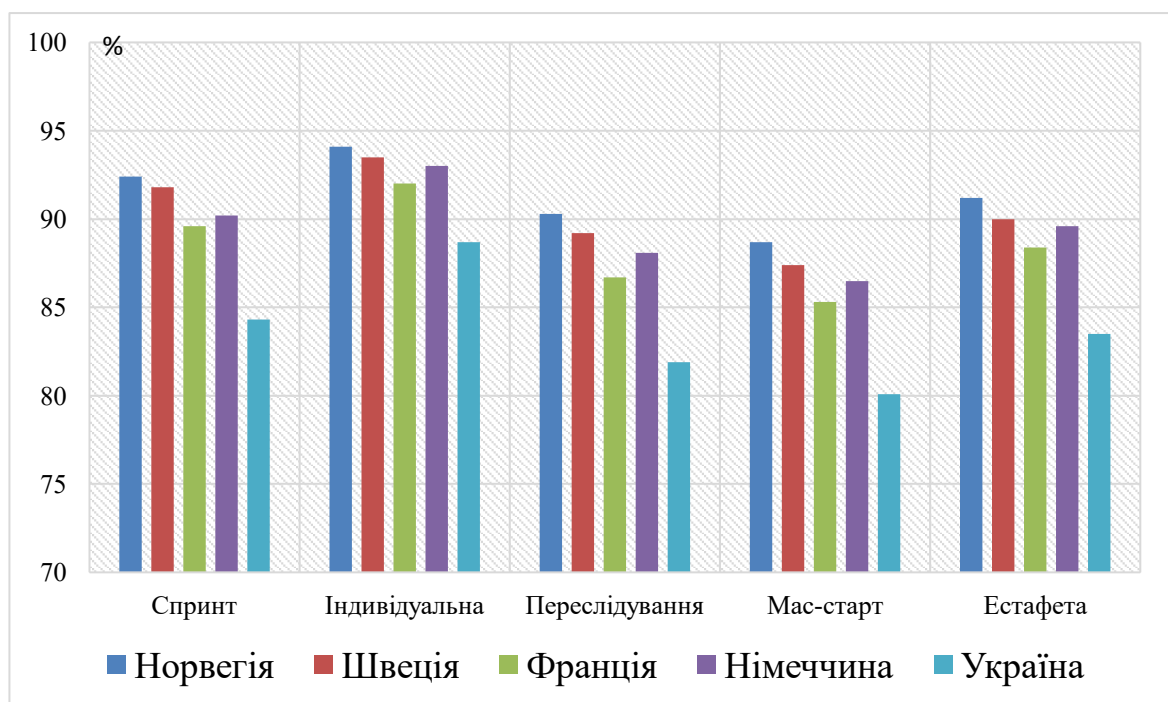


Рис. 3.4. Результати (%) стрільби з різних дисциплін провідних біатлоністів за 2022-2024 роки

Таблиця 3.5

**Час, який витрачений на стрільбу (середній, с) біатлоністами в сезонах
2022 – 2024 років (n=64)**

КРАЇНА	ПОЛОЖЕННЯ СТРІЛЬБИ		
	Лежачи, с	Стоячи, с	Загалом, с
Норвегія	24,1	28,3	26,2
Швеція	24,5	28,7	26,6
Франція	25,8	30,1	27,9
Німеччина	25,2	29,4	27,3
Україна	27,9	32,6	30,2

Кращі біатлоністи Світу витрачають на 3–5 секунд менше часу на стрільбу, ніж українці. В гонці може бути мінімум два вогневих рубежа, а максимум – чотири, це дає приріст 15–25 секунд за гонку через менший загальний час в стрільбі.

Аналіз функціональних показників перед стрільбою ЧСС (уд/хв), HRV (RMSSD, ms) виявив дані які представлені в таблиці 3.6, 3.7.

Результати досліджень виявили, що українські біатлоністи мають вищий пульс на початку стрільби (178 – 182 уд/хв), що на нашу думку ускладнює стабілізацію зброї. При ЧСС >175 уд/хв збільшується відсоток промахів через дроз рук і коливання тулубу при прицілюванні.

Показники HRV < 70 ms, це ознака недовідновлення або стресу в якому знаходиться спортсмен (недостаток фізичної та психологічної підготовленості). Якщо HRV > 70 ms, свідчить про краще відновлення та вищу психологічну стійкість біатлоністів.

Таблиця 3.6

ЧСС_{max} перед стрільбою (уд/хв) біатлоністів в сезонах 2022 – 2024 років
(n=64)

КРАЇНА	ПОЛОЖЕННЯ СТРІЛЬБИ	
	Лежачи	Стоячи
НОРВЕГІЯ	168 ± 3,1	173 ± 3,4
ШВЕЦІЯ	169 ± 3,3	174 ± 3,1
ФРАНЦІЯ	171 ± 3,2	175 ± 3,2
НІМЕЧЧИНА	167 ± 2,9	172 ± 3,1
УКРАЇНА	178* ± 3,5	182* ± 3,3

Пояснення: * - достовірно вище (p < 0,05)

Таблиця 3.7

HRV перед стрільбою (RMSSD, ms)

КРАЇНА	HRV, ms
Норвегія	84 ± 11
Швеція	82 ± 10
Німеччина	81 ± 9
Франція	77 ± 12
Україна	66 ± 14

В результаті проведення статистичних досліджень нами було виявлено, що найвища точність стрільби із ТОП-15 біатлоністів у спортсменів Норвегії та Швеції (91–92%), найнижча була в українських спортсменів (85,5%).

Різниця між показниками стрільби із положення лежачи та стоячи ~5%, що вказує на складність стрільби стоячи (утримання рівноваги та виконання прицілювання з нестабільного положення).

Українські біатлоністи витрачають на 3–5 с більше часу на кожну серію стрільби, що сумарно дає втрату 15–30 с за гонку.

В гонці спринт при виконанні першої стрільби з положення лежачі, українські спортсмени мають на 6–8 с довший час на стрільбі, що сказується на загальному результаті гонки.

В індивідуальній гонці спортсмени показують кращі відсоткові результати, але час затрачений на стрільбу збільшується, можливо із-за страху допустити помилку (за кожний промах 1 хвилина штрафу до загального результату). Тут найвища концентрація, тому різниця між країнами найменша. Спортсмени виконують 20 пострілів, два рубежі по 5 пострілів лежачі та два стоячи. Українські спортсмени все одно відстають на 2–3 промахи за гонку.

Під час гонки переслідування (персьют) на загальний результат впливає показник після спринтерської гонки, і якщо спортсмен багато часо програв в першій гонці він не завжди може досягти жаданих результатів. Буває і навпаки спортсмени психологічно розлабляються і показують гарні результати в стрільбі і в гонці загалом, тому результати стрільби мають велике коливання 90 – 80%.

Гонка з мас-старту має високе фізичне і психологічне навантаження на спортсменів, по-перше йде особисте змагання в якому одночасно стартує від 30-60 спортсменів і стрільба відбувається на чотирьох вогневих рубежах. Під час гонки спортсмени відчують високий стрес, нестабільна тактика, кожен промах коштують дорого, це втрата позиції та пробігання додаткової відстані (штрафне коло 150 м). Українські спортсмени частіше "поспішають" з пострілами і тому результати стрільби в середньому 80%.

Аналіз показників ЧСС перед стрільбою у українців вищий, чим у Світових лідерів і складає 178 – 182 уд/хв, що ускладнює стабілізацію зброї та виконання прицілювання та пострілу. Нижчий HRV свідчить про гірше відновлення та вищий стресовий фон. Найбільша різниця – у мас-старті та

гонці переслідування, де важливі психологічна стійкість та здатність швидко відновлюватися.

У контактних гонках (персьют, мас-старт, естафети) спортсмени змушені будувати тактику проходження змагальних дистанцій і вогневих рубежів залежно від ситуації на трасі. Виходячи зі свого рівня гоночної підготовленості, спортсмен приймає рішення йти в загальній групі, наздоганяти суперників або намагатися втекти від них. В естафетних гонках на закриття мішеней даються 3 додаткових патрони на кожному вогневому рубежі.

Спортсмен підчас естафетних гонок можуть виконувати 5 – 8 пострілів при таких же значеннях ЧСС, як і на 5 пострілі. Подібна реакція пояснюється стресовою ситуацією на промахи, допущені спортсменами і пов'язаними з цим емоціями (боязнь зробити помилку і підвести команду, можливість не закрити мішені і отримати штрафні кола тощо).

Наше дослідження показало, що у біатлоністів під час зупинки на вогневому рубежі ЧСС різко знижується між пострілами за 25-30 с (це середній час виконання стрільби в індивідуальних гонках). Далі, після 30 с, проведених на рубежі, залежність ЧСС від часу виконання стрільби має дещо інший характер. Нами виявлено два види залежності ЧСС від часу виконання стрільби та використання додаткових патронів в естафетних гонках. У більшості біатлоністок при виконанні 5-го пострілу показники ЧСС становлять 75 – 80% від $ЧСС_{max}$, далі відбувається стабілізація і ЧСС вже не знижується.

Таким чином, у всіх досліджуваних біатлоністів немає прямої залежності між високими значеннями ЧСС при підході до вогневого рубежу, високим ритмом стрільби і точністю стрільби. Викладене вище дозволяє зробити висновок про те, що причину промахів потрібно шукати не у високій ЧСС приходу на вогневий рубіж і високому ритмі стрільби, а в техніці виконання самої стрільби.

3.3. Інноваційні технології та застосування штучного інтелекту в підготовці біатлоністів (стрілецька підготовка)

Результати виступів спортсменів високої кваліфікації на змаганнях показують, що при незначній різниці в швидкості гонки і часу перебування на вогневих рубежах кінцевий результат визначає влучна стрільба [20].

На сучасному етапі розвитку спорту високих досягнень успіх у біатлоні визначається не лише фізичною підготовкою чи технікою лижних ходів, а все частіше — використанням інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту (AI). Особливо це стосується стрілецької підготовки, де кожен рух, кожна секунда, кожен міліметр має значення [71].

На сучасному етапі розвитку біатлону, як виду спорту, він продовжує розвиватися не лише як один із провідних зимових олімпійських видів, а й як інноваційна система взаємодії між людиною, технікою й новітніми науковими досягненнями. В умовах підвищення конкуренції на міжнародній арені, а також постійного зростання вимог до результативності, фізичної витривалості та психологічної стійкості спортсменів, виникає об'єктивна необхідність у вдосконаленні підходів до тренувального процесу [53].

Традиційні методи навчання та удосконалення стрілецької підготовки, засновані на візуальному контролі та суб'єктивній оцінці тренера, поступово замінюються цифровими системами з елементами штучного інтелекту (AI), які дозволяють: аналізувати техніку прицілювання в реальному часі; прогнозувати точність пострілу; оптимізувати дихання, пульс, положення тіла; персоналізувати підхід до кожного спортсмена [45 53, 71].

Вивчення досвіду ведучих фахівців, розумний критичний підхід до вибору раціонального варіанта підготовки спортсменів, безперестанний пошук і удосконалення її елементів у процесі тренувальних занять – це основні шляхи досягнення високих стабільних результатів у біатлоні [3, 4].

У дослідженні прийняли участь біатлоністи віком 18-20 років, спортивна кваліфікація КМС та МС у кількості 20 чоловік (контрольна та

експериментальні групи). Під час підготовчого періоду (травень – серпень) відбувалась удосконалення стрілецької підготовки в контрольній групі (n=10) за традиційною методикою (за допомогою стрількових і комплексних тренувань), а в експериментальній групі (n=10) використовували інноваційну методику з застосуванням комп'ютерної системи Scatt два рази на тиждень на других тренуваннях по 60 хв і проводили аналіз стрілецької підготовки за допомогою AI.

Перед початком дослідження біатлоністи контрольної та експериментальних груп були протестовані за результатами стрільби лежачі та стоячи в однакових умовах і між групами достовірних відмінностей не виявлено ($p > 0,05$).

Після проведення підготовчого тренувального періода було повторне проведення тестування стрілецької підготовки біатлоністів. Біатлоністи проводили стрільбу: лежачі – стоячи – лежачі – стоячи по п'ять пострілів на кожному рубежу після виконання стандартної роботи на лижоролерах на дистанції 2,5 км між рубежами. Оцінювалось відсоток влучання з положення лежачі/стоячи та середній час стрільби.

Результати тестувань стрілецької підготовленості, які проводилися перед початком досліджень і після застосування інноваційної методики виявили покращення показників стрільби у біатлоністів 18-20 років в експериментальній та контрольній групах (табл. 3.8).

Аналіз результатів тестувань виявив покращення стрілецької підготовки в контрольній та експериментальній групах. Але, в експериментальній групі покращення були більш значущими.

Так, в показниках влучності (табл. 3.8) з положення лежачі зміни в контрольній групі відбулися на 6,5%, а в експериментальній на 10,6% ($p < 0,05$). В стрільбі з положення стоячи зміни були в контрольній групі 5,7%, а в експериментальній – 10,1% ($p < 0,05$).

В показниках, які відповідають за швидко-стрільність (табл. 3.8) результати у спортсменів контрольної групи зміни відбулися з положення

лежачі – 9,4%, стоячи – 10,8%, а в експериментальній групі з положення лежачі – 22,3%, стоячи – 16,8%, що є достовірно краще ($p < 0,05$).

Таблиця 3.8

Результати стрільби у біатлоністів після підготовчого періоду (К=Е n=10)

ПОКАЗНИКИ	Контрольна група				Експериментальна група			
	Лежачі		Стоячі		Лежачі		Стоячі	
	$x_{л1} \pm m_{л1}$	$x_{л2} \pm m_{л2}$	$x_{с1} \pm m_{с1}$	$x_{с2} \pm m_{с2}$	$x_{л1} \pm m_{л1}$	$x_{л2} \pm m_{л2}$	$x_{с1} \pm m_{с1}$	$x_{с2} \pm m_{с2}$
Відносна влучність стрільби, %	77,3±2,8	82,7±2,1	75,1±2,8	79,6±2,5	76,8±2,5	85,9±2,3	75,3±2,6	83,8±2,1
Оцінка достовірності t; p	$t_1-t_2=1,54; p>0,05$		$t_1-t_2=1,20; p>0,05$		$t_1-t_2=2,68; p<0,05$		$t_1-t_2=2,54; p<0,05$	
Різниця результатів	6,5%		5,7%		10,6%		10,1%	
Час стрільби	32,1±1,3	29,1±1,4	36,0±1,5	32,1±1,3	32,3±1,4	25,1±1,2	35,8±1,3	29,8±1,4
Оцінка достовірності t; p	$t_1-t_2=1,57; p>0,05$		$t_1-t_2=1,97; p>0,05$		$t_1-t_2=3,91; p<0,05$		$t_1-t_2=3,14; p<0,05$	
Різниця результатів	9,4%		10,8%		22,3%		16,8%	

Примітка: $x_{л1}$ – показники стрільби лежачі на початку дослідження; $x_{л2}$ – показники стрільби лежачі після проведення підготовчого періоду; $x_{с1}$ – показники стрільби стоячи на початку дослідження; $x_{с2}$ – показники стрільби стоячи після проведення підготовчого періоду.

В результаті аналізу ЧСС та часу стрільби з положення лежачі біатлоністів контрольної групи було виявлено, що спортсмени приходили на вогневий рубіж з ЧСС 182 уд/хв, виконували перший постріл на 15 с при ЧСС 167 уд/хв, а останій п'ятий постріл на 29 с при ЧСС 155 уд/хв (рис. 3.5).

Приход на стрільбу з положення стоячи у біатлоністів КГ був на ЧСС 184 уд/хв виконували перший постріл на 13 с при ЧСС 175 уд/хв, а останій п'ятий постріл на 32 с при ЧСС 160 уд/хв (рис. 3.6).

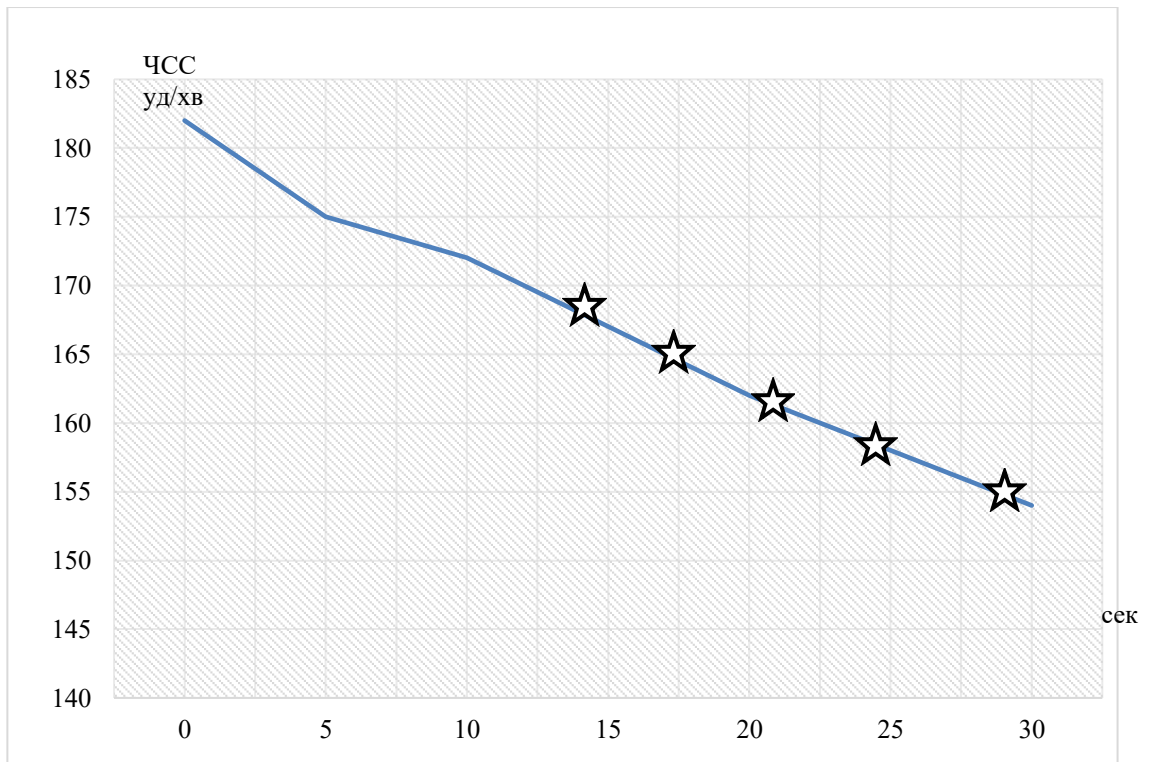


Рис. 3.5. Динаміка ЧСС (уд/хв) та часу між пострілами (с) з положення лежачі біатлоністів контрольної групи

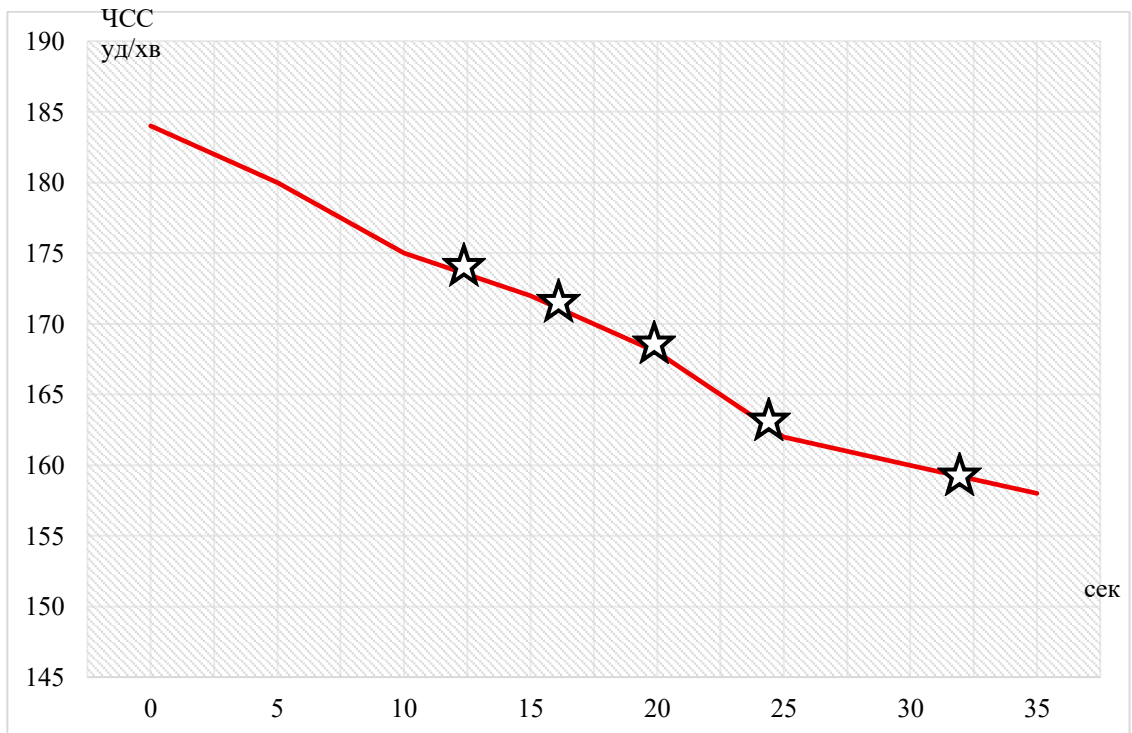


Рис. 3.6. Динаміка ЧСС (уд/хв) та часу між пострілами (с) з положення стоячи біатлоністів контрольної групи

В результаті аналізу ЧСС та часу стрільби з положення лежачі біатлоністів експериментальної групи було виявлено, що спортсмени приходили на вогневий рубіж з ЧСС 180 уд/хв, виконували перший постріл на 13 с при ЧСС 170 уд/хв, а останій п'ятий постріл на 25 с при ЧСС 160 уд/хв (рис. 3.7).

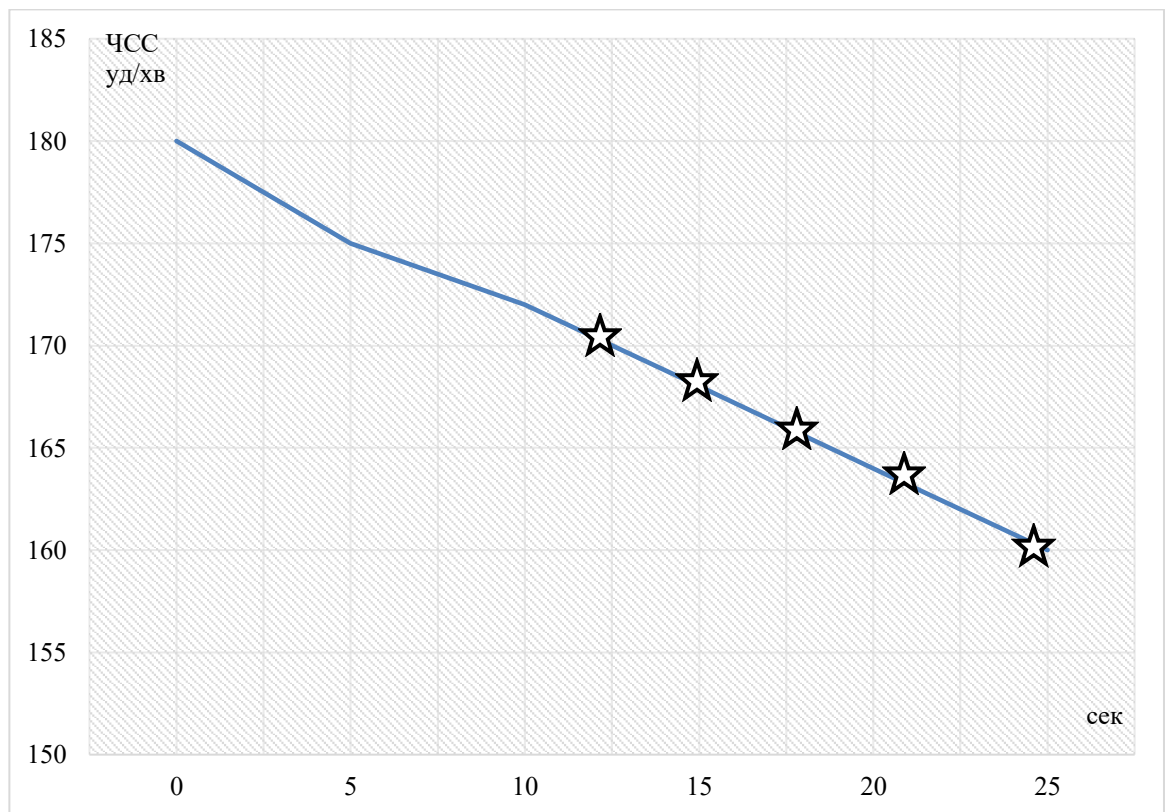


Рис. 3.7. Динаміка ЧСС (уд/хв) та часу між пострілами (с) з положення лежачі біатлоністів експериментальної групи

Приход на стрільбу з положення стоячи у біатлоністів ЕГ був на ЧСС 178 уд/хв виконували перший постріл на 12 с при ЧСС 167 уд/хв, а останій п'ятий постріл на 30 с при ЧСС 155 уд/хв (рис. 3.8).

В даний час біатлоністи не знижують швидкість при підході до вогневого рубежу. Спортсмени починають стріляти при ЧСС 90 – 95% від ЧССтах в гонці і ці значення збігаються з ЧСС середнім в гонці. Найбільш значні індивідуальні відмінності спостерігаються в швидкості зниження ЧСС

під час підготовки і виконання самої стрільби (від 72 до 85% від ЧССтах в гонці).

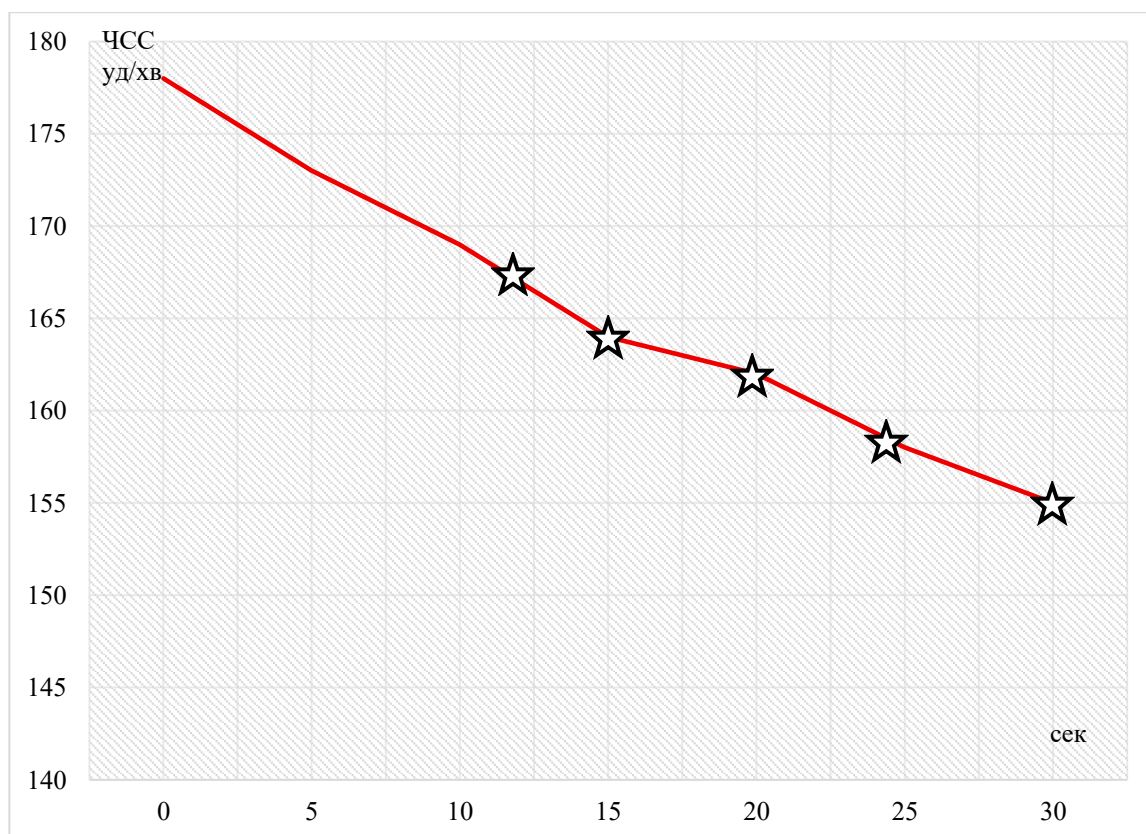


Рис. 3.8. Динаміка ЧСС (уд/хв) та часу між пострілами (с) з положення стоячи біатлоністів експериментальної групи

Зниження ЧСС у всіх спортсменів на перших вогневих рубежах виражено значно сильніше, ніж на наступних. Це свідчить про наростання напруженості, втоми функціонування організму в процесі гонки. Однак і в цьому випадку немає достовірного погіршення якості стрільби від рубежу до рубежу і від пострілу до пострілу. Незважаючи на те, що під час підготовки до стрільби і під час самої стрільби ЧСС від пострілу до пострілу знижується, це не призводить до підвищення точності стрільби, що означає можливість ведення швидкої і точної стрільби при високих пульсових режимах і високому психичному напруженні.

Наше дослідження виявили, що у спортсменок під час перебування на вогневому рубежі ЧСС різко знижується протягом перших 25-30 с і в момент

завершення стрільби в середньому становить 75 – 80 % від $ЧСС_{\max}$ в гонці. Після 30 – 35 с, проведених на рубежі, спостерігаються індивідуальні реакції зниження ЧСС. У більшості біатлоністок після 30 с перебування на вогневому рубежі ЧСС стабілізується і вже не знижується.

Вивчення досвіду ведучих спортсменів Світу, розумний підхід до вибору раціонального підходів до тренування, безперестанний пошук і удосконалення її елементів у процесі підготовки, застосування інноваційних методик з залученням штучного інтелекту – це основні шляхи досягнення високих стабільних результатів у стрільбі.

Використання лазерної зброї у підготовці біатлоністів має декілька очевидних переваг. Воно дозволяє тренувати точність стрільби без використання реальних боєприпасів, що робить процес безпечнішим та економічним. Крім того, лазерна зброя дозволяє аналізувати техніку стрільби та вдосконалювати її в реальному часі. Сучасні лазерні пристрої використовують для тренування біатлоністів в умовах стресу та значної фізичної втоми, симулюючи змагальні умови, атмосферу та виклики, які можуть виникнути під час справжньої гонки.

В системі Scatt використовується інфрачервоні датчики та оптичне відстеження, щоб зафіксувати найдрібніші рухи гвинтівки під час прицілювання та пострілу. Дані передаються у комп'ютер, де формується графік руху мушки відносно центру мішені та відбувається аналіз за допомогою AI з виправленням помилок і удосконалення техніки стрільби.

Штучний інтелект стає ключовим інструментом у підготовці біатлоністів. Найефективніші напрями — аналіз техніки прицілювання, прогнозування точності, адаптивне VR-навчання. Дослідження підтверджують що використання AI збільшує точність стрільби на 10–22%. Штучний інтелект не замінює тренера, але досить вагомо може допомогти в контролі тренувальної діяльності.

ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

У сучасному біатлоні успішні виступи на міжнародній арені визначаються не лише технікою лижних ходів чи точністю стрільби, а й комплексом морфо-функціональних, фізіологічних, психологічних та тактичних факторів. Аналіз останніх сезонів Кубка світу та Чемпіонатів Світу дозволяє стверджувати, що спортсмени з провідних країн: Норвегії, Швеції, Німеччини та Франції – мають системну перевагу перед іншими, зокрема українськими біатлоністами. Ця перевага формується завдяки науково обґрунтованій моделі підготовки, яка враховує антропометричні особливості, рівень аеробної продуктивності, ефективність стрільби та здатність до швидкого відновлення.

Україна, попри наявність окремих талановитих спортсменів, системно відстає за ключовими показниками, що відображається на результатах у всіх основних дисциплінах: спринті, індивідуальній гонці, переслідуванні та мас-старті. Цей висновок базується на порівняльному аналізі даних, зібраних за період 2022–2025 рр., з офіційних джерел IBU, національних федерацій, лабораторних обстежень та наукових досліджень.

Одним із найважливіших чинників успіху є морфо-функціональна модель біатлоніста. У середньому, кваліфіковані спортсмени мають зріст 177–182 см, масу тіла 69–75 кг та індекс маси тіла (ІМТ) у межах 22,1–22,5 – оптимальний діапазон для представників видів витривалості. Особливо відрізняються біатлоністи Норвегії: середній зріст – 182,1 см, маса – 74,5 кг, що забезпечує їм перевагу у довгих штовханнях палицею. Німеччина та Швеція також мають високі антропометричні показники, що поєднуються з високою м'язовою масою, про що свідчить високий індекс Кетле II (403–409 г/см). У той же час, українські спортсмени (зріст 178,5 см, маса 70,1 кг, індекс Кетле II – 393 г/см) мають меншу питому масу та нижчу силову підготовку, що обмежує їхню ефективність при пересуваннях у підйом і при швидкісно-силовій роботі палицями.

Ще більш значущим є відставання за функціональними показниками. Життєва ємність легенів (ЖЄЛ) у норвежців становить 5,8 л, у німців – 5,7 л, тоді як у українців – лише 5,3 л. Аналогічна картина з $VO_2\max$: у лідерів – 75–76 мл/кг/хв, у українців – 72,4 мл/кг/хв. Ці 3–4 одиниці мають принципове значення: вони визначають різницю в енерговитратах, швидкості відновлення та загальній витривалості. Зокрема, у довгих гонках – індивідуальній та мас-старті, ця різниця може коштувати спортсмену 15–30 с, що часто вирішує долю медалі.

Особливо важливим є стан спортсмена перед стрільбою. Дані показують, що середній пульс українських біатлоністів перед стрільбою становить 174–178 уд/хв, тоді як у норвежців, шведів та німців – 167–173 уд/хв. Разом із цим, HRV (варіабельність серцевого ритму) у українців – 66 ms, тоді як у лідерів – 81–84 ms. Це свідчить про недостатнє відновлення, вищий рівень стресу та знижену здатність до саморегуляції, що безпосередньо впливає на стабільність торсу під час прицілювання.

Що стосується стрільбової підготовки, то тут програш України ще більш очевидний. Середня точність стрільби у провідних країн – 89–92%, тоді як у українців – 85,5%. Різниця в 5–6 процентних пунктах означає 1–2 промахи на кожну гонку, що є критичним у сучасному біатлоні, де перемога часто вирішується кількома секундами. Найбільше відставання спостерігається у стрільбі з положення стоячи, де українські біатлоністи влучають лише у 82,4% випадків проти 87,9–89,1% у лідерів. Це пов'язано з недостатньою стабілізацією верхньої частини тіла, слабкою координацією та підвищеною м'язовою напругою.

Також важливим є час, витрачений на стрільбу. Норвежці та шведи виконують стрільбу (лежачи/стоячи) за 26,2–26,6 секунд, французи та німці – за 27,3–27,9 сек. Рекорд стрільби з положення стоячи належить норвежському біатлоністу Мартіну Ульдалю, який він зробив під час змішаної естафети в Поклюці і складає 12,5 с за п'ять точних пострілів.

Українці витрачають 30,2 с, що на 3–5 секунд більше. Це сумарно дає втрату 15–20 секунд за гонку, що не компенсується навіть високою лижною швидкістю. Причини: повільне прийняття ізготовки, затримки між пострілами, потреба в додаткових корекціях прицілювання.

Аналіз окремих дисциплін показує, що найбільший прогрес у Україні потрібен у мас-старті та у гонці переслідуванні, це найбільш стресові та тактично складні гонки, які потребують додаткових психологічних напружень. У мас-старті точність стрільби українських біатлоністів падає до 80,1%, тоді як у норвежців вона складає 88,7%. Це свідчить про слабку психологічну підготовку, нестійкість у тиску, неспроможність контролювати емоції. У той же час, у індивідуальній гонці, де важлива концентрація і витривалість, різниця трохи менша – 88,7% проти 94,1%, що вказує на те, що українці мають потенціал у довгих дистанціях, але не реалізують його через недофінансування, обмежений доступ до технологій та слабкий науковий супровід.

Отже, можна зробити висновок, що провідні країни побудували повноцінну систему підготовки, яка включає: довготривалу спеціалізацію з молодшого віку; науковий супровід (HRV, $VO_2\max$, GPS, біоімпеданс); використання сучасних технологій (лазерні системи, Catapult, AI); індивідуалізацію тренувального процесу.

Україна ж залишається на рівні традиційної методики, де бракує системного контролю стану, об'єктивних даних для планування та доступу до сучасних засобів підготовки.

Для подолання цього розриву необхідно: впровадити регулярне тестування $VO_2\max$, ЖЄЛ, HRV; збільшити частку НІІТ/SIT для покращення анаеробної потужності; використовувати лазерні системи для відпрацювання стрільби; навчати техніці швидкого прийняття ізготовки; проводити стрес-тренування (мас-старт моделювання); залучити фахівців з фізіології, біомеханіки, психології.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел і узагальнення практичного досвіду підготовки спортсменів свідчить, що одне з центральних місць в побудові тренувального процесу в біатлоні займає стрількова підготовка в річному макроциклі. Зміна якісного змісту підготовчого періода підготовки, застосування нових форм в стрільковій і комплексній підготовці, дозволить поліпшити динаміку росту результатів, які вплине на змагальний результат.

2. Аналіз проведених антропометричних досліджень кваліфікованих біатлоністів показує, що відмінність модельних характеристик знаходиться в межах 1,1% - 8,5% і вони не мають достовірні відмінності ($p > 0,05$) по більшому числу показників.

Морфо-функціональна модель кваліфікованого біатлоніста складають:

- Зріст 177–182 см;
- Маса 69–75 кг;
- Вміст % жиру <9%;
- ЖЄЛ 5,6 – 5,8 л;
- $VO_{2max} > 75$ мл/кг/хв;
- Лактатний поріг при 90–92% ЧСС max;
- HRV >75 ms.

Українські біатлоністи мають задовільні антропометричні показники, але відстають за функціональними параметрами: VO_{2max} нижчий на 3,5–4,0 мл/кг/хв; лактатний поріг досягається при нижчій інтенсивності; HRV на 15 – 20% нижчий.

3. В результаті проведення статистичних досліджень нами було виявлено, що найвища точність стрільби із ТОП-15 біатлоністів у спортсменів Норвегії та Швеції (91–92%), найнижча була в українських спортсменів (85,5%). Українські спортсмени в цьому змагальному показнику відстають на 6,2% від лідерів. Різниця між стрільбою лежачи та стоячи знаходиться в межах ~5–6%, що вказує на складність контрольованої стрільби особливо з положення стоячи. Українські біатлоністи витрачають на 3–5 с більше часу на кожну серію стрільби, що сумарно дає втрату 15–30 с за гонку.

4. Аналіз показників ЧСС перед стрільбою у українців вищий, чим у Світових лідерів і складає 178 – 182 уд/хв, що ускладнює стабілізацію зброї та виконання прицілювання та пострілу. Нижчий HRV свідчить про гірше відновлення та вищий стресовий фон. Найбільша різниця у мас-старті та гонці переслідування, де важливі психологічна стійкість та здатність швидко відновлюватися.

5. Аналіз результатів проведених досліджень виявили, що покращення стрілецької підготовки відбулися в контрольній та експериментальній групах. Але, в експериментальній групі покращення були більш значущими.

Так, в показниках влучності з положення лежачі зміни в контрольній групі відбулися на 6,5%, а в експериментальній на 10,6% ($p < 0,05$). В стрільбі з положення стоячи зміни були в контрольній групі 5,7%, а в експериментальній – 10,1% ($p < 0,05$).

В показниках, які відповідають за швидко-стрільність результати у спортсменів контрольної групи покращилися з положення лежачі на – 9,4%, стоячи – 10,8%, а в експериментальній групі з положення лежачі – 22,3%, стоячи – 16,8%, що є достовірно краще ($p < 0,05$).

6. В результаті аналіз виступу українських біатлоністів в міжнародних змаганнях, потрібно звернути увагу на виступ у мас-старті та у гонці переслідуванні, це найбільш стресові та тактично складні гонки, які потребують додаткових психологічних напружень. У мас-старті точність стрільби українських біатлоністів падає до 80,1%, тоді як у норвежців вона складає 88,7%. Це свідчить про слабку психологічну підготовку, нестійкість к тиску контактної бородьби, неспроможність контролювати емоції. У той же час, в індивідуальній гонці, де важлива концентрація і витривалість, різниця трохи менша – 88,7% проти 94,1%, що вказує на те, що українці мають потенціал у довгих дистанціях, але не реалізують його через недофінансування, обмежений доступ до технологій та слабкий науковий супровід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Асаулюк І. О., Буй І. В. (2021). *Характеристика фізичної підготовленості біатлоністів*. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. 2021. Вип. № 4(134). С. 9-12.
2. Антомонов М. Ю., Коробейніков Г. В., Хмельницька І. В., Харковлюк-Балакіна Н. (2021). *Математичні методи оброблення та моделювання результатів експериментальних досліджень*. Навчальний посібник. К.: Олімпійська література, 2021. 261 с.
3. *Біатлон: навчальна програма для дитячо-юнацьких шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності (2000)* / За заг. ред. Ю. С. Пядухова. Київ: Державний комітет України з фізичної культури і спорту, 2000. 116 с.
4. Біланенко О., Ратов А. (2021). *Особливості здійснення стрільби в біатлоні*. Актуальні питання підготовки спортсменів в олімпійських і неолімпійських видах спорту: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції, (21–22 жовтня 2021 року) / МОН України, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Навчально-науковий інститут фізичної культури. Суми, 2021. С. 20–24.
5. Булатова М. М., Линець М. М., Платонов В. М. (2008). *Розвиток фізичних якостей*. Теорія і методика фізичного виховання : [підруч. для студ. вищ. навч. закл. фіз. виховання і спорту] ; за ред. Т. Ю. Круцевич. Київ : Олімпійська література, 2008. Т. 1, гл. 9. С. 175 – 295.
6. Бурла О. М., Бурла А. О. (2015). *Технічна та фізична підготовка юних біатлоністів: навчальний посібник*. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2015. 183 с.
7. Бурла А. О., Бурла О. М. (2018). *Теоретико-методичні основи побудови тренувального процесу юних біатлоністів у річному макроциклі: монографія*. Суми : Сумський державний університет, 2018. 295 с.

8. Бурла В., Лапицький В., Бурла А. (2023). *Використання фізичних засобів відновлення юних спортсменів у підготовчому періоді річного тренувального циклу*. Інноваційні і цифрові технології у процесі підготовки спортсменів в умовах формального і неформального навчання : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Суми : ФОП Цьома С.П., 2023. С. 34-36.

9. Бурла А., Сірик А., Бурла О. (2024). *Диференціація фізичних засобів відновлення і підвищення працездатності біатлоністів 16–17 років у підготовчому періоді*. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15, (3К(176)), 134-138. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3K\(176\).29](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.3K(176).29)

10. Волков Л. В. (2016). *Теорія і методика дитячого та юнацького спорту*: підручник: вид. 2-е, пер. і доп. Київ: Освіта України, 2016. 464 с.

11. Ворона В. В. (2023). *Ефективність використання спеціальних засобів у підготовці біатлоністів*. Олімпійський та паралімпійський спорт. Суми: Вид-во СДПУ, 2023. № 3. С. 10 -13.

12. Желязков Ц., Дашева Д. (2011). *Основи та спортивна тренування*. 2-е изд. Софія: Гера арт, 432 с.

13. Зубрилов Р. А. (2013) *Стрелковая подготовка биатлониста*: монографія. 2-е изд., дополн. и переработ. М.: Советский спорт, 2013. 296 с.

14. Камаєв О.І., Сидорова Т.В. (2018) *Оптимізація методики силової і функціональної підготовки кваліфікованих лижників-гонщиків у базовому мезоциклі підготовчого періоду*. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2018. С. 48-54.

15. Карленко В. П. (2015). *Цільовий підхід в системі тренування та змагальної діяльності кваліфікованих біатлоністок*. Фізична. культура, спорт та здоров'я нації. 2015. № 19. Т. 2. С. 148–164.

16. Карленко В. П. (2019). *Змагальна діяльність біатлоністів високої кваліфікації як один із чинників підвищення їхньої технічної майстерності*

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. 2019. Вип. 2 (108). С. 66–87.

17. Кокарев А.Б., Щербій С.А. (2025). *Штучний інтелект в спорті: шляхи інтеграції та проблеми застосування*. Спорт та фізичне виховання у закладах вищої освіти. Сучасність та майбутнє». Збірник тез доповідей Всеукраїнської інтернет-конференції, 6 березня 2025 року. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С. 94-99.

18. Костюкевич В. М. (2007). *Теорія і методика тренування спортсменів високої кваліфікації*: Навчальний посібник. Вінниця: «Планер», 2007. 273 с.

19. Костюкевич В. М., Шевчик Л. М., Сокольвак О. Г. (2017). *Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті*: навч. посіб. 2-е вид. перероб. та доп.; за заг. ред. В. М. Костюкевича. Київ: КНТ, 2017. 256 с.

20. Колупаєв К., Стефанишин Н., & Стефанишин М. (2024). Лазерна зброя у підготовці біатлоністів. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, (May 31, 2024; Berlin, Germany), 268–269.

<https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1887>

21. Котляр С. М., Сидорова Т. В., Овсяннікова О. Ю. (2020). *Удосконалення підготовки лижників-гонщиків на етапі спеціалізованої підготовки*. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені МП Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). 2020. №. 1. С. 45-53. DOI 10.31392/NPU-nc.series 15.2019.1(121)20.09.

22. Котляр С. М., Топорков О. М. (2020). Вплив електронних гаджетів на результати стрільби у біатлоні. Фізична культура, спорт і здоров'я: стан, проблеми та перспективи: збірник тез наукових доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції, 17-18 грудня 2020 року. Харків: С. 60-62.

23. Котляр С.М., Топорков О.М., Сидорова Т.В. (2021). *Спеціальна силова підготовка кваліфікованих лижників-гонщиків 18-20 років у підготовчому періоді*. Слобожанський науково-спортивний вісник, 2021. № 2(82). С. 37-43.

24. Котляр С. М., Половінко К. С. (2025). *Контроль тренувального*

процесу кваліфікованих лижників-гонщиків у підготовчому періоді річного макроциклу. Проблеми та перспективні напрями розвитку сучасного спорту: актуальні питання теорії та практики: збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої міжнародному дню спорту на благо миру та розвитку (електронне видання), 4 квітня 2025 року. Харків: ХДАФК, 2025. С. 29-32.

25. Коцюба О. М. (2021). *Фізіологічне обґрунтування адаптації до навантажень у циклічних видах спорту*. Київ: НУФВСУ, 2021. 280 с.

26. Кравченко О., Карленко В. (2020). *Змагальна діяльність біатлоністів високої кваліфікації на сучасному етапі розвитку біатлону. Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2020. № 3. С. 21–25.

27. Маленюк Т.В., Собко Н.Г. (2018). *Початкова та базова підготовка спортсменів: теоретико-методичні та організаційні аспекти: навч. посібник* Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2018. 210 с.

28. Маляр Е.І., Маляр Н.С., Огнистий А.В., Огниста К.М. (2021). *Сучасні технології формування результативності у стрільбі біатлоністів*. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). 2021. Вип. 2(130). С. 75–79.

29. Мулик В.В. (2015). *Використання різних видів спеціальної підготовки юних біатлоністів протягом річного макроциклу. Основи побудови тренувального процесу в циклічних видах спорту*. 2015. С. 42–47.

30. Мулик В. В. (2015). *Кореляційна залежність між точністю стрільби та морфофункціональними показниками юних біатлоністів 15–16 років*. Слобожанський науково-спортивний вісник. 2015. № 2. С. 138–142.

31. Мулик В. В. (2015). *Планування змагальної діяльності юних біатлоністів упродовж річного макроциклу*. Слобожанський науково-спортивний вісник 2015. № 6. С.99–103.

32. Олійник О.М. (2020). *Методичні основи побудови тренувального процесу у видах спорту на витривалість*. Київ: КНТЕУ, 2020. 230 с.

33. Осіпов В. М. (2019). *Методика оцінки функціонального стану м'язового апарату атлетів у циклічних видах спорту*. Основи побудови тренувального процесу в циклічних видах спорту: зб. наук. пр. 2019. С. 45–51. Режим доступу: https://journals.uran.ua/cvs_konf/article/view/166563.

34. Перегінець М. М., Черненко О. Є. (2025). *Інноваційні технології у сфері фізичної культури і спорту*. Спорт та фізичне виховання у закладах вищої освіти. Сучасність та майбутнє». Збірник тез доповідей Всеукраїнської інтернет-конференції, 6 березня 2025 року. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С. 99-102.

35. Платонов В.Н. (2013). *Периодизация спортивной тренировки*. Общая теория и ее практическое применение. Киев: Олимпийская литература, 624 с.

36. Платонов В.Н. (2015). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн.* Киев: Олимпийская литература, Кн. 2., 752 с.

37. Платонов В.М. (2020). *Сучасна система спортивного тренування*. Київ: Перша друкарня, 2020. 704 с.

38. Ратов А. М. (2015). *Використання інноваційних технологій в стрільковій підготовці біатлоністів*. Фізична культура, спорт та здоров'я нації : збірник наукових праць / Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського. Вінниця : ТОВ „Планер”, 2015. Вип. 19. С. 334–338. URL: <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/73473>

39. Руденко О., Ворона В. *Аналіз показників стрільби біатлоністів різних вікових груп на чемпіонаті світу 2021 року*. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2021. № 6(110). С. 209–210.

40. Сидорова Т. В. (2021). *Вплив повторного тренування на швидкісно-силову підготовку лижників-гонщиків*. Основи побудови тренувального процесу в циклічних видах спорту. 2021. №. 5. С. 47-53.

41. Топорков О. М. (2019). *Особливості харчування спортсменів в циклічних видах спорту на прикладі лижних гонок та біатлону*. Основи побудови тренувального процесу в циклічних та екстремальних видах

спорту: зб. наук. праць. Харків : ХДАФК, 2019. Вип. 3. С. 85–90.

42. Юденко О. В. (2024). *Інноваційні технології фізичного виховання і спорту*: навч. посіб. К.: Національний університет оборони України, 2024. 360 с.

43. Amelie Heinrich, Hanna Köhler, Florian Müller, Oliver Stoll & Rouwen Cañal-Bruland. (2022) The impact of co-acting competitors on shooting performance in elite biathletes. *Journal of Sports Sciences* 40:18, pages 2028-2036.

44. Baker, J., Cobley, S., Schorer, J. (2022). Talent identification in sports: Current challenges and AI applications. *International Journal of Sports Science Coaching*, 2022. 17(3), 324-340. <https://doi.org/10.1177/17479541211019613>

45. Bompa T., Buzzichelli C. (2015) *Periodization: Theory and Methodology of Training*. 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2015.

46. Buchheit M. (2014). Monitoring training status with HR measures // *Frontiers in Physiology*. 2014. Vol. 5. P. 1–11. DOI: 10.3389/fphys.2014.00073

47. Bunker R., Thorpe H. (2022). Exploring artificial intelligence in sports analytics: Opportunities, applications, and challenges. *Journal of Sports Science Medicine*, 2022. 21(1), 45-59. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.21.1.45>

48. Doma K., Deakin G.B., Schumann M., Bentley D.J. (2019). Training Considerations for Optimising Endurance Development: An Alternate Concurrent *Training Perspective*. *Sports Med.* 2019 May;49(5):669-682. doi: 10.1007/s40279-019-01072-2. PMID: 30847824.

49. FIS Biathlon Handbook 2025. (2025). International Ski and Snowboard Federation. Available at: <https://fis-ski.com>

50. Foster C., Rodriguez-Marroyo J.A., de Koning J.J. (2017) Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2017, 12(Suppl 2), S2-2-S2-8.

51. German Biathlon Federation. (2023) *Annual Report on Athlete Development*. Munich, 2023. Available at: <https://deutscher-skiverband.de>

52. Grant T., Clarke D. (2020). Beyond the algorithm: Human intuition and AI in sports coaching. *Coaching Science Review*, 4(3), 112–128. <https://doi.org/10.1080/2162402X.2020.1150467>.

53. Hughes D.C, Ellefsen S, Baar K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018 Jun 1;8(6):a029769. DOI: 10.1101/cshperspect.a029769. PMID: 28490537; PMCID: PMC5983157.

54. Holmberg H.-C. (2023). The Digital Transformation of Winter Sports // *Journal of Sports Sciences*. 2023. Vol. 41, № 8. P. 789–801. DOI: 10.1080/02640414.2023.2198765

55. International Biathlon Union (IBU) (2024). *Performance Analysis Report 2024*. Salzburg, 2024. Available at: <https://www.biathlonworld.com>

56. Jones Thomas, Lindblom Hampus, Karlsson Øyvind, Andersson Erik, McGawley Kerry (2021). Anthropometric Physiological and Performance Developments in Cross-country Skiers. *Medicine & Science in Sports Exercise*. Publish Ahead of Print. 10.1249/MSS.0000000000002739.

57. Kamaev O., Mulyk V., Kotliar S., Mulyk K., Utkina O., Nesterenko A., Sidorova T., Toporkov A., Grynova T. (2020). Optimization of the functional and speed-strength training of qualified skiers-racers during the preparatory period. *Journal of Physical Education and Sport*® (JPES), Vol.20 (1), Art 17, pp. 131 - 137, 2020 online ISSN: 2247 - 806X; p-ISSN: 2247 – 8051; ISSN - L = 2247 - 8051 © JPES. DOI:10.7752/jpes.2020.01017

58. Leonelli M. (2025). Predicting and understanding shooting performance in professional biathlon: a Bayesian approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2025, pages 1-20. <https://doi.org/10.1080/24748668.2025.2500155>

59. Lundgren K. M., Karlsen T., Sandbakk Ø., James P. E., Tjønnå A. (2015) Sport-specific physiological adaptations in highly trained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 47: 2150–2157, 2015.

60. Ma M., Zhao S., Long T., Song Q., Holmberg H.C., Liu H. (2024). Comparative Analysis of the Diagonal Stride Technique during Roller Skiing and

On-Snow Skiing in Youth Cross-Country Skiers. *Sensors (Basel)*. 2024 Feb 22;24(5):1412. DOI: 10.3390/s24051412. PMID: 38474946; PMCID: PMC10934776.

61. Maier T., Meister D., Trösch S., Wehrin J.P. (2018). Predicting biathlon shooting performance using machine learning. *Journal of Sports Sciences*, 2018, pages 2333-2339. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1455261>

62. Myklebust H., Losnegard T., Hallén J. (2022). Kinematic differences between uphill roller skiing and on-snow skiing using the V2 skating technique. *Eur J Appl Physiol*. 2022 Nov;122(11):2355-2365. doi: 10.1007/s00421-022-05007-0. Epub 2022 Jul 27. PMID: 35895144; PMCID: PMC9560927.

63. Norwegian Olympic Sports Centre (NIF) (2023). *Biomechanical and Physiological Monitoring in Elite Biathletes*. Oslo, 2023. Available at: <https://www.nifs.no>

64. Osborne J.O, Solli G.S, Engseth T.P, Welde B, Morseth B, Noordhof D.A, Sandbakk Ø, Andersson E.P. (2023). Annual Volume and Distribution of Physical Training in Norwegian Female Cross-Country Skiers and Biathletes: A Comparison Between Sports, Competition Levels, and Age Categories-The FENDURA Project. *Int J Sports Physiol Perform*. 2023 Oct 11;19(1):19-27. DOI: 10.1123/ijsp.2023-0067. PMID: 37917966.

65. Sandbakk Ø, Holmberg H.C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017 Sep;12(8):1003-1011. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0749. Epub 2017 Jan 17. PMID: 28095083.

66. Sandbakk Ø., Holmberg H.-C. (2022). The Physiology of Cross-Country Skiing and Biathlon // *Sports Medicine*. 2022. Vol. 52, № 3. P. 401–418. DOI: 10.1007/s40279-021-01573-4

67. Saw A. E., Main, L. C., & Gustin P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>

68. Schmitt L., Willis S.J., Coulmy N., Millet G.P. (2018). Effects of Different Training Intensity Distributions Between Elite Cross-Country Skiers and Nordic-combined Athletes During Live High-train Low. *Front Physiology*, 2018, vol. 9, p. 932. DOI: 10.3389/fphys.2018.00932

69. Solli G.S, Tønnessen E, Sandbakk Ø. (2017). The Training Characteristics of the World's Most Successful Female Cross-Country Skier. *Front Physiol.* 2017 Dec 18;8:1069. DOI: 10.3389/fphys.2017.01069. PMID: 29326603; PMCID: PMC5741652.

70. Solli G.S., Tønnessen E., Sandbakk Ø. Block vs. (2019). Traditional Periodization of HIT: Two Different Paths to Success for the World's Best Cross-Country Skier. *Front Physiology*, 2019, vol. 10, p. 375. DOI: 10.3389/fphys.2019.00375

71. Stoggl T, Bishop P, Hook M, Willis S, Holmberg H.C. (2015). Effect of carrying a rifle on physiology and biomechanical responses in biathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47:617–24.

72. Stöggl T., Müller E. (2021). Biomechanics of Biathlon Shooting: A Review // *Sports Medicine*. 2021. Vol. 51, № 7. P. 1423–1438. DOI: 10.1007/s40279-021-01466-3

73. Torvik P. Ø., Solli G.S., Sandbakk Ø. (2021). The Training Characteristics of World-Class Male Long-Distance Cross-Country Skiers. *Front Sports Act Living*, 2021, 25:3:641389. DOI: 10.3389/fspor.2021.641389

74. Ukrainian Biathlon Federation. (2024). *Training Guidelines for Coaches*. Kyiv, 2024. Available at: <https://biathlon.org.ua>

75. Vickers J.N, Williams A.M. (2007). Performing under pressure: the effects of physiological arousal, cognitive anxiety, and gaze control in biathlon. *J Motor Behav* 2007; 39:381–94.

76. Walther J., Haugen T., Solli G.S., Tønnessen E., Sandbakk Ø. (2023). From juniors to seniors: changes in training characteristics and aerobic power in 17 world-class cross-country skiers. *Front Physiology*, 2023, 20:14:1288606. DOI: 10.3389/fphys.2023.1288606. PMID: 38054044; PMCID: PMC10694351

77. Walther J., Haugen T., Solli G.S., Tønnessen E., Sandbakk Ø. (2024). The Evolvement of Session Design From Junior Age to Senior Peak Performance in World-Class Cross-Country Skiers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2024 Aug 21;19(10):1097-1106. doi: 10.1123/ijsp.2023-0541. PMID: 39168465.

78. Walther J., Kocbach J., Sandbakk Ø. (2025). Day-To-Day Endurance Training Periodization of World-Class Cross-Country Skiers. *Eur J Sport Sci.* 2025 Jun;25(6):e12322. doi: 10.1002/ejsc.12322. PMID: 40400090; PMCID: PMC12094961.