

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ  
І СПОРТУ УКРАЇНИ**

УДК: 796.015.6:616.27

**Кузьміна Людмила Михайлівна**

**ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СПОРТСМЕНІВ  
ДО ГІПОКСІЇ НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕТАПІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ  
БАЗОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

24.00.01 – Олімпійський та професійний спорт

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата наук з фізичного виховання і спорту



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті фізичного виховання і спорту України, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

**Науковий керівник** доктор біологічних наук, професор Філіппов Михайло Михайлович, Національний університет фізичного виховання і спорту України, професор кафедри біології спорту

**Офіційні опоненти:**

доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор **Дяченко Андрій Юрійович**, Національний університет фізичного виховання і спорту України, професор кафедри теорії і методики спортивної підготовки та резервних можливостей спортсменів;

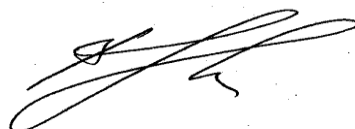
кандидат медичних наук, старший науковий співробітник **Портніченко Володимир Іл'їч**, Міжнародний центр астрономічних та медико - екологічних досліджень, заступник директора з наукової роботи, завідуючий відділом фізіології та патофізіології екстремальних станів

Захист відбудеться 26 вересня 2012р. о 14.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.829.01 в Національному університеті фізичного виховання і спорту України (03680, Київ - 150, вул. Фізкультури, 1).

З дисертацією, можна ознайомитись в бібліотеці Національного університету фізичного виховання і спорту України (03680, Київ - 150, вул. Фізкультури, 1).

Автореферат розіслано 22 серпня 2012 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В. І. Воронова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність.** Сучасний олімпійський спорт характеризується рекордними спортивними результатами, високою конкуренцією на міжнародній арені (A.Urhause, 2007; W. Kindermann, 2009; Ганц-Германн Дикхут, 2010), що вимагає постійного підвищення якості та ефективності тренувального процесу (Л.П. Матвєєв, 2001; М.М. Булатова, 2010).

Сучасна теорія спорту науково обґрунтовує зміст підготовки спортсменів в циклічних видах спорту. Вона потребує врахування рівня функціональної підготовленості, термінів основних змагань та їх відповідність оптимальному, для досягнень найвищих результатів, віку спортсмена та етапу багаторічної підготовки (В.М. Платонов, 2004; Л.А. Драгунов, 2007). Так, етап спеціалізованої базової підготовки є найбільш фундаментальним для формування тих проявів та якостей, які необхідні для наступних етапів багаторічного удосконалення. Його особливістю в циклічних видах спорту є спрямованість на розвиток аеробних можливостей, удосконалення професійних якостей, які зумовлюють успішність реалізації функціональних можливостей організму при подоланні конкретних дистанцій. Якщо робота здійснюється в зоні максимальної і субмаксимальної потужності, внаслідок невідповідності між запитом і доставкою кисню, виникає гіпоксія навантаження, ступінь якої залежить від індивідуальних можливостей включення механізмів її компенсації (М.М.Філіппов, 1982-2010; В.І. Портніченко, 2008-2010). Показано, що на етапі спеціалізованої базової підготовки спортсменів для формування стійкості до гіпоксії навантаження одним з ефективних засобів є виконання швидкісних вправ за короткий проміжок часу (А.Ю.Дяченко, 2004, 2011).

На сьогоднішній день достатньо проаналізовано відмінності механізмів розвитку і компенсації гіпоксії навантаження при фізичній роботі від гіпоксичної гіпоксії (М.М. Філіппов, 1987, 2010). Проте в умовах спортивної діяльності поєднані впливи на організм різних факторів створюють певне навантаження не лише на функції систем дихання і кровообігу, але і на механізми їх регулювання. Так, у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, гіпоксія виникає в результаті затримки дихання на фоні розвитку гіпоксії навантаження. При цьому дихальний центр, який дуже чутливий до змін газового складу крові, при затримці дихання, м'язовому напруженні і гіперкапнії змінює природні регуляторні процеси.

В останні роки біохіміки, фізіологи, генетики розшифрували геном багатьох тварин і людини, завдяки чому досягли певного рівня розуміння механізмів регулювання фізіологічних процесів. Це великою мірою може бути використано для відбору та підготовки спортсменів.

Багатьма авторами (Л.Б. Долман, 2004; А.В. Коцюрuba, 2004; Н.Є. Максимович; 2004; В.І. Портніченко, 2010 та ін.) показано, що при гіпоксії в плазмі та на еритроцитах підвищується концентрація оксиду азота (NO). Відомо, що він є одним з найбільш важливих біологічних медіаторів, тому задіяний в механізми адаптації кисневотранспортної системи організму до різних типів гіпоксії.

На теперішній час описано певні поліморфізми гену, який кодує фермент NO - синтази (NOS) і встановлено зв'язок між алельними формами цього гену і здатністю виконувати тривалу фізичну роботу (X.L.Wang, 1997; Т. Tsukada, 1998; І.В. Астратенкова, 2006; В.М. Ільїн і співавт., 2012), яка залежить від аеробних можливостей організму. Тобто, його наявність зв'язується з адаптацією організму до гіпоксії та інших збуджуючих факторів.

Експериментальними дослідженнями (G. L. Semenza, 2004; Т.Г. Сазонова, 2007) доведено, що при поліморфній недосконалоості певних генів у тварин зникає здатність реагувати на гіпоксію, тому внесок в індивідуальну стійкість до розвитку гіпоксії певних генів, що кодують синтез основних медіаторів вегетативної нервової системи, є значним (Н. М. Кургалюк, 2005).

Прогнозування майбутніх досягнень спортсменів в різних видах спорту може вирішити попереднє виявлення їх генетичних маркерів. Передбачається, що адаптація спортсменів до комплексних гіпоксичних і гіперкапнічних впливів на організм залежить від наявності певних генів та їх поліморфізму. Це може бути використано для підготовки спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, та побудови їх тренувального процесу.

У зв'язку з цим, актуальним є з'ясування закономірностей формування процесів адаптації спортсменів до одночасного впливу на організм гіпоксії навантаження, респіраторної гіпоксії і гіперкапнії в залежності від наявних генетичних передумов.

**Зв'язок роботи з науковими планами, темами.** Дисертаційне дослідження проведено відповідно до «Зведеного плану НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2006 - 2010 рр.» Міністерства України в справах сім'ї, молоді та спорту за темою 2.4.1.«Системний аналіз морфофункціональних перебудов організму людини в процесі адаптації до фізичних навантажень» (номер державної реєстрації 0106U010778), та «Зведеного плану НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2011 - 2015 рр.» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за темою 2.22. «Розробка комплексної системи визначення індивідуально - типологічних властивостей спортсменів на основі прояву геному» (номер державної реєстрації 0111U001729).

Роль здобувача при розробці тем полягала у теоретичному обґрунтуванні основних положень та актуальності дисертаційного дослідження, виборі методів дослідження, в організації і проведенні досліджень, статистичній обробці результатів та їх інтерпретації, а також у формулюванні висновків.

**Мета дослідження** полягає у визначенні особливостей формування адаптації до гіпоксії навантаження і гіперкапнії у спортсменів з різними алейними варіантами генів, що займаються підводним плаванням в ластах, на етапі спеціалізованої базової підготовки.

**Задачі дослідження:**

1. Проаналізувати (за даними літератури) структуру тренувального процесу спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах на етапі спеціалізованої базової підготовки, з метою визначення можливостей формування індивідуальної стійкості до гіпоксії на основі врахування генів, поліморфізм яких може бути асоційований зі стійкістю організму до дії гіпоксії навантаження і гіперкапнії.

2. Визначити особливості співвідношення поліморфізмів певних генів у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах і академічному веслуванні.

3. Дослідити, на основі аналізу поліморфізму генів, особливості адаптації спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, до навантажень, у взаємозв'язку із стійкістю до комбінованої дії гіпоксії і гіперкапнії.

4. Розробити і апробувати в тренувальному процесі спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, педагогічні засоби, що можуть формувати стійкість до гіпоксії навантаження і гіперкапнії, встановити їх ефективність від особливостей генотипу.

**Об'єкт дослідження** – процес формування індивідуальної стійкості до гіпоксії навантаження і гіперкапнії у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, на етапі спеціалізованої базової підготовки.

**Предмет дослідження** – взаємозв'язок індивідуальних особливостей адаптації спортсменів до гіпоксії і гіперкапнії з поліморфізмом генів, асоційованих з фізичною працездатністю.

**Методи дослідження.** У процесі виконання дисертаційної роботи, відповідно до мети і завдань дослідження, були використані наступні наукові методи: теоретичний аналіз і узагальнення даних науково - методичної літератури, аналіз документальних матеріалів (планів і програм підготовки спортсменів на етапі спеціалізованої базової підготовки); педагогічні, фізіологічні та молекулярно-генетичні методи, методи математичної статистики.

**Наукова новизна роботи** полягає у тому, що в результаті наукових досліджень в дисертації вперше:

- проаналізовано структуру тренувального процесу спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, на етапі спеціалізованої базової підготовки з врахуванням генів, поліморфізм яких асоційований зі стійкістю організму до дії гіпоксії навантаження і гіперкапнії;

- виявлено взаємозв'язок генетичних маркерів у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, з фізичною працездатністю;
- показано особливості індивідуальної адаптації до гіпоксії і гіперкапнії спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, залежно від генотипу;
- розроблено і впроваджено в тренувальний процес спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, педагогічні засоби формування стійкості до гіпоксії навантаження і гіперкапнії.

Підтверджено дані про взаємозв'язок генетичних маркерів спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні, з фізичною працездатністю.

Доповнено результати про неоднакову значущість різних генів та їх поліморфізмів в процесах адаптації організму до м'язової діяльності. Тобто, реалізація функціональних можливостей організму спортсменів в різних видах спорту залежить від наявності певних генних комбінацій.

**Практична значущість.** Результати проведених досліджень дозволяють, на основі визначення генетичної схильності, здійснювати орієнтацію юних спортсменів до занять швидко - силовими видами спорту або на витривалість, визначати спрямованість їх підготовки на певну дистанцію, а також раціонально формувати команди для участі в естафетних запливах.

Результати досліджень впроваджені в практику роботи збірних команд України та використовуються при відборі юних спортсменів до СДЮСТШ ВВС з підводного плавання в ластах і до СДЮСТШ з академічного веслування, що підтверджено відповідними актами.

Основні положення дисертації використані в навчальній програмі дисципліни "Спортивна генетика", а також в теоретичному курсі з фізіології спорту, при підготовці магістрів Національного університету фізичного виховання і спорту України, що також підтверджено відповідним актом впровадження.

**Особистий внесок здобувача** в опубліковані зі співавторами наукові праці полягає в теоретичному обґрунтуванні основних положень дисертаційного дослідження: аналізі та узагальненні науково-методичної літератури, формуванні актуальності досліджуваної проблеми, визначенні методів, організації і проведенні досліджень, статистичній обробці результатів досліджень та їх інтерпретації.

**Апробація результатів дослідження.** Результати досліджень доповідались: на Міжнародних наукових конгресах "Олімпійський спорт і спорт для всіх" (Москва, 2008р.; Казахстан, 2009р.; Осло, 2009р; Київ, 2010р.), XVIII Міжнародній науковій конференції "Молода спортивна наука України" (Львів, 2009р.); II і III Міжнародних конференціях молодих вчених (Київ, 2009р, 2010р.); XVIII з'їзді Українського фізіологічного товариства з міжнародною участю (Одеса, 2010р.), кафедральних та

міжвузівських конференціях кафедр теоретичної та клінічної морфології людини, анатомії і фізіології, біології спорту НУФВСУ (2008-2011pp.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційного дослідження викладені в 10 наукових публікаціях, з них 4 - в спеціалізованих виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України.

**Структура і обсяг дисертації.** Основний текст дисертації представлений на 195 сторінках і складається зі вступу, шести розділів, практичних рекомендацій, висновків і списку літературних джерел (246), з них 88 – іноземних. Робота містить: 29 таблиць і 20 рисунків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У *вступі* обґрунтовано актуальність проблеми, визначено об'єкт, предмет, мету і завдання дослідження; розкрито наукову новизну і практичну значущість роботи; визначено особистий внесок здобувача в опублікуванні зі співавторами статті та тези; висвітлено основні аспекти сфери апробації результатів дослідження, вказано кількість публікацій.

*Перший розділ* **"Індивідуальна стійкість спортсменів до гіпоксії навантаження на етапі спеціалізованої базової підготовки"** присвячений теоретичному аналізу і узагальненню літературних джерел, які мають безпосереднє відношення до теми дисертаційної роботи.

У ньому представлені дані, які характеризують основні фактори, що обмежують фізичну працездатність спортсменів, розглянуті механізми розвитку та компенсації гіпоксії навантаження при м'язовій діяльності, яка має свої відмінні характеристики від інших типів гіпоксії: вона розвивається в результаті того, що зрослий кисневий запит не може бути задовільнений навіть при максимальному напруженні компенсаторних механізмів забезпечення, як доставки кисню, так і його утилізації.

Підкреслюється, що в циклічних видах спорту, в яких робота здійснюється в зоні максимальної і субмаксимальної потужності, в результаті невідповідності між потребою і доставкою кисню, виникає гіпоксія навантаження, ступінь якої залежить від індивідуальних можливостей включення механізмів її компенсації. Є наукові передумови до того, що стійкість спортсменів до гіпоксії навантаження багато в чому залежить від генетичної детермінованості.

Проаналізовано особливості формування аеробних можливостей, удосконалення необхідних якостей, які зумовлюють успішність реалізації функціональних резервів організму спортсменів циклічних видів спорту, на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Аналіз наукової літератури, присвяченої генотипуванню, дозволяє зробити висновок про те, що до ключових генів, які здійснюють вплив на стійкість спортсмена до гіпоксії навантаження, відносяться: *ACE*, *eNOS*, *HIF - 1A*.

У другому розділі «**Методи і організація досліджень**» описані методи та етапи проведення досліджень. Були використані наступні методи: теоретичний аналіз і узагальнення науково-методичної літератури; педагогічні методи (спостереження, тестування, експеримент); фізіологічні методи (визначення оксигенації крові методом пульсооксиметрії, спірометрія і газоаналіз, функціональні дихальні проби Штанге і Генча); молекулярно-генетичні методи (виділення ДНК, визначення поліморфізмів генів методом полімеразно-ланцюгової реакції); методи математичної статистики.

В ході роботи було проаналізовано 243 літературних джерела, встановлена структура та особливості етапу спеціалізованої базової підготовки, виділені фізіологічні особливості організму спортсмена при участі різних механізмів його енергозабезпечення, встановлені поліморфізми генів - кандидатів, які можуть бути використані в якості генетичних маркерів стійкості до гіпоксії.

Педагогічні дослідження включали вивчення програми і структури підготовки спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні, та педагогічне тестування, спрямоване на виявлення характеру стійкості компенсаторних реакцій спортсменів під час пропливання основних тренувальних і змагальних дистанцій 50 і 200 м.

Педагогічний експеримент (констатуючий та формуючий) проводився з метою отримання інформації про: рівень фізичної підготовленості, спортивну кваліфікацію та функціональний стан організму спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, в спокої, в процесі та після навантажень. Спринтери, для розвитку стійкості до гіпоксії, виконували плавальні вправи: 5x15 м, 10x15 м, 2x50 м, 4x50 м, 6x50 м, 8x50 м, 2x100 м, 4x100 м; стайери для розвитку швидкісних якостей - 4x50 м, 12x50 м, 16x50 м, 4x100 м, 6x100 м, 8x100 м, 16x100 м, 32x100 м. Умови виконання вправ залежали від заданого режиму і темпу пропливання дистанції.

Для вивчення функції кардіореспіраторної системи спортсмени виконували два види тестів: стандартний і ступінчасто-зростаючий. У першому потужність механічної роботи становила 1,75 Вт/кг маси тіла (тривалість – 12 хв), у другому – 1,5 Вт/кг маси тіла з приростом –30 Вт кожні 2 хв без інтервалів відпочинку до довільної відмови.

Ступінь гіпоксії навантаження визначали за співвідношенням споживання кисню зі змінами функції кардіореспіраторної системи (економічність, ефективність, швидкість розгортання реакцій і т.і.). Розраховували кисневу вартість роботи.

Генетичний аналіз ДНК проводився співробітниками генетично - молекулярної лабораторії на базі Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України.



Дослідження проводилися в три етапи.

На *першому етапі* (2007 – 2008 р.р.) здійснювався аналіз літературних джерел, проводилося ознайомлення з методами. Для виявлення генетичних маркерів, що характеризують адаптацію спортсменів до гіпоксії навантаження, були обстежені 2 групи спортсменів (підводне плавання в ластах – 30 осіб і академічне веслування – 65 осіб) і група із 84 осіб, які не займалися спортом.

На *другому етапі* (2008 – 2010 р.р.) була вивчена стійкість до гіпоксії навантаження у спортсменів, що перебувають на етапі спеціалізованої базової підготовки, і проведено педагогічний експеримент (48 спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах: експериментальна група – 11 дівчат і 13 юнаків; контрольна група – 14 дівчат і 10 юнаків).

На *третьому етапі* (2010 – 2011 р.р.) визначалася ефективність тренувальних впливів на результативність спортсменів з різними алельними варіантами генів, аналізувалися результати, проводилось оформлення дисертаційної роботи.

У *третьому розділі "Спортивна підготовленість та її залежність від генетичної схильності"* показано, що високий рівень функціональної підготовленості спортсмена є основою для реалізації складових рівня його спортивної майстерності. Узагальнення знань теорії та методики спорту важливо для удосконалення системи управління тренувальним процесом, отримання об'єктивної інформації про фізіологічні зміни в організмі в процесі тренування та визначення найбільш раціональних специфічних компонентів підготовленості спортсменів. При аналізі взаємозв'язку спортивної підготовленості і функціонування кардіореспіраторної системи, з врахуванням генетичного сканування, було виявлено, що прояв спортивної працездатності спортсменів в різних видах спорту залежить від співвідношення алельних варіантів поліморфізмів *ACE* і *eNOS*. Так, D - алель гена *ACE* асоційована з проявом високої працездатності спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, а I - аллель – у спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні.

Аналіз розповсюдження поліморфних варіантів гена *eNOS* у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах та академічному веслуванні, свідчить про наявність асоціації T<sup>-786</sup>→C поліморфізму і відсутність асоціації G → T поліморфізму зі спортивною працездатністю, на відміну від осіб, які не займалися спортом.

Найбільш сприятливим для занять академічним веслуванням є поєднання поліморфних варіантів генотипу I/I (I - алель) гена *ACE* і генотипу T/C (C - алель) гена *eNOS*. Для спортсменів, з переважно анаеробною продуктивністю (підводного плавання в ластах) сприятливим є наступні поєднання поліморфних варіантів генотипу D/D (D - алель) гена *ACE* і генотипу T/T (T - алель) – гена *eNOS*, хоча

частота генотипу Т/Т – достовірно підвищена ( $p=0,016$ ), а частота генотипів Т/С і С/С – знижена (табл.1).

Таблиця 1

**Поширеність комбінацій поліморфізмів генів ACE і eNOS % у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах і академічному веслуванні, та неспортсменів**

Комбінації поліморфізмів генів ACE і eNOS	Спортсмени, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, n=30	Спортсмени, які спеціалізуються в академічному веслуванні, n=65	Неспортсмени, n=84
	алелі, %	алелі, %	алелі, %
I/I – T/T	10,0	7,8	11,9
I/I – T/C	6,7	15,6	17,0
I/I – C/C	6,7	3,2	-
I/D – T/T	36,7	21,8	19,0
I/D – T/C	6,7	23,4	21,0
I/D – C/C	3,3	4,7	4,8
D/D – T/T	26,6	12,5	13,0
D/D – T/C	3,3	10,9	5,9
D/D – C/C	-	-	-

У четвертому розділі "Реакція кисневотранспортної системи у спортсменів з різною комбінацією поліморфних варіантів генів ACE і eNOS на гіпоксію навантаження" представлені результати досліджень, які показали, що між поліморфізмом генів ACE і eNOS і адаптаційними можливостями системи дихання і кровообігу у спортсменів існує асоціативний зв'язок.

Аналіз функціонування кардіореспіраторної системи у спортсменів з різним генотипом дозволив встановити, що поліморфізм гена eNOS асоційований з економічністю системи дихання.

Проведений дисперсійний аналіз показав, що комбінований вплив двох факторів ( $T^{-786} \rightarrow C$  поліморфізму гена eNOS і поліморфізму гена ACE) впливає на кардіореспіраторну систему. Так, у спортсменів з переважно аеробним енергозабезпеченням С - алель  $T^{-786} \rightarrow C$  поліморфізму промотора гена eNOS асоційована з економічністю кардіореспіраторної системи (найбільшою мірою у спортсменів з генотипом Т/С). Вентиляційний еквівалент у спортсменів з генотипом Т/Т нижчий, ніж – з генотипом Т/С (рис.1).

Судячи з високих значень вентиляційного еквіваленту у спортсменів академічного веслування з генотипом С/С, ефективність функціонування системи дихання була нижчою.

Тест з ступінчасто - зростаючою потужністю роботи дозволив визначити максимальну аеробну продуктивність за максимальним споживанням кисню (МПК) і співвідношенням ефективності аеробних і анаеробних процесів за порогом анаеробного обміну ( ПАНУ).

Спортсмени з генотипом С/С, які спеціалізуються в академічному веслуванні характеризувались найбільшим значенням вентиляційного еквіваленту, тобто низькою ефективністю легеневої вентиляції по відношенню до спожитого кисню.

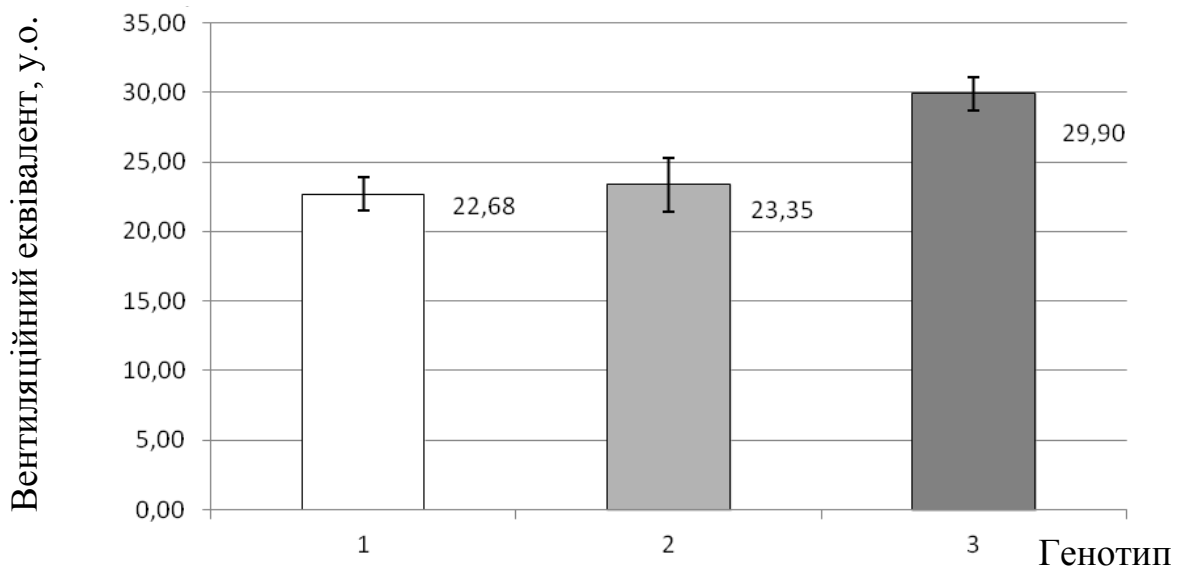


Рис.1. Вентиляційний еквівалент у спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні, з різними варіантами гена *eNOS* при стандартній роботі:

- 1  – у спортсменів з генотипом Т/Т;
- 2  – у спортсменів з генотипом Т/С;
- 3  – у спортсменів з генотипом С/С

Функціональні проби з довільною затримкою дихання після вдиху (проба Штанге) і після видиху (проба Генча) показали, що у спортсменів з генотипом D/D, які спеціалізуються у підводному плаванні в ластах, час затримки дихання виявився більш тривалим (табл. 2).

Це дозволяє зробити припущення про те, що наявність D - алелі в гомозиготному стані асоційована зі стійкістю до гіпоксії.

Аналогічний аналіз часу затримки дихання спортсменами з різними поліморфними варіантами гена *eNOS* показав, що зі збільшенням кількості Т- алелей він зростає. Так, у спортсменів з генотипом Т/Т час затримки дихання при пробі Штанге склав –  $92,81 \pm 31,44$  с, з генотипом Т/С –  $86,65 \pm 17,84$  с, а в осіб з генотипом С/С –  $76,73 \pm 35,74$  с.

Таблиця 2

**Час затримки дихання у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, з різними поліморфними варіантами гена *ACE* (n=30)**

Генотип Статистичні показники	Проба Штанге, с		Проба Генча, с		Проба з гіпервентиляцією, с	
	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S
I/I	78,15*	5,65	53,75	14,2	138,07	16,51
I/D	82,86*	4,98	43,30	9,42	141,72	16,26
D/D	109,39	8,92	56,71	14,36	161,85	18,46

Примітка. \* – відмінності статистично значущі по відношенню до генотипу D/D на рівні  $p < 0,05$

**Дослідженню «Формування індивідуальної стійкості до гіпоксії навантаження у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, на етапі спеціалізованої базової підготовки» присвячений *n*'ятий розділ.**

На основі аналізу програми підготовки та календаря змагань спортсменів підводного плавання в ластах СДЮСТШ ВВС, була розроблена педагогічна технологія включення в тренувальний процес спеціальних плавальних вправ для підвищення стійкості до гіпоксії, гіперкапнії та апноє. Вона включала додаткове проведення двічі на тиждень (вівторок та четверг), два рази на день тренувальних занять, спрямованих на формування стійкості спортсмена до гіпоксії навантаження.

Спортсмени, які взяли участь в педагогічному експерименті, були розділені на дві однорідні групи: експериментальну – 24 (ЕГ) і контрольну – 24 (КГ). Спортсмени КГ займалися за навчальною програмою підготовки, яка використовується в СДЮСТШ ВВС. Спортсмени ЕГ також займалися за цією програмою, але з включенням додаткових занять (табл. 3).

Умови виконання вправ залежали від заданого режиму і темпу пропливання дистанції. Так, спринтери відрізки 2 x 50 м пропливали у режимі виконання "3-х хвилин", де кожні 50 м пропливаються в темпі 17- 22 с, а 4 x 50 м – в режимі "5-ти хвилин" з максимальним темпом.

**Засоби формування індивідуальної стійкості до гіпоксії  
навантаження у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні  
в ластах (експериментальна група)**

Мезоцикл та період підготовки	Засоби	Режим використання
Базовий мезоцикл підготовчого періоду	Плавальні відрізки 15 м	5 x 15 м; 10 x 15 м – у спринтерів з різним темпом і режимом пропливання, інтенсивність 80-90%
Контрольно- підготовчий мезоцикл передзмагального періоду		
Базовий мезоцикл підготовчого періоду	Плавальні відрізки 50 м	2 x 50 м; 4 x 50 м; 6 x 50 м; 8 x 50 м – у спринтерів з інтенсивністю 40-50%, в подальшому 60-70%; 12 x 50 м ; 16 x 50 м – у стайєрів з різним темпом та режимом пропливання
Контрольно- підготовчий мезоцикл передзмагального періоду		
Базовий мезоцикл підготовчого періоду	Плавальні відрізки 100 м	2 x 100 м; 4 x 100 м; 6 x 100 м – у спринтерів, з інтенсивністю 40-50 %, в подальшому 60-70 % ; 8 x 100 м; 16 x 100 м; 32 x 100 м – у стайєрів, з різним темпом та режимом пропливання
Контрольно-підготовчий мезоцикл передзмагального періоду		

Для виявлення ефективності запропонованих тренувальних засобів, на початку формуючого експерименту та після нього проводились контрольні тести – пропливання дистанцій 50 м і 200 м. Ці дистанції були обрані тому, що по-перше, вони є основними тренувальними та змагальними дистанціями згідно плану підготовки та змагань СДЮСТШ ВВС підводного плавання, а по-друге тому, що саме вони виконуються в зоні аеробно - анаеробної потужності, викликаючи при цьому зміну енергетичних процесів.

Аналіз результатів тестування показав, що час пропливання дистанції 200 м значно покращився. У юнаків з генотипом Т/Т він зменшився на 11,7% ( $p < 0,05$ ), а з генотипом Т/С + С/С – на 15,2% ( $p < 0,05$ ). У дівчат з генотипом Т/Т на дистанції 200 м результати покращилися на 5,3%, а з генотипами Т/С + С/С – на 7,3% ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 4

**Результати пропливання дистанцій 200 м і 50 м спортсменами експериментальної групи з різними алельними варіантами гена *eNOS* до та після педагогічного експерименту**

Дистанція, м	Генотип	Стать	Час пропливання дистанції, с				Δt, с
			до експерименту		після експерименту		
			$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S	
200	T/T (n=12)	ч	97	0,84	85,5	0,36	12*
		ж	110	1,11	104	1,05	6
	T/C+C/C (n=12)	ч	106	1,51	90	1,29	16*
		ж	114	1,42	106	1,87	8*
50	T/T (n=12)	ч	20,5	0,11	18,0	0,25	2,5*
		ж	23,0	0,21	21,5	0,18	1,5
	T/C+C/C (n=12)	ч	21,0	0,84	19,5	0,63	1,5
		ж	24,0	0,21	22,0	0,11	1,7

Примітка.\* – зміни статистично значущі на рівні  $p < 0,05$

За річний період спортсмени ЕГ підводного плавання в ластах підвищили свою спортивну кваліфікацію (табл.5).

Таблиця 5

**Зміна зростання рівня спортивної кваліфікації спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, в процесі експерименту**

Група		Зміна рівня спортивної кваліфікації				
		до експерименту		після експерименту		
		І р.	КМС	І р.	КМС	МС
Дівчата	контрольна	10	2	4	6	2
	експериментальна	8	3	-	6	5
Юнаки	контрольна	12	-	7	4	1
	експериментальна	10	3	3	9	1

На кубку Світу в 2010 р. в м. Екс-ен-Прованс (Франція) спортсмени, які у своїй підготовці використовували запропоновані нами педагогічні засоби, вибороли: чоловіки – 3 срібні і 5 бронзових медалей, жінки – 1 золоту і 1 бронзову медалі.

Для оцінки змін ефективності функціонування кисневотранспортної системи організму, в спокої і після пропливання дистанцій 50 м і 200 м у спортсменів вимірювались фізіологічні показники серцево - судинної і дихальної систем, що характеризують стан кисневотранспортної системи організму: визначалась легенева вентиляція; проводився аналіз газового складу вдихуваного і видихуваного повітря; розраховувалися: споживання кисню, виділення вуглекислого газу, кисневий пульс.

У стані спокою різниця показників у спортсменів КГ і ЕГ була статистично недостовірною. Після пропливання дистанції 200 м споживання кисню зростало: в КГ в 8,25 ( $p < 0,05$ ), в ЕГ – в 8,5 разів. ( $p < 0,05$ ). Інтенсивність споживання кисню у юнаків КГ склала  $41,10 \pm 2,42$  мл·хв<sup>-1</sup>кг<sup>-1</sup> у дівчат –  $36,00 \pm 2,04$  мл·хв<sup>-1</sup>кг<sup>-1</sup> а в ЕГ у юнаків –  $40,62 \pm 2,43$  мл·хв<sup>-1</sup>кг<sup>-1</sup> у дівчат –  $36,18 \pm 1,99$  мл·хв<sup>-1</sup>кг<sup>-1</sup>.

Значення кисневого пульсу після пропливання дистанції 200 м в обох групах збільшилося. У юнаків ЕГ приріст склав 26,99% ( $p < 0,05$ ), у дівчат – 17,23% ( $p < 0,05$ ), у юнаків КГ – 12,36%, у дівчат – 11,5%. У юнаків ЕГ абсолютні значення були більшими, ніж в КГ на 12,9% ( $p < 0,05$ ).

Отримані дані свідчать про підвищення економічності кисневотранспортної системи організму спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, за період річного циклу.

Таким чином, впровадження в тренувальний процес педагогічної технології, яка включала використання спеціальних вправ, протягом річного макроциклу (пропливання певних дистанцій - відрізків), дозволило підвищити спортивну результативність, економізувати енергетичні процеси, покращити працездатність спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, підвищити ефективність кисневотранспортної системи організму. Все це, може свідчити про зростання стійкості організму до гіпоксії навантаження.

**«Аналіз і узагальнення результатів дослідження»** наведено в шостому розділі. В процесі дисертаційного дослідження було отримано три групи даних: підтверджуючі, доповнюючі і абсолютно нові.

*Підтверджуючими* є дані про те, що у спортсменів, які займаються академічним веслуванням, частота зустрічаємості І - алелі гена *ACE* підвищується із зростанням спортивної кваліфікації. У МС вона була значно більшою ніж у тих, хто не займається спортом (34,6% проти 23,6%,  $p = 0,017$ ), що узгоджується з даними, отриманими раніше на прикладі австралійських та російських спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні (R.J. Shepard, 1998; R.R. Taylor, 1999; I.V. Назаров, 2001; I.I. Ахметов, 2008). Це підтверджує дані про взаємозв'язок генетичних маркерів у спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні, з фізичною працездатністю.

*Доповнюючими* є дані про те, що генетичний розподіл алельних варіантів гена *eNOS* у осіб, які не займаються спортом (проведені нами обстеження представників

української популяції), не відрізняється від того, що притамане європейцям в цілому (С. Bouchard, 1992; А. Ahsan, 2005). Доповнюючими також є відомості про те, що значущість різних поліморфізмів генів, які беруть участь у процесах адаптації організму спортсменів до м'язової діяльності, неоднакова (Т.Л. Неміровська, 1998; І.М. Маньковская, 2009; Y. Jammes, 2010).

Отримано *нові дані* про значення С - алелі для спортсменів, які займаються підводним плаванням в ластах. Показано, що відсутність С - алелі гена *eNOS* може свідчити про підвищену здатність виконувати фізичну роботу в умовах комбінованого впливу декількох типів гіпоксії. Це підтверджується тим фактом, що в групі висококваліфікованих спортсменів, які займаються підводним плаванням в ластах, частота С - алелі була на 23% меншою, ніж у групі кваліфікованих спортсменів.

Також у спортсменів з генотипом Т/Т по T<sup>-786</sup>→С поліморфізму гена *eNOS* його експресія була вищою, ніж у спортсменів з генотипом Т/С + С/С.

Дослідження генотипів у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, проведені *вперше*, тому ми не можемо порівняти отримані дані з літературними даними.

*Важливими* є результати педагогічного експерименту: час пропливання дистанції спортсменами ЕГ, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, в кінці річного макроциклу: 50 м – покращився на 11,9%, а дистанції 200 м – на 15%.

На основі розробленого науково - методичного підходу, спрямованого на підвищення стійкості спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, до гіпоксії та гіперкапнії, отримала подальший розвиток система знань, важливих для теорії і практики спорту високих досягнень.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз і узагальнення даних спеціальної літератури і практики підготовки спортсменів циклічних видів спорту, в яких дистанції долаються в зоні максимальної та субмаксимальної потужності, показав, що основою для формування та розвитку у них функціональної підготовленості є створення відповідного функціонального фундаменту на ранніх етапах багаторічної підготовки; при цьому удосконалення системи управління тренувальним процесом здійснюється на основі об'єктивізації знань про індивідуальні можливості організму спортсменів. При сучасному рівні наукових знань в галузі генотипування, побудова тренувального процесу на етапі спеціалізованої базової підготовки повинна проводитися з врахуванням спадкових схильностей спортсмена, визначенням сильних і слабких сторін його генотипу.



В даний час вже виділені гени (і їх варіації), які пов'язані з розвитком в організмі гіпоксичних станів різного походження (поліморфізми генів *ACE* і *eNOS*), проте досі немає даних про молекулярно - генетичні маркери, асоційовані з проявами стійкості організму до гіпоксії, яка розвивається при м'язовій діяльності – гіпоксії навантаження.

2. Між проявом спортивної працездатності і наявністю алельних варіантів поліморфізмів генів *ACE* та *eNOS* існує асоціативна залежність. Так, у підводному плаванні прояв високої працездатності в ластах асоційований з D - алелю гена *ACE* і T - алелю гена *eNOS*, а в академічному веслуванні – з I - алелю гена *ACE* і C - алелю T<sup>-786</sup>→C поліморфізму гена *eNOS*. У спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, достовірно підвищена (P=0,014) частота генотипу T/T гена *eNOS* за рахунок зниження частоти генотипів T/C і C/C. У спортсменів, які займаються академічним веслуванням, залежність частоти генотипу T/C пов'язана з ростом їх спортивної кваліфікації.

3. У спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, поліморфізми генів *ACE* і *eNOS* пов'язані з характером адаптаційних можливостей систем дихання і кровообігу до гіпоксії навантаження.

Високу економічність кардіореспіраторної системи мають спортсмени, які спеціалізуються в академічному веслуванні, з T<sup>-786</sup>→C поліморфізмом, а саме з генотипом T/C, а низьку – з генотипом C/C гена *eNOS*. Тоді як I/D поліморфізм гена *ACE* у цих спортсменів асоційований з максимальною аеробною потужністю.

4. Проведений педагогічний експеримент показав можливості підвищення, на етапі спеціалізованої базової підготовки, стійкості спортсменів до гіпоксії і гіперкапнії. Найвищим був приріст результатів на дистанції 200 м у спортсменів ЕГ з генотипами T/C і C/C (на 15,2%), меншим – у спортсменів, які займаються підводним плаванням в ластах в КГ з генотипом T/T (приріст на 4,1%).

5. Застосування на етапі спеціалізованої базової підготовки спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах (річний макроцикл), спеціальних плавальних вправ, які підвищують стійкість організму до гіпоксії навантаження, позитивно вплинуло на зміну процесів енергоутворення, призвело до зменшення накопичення вуглекислоти після фізичних навантажень.

6. Під впливом запропонованих тренувальних засобів підвищилась економічність функціонування кардіореспіраторної системи організму: зріс кисневий ефект серцевого циклу (після пропливання дистанції 200 м – у юнаків на 26,99% (p<0,05), у дівчат – на 17,23% (p<0,05), в КГ відповідно – на 12,36% і 11,5%). При цьому знизилась киснева вартість роботи, оксигенація крові утримувалась на високому рівні.

7. Виявлені взаємозв'язки окремих поліморфних варіантів генів *ACE* і *eNOS* з характером економічності функціонування кардіореспіраторної системи

спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, можуть бути використані для первинного відбору.

8. Розроблені, на підставі визначення молекулярно - генетичних маркерів, практичні рекомендації щодо прогнозування у спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, можливостей реалізації індивідуальних особливостей адаптації до гіпоксії навантаження і гіперкапнії. Реальне їх впровадження в навчальний процес СДЮСТШ ВВС дозволило позитивно здійснювати корекцію тренувального процесу юних спортсменів, що підтверджується відповідними актами.

Перспективним науковим та практичним напрямком дослідження є виділення більшої кількості генів та їх поліморфізмів, пов'язаних з розкриттям функціональних можливостей спортсменів, які займаються підводним плаванням в ластах, а можливо і плаванням з аквалангом.

## **СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Роботи, в яких відображені основні наукові результати дисертації**

1. Кузьміна Л. Алельний поліморфізм гену ендотеліальної NO-синтази (eNOS) у спортсменів, які займаються підводним плаванням в ластах / Людмила Кузьміна // Молода спортивна наука України : зб. наук. статей з галузі фізичної культури та спорту. – Львів, 2009. – №13.–Т.3. – С.93 – 98.

2. Кузьміна Л. Молекулярно-генетичні маркери стійкості спортсменів до гіпоксії навантаження /Людмила Кузьміна // Теорія і методика фізичного виховання і спорту: науково - теоретичний журнал. – Київ, 2010. – Т.1. – С. 91–94.

3.Кузьміна Л. Асоціація поліморфізмів генів ангіотензинперетворюючого ферменту (АСЕ) і ендотеліальної NO-синтази (eNOS) з характером адаптаційних можливостей системи дихання спортсменів, які спеціалізуються в академічному веслуванні /Людмила Кузьміна // Теорія і методика фізичного виховання і спорту: науково - теоретичний журнал. – Київ, 2010. – Т.4. – С.71–75.

4. Кузьмина Л.М. Формирование устойчивости к гипоксии нагрузки спортсменов, специализирующихся в скоростном подводном плавании в ластах / Л.М. Кузьмина, М.М. Филиппов //Физическое воспитание студентов.– Харьков, 2012. – №3. – С.74 – 77. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу, розробці програми експерименту та обробці результатів дослідження.*

### **Опубліковані роботи апробаційного характеру**

5. Кузьмина Л.М. Зависимость адаптации спортсменов к гипоксии нагрузки от полиморфизма гена эндотелиальной NO-синтазы / Л.М. Кузьмина, С.Б. Дроздовская, В.Е. Досенко, М.М. Филиппов //XII Межд. науч. конгр. «Современный олимпийский спорт и спорт для всех», [сб. тезисов]. – М, 2008. – С.176 – 178. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу та обробці результатів дослідження.*

6. Кузьмина Л.М. Экспрессия гена эндотелиальной NO – синтазы (eNOS) у спортсменов, занимающихся подводным плаванием в ластах, адаптированных к разным типам физической нагрузки / Л.М. Кузьмина, С.Б. Дроздовская, В.Е. Досенко, М.М. Филиппов // Материалы XIII Межд. науч. конгр. « Современный Олимпийский спорт и спорт для всех ». – Алматы, Казахстан, 2009. – №.3. –С.30 – 32. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу та обробці результатів дослідження.*

7. Кузьмина Л.М. Ассоциация полиморфизмов генов ангиотензинпревращающего фермента и эндотелиальной NO-синтазы с возможностями кардиореспираторной системы / Л.М. Кузьмина, М.М. Филиппов, С.Б. Дроздовская // Материалы XIV Межд. науч. конгр. «Олимпийский спорт, и спорт для всех», [сб. тезисов]. – Киев, 2010. – С. 351. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу і обробці результатів дослідження та формулюванні висновків.*

#### **Опубліковані роботи, які додатково відображають наукові результати дисертації**

8. Kuzmina L. T<sup>(-786)</sup> →C polymorphism of endothelial no-synthase (eNOS) is a marker of sportsmen's resistance to exercise-induced hypoxia / L. Kuzmina, S. Drozdovska, M. Filippov, V. Dosenko // 14 th Annual Congress of the ECSS, Oslo, Norway, 2009. – P. 502. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу та обробці результатів дослідження.*

9. Kuzmina L.M. Allelic polymorphism of endothelial NO-synthase (eNOS) associate with exercise-induced hypoxia adaptation / L.M. Kuzmina , S.B. Drozdovska, V.E. Dosenko, V.N. Ilyin, M.M. Filippov // Baltic Journal of health and physical activity (Research Yearbook), Vol.1, N1, 2009. – P.13–19 (Польша). *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу, обробці результатів дослідження та формулюванні висновків.*

10. Кузьміна Л.М. Залежність реакцій кардіореспіраторної системи на гіпоксію навантаження від T<sup>(-786)</sup>→C поліморфізму промотора гену eNOS / Л.М.Кузьміна, М.М.Філіппов, С.Б.Дроздовська // Фізіологічний журнал. – 2010. – Т.56, №2. – С.171- 174. *Особистий внесок здобувача полягає у підборі матеріалу, розробці програми експерименту та обробці результатів дослідження.*

#### **АНОТАЦІЇ**

**Кузьміна Л. М. Формування індивідуальної стійкості спортсменів до гіпоксії навантаження на етапі спеціалізованої базової підготовки.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук з фізичного виховання і спорту за фахом 24.00.01 – Олімпійський і професійний спорт. – Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, 2012.

Дисертаційне дослідження присвячено вивченню особливостей формування адаптації до гіпоксії навантаження, та гіперкапнії у спортсменів з різними алельними варіантами генів, які займаються підводним плаванням в ластах, на етапі спеціалізованої базової підготовки.

Показано, що одним з головних факторів обмеження працездатності спортсменів є гіпоксія навантаження, яка розвивається в результаті неузгодження між багаторазово збільшеним кисневим запитом та можливостями його задовільнення.

Встановлено, що стійкість спортсменів до такого типу гіпоксії в певній мірі залежить від індивідуальної генетичної детермінованості. Проявлення спортивної працездатності та характер компенсації гіпоксії навантаження залежать від співвідношення алельних варіантів поліморфізму генів *ACE* і *eNOS*.

Так, D - алель гена *ACE* асоційована з проявленням високої працездатності в підводному плаванні в ластах, а I - алель сприяє високій працездатності в академічному веслуванні.

Виявлено, що між поліморфізмами генів *ACE* та *eNOS* і адаптаційними можливостями систем дихання та кровообігу у спортсменів існує асоціативний зв'язок. У спортсменів з переважанням аеробного забезпечення С - алель T<sup>(-786)</sup>→С поліморфізма гена *eNOS* асоційована з економічністю кардіореспіраторної системи (в найбільшому ступені у спортсменів, які займаються академічним веслуванням з генотипом T/C) та поліморфізмом I/D гена *ACE*.

Встановлені взаємозв'язки окремих поліморфних варіантів генів *ACE* та *eNOS* з характером економічності функціонування кардіореспіраторної системи спортсменів, які спеціалізуються в підводному плаванні в ластах, можуть бути використані для первинного відбору.

Для підвищення стійкості до гіпоксії розроблена методологія використання в підводному плаванні в ластах багатократного пропливання дистанцій із затримкою дихання: 5 x 15 м, 10 x 15 м з 1-2х хвилинними періодами відпочинку.

Використані засоби педагогічного впливу виявилися ефективними, про що свідчить зменшення часу пропливання контрольних дистанцій та позитивна динаміка змін функціонування кисневотранспортної системи організму спортсменів. Найбільш високий приріст результатів відбувся у спортсменів EG з генотипом T/C + C/C на дистанції 200 м (на 15,2%). Включення в тренувальний процес спеціальних вправ, що підвищують стійкість організму до гіпоксії навантаження, сприяло зниженню кисневої вартості роботи, збільшенню кисневого ефекту серцевого циклу на 26,99% ( $p < 0,05$ ) у юнаків, та на 17,23% – у дівчат ( $p < 0,05$ ).

Розроблені практичні рекомендації з прогнозування індивідуальних особливостей адаптації до гіпоксії навантаження та гіперкапнії, які розвиваються у спортсменів, що займаються підводним плаванням в ластах, на основі визначення

молекулярно-генетичних маркерів. Реальне їх впровадження в навчальний процес спеціалізованої дитячо - юнацької спортивно - технічної школи водних видів спорту дозволило здійснювати корекцію тренувального процесу юних спортсменів, що підтверджується відповідними актами.

**Ключові слова:** гіпоксія, гіперкапнія, навантаження, поліморфізм генів, спортсмени, підводне плавання в ластах, аеробне енергозабезпечення, киснево - транспортна система організму, адаптація, спеціалізована базова підготовка.

**Кузьмина Л.М. Формирование индивидуальной устойчивости спортсменов к гипоксии нагрузки на этапе специализированной базовой подготовки. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук по физическому воспитанию и спорту по специальности 24.00.01 – Олимпийский и профессиональный спорт. – Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, 2012.

Диссертационное исследование посвящено изучению особенности формирования адаптации к гипоксии нагрузки и гиперкапнии у спортсменов с разными аллельными вариантами генов, занимающихся подводным плаванием в ластах, на этапе специализированной базовой подготовки.

Показано, что одним из основных факторов ограничения работоспособности спортсменов является гипоксия нагрузки, которая развивается в результате несоответствия между многократно увеличивающимся кислородным запросом и возможностями его удовлетворения.

Установлено, что устойчивость спортсменов к такому типу гипоксии во многом зависит от индивидуальной генетической детерминированности. Проявление спортивной работоспособности и характер компенсации гипоксии нагрузки зависят от соотношения аллельных вариантов полиморфизмов генов *ACE* и *eNOS*. Так, D - аллель гена *ACE* ассоциирована с проявлением высокой работоспособности в подводном плавании в ластах, а I - аллель – в академической гребле.

Выявлено, что между полиморфизмами генов *eNOS* и *ACE* и адаптационными возможностями систем дыхания и кровообращения у спортсменов существует ассоциативная связь.

У спортсменов с преимущественно аэробным энергообеспечением С - аллель  $T^{(-786)} \rightarrow C$  полиморфизма гена *eNOS* ассоциирована с экономичностью кардиореспираторной системы (в наибольшей степени у спортсменов, занимающихся академической греблей с генотипом T/C) и полиморфизмом I/D гена *ACE*.

Выявленные взаимосвязи отдельных полиморфных вариантов генов *ACE* и *eNOS* с характером экономичности функционирования кардиореспираторной системы спортсменов, занимающихся подводным плаванием в ластах, могут быть использованы для первичного отбора юных спортсменов.

Для повышения устойчивости к гипоксии разработана методология использования в подводном плавании в ластах многократного проплывания дистанций с задержкой дыхания – 5 x 15 м, 10 x 15 м с 1- 2х минутными периодами отдыха.

Примененные средства педагогического воздействия оказались эффективными, о чем свидетельствует снижение времени проплывания контрольных дистанций и положительная динамика изменений функционирования кислородтранспортной системы организма. Самый высокий прирост результатов произошел у спортсменов, занимающихся подводным плаванием в ластах экспериментальной группы с генотипом T/C + C/C на дистанции 200 м (на 15,2%). Наименьшие положительные сдвиги - у спортсменов контрольной группы с генотипом T/T (4,1% прироста результата).

Включение в тренировочный процесс специальных упражнений, повышающих устойчивость спортсменов, занимающихся подводным плаванием, к гипоксии нагрузки, способствовало снижению кислородной стоимости работы, увеличению кислородного эффекта сердечного цикла на 26,99% ( $p < 0,05$ ) – у юношей, и на 17,23% – у девушек ( $p < 0,05$ ).

Разработаны практические рекомендации по прогнозированию индивидуальных особенностей адаптации к гипоксии нагрузки и гиперкапнии, развивающихся у спортсменов, специализирующихся в подводном плавании в ластах, на основе определения молекулярно - генетических маркеров. Реальное их внедрение в учебный процесс специализированной детско - юношеской спортивно - технической школы водных видов спорта позволило осуществлять коррекцию тренировочного процесса юных спортсменов, что подтверждается соответствующими актами.

**Ключевые слова:** гипоксия, гиперкапния, нагрузка, генотипирование, полиморфизм генов, спортсмены, подводное плавание в ластах, аэробное энергообеспечение, кислородтранспортная система организма, адаптация, специализированная базовая подготовка.

**Kuzmina L. M. Formation of sportsmen's individual stability to load- related hypoxia while performing specialized basic training. - Manuscript.**

The dissertation works for competition of an academic degree «Candidate of Sciences in Physical Education and Sport» on specialty 24.00.01 – «Olympic and Professional Sports». – National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kiev, 2012.

The given thesis covers the studies of particularities of adaptation formation to load-related hypoxia and hypercapnia of sportsmen with different allelic gene variants involved in fin swimming at the stage of specialized basic training.

It is shown that one of the main factors restricting athletes' efficiency is considered to be load-related hypoxia developing as a result of discrepancy between repeatedly increasing oxygen demand and the possibilities to satisfy it.

It is defined that the sportsmen's stability to such type of hypoxia depends a lot on individual genetic determination. The display of sports efficiency and the compensational character of load depend on correlation of allelic *ACE* and *eNOS* gene polymorphisms combinations. That is, D - allele of *ACE* gene is associated with a high efficiency in fin swimming, but I - allele contributes high efficiency in rowing.

It is revealed the associated connection between *ACE* and *eNOS* gene polymorphisms and adaptation possibilities of athletes' breathing and blood circulation systems. Sportsmen with mainly aerobic supply have C - allele gene T<sup>(-786)</sup>→C polymorphisms associated with cardiorespiratory system efficiency (mainly sportsmen with T/C genotype possess it) and I/D polymorphism of *ACE* gene.

The revealed interconnections of certain *ACE* and *eNOS* gene polymorphisms combinations with efficiency of athletes' cardiovascular systems which fin swimmers have could be used at the primary selection.

To increase the stability to hypoxia in fin swimming there has been developed the methodology of using repeating swimming at certain distances with breath holding - 5 x 15M, 10 x 15M with 1-2 minute breaks.

The applied means of pedagogical influence were found to be effective, which was proven by decreasing time of test distance catching up and positive dynamism of changes in oxygen transportation body system. The highest increase of results was noticed among the sportsmen's experimental group with T/C + C/C genotypes at 200 m distance (at 15,2%). The lowest positive changes were among the sportsmen's test group with T/T genotype (4,1% of increase).

Introduction into the training process special exercises increasing the sportsmen's stability to load-related hypoxia favored to decrease cost of oxygen work, to increase cardiac cycle oxygen effect at 26,99% (p<0,05) - males, and at 17,23% - females (p<0,05).

There were devised practical recommendations related to prognostication of individual adaptation particularities to load-related hypoxia and hypercapnia which fin swimmers have, at the base of molecular genetic markers definition. Their actual implementation into the education process at the Specialized Junior Sports and Technical School of Aquatic Sports allowed correcting the training process of young sportsmen which is proven by the related actions.

**Key words:** hypoxia, hypercapnia, load, genotyping, gene polymorphism, fin swimmers, aerobic supply, oxygen transportation body system, adaptation, specialized basic training.



ДЛЯ ПОДАТОК