

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І
СПОРТУ УКРАЇНИ
КАФЕДРА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На здобуття освітнього ступеня
магістр
За спеціальністю 091 Біологія
Освітньою програмою «Фізіологія рухової активності»

на тему: **«ЗАГАЛЬНІ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ
АДАПТАЦІЇ СПОРСТМЕНІВ ПІДВОДНОГО ПЛАВАННЯ»**

здобувача вищої освіти
другого (магістерського) рівня
Форостюка Руслана Анатолійовича

Науковий керівник: Ільїн В.М.
докт. біол. наук, професор

Рецензент : Дяченко А.О.
докт. фіз. вих. наук, професор

Рекомендовано до захисту на засіданні
кафедри (протокол № від .11.2021 р.)

Завідувач кафедри: Пастухова В.А.
докт. мед. наук, професор

Київ – 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ ЛЮДИНИ ДО ЗМІНЕНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ЗАНЯТТЯ ПІДВОДНИМ ПЛАВАННЯМ.....	9
1.1. Спортивні дисципліни підводного плавання	9
1.2. Механізми адаптації організму людини до екстремальних факторів довкілля	13
1.3. Особливості адаптації людини до змінених умов середовища під час заняття підводним плаванням	17
Висновки до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1. Організація дослідження.....	27
2.2. Методи дослідження.....	27
2.2.1. Метод теоретичного аналізу і узагальнення спеціальної науково-методичної літератури.....	28
2.2.2. Методи оцінки функціонального стану організму дайверів	28
2.2.3. Методи математичної статистики.....	29
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	30
3.1. Вегетативний гомеостаз та функціональний стан організму спортсменів до занурень	30
3.2. Оцінка функціонального стану організму дайверів залежно від типу вегетативного гомеостазу	37
Висновки до розділу 3	51
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКТГ	-	адренкортикотропний гормон
АМо	ум.од.	амплитуда моди
БВ	роки	біологічний вік
ВІР	ум.од.	вегетативний показник ритму
ГГНС	-	Гіпоталамо-гіпофізарно-наднирников система
ІВР	ум.од.	індекс вегетативної рівноваги
ІН	ум.од.	індекс напруженості
ІФГ	%	індекс функціональної готовності
ІЦ	ум.од.	індекс централізації
КВ	роки	календарний вік
КРО	-	кисневий режим організму
МВЛ	л/хв	максимальна вентиляція легень
Мо	с	мода гстограми розподілу кардіоінтервалів
МТ	кг	маса тіла
МЧСС	уд./хв	максимальна частота серцевих скорочень при толерантному фізичному навантаженні
МСК	мл/хв	максимальне споживання кисню
МСК _п	мл/хв/кг	питома МСК, розрахована на кг маси тіла
МТФН	Вт	максимальне толерантне фізичне навантаження
НСВТ	-	нервовий синдром високих тисків
ПАПР	ум.од	показник адекватності процесів регуляції
ПАРС	ум.од..	показник активності регуляторних систем

ПРОФ	од.	кількість професійних захворювань та випадків обмеження глибини занурень за станом здоров'я
СДТ	мм рт. ст.	середній динамічний тиск крові
СІ	л/мин/м ²	серцевий індекс
СІ%	%	силовий індекс
ШВ ₅₀	л/с	максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 50% форсованої життєвої ємності
ШВ ₇₅	л/с	максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 75% форсованої життєвої ємності
ШПІ	біт/с	швидкість переробки інформації в зоровому аналізаторі
УІ	мл/м ²	ударний індекс
ХОК	л/хв	хвилинний об'єм крові
ЦНС	-	центральна нервова система
ЧСС	уд./хв	частота серцевих скорочень у стані відносного спокою
A _{V_R-R}	с	середня тривалість кардіоінтервалів
f	вдих./хв	частота дихання у стані відносного спокою
FVC	л	форсована життєва ємність легень на видиху
FEV ₁	л	обсяг форсованого видиху за 1 с
FEF _{max} ,	л/с	максимальна об'ємна швидкість форсованого видиху
FEF ₂₅ ,	л/с	максимальна об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 25% FVC
FEF ₅₀ , л/с		максимальна об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 50% FVC
FEF ₇₅ , л/с		максимальна об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 75% FVC
FRV	л	функціональний залишковий обсяг легень
НК	уд./хв	частота серцевих скорочень у стані відносного спокою

MVV	л/хв	максимальна вентиляція легень
R-R	мс	тимчасовий проміжок скорочень серця (ккардіоінтервал)
RV	л	залишковий обсяг легень
RVE	л	резервний обсяг видиху
RVI	л	резервний обсяг вдиху
T_{fvc}	с	час повного форсованого видиху
T_{mfef}	с	час досягнення максимальної швидкості форсованого видиху
$T_{25 75}$	с	час видиху 25% FVC в інтервалі від 25% до 75% FVC
$T_{25 50}$	с	час видиху 25% FVC в інтервалі від 25% до 50% FVC
TVL	л	загальна ємність легень
V	%	коефіцієнт варіації
VC	л	життєва ємність легень
$\Delta R-R$	мс	варіаційний розмах кардіоінтервалів
σ	с	середньоквадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність. Заняття багатьма видами спорту здійснюється, як правило, у звичайних, природних для життєдіяльності та комфортних з погляду перебування людини умовах довкілля. У той же час є ряд таких видів спорту, для яких характерні незвичайні особливості перебігу діяльності в змінених умовах життєвого середовища, що вимагають відповідної адаптації до неї.

Повною мірою це стосується різних видів підводного плавання, де всі дії дайверів здійснюються в умовах підвищеного атмосферного тиску (гіпербаричне середовище) при виконанні фізичних навантажень під водою [2, 5, 22, 48]. Популярність підводного спорту, плавання зі спеціальними дихальними апаратами або з аквалангом є унікальним викликом фізичним, фізіологічним і психофізіологічним можливостям людини [22, 48]. Крім термальних процесів води, організм піддається впливу підвищеного атмосферного тиску (гіпербаричні впливи). У цих умовах підвищується тиск газів, що містяться в приносних пазухах, дихальних шляхах, шлунково-кишковому тракті та рідинах організму.

Відповідно до змінених умов діяльності в одному середовищі пред'являються і певні вимоги до загального фізичного здоров'я спортсмена. До занять підводним спортом допускаються фізично розвинені, витривалі, загартовані люди, які не мають медичних протипоказань до плавання під водою. Однак саме по собі хороше здоров'я спортсмена-підводника не може виключити появу різних патологічних станів, якщо при зануреннях не дотримуватимуться правил їх безпеки [2, 18].

У практиці підводного спорту існує ціла низка стресорних факторів ризику, мають місце і «неспецифічні», але дуже небезпечні патологічні стани, виникнення яких може закінчитися трагічно для спортсмена (гіпоклікемічний шок, кисневе отруєння, декомпресійна хвороба, абдомінальні болі, нервовий синдром високих) ;запаморочення, як прояв вестибулярних розладів, що призводить до втрати орієнтування в просторі та багато іншого) [63].

Кроме того, профессиональная деятельность определенных контингентов людей также связана с работой в водной среде и гипербарических условиях. Гипербарические воздействия являются необычными для организма и вызывают ответные реакции, протекающие по типу стрессорных и включающие как специфические, так и общие компоненты. Поэтому все исследования, посвященные проблеме приспособления организма человека к стрессорным воздействиям, имеют большую актуальность не только в теоретическом, но и в практическом плане. З цієї точки зору роботи, пов'язані з вивченням реакцій організму на фактори водного середовища та гіпербаричні впливи не є винятком. Виявлення нових закономірностей розвитку цих реакцій як актуально для гіпербаричної фізіології та медицини, але може мати велике значення у розвиток загальної теорії стресу.

Встановлено, що фактори водного та гіпербаричного середовищ викликають стресорну реакцію організму, яка, згідно з сучасними уявленнями, значною мірою пов'язана зі станом вищих відділів вегетативної нервової системи [11, 14, 43, 53, 55]. При цьому новий баланс між симпатичним і парасимпатичним відділами, і в кінцевому рахунку, вегетативний гомеостаз визначають функціональний стан вісцеральних систем організму і ступінь їх адаптації до екстремальних умов. Проте дослідження змін функціонального стану організму людини та її працездатності при перебуванні під підвищеним тиском з одночасною оцінкою вегетативного гомеостазу дуже нечисленні. Особливе місце в проблемі взаємодії системи "людина-довкілля" при гіпербарії займають питання індивідуальних особливостей пристосування організму до дії екстремальних факторів, які значною мірою визначаються вихідним балансом симпатичних і парасимпатичних впливів.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами.

Дисертаційна робота виконана згідно «Зведеного плану НДР у сфері фізичної культури і спорту на _____ рр. Міністерства України у справах сім'ї, молоді та спорту», тема _____. «_____» (номер державної реєстрації _____).

Цель работы. Виявити загальні та індивідуальні фізіологічні закономірності змін функціонального стану організму дайверів у процесі адаптації до водного середовища та гіпербаричних впливів залежно від вихідного типу вегетативного гомеостазу.

Задачи работы.

1. Провести класифікацію кардіоритмограм за математико-статистичними показниками варіабельності ритму серця у дайверів при адаптації до водного середовища та гіпербарії.

2. Вивчити особливості змін реакцій дихання та кровообігу дайверів на функціональні проби (форсоване дихання, підвищення внутрішньогрудного тиску, фізичне навантаження) при адаптації до водного середовища та гіпербарії залежно від типу вегетативного гомеостазу.

3. Вивчити динаміку процесу адаптації організму дайверів до комплексної дії факторів водного та гіпербаричного середовищ за даними математичного аналізу варіабельності серцевого ритму та оцінки зовнішнього дихання, стану кровообігу та фізичної працездатності.

4. Вивчити зміни вегетативного гомеостазу організму дайверів під час багаторічних систематичних впливів факторів водного та гіпербаричного середовищ.

Об'єкт дослідження: дайвери, що мають різний досвід підводних занурень.

Предмет дослідження: зміни функціонального стану дихальної, серцево-судинної систем та вегетативного гомеостазу у дайверів у процесі адаптації до водного середовища та гіпербаричних впливів.

Методи дослідження: в процесі написання магістерської роботи використовувались: аналіз і узагальнення спеціальної науково-методичної вітчизняної та зарубіжної літератури та документів, в яких за допомогою системно-функціонального методу з'ясувалися механізми адаптації організму людини до екстремальних факторів довкілля та особливості адаптації людини до змінених умов середовища під час заняття підводним плаванням, а також методи

оцінки функціонального стану організму дайверів (варіаційна пульсометрія, спірометрія, реографія, фізичні навантаження).

Наукова новизна отриманих результатів: на підставі математичного аналізу ритму серця у дайверів виділено чотири типи вегетативного гомеостазу та встановлені якісні та кількісні зв'язки статистичних характеристик ритму серця з фізіологічними показниками функціонального стану організму. Встановлено високу кореляцію між змінами вегетативного гомеостазу та характером реакцій дихання та кровообігу на комплексну дію факторів водного та гіпербаричного середовищ. Встановлено, що стійкість організму дайвера до гіпербаричних впливів значною мірою залежить від вихідного типу вегетативного гомеостазу та стану регуляторних систем організму. Визначено критерії, що характеризують індивідуальну здатність організму до адаптації до гіпербарії.

Практическая значимость работы. Дослідження загальних та індивідуальних особливостей змін вегетативного гомеостазу та функціонального стану організму дайвера при гіпербарії дозволить науково обґрунтувати рекомендації для професійного відбору осіб, які мають найбільш відповідні обраної кваліфікації та виду спортивного дайвінгу, прогнозувати індивідуальну стійкість організму людини до дії комплексу гіпербаричних факторів та корекції пре- та патологічних синдромів, які виникають у процесі спортивної та професійної діяльності дайверів.

Обсяг і структура роботи обумовлені метою та завданнями дослідження, а також логікою розташування в ній матеріалу. Дипломна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку використаної літератури.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІ ЛЮДИНИ ДО ЗМІНЕНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ЗАНЯТТЯ ПІДВОДНИМ ПЛАВАННЯМ

1.1. Спортивні дисципліни підводного плавання

Підводний спорт- сукупність спортивних дисциплін, пов'язаних з перебуванням спортсмена частково або повністю під поверхнею води.

Підводний спорт зародився в 1920-х роках, коли у зв'язку з винаходом підводних ласт та маски стали активно розвиватися підводне полювання та пірнання на затримці дихання (апноє). З винаходом аквалангу інтерес до підводного світу у всіх країнах почав зростати, що викликало і новий виток у розвитку підводного спорту та появи нових дисциплін. [64].

Акватлон

Акватлон (підводна боротьба) – дисципліна підводного спорту. Акватлон є змаганням двох спортсменів, які здійснюють короткі сутички у воді і під водою на затримці дихання, прагнучи заволодіти стрічкою, закріпленою на щиколотці суперника. Поєдинок ведеться на рингу 5×5 м, позначеного маркерами на поверхні води, і складається з трьох раундів тривалістю по 30 секунд з перервами між раундами щонайменше 1,5 хвилини. Спорядження учасників: купальний костюм, маска для підводного плавання, ласты, 2 манжети на щиколотках, 2 матер'яні стрічки, що прикріплюються до манжетів. [66].

Апноє (фрідайвінг)

Апноє (фрідайвінг) - низка дисциплін підводного спорту, що вимагають подолання дистанції спортсменом на затримці дихання (динамічний апноє). За правилами, прийнятими в CMAS, змагання з динамічного апноє проводяться за такими програмами:

- Апноє в ластах (басейн) – потрібно подолати на затримці дихання максимальну відстань у довжину.
- Апноє без ласт (басейн) - потрібно подолати на затримці дихання максимальну відстань у довжину.

- Апноє в ластах (змагання на відкритій акваторії) (Jump Blue) - потрібно подолати максимальну відстань по траєкторії вздовж граней куба зі стороною 15x15 метрів.

Спорядження спортсменів: моноласта (для динамічного апноє), маска, гідрокостюм (плавальний костюм) [65].

Спортивний дайвінг

Спортивний дайвінг (пірнання, занурення) - дисципліна підводного спорту, що проводиться в басейні. Змагання проводяться за двома програмами: "дайвінг-комбіноване плавання 300 метрів" і "дайвінг - смуга перешкод 100 метрів".

"Дайвінг - комбіноване плавання 300 метрів". Завдання спортсмена - пройти дистанцію за максимально короткий час, частину дистанції потрібно пройти під водою з використанням базового автономного дихального апарату, частина - поверхнею, використовуючи дихальну трубку. Спорядження – базовий комплект спорядження для дайвінгу.

"Дайвінг - смуга перешкод 100 метрів". Завдання спортсмена - пройти дистанцію за максимально короткий час, виконуючи при цьому певні вправи, що є демонстрацією базових навичок дайвера (зняття-одягання маски, дихання з альтернативного джерела з партнером, зняття-одягання комплекту спорядження) і долаючи спеціальні перешкоди. Оцінюється час проходження дистанції та чистота виконання вправ та подолання перешкод [67].

Підводне орієнтування

Підводне орієнтування - дисципліни підводного спорту, які проводяться на відкритих водоймах спортсменом або групою спортсменів. Для підводного орієнтування застосовується автономний дихальний апарат на стиснутому повітрі, магнітний компас, лаг (лічильник відстаней) та глибиномір. Завдання спортсмена - пройти спеціально позначену дистанцію по компасу з максимальною точністю і за найменший час при видимості під водою на глибині до 3-х метрів [68].

Плавання у ластах

Плавання в ластах – низка дисциплін підводного спорту. Завдання спортсмена полягає у подоланні дистанції по/під поверхнею води за допомогою м'язової сили без застосування будь-яких механізмів. Спорядження спортсмена: плавальний костюм, маска, біласти чи моноласта. Мета змагань - подолання різних за довжиною дистанцій за найменший час. У цій групі дисциплін існує дуже велика кількість дистанцій змагань, ряд яких проходить з використанням автономного дихального апарату [71].

Підводне полювання (підводна риболовля)

Підводне полювання - аматорський спосіб лову риби такими індивідуальними (не масовими) знаряддями, як руки, гарпуни, підводні пістолети і рушниці, що включає пошук і виявлення, або приманювання, і наступний лов риби, коли і мисливець і риба вільно переміщуються у водному середовищі

Змагання з підводного полювання на риб - дисципліна підводного спорту, що проводиться на відкритих водоймах. Завдання спортсмена - видобути певні види риби дозволеного розміру, пірнаючи на затримці дихання та використовуючи для видобутку спеціальну підводну рушницю або арбалет. Використання дихальних апаратів не допускається. Ціль — видобуток максимальної кількості певних видів риб за обмежений проміжок часу на заданій ділянці акваторії. [74].

Підводна фотозйомка

Підводна фотографування - дисципліна підводного спорту, що проводиться у відкритих водоймах. Завдання спортсменів - за обмежений час і маючи обмежену кількість кадрів виконати найбільш вдалу з художньої точки зору фотографію. Спорядження – цифровий фотоапарат, базовий комплект спорядження дайвера. Змагання проводяться у категоріях:

- Макрозйомка
- Широкий кут
- Зйомка риб

Змагання з підводної зйомки не входять до Всеросійського реєстру видів спорту, і в цій дисципліні не присвоюються офіційні російські спортивні розряди та звання. Але російські спортсмени мають можливість брати участь у міжнародних змаганнях та часто посідають призові місця. [72].

Підводне регбі

Регбі – дисципліна підводного спорту. Змагання проводяться під водою у басейні за участю двох команд спортсменів, кожна з яких складається з 12 гравців, екіпірованих ластами, масками та трубками. Мета змагання - забити м'яч, що має негативну плавучість, у кошик суперника, розташований на дні басейну. Розміри ігрового поля 10-12 метрів завширшки, 15-18 метрів завдовжки, глибина варіюється від 3,5 до 5 метрів [63].

Спортивна підводна стрілянина

Спортивна підводна стрілянина - низка дисциплін підводного спорту, що проводяться в басейні. Завдання спортсмена - на затримці дихання виконати пірнання, в ході якого з певної відстані зробити постріл по мішені з підводної рушниці. Оцінюються точність пострілу, чистота виходу кордон і швидкість виконання.

Спортивна підводна стрілянина була виключена зі списку офіційних дисциплін CMAS у 2004 році та знову включена у 2013 році. У період з 2004 по 2013 роки у низці країн підводна стрілянина продовжувала розвиватися як неофіційна дисципліна, і аматорські об'єднання проводили клубні змагання. [73].

Підводний хокей

Підводний хокей – дисципліна підводного спорту. У ході змагання (ігри) змагаються дві команди спортсменів, кожна з яких складається з 6 гравців, екіпірованих ластами, масками, трубками та ключками. Мета гри - забити шайбу, проштовхуючи її по дну басейну до воріт противника [70].

1.2. Механізми адаптації організму людини до екстремальних факторів довкілля

Адаптація - пристосування організму особистості, їх систем до характеру окремих впливів або до умов життя, що змінилися в цілому. Поняття адаптація перетворилося на загально наукове, яке використовується представниками різних наук та сприяє синтезу та об'єднанню знань, що належать до вивчення її різних об'єктів.

Дане поняття широко проникло й у сферу спортивної підготовки та змагальної діяльності. Ним користуються і в теорії та методиці спорту, спортивної фізіології та морфології, біохімії та кінезіології, психології [36-38].

При визначенні адаптації слід враховувати, що вона розуміється як процес, і як результат [19, 30]:

- адаптація використовується для позначення процесу, при якому організм пристосовується до факторів зовнішнього або внутрішнього середовища;
- адаптація застосовується для позначення відносної рівноваги, яка встановлюється між організмом та середовищем;
- під адаптацією розуміється результат пристосувального процесу.

Існує два аспекти адаптації – статичний та динамічний. Статичний аспект відбиває властивості (стан) біосистеми, її стійкість до умов середовища – рівень її адаптації. Динамічний - відображає процес пристосування біосистеми до умов середовища, що змінюються.

Останнім часом під час розгляду явища адаптації застосовується системний підхід [25, 31, 34,]. Адаптація розглядається як «відкрита» система, для якої характерний стан рухової рівноваги, що зберігає сталість структур тільки в процесі безперервного обміну і руху всіх компонентів системи. Основним результатом адаптації при цьому є врівноваженість за рахунок набуття нової системної якості.

Адаптація – це активна системна відповідь функцій, яка спрямована на підтримку гомеостазу та створення адекватної регульованої програми, відповіді з мінімальними реакціями на умови, що постійно змінюються, умови діяльності, в основі якої лежать 5 основних компонентів, - енергетичний, сенсорний,

операційний, ефекторний та активаційний. При цьому енергетичний компонент забезпечує енергетику організму та включає великий набір вегетативних реакцій; сенсорний – забезпечує аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища, кодування інформації у послідовність нервових імпульсів; операційний – фільтрацію, селекцію та переробку інформації та виготовлення на її основі рішення; ефекторний - здійснює реалізацію рішення; активаційний – визначає рівень відповіді організму, мобілізацію елементів, що включаються до програми [25].

Слід розрізняти такі поняття: 1) «адаптивна система», яка характеризує всі типи складних систем, що самоналаштовуються; 2) «адаптована система», що характеризує лише ті біологічні та соціальні системи, які мають у цих умовах адаптацію; 3) «адаптаційна система» як підсистема біологічних та соціальних систем, що забезпечують механізм адаптації; 4) "адаптивована система", що характеризує сам стан налаштованості або спрямованості на досягнення цього стану адаптивної системи.

Адаптація в більшості випадків спрямована на підтримку гомеостазу, забезпечує працездатність, максимальну тривалість життя та репродуктивність у неадекватних умовах середовища [29, 40]. У той самий час, хоча явища гомеостазу дуже звичайні в багатьох організмів, є й інші стратегії адаптації, які призводять до гомеостазу і навіть спрямовані його підтримку. У багатьох випадках підтримується не стан певних структур. Результат адаптації у всіх таких випадках - не гомеостаз (постійність стану), а скоріше "енантиостаз" (підтримка функції). Ця стратегія дозволяє цілісному організму змінювати в деяких межах свої структурно-функціональні характеристики при різких зрушеннях структури середовища, зберігаючи суттєві для себе функції навіть на шкоду функції однієї зі своїх систем [26]. У той самий час адаптація (прилагодження, зміна) становить лише один бік універсального біологічного механізму пристосування організму до зовнішніх впливів, що відбувається зі зміною структури та функції біосистеми під впливом середовища. Друга сторона

приспосовування пов'язана з компенсацією, при якій зберігаються структура та функція біосистеми [13, 14].

Приспосувальні реакції проявляються як динамічний процес послідовного розвитку різних змін у живому організмі при гострому чи хронічному екстремальному впливі [1, 6]. Водночас цей процес обмежений часовими рамками та носить фазний характер [41, 61]. Здатність швидко та ефективно усунути або компенсувати дію несприятливих факторів довіклля характеризує адаптаційні можливості індивіда. [46]. При цьому з точки зору біологічної термодинаміки, надійність живої системи відповідає зоні зміни середовища, у межах якого стандартний обмін не змінюється або змінюється дуже мало [29, 41]. Надійною вважається система, що нормально працює в змінених або навіть екстремальних умовах. Однак у екстремальних умовах підтримки працездатності система має набувати тимчасову нестійкість, тобто абсолютно стійка система до розвитку нездатна. У зв'язку з цим здатність до адаптації визначається легкістю розпаду старої програми гомеостатичного регулювання та формуванням нової [49].

Г. Сельє [41, 61] у своїй класичній концепції у процесі адаптації виділяє три фази. Першою є фаза тривоги, у якій відбувається мобілізація захисних сил організму у відповідь зовнішній вплив. Цю фазу характеризує зменшення тимусу, лейкоцитоз, певне співвідношення формених елементів білої крові: лімфопенія, анеозинофілія, нейтрофілоз та розвиток крововиливів та виразок у слизовій оболонці шлунково-кишкового тракту. В ендокринній системі – стимуляція секреції адренокортикотропних гормонів (АКТГ) гіпофізом, що призводить до підвищення секреції глюкокортикоїдних гормонів кори надниркових залоз. Секреція мінералкортикоїдних гормонів пригнічена. Пригнічені також діяльність щитовидних та статевих залоз. Оскільки можливість виживання зазвичай вимагає досить швидкої реакції, мобілізація захисних сил організму у фазу тривоги здійснюється негайно за типом централізації управління гіпоталамо-гіпофізарно-наднирковою системою (ГГНС) з боку екстрагіпоталамічних структур [6, 39].

При гострому стресі викид АКТГ та кортикостероїдів здійснюється негайно. Структурні зміни в корі надниркових залоз виражаються значним збільшенням пучкової зони. Підвищення ступеня структурно-функціональної організації у фазі тривоги досягається за рахунок значної напруги регуляторних механізмів, що знаходять відображення: на інформаційному рівні – у явищах актуалізації (посилення активності апарату управління) та лабілізації (залучення до апарату управління стресом нових елементів) [6]; на енергетичному рівні – в освіті дефіциту АТФ [29, 58]; на структурному рівні - у гіпертрофії клітин та мітотичної активності [9, 29]. Перерозподіл енергетичного та метаболічного матеріалу – свідчення обмеженості резервів [6]. Є дані, що у початковий період адаптації (початкова фаза) організму до екстремальних чинників довкілля може, своєю чергою, складатися принаймні двох фаз:

- перша фаза короткочасної підвищеної стійкості, що розвивається в перші години і дні контакту з екстремальними факторами, і наступна за нею фаза тимчасового зниження стійкості. Тільки після цього поступово формуються стійкий стан адаптації (фаза резистентності);

- друга фаза резистентності характеризується досягненням певної динамічної стійкості у співвідношенні організм-зовнішнє середовище та стабілізація основних функціональних систем.

Високий рівень функціонування біосистеми у фазі резистентності забезпечується при невеликій нарузі регуляторних механізмів. Це пояснюється як збільшеною масою ГГНС, так і тим, що завдяки збільшенню саморегуляції в посилено функціонуючих органах на периферії частково знижується їх залежність від ГГНС. Відбувається зменшення процесів актуалізації, що виявляється у послабленні викиду кортикостероїдів на кожну повторну дію. Подібне явище отримало назву "адаптації до стресу" [60]. Поряд із актуалізацією послаблюється лабілізація управління; наприклад, знижується ступінь участі у стресовій реакції симпатoadреналової системи: на певні впливи організм у фазі резистентності відповідає меншим викидом не тільки кортикостероїдів, а й катехоламінів. Змінюється характер активації симпатoadреналової системи. При

повторному навантаженні продукція адреналіну не стимулюється, а підвищується виділення одного норадреналіну. Істоту структурних змін у фазі резистентності становить стресова гіпертрофія надниркових залоз та інших відділів ГГНС. Різні відділи симпатoadреналової системи, мабуть, також зазнають тривалої стресової гіпертрофії, хоча це питання вивчено недостатньо. Встановлено, що у фазі резистентності також спостерігається стимуляція мітотичного поділу [50, 51.] та збільшується вміст ДНК у надниркових залозах. Важливе значення підтримки високого рівня структурно-функціональної організації біосистеми у фазі резистентності, очевидно, має створення певних структурних резервів [29]. Звідси випливає, що фазі резистентності властиве збільшення ступеня структурно-функціональної організації біосистеми, яке, проте, має принципово інший характер, ніж у фазі тривоги. В основі підвищення адаптованості організму лежить гіпертрофія ГГНС, а також тих органів і систем, посилене функціонування яких зумовлене специфічними особливостями діючих факторів. Завдяки цій обставині відбувається посилення процесів саморегуляції та часткове звільнення їх від залежності з боку центральних впливів [7]. В результаті високий рівень функціонування досягається при меншій напрузі регуляторних механізмів. Діяльність ДГНС у фазі резистентності здійснюється на тлі збільшення інформаційних, енергетичних, метаболічних та структурних резервів.

Наявність третьої заключної фази виснаження у процесі адаптації не обов'язкова. Вона виникає тоді, коли організм не в змозі повністю компенсувати порушення, що виникають при тривалому впливу екстремального фактора. Розвиток виснаження характеризується порушенням дуже ефективного рівня функціонування, досягнутого у стадії резистентності та неузгодженістю структурно-функціональної організації біосистеми [7]. Недостатність регуляторних механізмів виявляється у їх астенизації. У цій фазі характер діяльності ендокринних залоз дуже близький до того, що спостерігається у фазі тривоги: глюкокортикоїди переважають над мінералокортикоїдами, знижена активність щитовидної та статевої залоз, пригнічена тиміко-лімфатична система

[8, 27]. Однією з ознак виснаження є зниження взаємодії між окремими елементами симпатoadреналової системи, залученої в стресову реакцію, а також втрата кореляційних зв'язків усередині ГНС. Порушення вегетативної рівноваги може виявлятися превалюванням абсолютного або відносного вмісту адреналіну над вмістом норадреналіну [39]. У фазі виснаження відбувається поступове вичерпування резервів. Високий ступінь автономності нижчих контурів управління по відношенню до вищих, що спостерігається у фазі резистентності, у міру розвитку виснаження втрачається [7]. Це призводить до необхідності постійної підтримки регуляторних механізмів у стані напруги. Перехід фази резистентності у фазу виснаження, якщо його розглядати на енергетичному рівні, полягає в тому, що внаслідок перенапруги функціонуючих систем знижується потужність мітохондріального апарату клітин [28] та його здатність синтезувати кількість АТФ, необхідну для забезпечення підвищеної функції, втрачається. Створюється хронічний дефіцит АТФ. Розвиток початкових ознак виснаження характеризується зниженням потужності систем гліколізу та глікогенолізу, у тому числі в домінуючих органах, що зменшує ефективність окисного фосфорилування [23].

У роботах ряду авторів була зроблена спроба оцінити тривалість фаз у процесі адаптації: фаза тривоги (у різних авторів фаза початкової, гострої, первинної або стартової адаптації) може тривати після початку дії 2-5 діб; фаза нестійкої (пошукової) адаптації – 10-14 діб; фази стабільної (стійкої інтеграції) адаптації (фаза резистентності) та декомпенсації (фаза виснаження) за тривалістю можуть значно варіювати залежно від характеру та тривалості впливу [11, 47].

Адаптація до екстремальних умов довкілля може відбуватися не тільки за типом реакції "стрес". Поруч дослідників було показано, що розвиток адаптаційних реакцій підпорядкований кількісно-якісному принципу: на подразники різної інтенсивності організм відповідає якісно різними реакціями [10, 59].

При дії сильних, надзвичайних подразників ("стрес-реакція") у центральній нервовій системі (ЦНС) розвивається різке збудження, що змінюється граничним гальмуванням. Біологічна доцільність цього полягає у зниженні збудливості та реактивності, оскільки адекватна надмірна інтенсивність подразника відповідь могла б призвести до загибелі організму. Зниження збудливості при розвитку пограничного гальмування призводить до того, що сильні подразники не викликають інтенсивних реакцій організму.

При дії слабких, порогових подразнень організм відповідає на них на кшталт реакції "тренування", при якій у ЦНС також розвивається збудження, що швидко змінюється охоронним гальмуванням. Біологічна доцільність цього - у зниженні збудливості, реактивності по відношенню до слабого подразника, який найбільш доцільно не відповідати. Як і "стрес реакція", реакція "тренування" має три фази: фазу орієнтування, фазу перебудови та фазу тренуваності.

При дії подразнень середньої сили відбувається розвиток "реакції активації", що має дві фази: фазу первинної активації та фазу стійкої активації. Передбачається подразнення середньої інтенсивності оптимальним для порушення захисної діяльності організму [10]. Якщо для "стрес реакції" характерне переважання в організмі розпаду речовини (катаболізму), то при реакції "активації" навпаки, переважають процеси біосинтезу (анаболізму). Процеси обміну помірно підвищені та добре врівноважені. Активуються захисні системи організму. Рівень енергетичного обміну при цій реакції менш економний, ніж при реакції "тренування", але, на відміну від стресу, не призводить до виснаження.

У період тривалої взаємодії організму з несприятливими факторами середовища, що мають різну силу впливу, можна спостерігати три якісно відмінні типи реагування: 1) здатність індивідуума добре витримувати короточасні та сильні впливи, але нездатність протистояти тривалим слабким подразникам; 2) здатність зберігати високий рівень стійкості при тривалому впливі слабких подразників і крайня нестійкість перед сильними подразниками,

що короткочасно діють; 3) здатність поєднувати у своїх реакціях риси, властиві двом типам реагування [20]. При цьому основною особливістю адаптивних реакцій другого та третього типів на зовнішні впливи великої тривалості є стабілізація функціонального стану організму на новому рівні, що характеризується тим, що порушення рівноваги можливе лише у віддалені від початку впливу терміни [24].

Характер адаптаційних реакцій організму також залежить від тимчасових властивостей подразників. На зовнішні впливи, що мають циклічність, системи організму та весь організм загалом відповідають періодичними змінами активності функцій. Наявність періодичних процесів у організмі, що виникли у процесі адаптації, можна вважати як одну з фундаментальних характеристик живої системи. У зв'язку з цим кількісна оцінка параметрів періодичних фізіологічних процесів (на прикладі серцевого ритму [7]) становить велику цінність.

Згідно з сучасними уявленнями характер адаптаційних реакцій залежить не тільки від інтенсивності та тривалості подразника, а й від функціонального стану організму, в якому вони розвиваються [29, 42]. Організми з вихідною нестабільністю фізіологічних функцій мають кращу адаптоздатність. Висловлюється думка, згідно з якою процес адаптації протікає найбільш швидко у тих осіб, функціональні показники яких коливаються в межах 10-30% від вихідної величини в початковій стадії адаптації. Якщо вихідні параметри у перші дні адаптації змінюються більш як на 30%, розвивається стан дезадаптації [46]. Відзначається наступна закономірність: чим нижчі адаптаційні можливості організму, тим значніший ступінь структурно-функціональної перебудови біосистеми і вище вираженість стресового компонента.

Особливе місце у проблемі адаптації посідають питання індивідуальних особливостей пристосування організму до змін довкілля. Показано, що фізіологічна адаптація носить виражений індивідуальний характер і передбачає нерівномірне включення окремих систем, що визначають зрештою пристосування до екстремальних факторів середовища [14, 33]. Можна виділити

два крайні типи процесу адаптації: активний, з вираженими реакціями "боротьби за кисень", і пасивний, що характеризується зниженням окисного метаболізму з усіма проміжними формами їх співвідношень. При цьому активна адаптація, що дозволяє виконувати роботу в складних умовах, ставить організм у повну залежність від аеробного обміну та зменшує його можливості переживання вкрай сприятливих умов.

Пасивна адаптація, що досягається шляхом тренувань, можливо до певної межі збільшить ці можливості, однак їхня межа залежатиме від генотипу даного індивідуума [44].

Реакція організму на екстремальні дії залежить від його конституційного типу [20]. Виділено два крайні типи:

- 1) тип організму, що має потужні фізіологічні реакції, але здатний підтримувати їх рівень протягом відносно короткого терміну;
- 2) тип, який слабо пристосований до екстремальних навантажень, але може підтримувати тривалий час гомеостаз при середніх навантаженнях.

Оптимальним є середній варіант між двома крайніми типами. Гострий період реадaptaції до екстремальних умов краще переносять організми першого типу. У той же час найкращою адаптаційною здатністю характеризуються особи, що відповідають незначною реакцією на стимул слабкої величини та вираженою відповіддю на субмаксимальні та екстремальні впливи [44].

Торкаючись загального механізму адаптації до умов існування, що змінилися, відзначимо підхід, що базується на теорії функціональних систем П.К. Анохіна [3]. До функціональної системи належить така динамічна організація процесів і механізмів, що відповідає запитам даного моменту, забезпечує організму будь-який пристосувальний ефект і водночас визначає потоки зворотної, тобто. результуючої, аферентації, що інформує ЦНС про достатність чи недостатність отриманого пристосувального ефекту. Така організація вважається загальним механізмом фізіологічної адаптації [26].

Узагальнюючи накопичений досвід та власні дані Ф.З. Меєрсон [29] сформулював загальний механізм адаптації. У розвитку більшості адаптаційних

реакцій безперечно простежуються два етапи: початковий етап - "термінова", але недосконала адаптація, і наступний етап - досконала довготривала адаптація.

Початковий етап адаптаційної реакції виникає безпосередньо після початку дії подразника і, отже, може реалізуватися лише на основі готових, раніше сформованих фізіологічних механізмів.

"Довготривалий" етап адаптації виникає поступово в результаті тривалого або багаторазового впливу на організм факторів навколишнього середовища.

Саме перехід від "термінового" етапу до "довготривалого" знаменує собою вузловий момент адаптаційного процесу. Механізм цього переходу, очевидно, повинен розглядатися на основі того, що реакції організму на дію факторів навколишнього середовища забезпечуються не окремими органами, а організованими певним чином та підпорядкованими між собою системами. При цьому реакція на будь-який новий і досить сильний вплив середовища - на будь-яке порушення гомеостазу - забезпечується, по-перше, системою, що специфічно реагує на даний подразник, і, по-друге, стрес-реалізуючим адренергічної та гіпофізарноадреналової системами, реагуючими на неспецифічні зміни в середовищі.

Надалі порядок подій притаманний еволюції домінанти: центри головного вогнища збудження починають отримувати переважне підкріплення; підвищується їхня реактивність. У клітинах домінуючої функціональної системи, специфічно відповідальної за адаптацію, збільшена фізіологічна функція активує генетичний апарат, виникає активація нуклеїнових кислот та білків, що утворюють ключові структури клітин, що лімітують функцію. В підсумку вибіркового зростання цих ключових структур формується так званий системний структурний слід, що призводить до збільшення функціональної потужності системи, відповідальної адаптацію. Формування системного структурного "сліду" та стійкої адаптації здійснюється за потенціуючої участі "стрес-реакції", яка відіграє важливу роль саме на етапі переходу "термінової" адаптації в "довготривалу" [29].

Для вивчення процесів адаптації живого організму до екстремальних факторів довкілля необхідно мати чіткі критерії адаптації.

Н.А. Агаджанян [1] сформулював у загальному вигляді основні критерії фізіологічної адаптації організму до екстремальних умов зовнішнього середовища:

1. Стабілізація фізіологічних реакцій, відповідальних за доставку та обмін газів у тканинах. Новий економічний рівень гомеостазису, адекватний середовищу.

2. Максимальне споживання кисню (МПК) є стійкою індивідуальною константою, що характеризує завершеність адаптації та рівень окисних процесів, що йдуть усередині клітин. Чим більший рівень МПК, тим вища працездатність і стабільніша адаптація.

3. Стійкий рівень оптимальної нейрогуморальної регуляції, адекватний довкіллю.

4. Збереження високої фізичної та розумової працездатності та загальної резистентності у відповідь на дію додаткового фактора.

5. Стійкість до хронобіологічних факторів (хронорезистентність).

6. Компенсація зниження специфічної імунобіологічної резистентності підвищенням неспецифічної резистентності організму.

7. Стійкий (без дрейфу) рівень активності та взаємодії функціональних систем.

Розглянуті в цьому розділі схеми, механізми та критерії адаптації організму до екстремальних факторів зовнішнього середовища можуть бути використані для опису адаптації різних систем організму до гіпербарії та реадаптації до нормобаричних умов.

1.3. Особливості адаптації людини до змінених умов середовища під час заняття підводним плаванням

Заняття багатьма видами спорту здійснюється, як правило, у звичайних, природних для життєдіяльності та комфортних з погляду перебування людини умовах довкілля. У той же час є ряд таких видів спорту, для яких характерні незвичайні особливості перебігу діяльності в змінених умовах життєвого середовища, що вимагають відповідної адаптації до неї.

Повною мірою це стосується різних видів підводного плавання, де всі дії дайверів здійснюються в умовах підвищеного атмосферного тиску (гіпербаричне середовище) при виконанні фізичних навантажень під водою [2, 5, 72].

Популярність підводного спорту, плавання зі спеціальними дихальними апаратами або з аквалангом є унікальним викликом фізичним, фізіологічним і психофізіологічним можливостям людини [48]. Крім термальних процесів води, організм піддається впливу підвищеного атмосферного тиску. У цих умовах підвищується тиск газів, що містяться в приносних пазухах, дихальних шляхах, шлунково-кишковому тракті та рідинах організму.

Відповідно до змінених умов діяльності в одному середовищі пред'являються і певні вимоги до загального фізичного здоров'я спортсмена. До занять підводним спортом допускаються фізично розвинені, витривалі, загартовані люди, які не мають медичних протипоказань до плавання під водою. Однак саме по собі хороше здоров'я спортсмена-підводника не може виключити появу різних патологічних станів, якщо при зануреннях не дотримуватимуться правил їх безпеки [18].

У практиці підводного спорту існує ціла низка факторів ризику, мають місце і «неспецифічні», але дуже небезпечні патологічні стани, виникнення яких може закінчитися трагічно для спортсмена (гіпоклікемічний шок, кисневе отруєння, декомпресійна хвороба, абдомінальні болі, нервовий синдром високих) ;запаморочення, як прояв вестибулярних розладів, що призводить до втрати орієнтування в просторі та багато іншого) [64].

Теплообмін організму людини у воді значно відрізняється від теплообміну в повітряному середовищі насамперед своєю інтенсивністю через велику теплопровідність і теплоємність води.

Для підводного спорту істотне значення як фактор, що лімітує фізичну працездатність, набуває температури води, глибини плавання, наявності спеціальної апаратури та одягу.

Підводний спорт має свої специфічні особливості, пов'язані з необхідністю адаптації до перебування у водному середовищі. При зануренні у воду на людину починає діяти надлишковий тиск (гіпербарія), що зростає прямо пропорційно до глибини занурення (на 0,1 на кожен метр глибини). Під водою спортсмен повинен дихати стисненим повітрям під тиском, що дорівнює абсолютному тиску водного середовища на даній глибині. Зазвичай треновані плавці роблять це легко за допомогою спеціальних вправ.

У процесі занять підводним спортом у дайверів виробляються пристосувальні реакції до специфічних умов водного середовища, до горизонтального або різко змінюється положення тіла в просторі, відбувається формування динамічного стереотипу способу плавання та стилю плавця-підводника. Захисні реакції та рефлексії прямиостояння, сформовані і закріплені в умовах наземного існування людини (особливо в початковий період навчання підводному плаванню) у ряді випадків можуть ускладнювати виконання вправ підводного спорту. У цьому істотну негативну роль грають стресові впливи нових подразників – води, глибини занурення, особливостей дихання, які з розвитку тренованості втрачають своє початкове збуджуюче значення, тобто. і тут йдеться про реакції адаптації [32].

До об'єктивних труднощів підводного спорту відносяться: діяльність в умовах незвичайного для людини навколишнього середовища, висока залежність від метеорологічних факторів, відносна сезонність занять, повна залежність під час занурення від технічного стану дихального апарату та спорядження, повна залежність можливостей спортсмена від тривалості перебування під водою та глибини занурення, необхідність міцних знань технічної апаратури та вміння користуватися нею.

До суб'єктивних труднощів слід віднести відносну складність адаптації до вищезазначених умов та вимог. Певну труднощі становлять подолання

психологічного бар'єру як страху, тривоги, невпевненості при зануреннях у впливах; придбання навички правильного ритму дихання в акваланзі, вміння інтенсивно використовувати при необхідності мінімально короткий час, який обчислюється тривалістю затримки дихання на вдиху або видиху (у випадках зміни маски, аквалангу, переходу на дихання за допомогою одного на двох апарату при відмові апарату у товариша) ін.

Діяльність під водою вимагає від людини мобілізації всіх її фізичних та психофізіологічних можливостей, вищого ступеня нервово-психічного напруження, інтенсивної розумової діяльності в умовах обмеженої інформації та небезпечних впливів навколишнього водного середовища. Ефективність професійної діяльності, поряд з хорошим фізичним розвитком, фізичною підготовленістю та функціональним станом серцево-судинної та дихальної систем, багато в чому залежить від рівня розвитку таких психологічних якостей як увага, пам'ять, мислення та інші.

Контрольна програма такого обстеження передбачає дослідження таких функцій психіки:

- надійність реакції;
- сприйняття;
- мислення;
- увага (обсяг, якість, стійкість);
- граничне навантаження з погляду психологічної стійкості, надійності;
- особистісні особливості (діагностика неврозу, страху, тремору пальців рук).

Викладене вище узгоджується з розглядом діяльності в змінених умовах життєвого середовища з позиції аналізу низки її закономірностей:

взаємодії організму із зовнішнім середовищем;

- загальні принципи вищої нервової діяльності;
- можливостей адаптації організму до умов існування;
- резервні можливості організму;

- індивідуальних психологічних особливостей людини та її можливостей у процесі діяльності;
- прояви втоми та процесів відновлення та ін.

Врахування виявлених психологічних особливостей та умов виконання діяльності має надзвичайно важливе значення як для вирішення проблеми її психофізіологічного забезпечення, так і для визначення заходів щодо оптимізації адаптаційних можливостей людини до фізичних навантажень в умовах водного середовища в процесі занять підводним плаванням.

Серед низки дослідників спірним залишається питання можливості адаптації до гіпербарії взагалі. Вважають, що адаптація до гіпербарії не виникає, є лише деяка компенсація дії гіпероксії, густини, підвищеного парціального тиску азоту або гелію за рахунок функціональних зрушень, надійність яких досить недостатня ("несправжня" адаптація). Для характеристики процесу адаптації організму до гіпербарії було запропоновано підхід, що враховує взаємозв'язок двох головних екстремальних факторів зміненого газового середовища (гіпероксії та гіперденсії) з кисневим режимом організму (КРО – інтегральним показником стану дихання, кровообігу та крові) [11]. Хоча ці системи першими реагують на зміну газового середовища та тиску, враховується багатofакторність гіпербарії, що відбивається також на функціях ЦНС фізичної та розумової працездатності, динаміки стану.

Порушення колишньої рівноваги організму з нормобаричним середовищем обумовлює зрушення у функціональних системах, найбільш виражені протягом першої години після занурення. При цьому реакції організму на гіпербаричні фактори певною мірою відображають загальну схему адаптації, запропоновану Сельє [41, 61].

Перша фаза зрушень фізіологічних функцій людини у гіпербаричних умовах за своєю сутністю близька до першої фази загального адаптаційного синдрому та спрямована на збереження початкового гомеостазу [11, 61]. Посилюється неспецифічна імунологічна реактивність організму [41], активується функція гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи. Виявляється

різноспрямованість змін дихання, кровообігу та крові щодо транспорту кисню. Відбувається мобілізація захисних сил організму, що забезпечує компенсацію гострої стресорної дії гіпербарії та додаткове їхнє накопичення для реалізації реакцій організму в другу фазу адаптації. Процес занурення супроводжується не тільки впливом високого тиску та збільшеною щільністю дихального середовища, гіпероксією, але також фізичними навантаженнями в умовах охолодження (температурний стрес), наркотичною дією інертних газів, нервовою емоційною напругою [52].

З боку дихання реакцією в початкову фазу адаптації є посилення вентиляції легень, яке у гіпероксичних умовах призводить до зростання швидкості надходження кисню (O_2) у легеневий резервуар та парціального тиску O_2 у ньому. Роль урідження дихання, збільшення дихального мертвого об'єму та функціонального мертвого дихального простору (вплив щільності газового середовища) у цій фазі полягає в обмеженні надлишкового надходження O_2 до альвеол [11, 14].

Проникнення O_2 надлишку в артеріальну кров призводить до посилення його фізичного розчинення в плазмі, збільшення вмісту O_2 та його напруги (pO_2), насичення ним гемоглобіну. Одночасно повністю окислений гемоглобін вимикається з транспорту вуглекислого газу (CO_2), що зумовлює поступове його накопичення, що посилюється внаслідок порушення виведення CO_2 з альвеол у зв'язку з впливом щільного дихального середовища.

У початкову фазу адаптації висока напруга O_2 у крові призводить до активації блукаючого нерва [45], що проявляється в брадикардії, з одного боку, та зниженням скорочувальної здатності міокарда (зменшення ударного об'єму серця) – з іншого [11]. Це зумовлює зниження хвилинного об'єму крові (МОК) і відповідно швидкості транспорту O_2 артеріальною кров'ю, що є важливим пристосувальним механізмом, спрямованим на обмеження доставки надлишку O_2 до тканин. Одночасно включається низка інших захисних щодо гіпероксії механізмів - зниження лінійної швидкості кровотоку, звуження периферичних

судин, збільшення шунтування крові в легенях [35.], зменшення дифузійної здатності альвеоло-капілярного бар'єру кисню через тканинні бар'єри [14].

У перші години занурень найбільш помітно проявляється дія індиферентних газів, парціальний тиск яких підвищується пропорційно змінам загального тиску та їх розчинності в жирах [12, 57]. Якщо розглядати (N₂+O₂) – середовище при тиску до 5-6 кгс/см² (0,05 –0,06 МПа), то основними ознаками її впливу будуть симптоми азотного наркозу. Загальний механізм зрушень - порушення внутрішнього гальмування, що призводить до зниження електричної активності нейронів кори головного мозку, ослаблення низхідних впливів з цієї області мозку [12]. Ці зрушення, поряд із помітним збільшенням щільності (N₂+O₂)-середовища, стають перешкодою для подальшого безпечного підвищення тиску.

Надалі, у міру послаблення стресорного впливу факторів компресії та насичення організму газовим середовищем початкова "стрес-реакція" зникає, з'являються (неоднакові у часі) елементи сталої адаптації ЦНС, дихання та кровообігу до цих умов. На даній проміжній стадії адаптації організму до гіпербарії основними факторами залишаються гіпероксія, підвищена щільність та тиск газової суміші, наркотична дія інертних газів [11]. Основними адаптаційними реакціями організму на гіпербарію є зміни вісцеральних систем, спрямовані на компенсацію дії перерахованих вище факторів. Продовжує посилюватись наркотична дія азоту (у середовищі N₂+O₂), стабілізуються зміни ЦНС (у середовищі He+O₂).

Поступово розвивається новий стан організму, при якому стресорна дія гіпербарії врівноважується адаптаційними зрушеннями в організмі. Розмежовується вплив щільності (переважно на дихання), гіпероксії (переважно на кров, кровообіг), індиферентних газів (на центральну та периферичну нервову систему). Відбувається перехід КРО на рівень, необхідний для компенсації дії підвищеної щільності та гіпероксії, та має такі особливості: знижуються швидкості надходження O₂ у дихальні шляхи та альвеоли, його транспорту артеріальною та змішаною венозною кров'ю; виникає тенденція до зниження

PO₂ в альвеолах та артеріальній крові; збільшується швидкість споживання O₂ організмом. Гіповентиляція альвеол обумовлена зростанням фізіологічного мертвого дихального простору, зниженням швидкостей респіраторних потоків у бронхах. Усе це знижує швидкість доставки O₂ до аерогематичного бар'єру, сприяє зростанню альвеолярної гіпоксії. Одночасно посилюється нерівномірність вентиляційно-перфузійних відносин у легенях, знижуються насосна функція серця та серцевий викид [14]. Це є причиною зниження транспорту O₂ артеріальною кров'ю. Збільшена утилізація O₂ у м'язах, що обумовлена зростанням роботи дихання, визначає зниження швидкості транспорту O₂ змішаною венозною кров'ю та створює передумови для розвитку венозної гіпоксемії. Фізична працездатність у умовах зберігається достатньої до виконання робіт середньої тяжкості [11, 13].

В умовах подальшої багаторазової, досить інтенсивної дії перерахованих вище факторів гіпербаричного середовища у фазу стійкої адаптації, ймовірно, формується характерний структурний "слід".

На рівні центрального регулювання цей "слід" може характеризуватись консолідацією цілого комплексу тимчасових зв'язків, що забезпечує стійку реалізацію новонабутих навичок [29]. Зокрема, посилення тонуусу парасимпатичного та зниження активності симпатичного відділів вегетативної нервової системи [56] забезпечує пристосувальне зниження чутливості дихального центру до CO₂, збільшення бронхомоторного тонуусу [21], що призводить до збільшення економічності функціонування дихальної системи. Така зміна вегетативного балансу сприяє збільшенню альвеоло-артеріального градієнта pO₂, що обмежує гіпероксемію і таким чином зменшує доставку O₂ до тканин при гіпероксії [14], а також перебудові регуляції серцевої діяльності і судинного тонуусу. У серці "структурний слід" виражається помірною гіпертрофією міокарда, у дихальному апараті - гіпертрофією дихальних м'язів [11, 14]. Останнє особливо важливо, оскільки у поєднанні з пристосувальними змінами в системі кровообігу воно забезпечує в умовах гіпербарії підтримання аеробної потужності організму на рівні, достатньому для оптимального

енергозабезпечення. Можна припустити, що структурний "слід" проявляється і у збільшенні потужності антиоксидантної системи [54].

Фаза початкової декомпенсації характеризується субкомпенсованою загальною втомою та початковою астенізацією організму. Спостерігається погіршення настрою, байдуже ставлення до всього, що оточує. Відзначаються погіршення внутрішньогрупових відносин, агресивність у поведінці [11].

Фаза дезадаптації може виникнути і тоді, коли фактор, що діє на організм, надзвичайно сильний і пристосувальні реакції виявляються нездійсненими. В результаті початкові порушення гомеостазу зберігаються, а ефективна функціональна система та системний структурний "слід" не формуються [29].

Крім дії подразника надмірної тривалості або інтенсивності причиною перетворення адаптаційної реакції на патологічну може бути низький вихідний рівень функціонального стану всього організму або будь-якої зі стрес-лімітуючих систем [29], що обумовлено недостатньою специфічною їхньою тренуваністю. У зв'язку з цим слід зазначити, що для підвищення резистентності та профілактики стресорних ускладнень логічно використовувати тренуючий вплив попередньої адаптації до екстремальних факторів занурення та активацію механізмів їх компенсації.

Слід зазначити, що поділ процесу адаптації організму до гіпербарії на фази за часом і характером окремих фізіологічних реакцій у відповідь досить умовно, оскільки вони не мають чітких меж. Іноді зміни, специфічні для певної фази, спостерігаються тоді, коли відповідна фаза ще не розвинулася або закінчилася. Проте виділення фаз в адаптації все ж таки доцільно, тому що воно дає можливість зрозуміти патогенез комплексної реакції організму на гіпербарію і намітити ряд заходів щодо оптимізації умов занурень, прогнозування, профілактики несприятливих змін і т.п.

Висновки до розділу 1

Узагальнюючи наведені вище дані, можна назвати такі особливості адаптації організму до умов тривалого насиченого занурення.

1. Реакція організму людини на дію факторів гіпербарії має фазний характер: фаза початкової (термінової, недосконалої) адаптації; фаза щодо стійкої адаптації (напруги) та фаза дезадаптації (виснаження), якщо реакція розвивається за типом фізіологічного чи патологічного стресу відповідно; фаза гострої реадaptaції (у період дії додатково стресора – декомпресії).

2. Тривалість початкової фази та терміни стійкої адаптації залежать від інтенсивності гіпербаричного стресора та функціонального стану організму. Чим вище гідростатичний тиск і швидкість компресії та (або) гірший вихідний функціональний стан організму, тим триваліша початкова фаза адаптації, помітніша фізіологічні зрушення і коротша фаза стійкої стабілізації. В екстремальних випадках можливе виснаження адаптаційних можливостей організму та перехід початкової адаптивної стрес-реакції у патологічну (фаза дезадаптації).

3. При тривалій та інтенсивній дії гіпербаричних факторів в організмі дайвера можливе формування системного функціонального, а потім "структурного" "сліду". Його "архітектура" визначається індивідуальними особливостями організму та конкретним набором гіпербаричних факторів. Сформований "слід" не тільки збільшує можливості фізіологічної системи, відповідальної за адаптацію, але й робить її функціонування більш економічним та надійним. Крім того, системний структурний "слід" певний час зберігається і при повторній дії факторів "насиченого" занурення початкова стрес-реакція послаблюється, що знижує катаболічний ефект стресу та послаблює стресові ушкодження.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Організація дослідження

Робота виконана на базах кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України, Дайвінг клубу Катран і басейну «Палацу підводного плавання» за сприянням «Федерації підводного спорту та підводної діяльності України». Дослідження відбувалося в 2020 - 2021 році.

У дослідженнях брало участь дайвери, які здійснюють регулярні занурення. Вік обстежених перебував у межах 22-40 років, стаж занурень – 1-19 років, кількість годин перебування під підвищеним тиском – 80-2400. Мінімальне зростання у дайверів становило 166 см, максимальне - 192 см, мінімальна маса тіла - 58 кг, максимальна 106 кг.

Обстеження мали комплексний характер. Залежно від поставлених цілей та умов досліджень у спокої та при різних функціональних тестах (тести з фізичним навантаженням, форсований видих, максимальна вентиляція легень, дихання з опором, підвищення внутрішньогрудного тиску) оцінювали стан вегетативної нервової, дихальної, серцево-судинної систем, фізичну працездатність.

На першому етапі було проведено теоретичний аналіз і узагальнення відомостей наукової і методичної літератури та практичного досвіду фахівців з обраної проблеми, що дало змогу обґрунтувати методологічні засади та розробити стратегію дослідження, визначено об'єкт і предмет, сформульовано мету та завдання дослідження.

На другому етапі доповнено наявну наукову інформацію щодо обраного напрямку наукового дослідження. Підібрано ефективні засоби, методи та розроблено чітку методику дослідження, метою якої було вивчення особливостей харчування фігурсток юнацького віку.

На третьому етапі після оброблення отриманих результатів та їхнього теоретичного узагальнення дослідження було завершено. Узагальнено результати дослідження, сформульовано висновки.

2.2. Методи дослідження

Вирішення поставлених завдань здійснювалося за допомогою наступних методів дослідження:

1. Метод теоретичного аналізу і узагальнення спеціальної науково-методичної літератури.
2. Методи оцінки функціонального стану організму дайверов (тести з фізичним навантаженням, форсований видих, максимальна вентиляція легень, дихання з опором, підвищення внутрішньогрудного тиску, психофізіологічні тести).
3. Методи математичної статистики.

2.2.1. Метод теоретичного аналізу і узагальнення спеціальної науково-методичної літератури

Аналіз науково-методичної літератури проводився впродовж всього періоду за названою темою дослідження з метою порівняння поглядів авторів, дотичних до теми магістерської роботи.

У процесі аналізу і її узагальнення наукової та методичної літератури за темою дослідження розглядалися такі питання:

- спортивні дисципліни підводного плавання;
- механізми адаптації організму людини до екстремальних факторів довкілля;
- особливості адаптації людини до змінених умов середовища під час заняття підводним плаванням.

2.2.2. Методи оцінки функціонального стану організму дайверов.

Показники варіабельності серцевого ритму реєструвалися у спортсменів протягом 5 хвилин в положенні лежачи в стані відносного спокою. Обробка

даних, отриманих при реєстрації серцевого ритму проводилася з використанням комп'ютерної програми «Прогноз» [16. 17].

У програмі реалізований метод варіаційної пульсометрії, сутність якого полягає у вивченні закону розподілу кардіоінтервалів як випадкових величин в досліджуваному ряду їх значень. При цьому будується гістограма і визначаються різні її характеристики. Числовими характеристиками варіаційної пульсограмми є: «Мода» (M_0 , мс), «Амплітуда моди» (AM_0 , %), «Індекс напруженості» (ІН, ум.од.), «Індекс вегетативної регуляції» (ІВР, ум.од.), «Вегетативний показник ритму» (ВВР, ум.од.), «показник адекватності процесів регуляції» (ПАПР, ум.од.).

Для оцінки вентиляторної функції легень реєстрували максимальну вентиляцію легень (МВЛ в л/хв), миттєві об'ємні швидкості форсованого видиху на рівні 50% та 75% життєвої ємності легень (відповідно ШВ₅₀ та ШВ₇₅ в л/с) [15].

Для оцінки функціонального стану серцево-судинної реєстрували пульс спокою (ЧСС в уд/хв), середній динамічний тиск (СДТ у мм рт. ст.) та хвилинний об'єм крові (МОК у л/хв).

Також реєстрували максимальне споживання кисню (МСК у л/хв), що характеризують аеробну продуктивність організму; - максимальний пульс при толерантному фізичному навантаженні (МСС в уд/хв) і максимальне толерантне фізичне навантаження (МТФН у Вт), що характеризують фізичне, а швидкість переробки інформації в зоровому аналізаторі (ШПІ в біт/с) - розумову працездатність дайверів.

2.2.3. Методи математичної статистики. Використовувалися загальні методи статистичної обробки результатів досліджень з використанням пакету програм «SPSS» [62].

Для аналізу та оцінки отриманих даних застосовувалися методи параметричної та непараметричної статистики, множинної лінійної регресії [4.].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Вегетативний гомеостаз та функціональний стан організму спортсменів до занурень

У таблиці 3.1 наведено результати математичного аналізу серцевого ритму.

Таблиця 3.1

Математико-статистичні показники серцевого ритму та вегетативного гомеостазу у дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу

Показники	Нормотонічний тип регуляції вегетативних функцій (n=44)	Помірна перевага тонусу симпатичної нервової системи (n=31)	Помірна перевага тонусу пара-симпатичної нервової системи (n=38)	Виражене переважання тонусу пара-симпатичної нервової системи (n=25)
Вік, роки	26,7 ± 3,1	36,5 ± 5,6	29,8 ± 3,9	33,8 ± 4,8
Стаж, роки	3,1 ± 2,2	12,2 ± 6,3	6,2 ± 2,5	9,1 ± 3,1
HR, уд./хв	71,4 ± 5,5	75,7 ± 4,2	66,5 ± 5,8	61,0 ± 7,0
R-R, с	0,84 ± 0,07	0,84 ± 0,05	0,90 ± 0,09	0,98 ± 0,10
Mo, с	0,83 ± 0,09	0,77 ± 0,06	0,96 ± 0,10	0,95 ± 0,09
AMo, с	48,0 ± 6,6	52,3 ± 5,2	30,4 ± 8,6	56,7 ± 19,2
ΔR-R, с	0,20 ± 0,06	0,21 ± 0,06	0,42 ± 0,11	0,58 ± 0,14
σ, с	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,11 ± 0,06	0,15 ± 0,07
V, %	4,9 ± 2,1	6,2 ± 1,9	12,1 ± 3,0	15,2 ± 3,5
ПН, ум. од.	142,2 ± 24,7	160,5 ± 34,8	37,5 ± 12,9	54,3 ± 24,3
ПЦ, ум. од.	1,44 ± 0,17	3,56 ± 0,35	0,89 ± 0,18	0,69 ± 0,18
ІВР, ум. од.	239,7 ± 37,6	248,3 ± 43,6	71,5 ± 15,1	46,1 ± 16,8
ВІР, ум. од.	6,09 ± 0,75	6,24 ± 0,88	2,39 ± 0,84	1,85 ± 0,95

Примітка: показники представлені у вигляді середніх значень ± стандартне відхилення

Загальна оцінка стану регуляторних систем організму за даними математичного аналізу ритму серця у дайверів різних груп проводилася на підставі інтегрального критерію - показника активності регуляторних систем (ПАРС), що є сумою кодованих за 5-бальною системою (+2, +1, 0, -1, -2) відповідних значень п'яти критеріїв: сумарного ефекту регуляції – А, функції автоматизму – Б, вегетативного гомеостазу – В, стійкості регуляції – Г та активності підкіркових нервових центрів – Д [17]. Для дайверів молодого віку, з

невеликим досвідом занурень (табл. 3.1, рис. 3.1-I) характерними є нормокардія ($A=0$), виражена сіусова аритмія ($B=+1$), збережений вегетативний гомеостаз ($V=0$), стійка регуляція ритму серця ($\Gamma=0$) та виражене посилення активності підкіркових центрів ($D=+2$). Значення ПАРС відповідає стану норми (ПАРС=1). У другій групі молодих, але дещо досвідченіших дайверів (табл. 3.1, рис. 3.1-III) стан регуляторних систем також відповідає нормі (ПАРС=3).

При цьому у них відзначається нормокардія ($A=0$), помірна синусова аритмія ($B=0$), помірна перевага тону парасимпатичної нервової системи ($V=-1$), минуці явища дисрегуляції ритму серця за рахунок переважання парасимпатичної ланки ($\Gamma=-1$) та помірне ослаблення активності підкіркових нервових центрів ($D=-1$).

Зі збільшенням віку та стажу підводних занурень у дайверів залежно від вихідного типу їх вегетативного гомеостазу спостерігаються два різноспрямовані процеси у його зміні.

Перший характеризується тим, що у більшості дайверів з нормотонічним типом вегетативного гомеостазу протягом їхньої професійної діяльності виникає помірна перевага тону симпатичної нервової системи (табл. 3.1, рис. 3.1-II).

Вони спостерігається помірна тахікардія ($A=+1$), виражена синусова аритмія ($B=+1$). Відзначаються дизрегуляція серцевого ритму центрального типу з переважанням симпатичної ланки ($\Gamma=+1$) та помірне посилення активності підкіркових нервових центрів. Загальний стан регуляторних систем організму характеризується функціональною напругою (ПАРС=4). У дайверів цієї групи спостерігаються адекватні реакції організму на екстремальні впливи гіпербаричного середовища та тривале збереження гарного функціонального стану організму.

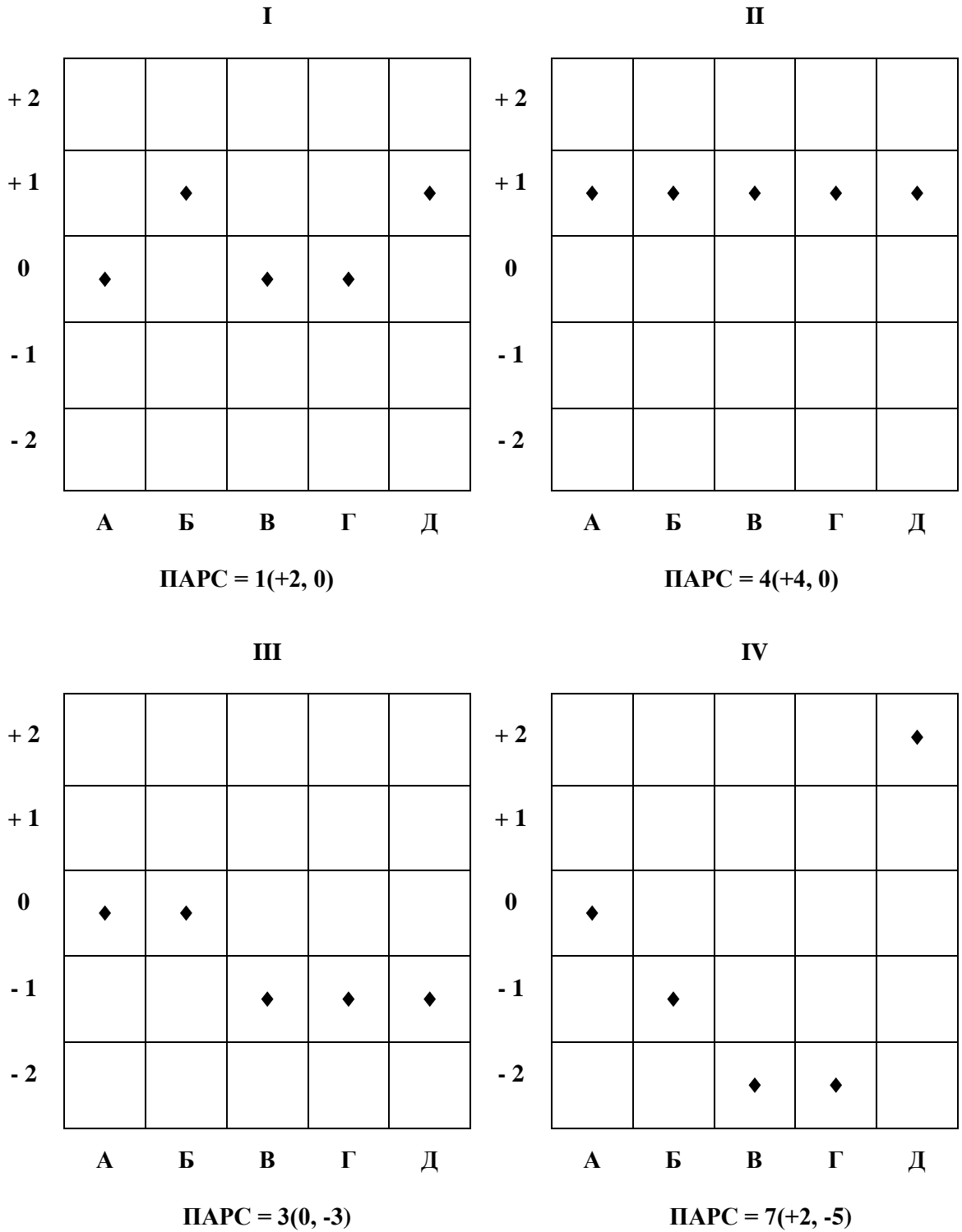


Рис. 3.1 - Діаграми активності регуляторних систем у дайверів з нормобаричним типом регуляції (I), з помірною перевагою тонузу симпатичної нервової системи (II), з помірною перевагою тонузу парасимпатичної нервової системи (III) та з вираженою переважанням тонузу парасимпатичної нервової системи (IV)

При другому процесі у дайверів з помірною перевагою тонузу парасимпатичної нервової системи протягом їхньої професійної діяльності

вегетативний гомеостаз зміщується у бік вираженого переважання тону парасимпатичної нервової системи (табл. 3.1, рис. 3.1-IV). З огляду на нормокардії ($A=0$) відзначаються помірні порушення автоматизму ($B=-1$). Спостерігається дизрегуляція ритму серця з переважанням активності парасимпатичної нервової системи ($\Gamma=-2$).

Це може бути обумовлено або високою економічністю енергетичних та метаболічних процесів за рахунок високої тренуваності дайверів та їх адаптації до екстремальних впливів, або слабкістю процесів мобілізації ресурсів, зниження резервних можливостей організму (синдром перенапруги та астенизації) [7]. На те, що в даній групі дайверів зміни характеру регуляції ритму серця більшою мірою пов'язані з перенапругою регуляторних систем, може свідчити виражене посилення активності підкіркових нервових центрів ($D=+2$) за рахунок різкого посилення повільних хвиль другого порядку [7], а також те, що згідно з інтегральним критерієм ПАРС регуляторні механізми організму перебувають у стані перенапруги ($\text{ПАРС}=7$). Як відомо, для стану перенапруги характерні недостатність адаптаційних захисно-приспосувальних механізмів та їх нездатність забезпечити оптимальну адекватну реакцію організму на вплив факторів довкілля [7; 29]. Можливо, цим пояснюється той факт, що у більшості дайверів, які мали обмеження професійної діяльності за станом здоров'я, відзначався саме цей тип вегетативного гомеостазу та регуляції ритму серця.

3.2. Оцінка функціонального стану організму дайверів залежно від типу вегетативного гомеостазу

Для оцінки змін функціонального стану організму дайвера, що відбуваються в результаті впливів багаторазових занурень, було використано такі інтегральні показники, як біологічний вік та індекс функціональної готовності.

Біологічний вік є кількісним заходом системної дезінтеграції організму. Біологічний вік (БВ) людини може бути більшим або меншим за його календарну

(КВ). Причини цих відмінностей в основному генетичні, але на швидкість старіння можуть впливати і зовнішні фактори.

Для визначення БВ використовується 13 фізіологічних показників, виділених за допомогою методів кластерного та факторного аналізу та характеризуючих найважливіші для водолазної роботи якості дайвера. До цих показників входять: - маса тіла (МТ у кг) та силовий індекс (СІ, що дорівнює відношенню показника динамометрії найсильнішої кисті до маси тіла у %), що характеризують фізичні якості дайвера; - максимальна вентиляція легень (МВЛ в л/хв), миттєві об'ємні швидкості форсованого видиху на рівні 50% та 75% життєвої ємності легень (відповідно ШВ₅₀ та ШВ₇₅ в л/с), що характеризують вентиляторну функцію легень- пульс покоя (ЧСС в уд/мин), середній динамічний тиск (СДД у мм рт. ст.) та хвилинний об'єм крові (МОК у л/хв), що відображають стан серцево-судинної системи дайвера у стані відносного спокою; максимальне споживання кисню (МПК у л/хв), що характеризують аеробну продуктивність організму; - максимальний пульс при толерантному фізичному навантаженні (МНСС в уд/хв) і максимальне толерантне фізичне навантаження (МТФН у Вт), що характеризують фізичне, а швидкість переробки інформації в зоровому аналізаторі (ЩПІ в біт/с) - розумову працездатність дайверів. Крім того, до формули входить кількість перенесених дайверів професійних захворювань та випадків обмеження глибини занурень за станом здоров'я (ПРОФ), що характеризують шкідливість водолазної праці.

БВ розраховується за формулою, отриманою за допомогою методу множинної лінійної регресії:

$$\begin{aligned} \text{БВ} = & 98,4 - (0,003 \times \text{МТ} + 0,082 \times \text{СІ} + 0,039 \times \text{МВЛ} + 3,185 \times \text{ШВ}_{50} + \\ & + 1,121 \times \text{ШВ}_{75} + 0,201 \times \text{ХОК} + 0,064 \times \text{МЧСС} + 0,028 \times \text{МТФН} + \\ & + 8,654 \times \text{МПК} + 0,005 \times \text{ШПИ} - 0,054 \times \text{СДТ} - 0,011 \times \text{ЧСС} - 2,001 \times \text{ПРОФ}) \quad (1). \end{aligned}$$

Визначається за коефіцієнтом множинної детермінації, інформативність фізіологічних показників, що застосовуються для оцінки БВ, дорівнює 88,8%.

Оцінюючи вкладу кожного фізіологічного показника величину БВ показано, що найбільше значення мають МПК, МПТ і ШПІ.

Для оцінки стану здоров'я дайвера-глибоководника у різні періоди робочого циклу професійної діяльності також можна застосовувати індекс функціональної готовності (ІФГ). ІФГ виражається у відсотках та розраховується за формулою:

$$\text{ІФГ} = 100 \times (\text{КВ} - \text{БВ})/\text{КВ} \quad (2),$$

де БВ – біологічний вік дайвера, КВ – календарний вік.

Величина ІФГ, що свідчить про відповідність нормі рівня здоров'я та функціональну готовність дайвера, знаходиться в діапазоні $\pm 7\%$. Якщо ІФГ більше $+7\%$, це вказує на високі рівні, якщо менше -7% - на низькі рівні здоров'я та функціональної готовності дайвера.

Пропонований індекс за своїм змістом дуже близький до тих, хто отримав широке поширення в практичній медицині і схваленим Міжнародним комітетом експертів ВООЗ показниками функціональних меж різних систем організму, а також як і вони ІФГ може бути стандартом функціональної готовності організму людини.

У таблиці 3.2 наведено значення фізіологічних показників, що входять до формул для розрахунку БВ та ІФГ для дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу, на риунку 3.1 у графічному вигляді представлені значення їх ІФГ.

Показано, що у дайверів з нормотонічним типом регуляції, а також з помірною перевагою активності симпатичного або парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи практично всі фізіологічні показники відповідають нормі. У дайверів з вираженою перевагою вагусних впливів у 93% випадків на тлі високої напруженості регуляторних механізмів відзначається зниження функціональних резервів організму внаслідок неекономічності функціонування дихання та кровообігу, особливо при фізичних навантаженнях.

У дайверів з вираженим переважанням тонусу парасимпатичної нервової системи величини залишкового об'єму (RV), функціональної залишкової ємності (FRV), резервного об'єму видиху (RVE) і загальної ємності легень (TCL) помітно перевищують такі у дайверів з нормотонічним типом вегетативного. активності одного з відділів вегетативної нервової системи.

Таблиця 3.2

Середньостатистичні значення фізіологічних показників, що входять до формул для розрахунку БВ та ІФГ для дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу

Показник	Нормотонічний тип регуляції вегетативних функцій (n=33)	Помірна перевага тонусу симпатичної нервової системи (n=24)	Помірна перевага тонусу пара-симпатичної нервової системи (n=29)	Виражене переважання тонусу пара-симпатичної нервової системи типу (n=21)
КВ, роки	26,7 ± 3,1	36,9 ± 5,8	30,2 ± 4,3	33,9 ± 4,9
Маса, кг	77,2 ± 3,73	76,3 ± 3,65	78,5 ± 3,27	79,3 ± 3,14
ЧСС, уд./хв	71,6 ± 4,2	75,4 ± 4,8	64,8 ± 4,1	62 ± 4,9
МЧСС, уд./хв	161 ± 11,5	175 ± 11,2	160 ± 10,1	165 ± 12,8
СДТ, мм рт. ст.	100,5 ± 13,8	115,4 ± 12,4	104,5 ± 11,3	109 ± 13,5
ХОК, л/хв	6,98 ± 0,69	7,14 ± 1,12	6,34 ± 1,24	6,48 ± 1,35
МСК, л/хв	3,2 ± 0,40	3,11 ± 0,37	3,31 ± 0,42	3,12 ± 0,41
МВЛ, л/хв	174,6 ± 28,3	172,9 ± 29,4	178,4 ± 35,8	165,1 ± 32,8
Шк ₅₀ , л/с	6,9 ± 1,521	5,58 ± 1,95	5,48 ± 2,08	4,48 ± 1,71
Шк ₇₅ , л/с	2,86 ± 0,745	1,97 ± 0,854	2,3 ± 0,69	1,61 ± 0,89
СІ, %	78,9 ± 1,7	72,4 ± 1,54	80,5 ± 1,36	81,2 ± 1,96
МТФН, Вт	180 ± 28,1	165 ± 24,9	184 ± 24,9	168 ± 24,9
ШПІ, біт/с	1,18 ± 0,23	1,12 ± 0,24	1,14 ± 0,33	1,11 ± 0,34
ПРОФ	1,2 ± 0,58	3,2 ± 0,91	1,2 ± 0,88	3,4 ± 0,95
БВ, роки	23,9 ± 5,21	34,8 ± 5,78	28,0 ± 5,78	38, ± 8 5,78
ІФГ, %	10,6 ± 2,87	5,7 ± 5,39	7,2 ± 3,77	-14,4 ± 8,71

КВ – календарний вік; ЧСС – частота серцевих скорочень у стані відносного спокою; МНС – максимальна частота серцевих скорочень при толерантному фізичному навантаженні; СДТ – середній динамічний тиск; ХОК – хвилиний об'єм крові; МВЛ – максимальна вентиляція легень; Шк₅₀ – максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 50% форсованої життєвої ємності; Шк₇₅ – максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 75% форсованої життєвої ємності; СІ – силовий індекс; МТФН – максимальне толерантне фізичне навантаження; ШПІ – швидкість переробки інформації у зоровому аналізаторі; ПРОФ – кількість професійних захворювань та випадків обмеження глибини занурень за станом здоров'я; БВ – біологічний вік; ІФГ – індекс функціональної готовності; показники представлені у вигляді середніх значень ± стандартне відхилення

Згідно з пульмонологічними критеріями [201] величина RV у нормі не повинна перевищувати 20-25% TCL. У дайверів з вираженим ваготонічним типом вегетативного гомеостазу це співвідношення становить 28,3%, що дещо перевищує верхню межу норми. Оцінюючи у дайверів фактичної VC важливо

враховувати як її ставлення до належної величини, а й її питому вагу у структурі ТС.

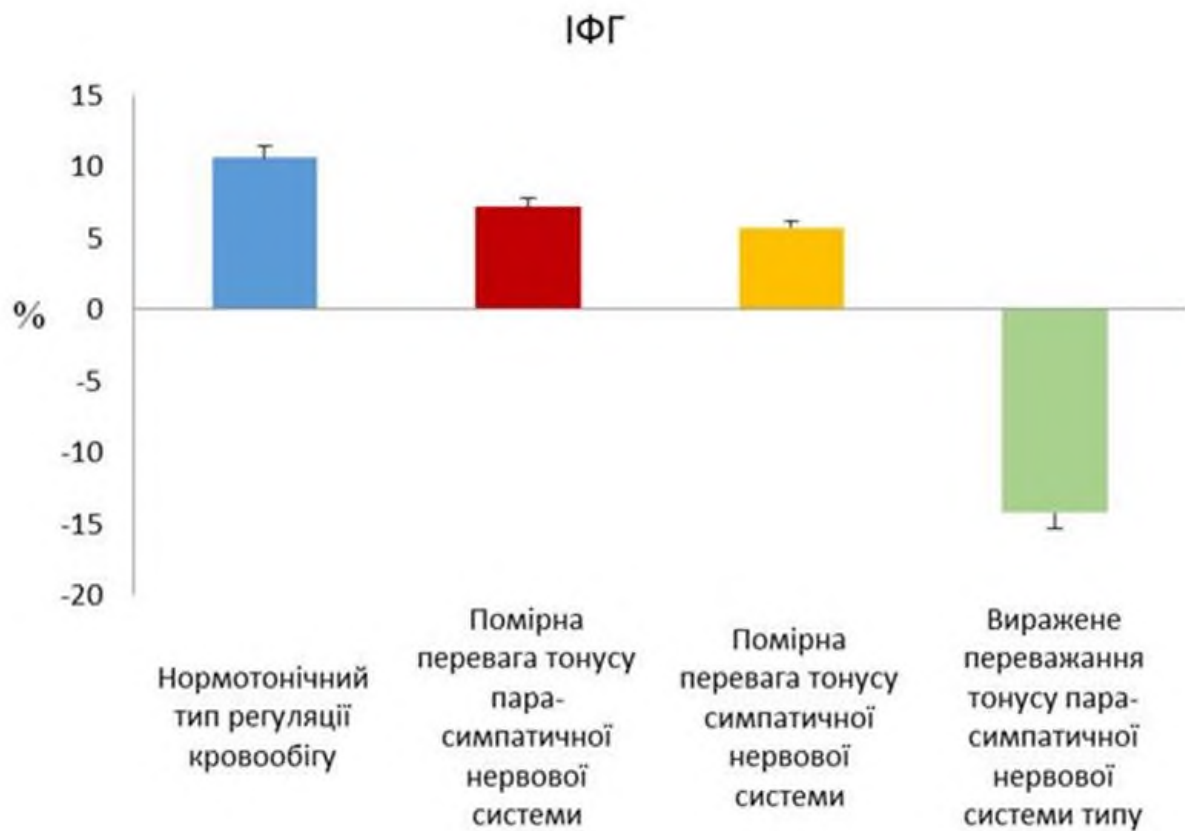


Рис. 3.2 - Значення індексу функціональної готовності у дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу

Якщо VC незалежно від її величини і відсотка належної, буде нижче 70% TCL , то функцію зовнішнього дихання не можна вважати нормальною. У дайверів із вираженими вагусними впливами VC/TCL становить 71,3%, тобто. на межі нижньої норми. Тому, не дуже сприятливому феномену можна віднести велику величину TCL у дайверів з цим типом вегетативного гомеостазу, оскільки вона в основному визначається великим RV . Крім того, у дайверів цієї групи, в середньому, значно знижено показники, що характеризують бронхіальну прохідність (FEF_{50} , FEF_{75}), суттєво збільшені постійна часу форсованого видиху (k_0), час досягнення максимальної швидкості форсованого видиху (T_{mfvc}) та час повного форсованого видиху). Погіршення статичних (табл. 3.3,

рис. 3.3) та динамічних (табл. 3.4, рис. 3.4) характеристик легень призводить до зниження максимальної вентиляції легень (MVV) та вентиляторного резерву дихання (MVV/VE).

Таблиця 3.3

Показники, що характеризують легеневі об'єми та максимальну вентиляцію легень у дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу
(по 14)

Показник	Нормотонічний тип регуляції вегетативних функцій (n=33)	Помірна перевага тонусу симпатичної нервової системи (n=24)	Помірна перевага тонусу парасимпатичної нервової системи (n=29)	Виражене переважання тонусу парасимпатичної нервової системи типу (n=21)
VC, л	5,70 ± 0,768	5,59 ± 0,901	5,58 ± 0,938	5,23 ± 0,364
RVI, л	2,28 ± 0,689	2,92 ± 0,839	3,92 ± 0,659	3,95 ± 0,659
RVE, л	1,19 ± 0,356	1,32 ± 0,308	1,85 ± 0,459	1,94 ± 0,467
FRV, л	2,55 ± 0,455	2,36 ± 0,484	3,35 ± 0,576	4,00 ± 0,956
RV, л	1,34 ± 0,407	1,05 ± 0,404	1,48 ± 0,352	2,08 ± 0,362
TVL, л	7,07 ± 0,972	6,67 ± 0,892	7,08 ± 0,992	7,34 ± 1,021
MVV, л/хв	178,5 ± 34,7	174,4 ± 38,9	177,5 ± 38,1	164,2 ± 33,2
f, /хв	85,3 ± 24,56	76,0 ± 28,7	60,8 ± 29,97	76,9 ± 28,33
VT, л	2,07 ± 1,458	2,27 ± 1,411	3,00 ± 1,698	2,15 ± 1,345
MVV/VC -	31,56 ± 9,87	37,12 ± 10,37	32,14 ± 10,58	31,36 ± 9,45
MVV/VE -	12,66 ± 8,438	14,44 ± 9,616	14,78 ± 10,433	10,78 ± 11,452

Примітка: показники представлені у вигляді середніх значень ± стандартне відхилення

У свою чергу, ослаблення вентиляторної функції легень у дайверів з вираженою перевагою тонусу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи призводить до зміни газотранспортної функції дихання в цілому. Це підтверджується показниками, що характеризують газообмін у легенях та кисневі режими організму.

У дайверів з вираженою перевагою тонусу парасимпатичної нервової системи у стані відносного спокою відзначаються дещо підвищене споживання кисню як абсолютне (VO₂), так і питоме (VO₂/w), великі обсяги фізіологічного мертвого простору (VD), зниження відношення альвеолярної вентиляції до легеневої (VA/VIO₂). Ослаблення дихальної функції у таких дайверів

призводить до того, що при фізичному навантаженні швидкості надходження кисню в дихальні шляхи (q_{IO_2}) та альвеоли (q_{AO_2}) знижуються.

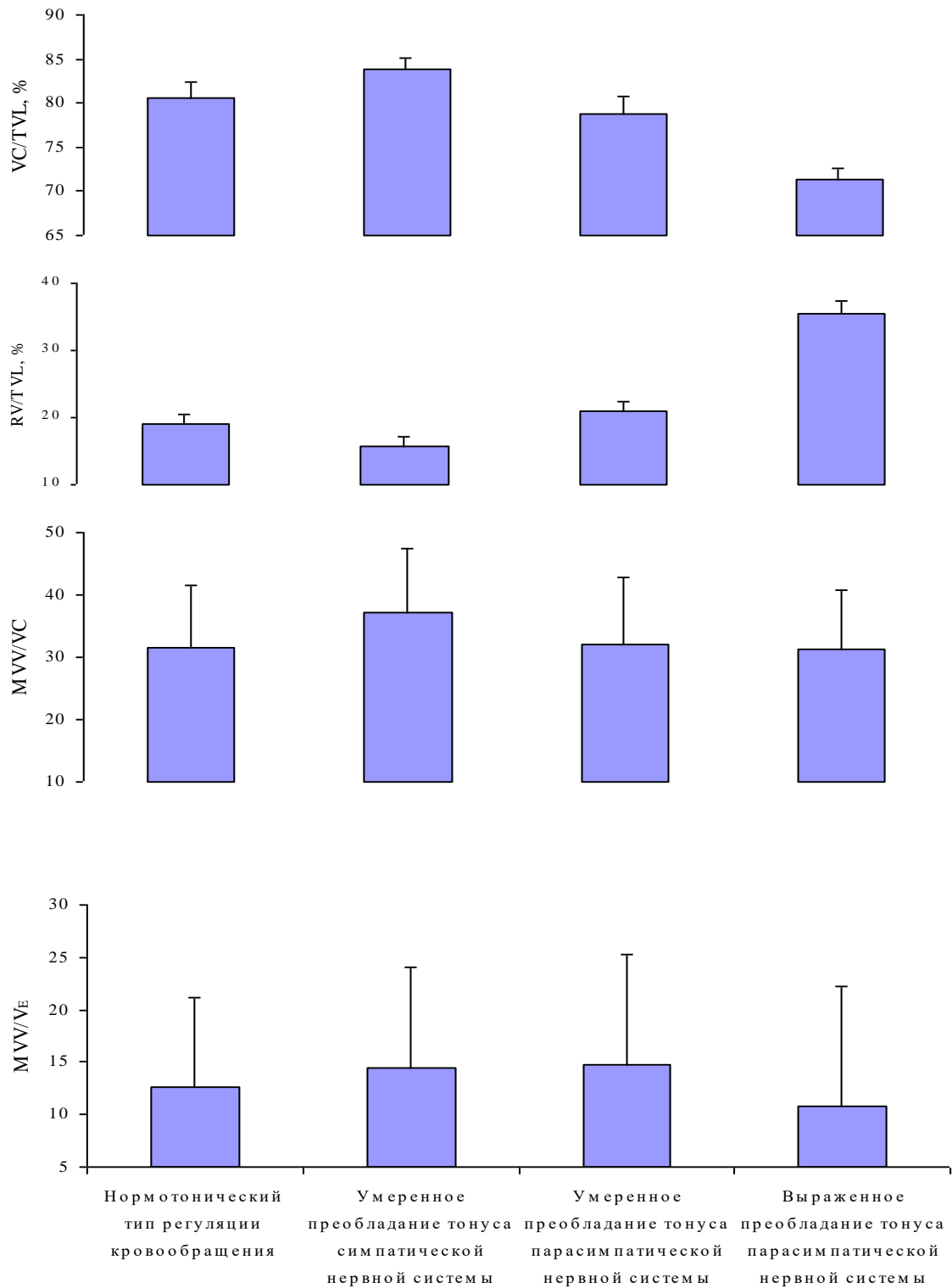


Рис. 3.3 - Відносні показники, що характеризують легеневі об'єми та максимальну вентиляцію легень у дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу (по 14)

Показники, що характеризують динамічні характеристики легеневої функції та бронхіальну прохідність у з різним типом вегетативного гомеостазу

(по 14)

Показник	Нормотонічний тип регуляції вегетативних функцій (n=33)	Помірна перевага тонусу симпатичної нервової системи (n=24)	Помірна перевага тонусу пара-симпатичної нервової системи (n=29)	Виражене переважання тонусу пара-симпатичної нервової системи типу (n=21)
FVC, л	5,43 ± 0,428	5,27 ± 0,405	5,37 ± 0,452	5,03 ± 0,386
FEV ₁ , л	4,69 ± 0,406	4,31 ± 0,469	4,52 ± 0,486	4,20 ± 0,451
FEF _{max} , л/с	10,00 ± 1,947	9,95 ± 1,915	9,89 ± 1,783	9,32 ± 1,913
FEF ₂₅ , л/с	9,46 ± 2,033	9,11 ± 2,130	9,12 ± 2,390	7,40 ± 2,063
FEF ₅₀ , л/с	7,08 ± 1,724	5,93 ± 1,891	5,93 ± 1,481	4,54 ± 1,655
FEF ₇₅ , л/с	3,33 ± 0,745	2,02 ± 0,846	2,41 ± 0,712	1,69 ± 0,834
k ₀ , с	0,38 ± 0,105	0,61 ± 0,195	0,40 ± 0,119	0,75 ± 0,203
dk ₀ , с	0,09 ± 0,086	0,16 ± 0,101	0,11 ± 0,079	0,29 ± 0,134
T _{mfef} , с	0,18 ± 0,055	0,25 ± 0,079	0,19 ± 0,053	0,32 ± 0,092
T _{fvc} , с	4,35 ± 0,683	5,63 ± 0,814	4,52 ± 0,949	6,57 ± 0,905
T _{25/75} , с	0,45 ± 0,094	0,63 ± 0,129	0,58 ± 0,117	0,85 ± 0,184
T _{25/50} , с	0,16 ± 0,029	0,23 ± 0,049	0,18 ± 0,039	0,28 ± 0,049

Примітка: показники представлені у вигляді середніх значень ± стандартне відхилення

Дефіцит надходження кисню до артеріальної крові компенсується прискоренням його доставки до тканин за рахунок збільшення швидкості транспорту кисню артеріальною (q_aO_2) та змішаною венозною (q_vO_2) кров'ю. Однією з основних причин такої деформації кисневих режимів організму може бути погана прохідність бронхіального дерева, яка, як показано багатьма дослідниками [11], внаслідок систематичних гіпербаричних впливів у ряду дайверів значно погіршується.

Зниження ефективності легеневої ланки транспорту кисню в організмі у дайверів з вираженою перевагою вагусних впливів призводить до погіршення у них переносимості фізичних навантажень. Про це свідчить характер інтегральних показників кардіоінтервалограми [17], зареєстрованих у дайверів з

різним типом вегетативного гомеостазу при дозованій м'язовій роботі на велоергометрі.

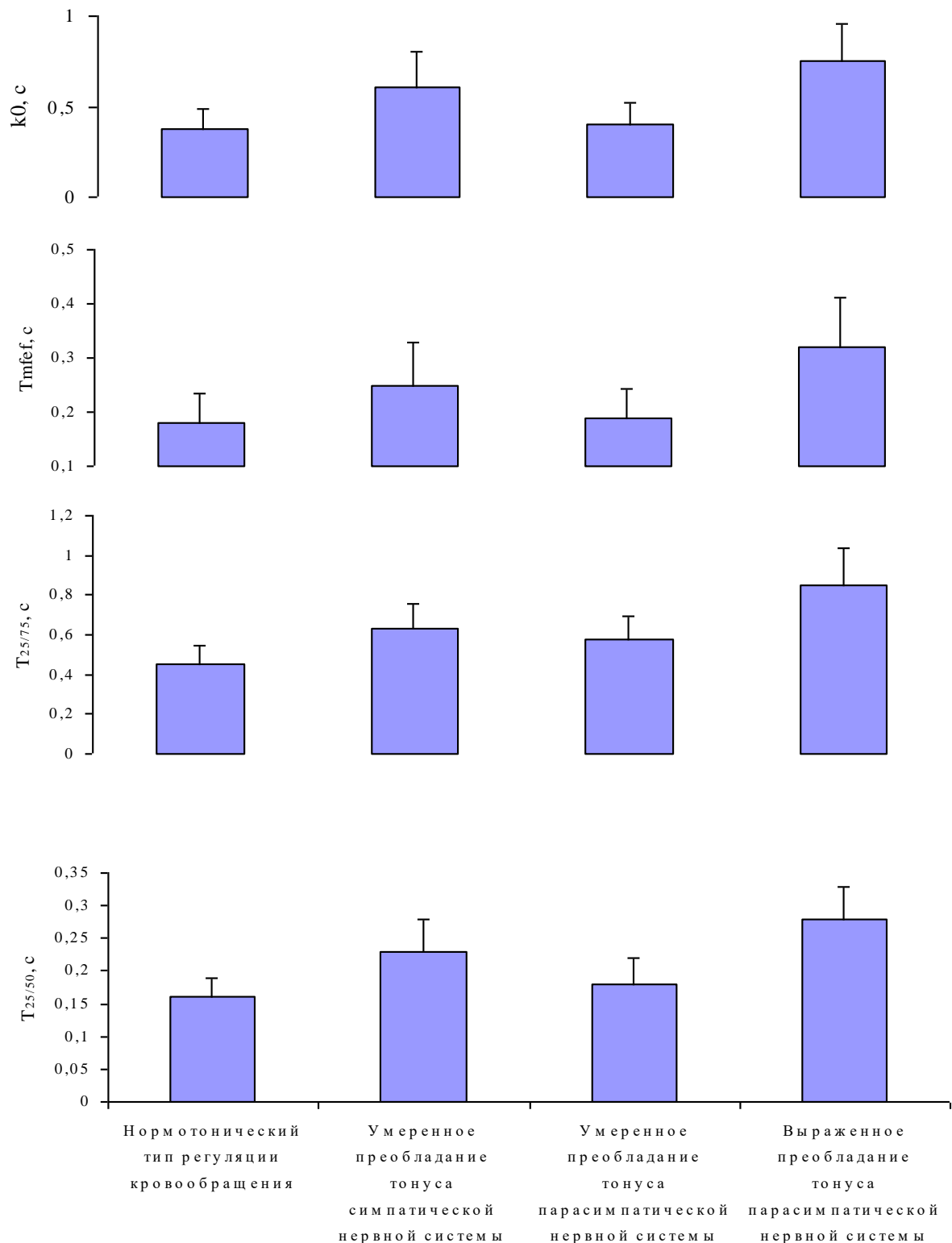


Рис. 3.4 - Тимчасові показники, що характеризують динамічні характеристики легеневої функції та бронхіальну прохідність у дайверів з різним типом вегетативного гомеостазу (по 14)

При фізичному навантаженні 1 Вт/кг фази стомлення визначалися у 25,8% дайверів з вираженим переважанням тонузу парасимпатичної нервової системи, при навантаженні 1,5 Вт/кг фаза – у 46,3%, при навантаженні 75% від ДМПК – 81,3% . У 89,8% дайверів з вираженим ваготонічним типом вегетативного гомеостазу після закінчення м'язової роботи спостерігалася у кардіоінтервалограмі фаза компенсації. У дайверів з нормотонічним типом регуляції кровообігу фази стомлення та компенсації за таких рівнів фізичного навантаження були відсутні. У дайверів з вираженими вагусними впливами також були значно вищі серцеві вартості навантаження (СШ) та відновлення (ССВ), нижчий коефіцієнт стаціонарності ритму серця (Кс).

Кореляційний аналіз виявив достовірні ($p < 0,05$) зв'язки СШ та тривалості фази стомлення (t_y) з хвилинним об'ємом дихання за останню хвилину навантаження (відповідно $r = +0,893$ та $r = +0,724$), ССВ та тривалості фази компенсації (t_k) з хвилинним об'ємом дихання за першу хвилину відновлення (відповідно $r = +0,754$ та $r = +0,501$), що підтверджує зроблене раніше припущення про те, що однією з причин погіршення фізичної працездатності у дайверів є ослаблення дихальної функції.

Іншою причиною погіршення ритмокардіографічних показників у дайверів під час фізичного навантаження є порушення в організмі балансу симпатичних та парасимпатичних впливів. Як відомо, при м'язовій роботі розрізняють періоди впрацьовування та відновлення [46]. Процес впрацьовування ритму серця ділиться на три фази: початкового зусилля, початкової стабілізації та стійкої стабілізації. Розрізняють три типи перехідних процесів у процесі впрацьовування: аперіодичний, періодичний та ступінчастий. Перші два типи є оптимальними і найчастіше зустрічаються у дайверів з нормотонічним типом регуляції кровообігу або при помірному переважанні активності одного з відділів нервової вегетативної системи. Вони характеризуються швидким, значним та послідовним укороченням R-R інтервалів.

Третій тип зустрічається частіше у дайверів з вираженою перевагою активності парасимпатичної нервової системи. Відсутність у перші 10-15 з

фізичного навантаження різкого укорочення R-R інтервалів, мабуть, пов'язана з пригніченням у цих дайверів симпатичної регуляції та вихідно високим тонусом парасимпатичної нервової системи [14].

У дайверів з вираженим переважанням тону парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи відзначалися найбільші енерговитрати у стані основного обміну та при різних типових станах.

У 67% дайверів з цим типом вегетативного гомеостазу виявляються симптоми різних функціональних порушень, зокрема розлади вегетативної нервової системи, бронхіальної прохідності.

3.3. Вегетативний гомеостаз та функціональний стан організму дайверів при багаторазових зануреннях

Під час занурень після закінчення в організмі дайверів відбувається мобілізація захисних сил, що забезпечує компенсацію стресорної дії гіпербарії. У цьому реакції організму на гіпербаричні чинники, певною мірою, визначаються співвідношенням активності симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи та відбивають загальну схему адаптації, запропоновану Сельє [29, 61]. Система кровообігу з її складним апаратом управління бере участь у адаптаційних механізмах і є відображенням перебудови в організмі вегетативного гомеостазу та індикатором стресу [11, 17].

У таблиці 3.5 наведено дані математичного аналізу варіабельності ритму серця у дайверів кожному з етапів обстеження.

Видно, що час занурень на стиснутому повітрі у дайверів у порівнянні з нормобарією спостерігалася достовірне ($p < 0.05$) збільшення середнього значення кардіоінтервалів ($AvR-R$) та моди (Mo) нормованих гістограм, що характеризують розподіл кардіоінтервалів у дайверів у стані відносного спокою. У гіпербаричних умовах відзначалася велика варіабельність R-R інтервалів, що виявляється у тенденції до збільшення середнього квадратичного відхилення (σ) та коефіцієнта варіації ($V = \sigma / AvR-R$) кардіоінтервалів, реєструвалося зменшення

амплітуди моди (АМо). Індекс вегетативної рівноваги ($IBP=AMo/\Delta R-R$) у більшості дайверів знижувався.

Таблиця 3.5

Показники математичного аналізу ритму серця у дайверів до, під час та після серії занурень

Показники	До занурень	Під час серії занурень на стиснутому повітрі	Після занурень
$AvR-R, c$	$0,84 \pm 0,08$	$0,98 \pm 0,08$ ($p<0,05$)	$1,02 \pm 0,10$ ($p<0,01$)
Мо, с	$0,78 \pm 0,09$	$0,88 \pm 0,12$	$0,99 \pm 0,08$
АМо %	$40,0 \pm 14,0$	$32,4 \pm 11,3$	$25,2 \pm 5,8$ ($p<0,05$)
σ, c	$0,06 \pm 0,036$	$0,07 \pm 0,026$	$0,08 \pm 0,032$
V, %	$7,3 \pm 3,91$	$7,8 \pm 2,14$	$8,1 \pm 2,34$
IBP ум.од.	$152,4 \pm 98,1$	$107,4 \pm 84,3$	$68,0 \pm 26,6$ ($p<0,05$)

Примітка: показники наведені у вигляді середніх \pm значень стандартне відхилення. Пояснення дивіться у тексті.

Поряд із загальними тенденціями у ряді випадків зміни показників, що характеризують вегетативний гомеостаз та регуляцію кровообігу в гіпербаричних умовах і після закінчення занурень, визначалися значеннями цих показників перед зануреннями. До початку занурень відзначалися близькі до середніх значень $AvR-R$ (0.8 с), Мо (0,75 с), АМо (46), σ (0.04 с), V (4.5%) та IBP (184). Під час занурень ці величини практично не змінилися, за винятком зростання з 184 до 255 значення IBP. Після закінчення серії занурень $AvR-R$ і Мо збільшилося від 0.8 до 1.05 с, σ і V зросли від 0.04 с і 4.5% до 0.06 с і 5.3% відповідно. АМо та IBP зменшилися з 51 і 255 до 33 і 94. До занурень у дайвера І. у ритмі серця переважали повільні хвилі, дихальні та швидкі мали малу спектральну потужність. Після закінчення занурень спостерігалася різка потужність повільних хвиль. У той самий час амплітуда дихальних хвиль за умов щільного дихального середовища мало змінилася, а потужності швидких хвиль різко зросли. Після закінчення серій погужень потужності повільних хвиль ще більше знизилися.

У той же час у дайвера Б до початку занурень ритм серця на тлі брадикардії ($AvR-R = 0.94$, Мо = 0.90) характеризувався малою варіабельністю ($\sigma = 0.03$, V =

3.2%) та великим значенням ІВР (310). Під час занурень варіабельність ритму серця значно зростала ($\sigma = 0.08$, $V = 9.2\%$), різко падали значення АМо з 62 до 23 та ІВР з 310 до 66. Значення AvR-R (0.92) та Мо (0.95) практично не змінювалися. Після закінчення занурень на тлі незначного зниження AvR-R (0.88 с) виникає тенденція до відновлення Мо, σ , V та ІВР до передпускового рівня (0.90 с, 0.07 с, 7.4% та 90 відповідно). У ритмі серця у дайвера. На початок занурення хвильова структура була виражена слабо. Спектральні потужності повільних хвиль слабо виражені, швидкі хвилі були відсутні. Під час занурення спостерігалось різке посилення повільних та дихальних хвиль, наголошувалося на появі швидких хвиль. Після занурень амплітуди повільних і дихальних хвиль знизилися, хоч і перевищували передпусковий рівень. Навпаки, амплітуда швидких хвиль зросла..

Відомо, що регуляція дихальної та серцево-судинної систем у багатьох аспектах залежить від вегетативної нервової системи. Функціональний стан організму в нормальних та екстремальних умовах, зокрема в гіпербаричних, визначається співвідношенням між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи [7, 17]. Основними факторами, що впливають на вегетативну нервову систему при зануреннях на стислому повітрі, є гіпероксія та наркотична дія азоту.

У початкову фазу адаптації до умов занурення на стиснутому повітрі висока напруга O₂ у крові призводить до активації блукаючого нерва [11, 14], що виявляється з одного боку у зменшенні частоти серцевих скорочень (збільшенні AvR-R) та посиленні варіабельності RR інтервалів (збільшенні σ і V) [17], та зниженням скорочувальної здатності міокарда (зменшення ударного об'єму серця) – з іншого [11]. Це зумовлює зниження хвилинного обсягу крові (МОК) і відповідно швидкості транспорту O₂ артеріальною кров'ю, що є важливим пристосувальним механізмом, спрямованим на обмеження доставки надлишку O₂ до тканин - по відношенню до виведення CO₂ має негативне значення (ретенція CO₂, респіраторний ацидоз). Одночасно включається низка інших захисних щодо гіпероксії механізмів - зниження лінійної швидкості кровотоку,

звуження периферичних судин, збільшення шунтування крові в легенях [12, 14], зменшення дифузійної здатності альвеоло-капілярного бар'єру [11, 14].

У перші хвилини занурень також помітно проявляється дія індіферентних газів, парціальний тиск яких підвищується пропорційно до змін загального тиску. Якщо розглядати (N_2+O_2) – середовище при тиску до 5-7 кгс/см² (0,05 – 0,07 МПа), то основними ознаками її впливу будуть симптоми азотного наркозу. Загальний механізм зрушень - порушення внутрішнього гальмування, що призводить до зниження електричної активності нейронів кори головного мозку, послаблення низхідних центральних впливів з цієї області мозку, що проявляються в серцевому ритмі в зменшенні амплітуди моди (АМо) гістограми розподілу R-R інтервалів [1], та подальшому розгальмовування підлеглих функціональних структур [7, 17]. Останній феномен проявляється у збільшенні амплітуди високочастотних (0.15-1.00 Гц) компонент у спектрі потужності ритму серця та збільшенні амплітуди низькочастотних (0.05-0.15 Гц) компонент [17]. Ці зрушення, поряд із помітним збільшенням щільності (N_2+O_2)-середовища, стають перешкодою для подальшого безпечного підвищення тиску.

Проведений у цій роботі аналіз індивідуальних змін вегетативного гомеостазу у кожного дайвера до, під час і після закінчення занурення дозволив виявити їхню залежність від початкового рівня низхідних центральних нервових впливів та співвідношення між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У дайвера з вихідно високими значеннями повільних хвиль та високим ступенем централізації регуляції кровообігу при дії екстремальних гіпербаричних факторів спостерігається зменшення їхньої амплітуди, що свідчить про послаблення під час занурення центральних низхідних впливів на серцево-судинну систему. У той же час, вегетативний баланс з вихідним переважанням активності симпатичного відділу в гіпербаричних умовах ще більше зміщується у бік симпатичних впливів (ІВР підвищується від 184 до 255). Характер реакції кровообігу в гіпербаричних умовах дозволяє припустити посилення активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи [11, 14]. Подібне явище зазвичай визначають як

перехідний процес у системі регуляції кровообігу та пов'язують з випереджаючим включенням симпатичного елемента для часткової компенсації зниження контролю зі боку вищих нервних структур [14]. Після закінчення занурень симпатичні впливи знижуються. Однак контроль серцево-судинної системи з боку центральних структур не відновлюється. Це призводить до того, що реакція кровообігу на підвищення внутрішньогрудного тиску після впливу гіпербаричних факторів набуває патологічного характеру, вказуючи на розвиток дайвера вегетативної недостатності [14]. У дайвера з початково помірною перевагою у вегетативному гомеостазі парасимпатичних впливів і з незначною централізацією регуляції кровообігу при дії гіпербаричних факторів спостерігається “нормалізація” вегетативного гомеостазу та низька напруженість регуляції діяльності серцево-сосуди. Ці зміни вегетативного гомеостазу зберігаються після закінчення декомпресії. Реакція кровообігу на підвищення внутрішньогрудного тиску цього дайвера під час занурень і після його закінчення має нормальний характер [14] і свідчить про відсутність вегетативних порушень.

Висновки до розділу 3

Узагальнюючи результати, наведені у розділі, можна зробити такі висновки:

1. За результатами оцінки вегетативного гомеостазу та загального стану регуляторних систем організму на основі математичного аналізу ритму серця в міжспусковому періоді виділено чотири групи дайверів: 1 – нормотонічним типом регуляції кровообігу, 2 – помірною перевагою активності симпатичної нервової системи, 3 – помірною перевагою активності парасимпатичної нервової системи, 4 - вираженим переважанням активності парасимпатичної нервової системи.

2. При зіставленні результатів інтегральної оцінки функціонального стану організму дайверів з типом вегетативного гомеостазу показано, що у дайверів з нормотонічним типом регуляції, а також з помірною перевагою

активності симпатичного або парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи практично всі фізіологічні. У дайверів з вираженою перевагою вагусних впливів у 93% випадків на тлі високої напруженості регуляторних механізмів відзначається зниження функціональних резервів організму. У 67% дайверів із цим типом вегетативного гомеостазу виявляються симптоми різних функціональних порушень.

3. Показано, що основними факторами, що викликають у дайверів зміни вегетативного гомеостазу та кровообігу при зануренні на стислому повітрі є гіпероксія та наркотична дія азоту.

4. Ряд особливостей змін вегетативного гомеостазу та кардіогемодинаміки має загальний для всіх дайверів характер. У той же час виявлено залежність індивідуальних змін вегетативного гомеостазу та характеру реакції кровообігу у дайвера до, під час та після закінчення занурення від вихідного рівня низхідних центральних нервових впливів та співвідношення між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

5. Виявлено залежність індивідуальних змін вегетативного гомеостазу та характеру реакції кровообігу у дайвера до, під час та після закінчення занурення від вихідного рівня низхідних центральних нервових впливів та співвідношення між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

ВИСНОВКИ

1. За результатами оцінки вегетативного гомеостазу та загального стану регуляторних систем організму на основі математичного аналізу ритму серця виділено чотири групи дайверів: 1 – з нормотонічним типом регуляції кровообігу, 2 – з помірною перевагою активності симпатичної нервової системи, 3 – з помірним та 4 – вираженим парасимпатичної нервової системи.

У групі дайверів з нормотонічним типом регуляції кровообігу, а також з помірною перевагою тонусу симпатичної або парасимпатичної нервової системи відзначається низька або помірна напруга регуляторних механізмів. Стан регуляторних механізмів у дайверів з вираженою перевагою тонусу парасимпатичної нервової системи напруга регуляторних механізмів.

2. При зіставленні результатів інтегральної оцінки функціонального стану організму дайверів з типом вегетативного гомеостазу показано, що у дайверів з нормотонічним типом регуляції, а також з помірною перевагою активності симпатичного або парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи практично всі фізіологічні показники відповідають нормі. У дайверів з вираженою перевагою вагусних впливів у 93% випадків на тлі високої напруженості регуляторних механізмів відзначається зниження функціональних резервів організму внаслідок неекономічності функціонування дихання та кровообігу, особливо при фізичних навантаженнях. У 67% дайверів з цим типом вегетативного гомеостазу виявляються симптоми різних функціональних порушень, зокрема розлади вегетативної нервової системи, бронхіальної прохідності.

3. Показано, що основними факторами, що викликають у дайверів зміни вегетативного гомеостазу та кровообігу при зануренні на стислому повітрі є гіпероксія та наркотична дія азоту.

4. Ряд особливостей змін вегетативного гомеостазу та кардіогемодинаміки має загальний для всіх дайверів характер. При зануренні на стиснутому повітрі гіпероксія викликає посилення вагусних впливів, що виявляється з одного боку

у зменшенні частоти серцевих скорочень та посиленні варіабельності R-R інтервалів і, з іншого боку, зниженням скорочувальної здатності міокарда. Це зумовлює зниження хвилинного об'єму крові і відповідно швидкості транспорту O₂ артеріальною кров'ю, що є важливим механізмом пристосування, спрямованим на обмеження доставки надлишку O₂ до тканин. Одночасно включається низка інших захисних щодо гіпероксії механізмів - зниження лінійної швидкості кровотоку, звуження периферичних судин. Наркотична дія азоту призводить до послаблення спадних впливів центральних структур головного мозку, гістограми розподілу R-R інтервалів і значення спектру потужності на нульовій частоті (S₀), що виявляється в зменшенні амплітуди моди (A_{Mo}), і подальшому розгальмовування підлеглих функціональних структур. Останній феномен характеризується зменшенням амплітуди високочастотних (0.15-1.00 Гц) компонент у спектрі потужності ритму серця та збільшення амплітуди низькочастотних (0.05-0.15 Гц) компонент.

5. Виявлено залежність індивідуальних змін вегетативного гомеостазу та характеру реакції кровообігу у дайвера до, під час та після закінчення занурення від вихідного рівня низхідних центральних нервових впливів та співвідношення між активністю симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. У дайверів з початково високим ступенем централізації регуляції кровообігу і вираженим переважанням активності симпатичного або парасимпатичного відділів у гіпербаричних умовах виникає минуща дизрегуляція кровообігу з переважанням симпатичного або парасимпатичного елементів. Після закінчення занурень у таких дайверів є висока ймовірність виникнення вегетативних порушень. У дайверів з початково малою централізацією регуляції кровообігу та вегетативним гомеостазом нормо- або симпатотонічного типів, а також з помірною перевагою активності парасимпатичної нервової системи виникнення під час або після занурень на стиснутому повітрі вегетативних розладів є менш ймовірним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы организма. – М.: Физкультура и спорт, 1983.– 176 с.
2. Александров П., Чернец М. Острая гипоксия. В сб.: Спортсмен-подводник. – М.: Досааф, 1991, С. 32 – 36.
3. Анохин П.К. Узловые процессы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 198 с.
4. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных 2-е изд, К. 2018. 579 с.
5. Апчел В. Легководолаз: путь к профессионализму. В сб.: Спортсмен-подводник. – М.: Патриот, 1990. С. 24-27.
6. Аршавский И.А. Механизмы и особенности физиологического и патологического стресса в различные возрастные периоды // Актуальные проблемы стресса. – Кишинев: Штиинца, 1976. – С. 5–23.
7. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 221 с.
8. Виру А.А. Динамика реакций гипоталамо–гипофизарно–надпочечниковой системы при стрессе // Успехи соврем. биологии. – 1979. – Т. 87, №2. – С. 271–286.
9. Волошин А.И., Субботин Ю.К. Болезнь и здоровья: две стороны приспособления – М.: Медицина, 1998. – 479 с.
10. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов н/Д.: Изд–во Рост. ун–та, 1990. – 223 с.
11. Гуляр С.А. Транспорт респираторных газов при адаптации человека к гипербарии. – Киев: Наук. думка, 1988. – 296 с.
12. Зальцман Г.Л., Кучук Г.А., Гургенидзе А.Г. Основы гипербарической физиологии. – М.: Медицина, 1979. – 320 с.

13. Ільїн В.М. Вегетативний гомеостаз і фізична працездатність у водолазів–глибоководників / В.М. Ільїн // Зб. наук. праць Рівненського економіко–гуманітарного інституту “Концепція розвитку галузі фізичного виховання і спорту в Україні”. – Рівно: Ліста, 1999. – С. 145–152.
14. Ільїн В.М. Особливості адаптації організму людини до гіпербарії залежно від типу вегетативного гомеостазу: Автор. дисс... докт. біол.наук: 03.00.13 / Інст. фізіології ім. О.О.Богомольця. – Київ, 2000. – 32 с.
15. Ільїн В.М., Попадюха Ю.А., Головін В.І. Основи та методи гіпербаричної фізіології дихання: Навч. посіб. – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2001. – 96 с.
16. Ильин В. Н. Программно-аппаратный комплекс по ритмокардиографической оценке функционального состояния организма человека / В. Н.Ильин, Ю. А.Попадюха, Ю. В Кравченко // Электроника и связь. – 2001. – Т. 12. – С. 69–71.
17. Ильин В. Н. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / [В. Н. Ильин, Л. М. Батырбекова, М. Х. Курданова, Х. А. Курданов]. – М. : Илекса; Ставрополь : Сервисшкола, 2003. – 80 с.
18. Ильичев А.А. Большая энциклопедия выживания: изд. 2-е, испр. Доп. и перераб. – М.: Изд. Эксмо-Пресс, 2002. – 496 с.
19. Иссурин В. Б. Подготовка спортсменов XXI: научные основы построения тренировки. М.: Спорт. 2016. 464 с.
20. Казначеев В.П., Казначеев С.В. Адаптация и конституция человека. – Новосибирск: Наука, 1986. – 120 с.
21. Кисляков Ю.А., Бреслав И.С. Дыхание, динамика газов и работоспособность при гипербарии. – Л.:Наука, 1988. – 237 с.
22. Книга для подводных пловцов. Scuba-Diving. А. Ю. Утевский, Д. Г. Луценко, О. М. Утевская, Е. Л. Луценко. Издательство: Торсинг; 2002 г., 400 стр.
23. Коваленко Е.А. Патологические аспекты проблемы длительной гипокинезии // Патол. физиология и эксперим. терапия. – 1975. – Т. 19, №3. – С. 11–24.

24. Копанев В.И., Власов В.В. Влияние исходной величины параметра на его изменение при внешних воздействиях // Изв. АН СССР, сер. Биол. – 1986. – №1. – С. 96–114.
25. Корольчук М.С. Адаптація та її значення в системі психофізіологічного забезпечення діяльності // Вісник. Збірник наукових статей Київського міжнародного університету. Серія: Педагогічні науки. Психологічні науки. – К.: Правові джерела, 2002. – Вип.. 2. – С. 191 – 211.
26. Кузнецов А.Г. К физиологии экстремальных воздействий на организм // Экологическая физиология человека: Адаптация человека к экстремальным условиям среды. – Руководство по физиологии. – М.: Наука, 1979. – С. 5–20.
27. Кузьмин А.И. Симпато–адреналовая система и механизмы адаптационных реакций сердечно–сосудистой системы // Итоги науки и техн. Сер. физиол. Сер. физиол. человека и животных / ВИНТИ. – 1990.– 41. – С. 124–158.
28. Макаров Г.А. К механизму нарушения пластических процессов в тканях при длительной гиподинамии // Патол. физиология и эксперим. терапия. – 1974. – Т. 18, №4. – С. 41–45.
29. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
30. Мищенко В.С., Лысенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте. К.:Науковий світ. 2007. 351 с.
31. Новиков А.А., Радчич И.Ю., Морозов О.С. Теоретико-методологические положения управления подготовкой спортсменов высокой квалификации. *Наука в олимпийском спорте*. 2014. № 2. С. 24-28.
32. Орлов Д.В. Зов бездны. Группа компаний «Подводный мир», МГУ, 2001, - 287 с.
33. Осьминин Ф.В., Баранова Е.И., Ершов А.Ф. и др. Реакция на гипоксию организма человека и животных в зависимости от индивидуальных особенностей вегетативной нервной системы // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, №1. – С. 95–103.,

34. Павлов С. Е. Современная теория адаптации и опыт использования ее основных положений в подготовке пловцов / С. Е. Павлов, Т. Н. Кузнецова, И. В. Афонякин // Теор. и практ. физ. культ. – 2001. – № 2. – С. 32–37.
35. Петровский Б.В., Ефуни С.Н. Основы гипербарической оксигенации. – М.: Медицина, 1976. – 346 с.
36. Платонов В. Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение / В. Н. Платонов. – К. : Олимп. лит., 2013. – 624 с.
37. Платонов В. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов. *Наука в олимпийском спорте*. 2017. №1. С. 29-47.
38. Платонов В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. М.: Спорт. 2019. 656 с.
39. Пшенникова М.Г., Кузнецов В.И., Тришкин С.ВУ. и др. Роль холинэргической регуляции сердца в защитном антиаритмическом эффекте адаптации к непрерывному умеренному стрессорному воздействию // Бюл. эксп. биол. и мед. – 1995. – №7. – С. 36–39.
40. Селивра А.И., Косткин В.Б., Пономарева И.Л. Функциональное состояние центральной нервной системы морских свинок после длительного пребывания в искусственной газовой среде // Физиол. ж. – 1992. – Т. 78, №3. – С. 7–13.
41. Селье Г. На уровне целого организма. – М.: Наука, 1972. – 122 с.
42. Семенцов В.Н., Бобровницкий М.П., Расходов А.Д. Динамика кислорода и водорода в коже у акванавтов при длительном гипербарическом воздействии // Авиакосм. и экол. мед. – 1992. – Т. 26, №1. – С. 27–29.
43. Семко В.В., Поваженко А.А., Кривов А.В. и др. Оценка энергетического обмена и физической работоспособности акванавтов при определении оптимального содержания кислорода в дыхательной газовой смеси под давлением до 5,1 МПа // Физиол. журн. – 1991. – Т. 37, №4. – С. 82–89.
44. Серебровская Т.В. Особенности индивидуальной адаптации человека к гипоксии в зависимости от реактивности системы дыхания: Автореф. дис. ... д–

ра биол. наук: 03.00.13 / Ин-т физиологии им. А.А.Богомольца. – Киев, 1988. – 37 с.

45. Смолин В.В. Характеристика экстремальных воздействий на организм водолазов–глубоководников при спусках методом длительного пребывания и основная задача медицинского обеспечения этих спусков // *Авиакосм. и экол. мед.* – 1992. – Т. 26, №1. – С. 11–13.

46. Солодков А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / Солодков А.С., Сологуб Е.Б. - Учебное пособие для вузов физической культуры. М.: Советский спорт, 2005 – 528с.

47. Сорокин А.П. Методологические аспекты адаптации // *Философские и социально–гигиенические аспекты учения о здоровье и болезни.* – М.: Медицина, 1975. – С. 59–70.

48. Уилмор Дж.Х., Костилл Л. Физиология спорта. К.: Олимпийская литература,. 2005. 504 с.

49. Филиппов М., Ильин В. Современные аспекты психофизиологического понимания надежности спортсмена. *Наука в олимпийском спорте.* 2014. № 4. С. 29-35.

50. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. – М.: Мир, 1988. – 568 с.

51. Юргенс И.Л., Кириллов О.И. Изменение размера ядер клеток коры надпочечников у крыс после многодневной физической нагрузки // *Цитология.* – 1977. – Т. 19, №3. – С. 334–337.

52. Curley M.D., Wallick M.T., Amerson T.L. Long-term health effects of U.S. Navy Diving: neuropsychology // *Received Manuscripts for the Conference "Long Term Health Effects of Diving".* – Bergen, Norway, 6–11 June 1993. NUTEC, 1993. – P. 67–81.

53. Elliott D.H., Cotes J.E., Robinson N.G., Reed J.W., King J. Narrowing of small lung airways in commercial divers // *Undersea Biomed. Res.* – 1990. – Vol. 17, Suppl. – P. 79.

54. Kimball R.E., Redday K., Peirce T.H. et al. Oxygen Toxicity: argumentation of antioxydant defence mechanism in rat lung // *Amer. J. Physiol.* – 1976. – Vol. 230, №5. – P. 1425–1431.
55. Lambertsen C.J. Prediction of physiological limits to human undersea activity and extension of tolerance to high pressure // *Advance in physiological sciences. Environmental Physiology.* – Budapest: Pergamon Press, 1981. – Vol. 18. – P. 143 – 146.
56. Levy M.N. Cardiac sympathetic–parasympathetic interaction // *Fed. Proc.* – 1984. – Vol. 43. – P. 2598.
57. Linnarsson D., Ostlund A., Sporrang A., Lind F. Mode of action og inert gases during mild narcosis in man // *Proc. XIXth Annual Meeting of EUBS on Diving and Hyperbar. Med.* – Trodheim, Norway. – 1993. – P. 93.
58. Mangum C.P., Towle D.W. Physiological adaptation to unstable environments // *Amer. Sci.* – 1977. – Vol. 65, №1. – P. 67–75.
59. Padbury E.H., Hages P.A. The differing response to mild sustained cooling and severe transient cold water exposure // *Ann. Congr. of Eur. Undersea Biomed.* – 1977. – Vol. 8. – P. 332–351.
60. Sayers G. The adrenal cortex and homeostasis // *Physiol. Revs.* – 1950. – Vol. 30, №2. – P. 241–288.
61. Selye H., Rawlings R. Essentials of the stress concepts // *Int. J. Tissue React.* – 1980. – Vol. 2, №2. – P. 113–118.
62. Sharon L.W., Sarah K.A. *Statistics Using IBM SPSS: An Integrative Approach.* Cambridge University Press; 3 edition. 2016. 606 p.
63. Подводное регби [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://h-i.su/content/underwater_rugby.php
64. Проблема адаптации человека к измененным условиям среды при занятиях подводным плаванием. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://studfile.net/preview/9183990/page:3/>
65. История развития Акватлона в Украине [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ufua.org/sportcomitee/akvatlon/>

66. Спортивный дайвинг [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ufua.org/sportcomitee/sportivnij-dajving/>
67. Підводне орієнтування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ufua.org/sportcomitee/pidvodne-oriientuvannja/>
68. Підводний хокей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Підводний_хокей
69. Плавание в ластах [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=k9pfUOPYno8>
70. Подводная фотосъемка [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ruf.ru/underwater-foto.html>
71. Спортивная подводная стрельба [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.funnysports.ru/texnicheskie/sportivnaya-podvodnaya-strelba/>
72. Подводная охота: Правила охоты [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.uahunter.com.ua/podvodnaya-okhota-pravila-okhoty.html>