

Міністерство освіти, науки, молоді та спорту України
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Петренко Ю.О., Меньших О.Е., Юрчук С.М., Васільєв С.Г.

**ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ
В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчально-методичний посібник

Черкаси – 2012

ББК 51.244.33
УДК 613.11
ПЗ0

Рецензенти:

Глазирін І. Д. – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри фізичного виховання Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького;

Войнов В.М. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізичного виховання Черкаського державного технологічного університету.

*Рекомендовано до друку Вченою Радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького
(протокол № 1 від 28. 08. 2012)*

Петренко Ю.О., Меньших О.Е., Юрчук С.М., Васільєв С.Г.

ПЗ0 Працездатність людини в екстремальних умовах навколишнього середовища: Навчально-методичний посібник. – Черкаси : ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2012. – 32 с.

ISBN 978-966-353-265-3

У посібнику розглянуто адаптивні зміни в організмі людини під дією факторів зовнішнього середовища. Показані особливості фізичної працездатності в умовах підвищених та знижених температури, вологості, атмосферного тиску. Рекомендовано для студентів вищих навчальних закладів та педагогів.

УДК 613.11
ББК 51.244.33

ISBN 978-966-353-265-3

© ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2012
© Ю.О. Петренко, О.Е. Меньших,
С.М. Юрчук, С.Г. Васільєв, 2012

ЗМІСТ

Вступ	4
Розділ 1. Працездатність людини при підвищеній та зниженій температурі	5
1.1. Основи терморегуляції	5
1.2. Регуляція теплообміну	7
1.3. Працездатність при підвищених температурі й вологості.....	10
1.3.1. Розлади у функціонуванні організму, пов'язані з дією підвищеної температури	12
1.3.2. Акліматизація до тривалого перебування в умовах підвищеної температури	13
1.4. Працездатність в умовах зниженої навколишньої температури	16
1.4.1. Розлади у функціонуванні організму, пов'язані з дією низької температури	20
Розділ 2. Працездатність при зниженому атмосферному тиску	22
2.1. Особливості працездатності людини в гірських умовах.....	22
2.1.1. Акліматизація до перебування в умовах високогір'я	26
2.1.2. Виконання фізичної роботи в середньогір'ї.....	28
Висновки	30
Список літератури	31

ВСТУП

Однією з найбільш актуальних проблем біології залишається вивчення особливостей і фізіологічних механізмів адаптації організму до різних факторів зовнішнього середовища. Доведено, що значне зростання захворювань провідних фізіологічних систем організму (серцево-судинної, дихальної, нервової, імунної, крові, виділення та ін.) пов'язано з істотним зниженням загальних адаптивних можливостей організму, виявом ефекту дезадаптації, порушенням нормального функціонування фізіологічних механізмів, що забезпечують повноцінну форму адаптації до дії несприятливих впливів зовнішнього і внутрішнього середовища.

Вплив шкідливих виробничих чинників сприяє виникненню не тільки конкретної патології, але й викликає неспецифічні зміни в організмі людини, що не завжди вкладаються в рамки звичайної нозології (Кундієв Ю.І., 1996-2000). Надмірна інтенсифікація праці, збільшення емоційно-психічного напруження на виробництві посилюють негативний вплив виробничих чинників на здоров'я людей (Бузунов В.О., 1991, Кальніш В.В., 1994).

Зміна екологічних умов, зниження фізичних навантажень, зростання нервово-психічних напружень, потоку інформації – все це спричиняє розвиток різних хвороб, а також сприяє “омолодженню” тих, які раніше були притаманні людям старших вікових категорій (Дубогай О.Д., 1995; Поташнюк Р.З., 1997).

Проблема фізичної підготовки студентів, зміцнення їхнього здоров'я засобами фізичної культури привертає увагу багатьох дослідників. Багато авторів (Магльований А.В., 1998; Мицкан Б.М., 1996; Волков І.П., 1988; Голева Н.П., 1999; Дубогай О.Д., 2002) розглядають формування потреби студентів до рухової активності як процес свідомих, безперервних педагогічних дій, що неможливі без мотиваційних установок особистості. Тому раціональне й ефективне використання засобів і методів фізичної культури під дією різних чинників навколишнього середовища є актуальним завданням, зважаючи на те, що в навчальних закладах досить велика кількість студентів мають відхилення у стані здоров'я.

РОЗДІЛ 1

ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ ПРИ ПІДВИЩЕНІЙ ТА ЗНИЖЕНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

1.1. Основи терморегуляції

Людина – теплокровна істота, тобто температура її тіла змінюється в досить вузькому діапазоні. Для забезпечення сталості температури тіла необхідно, щоб кількість утвореного тілом тепла (теплопродукція) дорівнювала його кількості, яка віддається в зовнішнє середовище (тепловіддача). Утворення тепла в організмі відбувається в результаті метаболічних реакцій у різних тканинах організму, насамперед м'язах. Виділення тепла значно (в 20 раз) підвищується під час м'язової роботи, а також за рахунок холодового тремтіння, тобто мимовільних скорочень окремих м'язових пучків. Розсіювання тепла забезпечують декілька механізмів: проведення, конвекція, випромінювання і випаровування [7, 16].

Термін проведення позначає передавання тепла від однієї (більш нагрітої) частини фізичного тіла до іншої (менш нагрітої) при їх безпосередньому контакті. Тіло людини може передавати своє тепло зовнішньому середовищу за умови, що повітря має більш низьку температуру. Кількість переданого тепла залежить від теплопровідності середовища, у якому перебуває людина [7, 19].

Конвекція – це передача тепла від тіла людини оточуючому його повітрю, яке рухається, коли вже нагріті шари віддаляються від тіла й змінюються іншими, не нагрітими, тобто більш холодними. Механізм конвекції подібний до проведення, але більш ефективний для тепловіддачі. При однаковій зовнішній температурі, наприклад, 23°C, у безвітряних умовах тепло буде віддаватися повільніше, ніж при наявності обдування. Коли людина рухається, умови віддачі тепла кращі, ніж у нерухомому стані, якщо тільки швидкість попутного вітру не однакова зі швидкістю переміщення людини. Проведення й конвекція зазвичай складають 10-20% від загальних втрат тепла організмом [7].

Випромінювання – це віддача тілом тепла за рахунок електромагнітної енергії (інфрачервоне випромінювання). У спокої тіло роздягнутої людини

віддає тепло зовнішньому середовищу головним чином (на 60%) за рахунок випромінювання [7, 16].

Випаровування – це віддача тепла шкірою при переході до газоподібного стану води, яка виділилася на поверхню шкіри. Втрату води за рахунок дифузії через шкіру називають невідчутною на відміну від втрати води в результаті функціонування потових залоз. Останній шлях перебуває під контролем системи терморегуляції й має суттєвий вплив на загальну кількість витраченого випаровуванням тепла [7, 16, 19]. Випаровування – єдиний процес, за допомогою якого можлива віддача тепла тілом в умовах, коли температура середовища однакова з температурою тіла або навіть вища. При напруженій роботі й особливо під час роботи в умовах високої температури повітря випаровування поту є основним шляхом тепловіддачі (80% від усіх тепловтрат). Віддача тепла випаровуванням при інших умовах залежить від різниці температур шкіри й навколишнього середовища. Випаровування поту з поверхні тіла тим значніше, чим більший градієнт концентрацій водяної пари на поверхні тіла і в повітрі. Тому перебування і, особливо, роботу в умовах високої температури повітря і вологості переносити значно важче, ніж за такої ж температури при низькій вологості. У першому випадку піт стікає шкірою не випаровуючись. У результаті цього охолодження поверхні тіла не відбувається, а рідина втрачається.

З погляду терморегуляції тіло людини можна представити у вигляді двох компонентів: зовнішнього – оболонки і внутрішнього – ядра. Ядро – це та частина тіла, яка має постійну температуру, а оболонка – частина тіла, у якій є температурний градієнт. Через оболонку відбувається теплообмін між ядром і навколишнім середовищем [1, 10]. Ядро й оболонка змінюють свої розміри в різних температурних умовах: чим інтенсивніше звуження поверхневих судин на холоді, тим більший об'єм поверхневих тканин, що знижують свою температуру, тобто обсяг оболонки істотно збільшується, наближаючись за розмірами до половини площі тіла. І, навпаки, при розширенні підшкірних судин за умов підвищеної температури розміри оболонки зменшуються до тонкого поверхневого шару шкіри, оскільки градієнт температур між ядром і

зовнішнім середовищем на холоді значно більший, ніж у теплі. В умовах високої температури повітря основним завданням системи терморегуляції є віддача тепла в навколишнє середовище. Вона здійснюється через розширення підшкірних судин і, отже, відбувається збільшення кровообігу та віддача тепла більш глибоких тканин до навколишнього середовища. В умовах низької температури повітря основним завданням системи терморегуляції є збереження тепла в організмі, що досягається звуженням підшкірних судин і таким чином відбувається зменшення кровотоку і, відповідно, віддачі тепла [10].

1.2. Регуляція теплообміну

Температура ядра людини підтримується постійною в широкому діапазоні зовнішніх температур й умов функціонування організму. Однак не можна сказати, що вона незмінна. При температурі $36,6^{\circ}\text{C}$ сумісними з життям вважаються коливання температури ядра від 33° до 41° - 42°C . Для оцінки температури ядра слід було б виміряти температуру в серці, де змішується кров з різних ділянок тіла. Однак це зі зрозумілих причин не можна зробити, і зазвичай температуру ядра оцінюють за допомогою вимірювання температури в прямій кишці – ректальної температури. Ректальна температура дещо нижча температури ділянки головного мозку, відповідальної за терморегуляцію. Показником температури мозку може служити температура біля барабанної перетинки, яку вимірюють, підвівши термометр до барабанної перетинки через зовнішній слуховий прохід, – тимпанальна температура. При різних впливах, наприклад, фізичній роботі, ректальна й тимпанальна температури змінюються паралельно, хоча ректальна температура дещо інертна [13, 16].

Зменшення температури тіла – гіпотермія – як правило, пов'язане з охолодженням, коли тепловіддача значно перевищує теплопродукцію. Збільшення температури тіла – гіпертермія – навпаки, настає внаслідок перевищення продукції тепла над його віддачею. Така ситуація виникає при лихоманці і пов'язана з продукцією організмом специфічних пірогенів, які підвищують теплоємність речовин, а також при інтенсивній м'язовій діяльності, коли організм не здатний розсіювати тепло з тією ж інтенсивністю, з якою воно

утворюється при метаболічних реакціях. Температура ядра при м'язовій роботі підвищується залежно від відносної потужності виконуваної роботи й може досягати 39-40°C. Температура працюючих м'язів при цьому піднімається ще вище – до 42°C. Збільшення температури працюючих м'язів сприяє підвищенню ефективності метаболічних процесів, які відбуваються в них, і поліпшенню скорочувальних властивостей, зокрема швидкісних характеристик скорочення. Значне, вище 40°C, і тривале підвищення температури тіла може викликати негативні зміни в центральній нервовій системі – набряк мозку [3, 5, 17].

Для функціонування будь-якої регуляторної системи необхідні:

- периферійна сприймальна (рецепторна) частина;
- центральна керівна частина;
- орган-виконавець.

Складниками рецепторної частини системи терморегуляції є периферійний й центральні терморекцептори. Периферійні холодіві й теплові рецептори розташовані в шкірі й оцінюють температуру навколишнього середовища. Максимальна стійка частота імпульсації холодівих рецепторів досягається при температурі між 15° і 34°C, а теплових – між 38° і 43°C. Центральні рецептори розташовані в передньому гіпоталамусі і з дуже великою точністю (0,01°) оцінюють температуру крові, що омиває цю ділянку мозку [4, 14, 16].

Гіпоталамічний центр терморегуляції працює за принципом підтримки фізіологічної норми температури. Будь-яке відхилення від цієї температури сприймається як сигнал про необхідність корекції. Як вхідну інформацію терморегуляторний центр використовує дані терморекцепторів з якомога більшої кількості термочутливих ділянок тіла.

Система терморегуляції – це одна з найбільш філогенетично молодих систем, які пізно виникли в організмі. З цим пов'язана особливість системи терморегуляції – це множинність органів-виконавців. Дійсно, кожна система в організмі має свій орган-виконавець, а в системі терморегуляції їх як мінімум чотири: потові залози, кровоносні судини (артеріоли і артеріовенозні анастомози шкіри), скелетні м'язи, деякі залози внутрішньої секреції, поведінкові реакції [16, 18].

Збільшення зовнішньої температури викликає посилення імпульсації з периферійних терморецепторів. У результаті центр терморегуляції через симпатичну нервову систему знижує тонус гладеньких м'язів у стінках артеріол і артеріовенозних анастомозів, що викликає їх розширення. Кровопостачання шкіри посилюється на тлі збільшеного хвилинного об'єму крові (ХОК). Відбувається підсилення віддачі тепла до зовнішнього середовища. Одночасно, або на кілька хвилин пізніше, відбувається посилення потовиділення: центр терморегуляції через спеціалізовані симпатичні холінергічні (які виділяють у якості медіатора ацетилхолін) волокна активує потові залози. Чим вища температура тіла, тим більше виділяється поту. Це відбувається ще до помітного збільшення температури ядра тіла. Таким чином, у разі нагрівання тіла ззовні спочатку підвищується температура шкіри й починається потовиділення. При фізичній роботі, навпаки, спочатку різко підвищується внутрішня температура й починається потовиділення, а потім у результаті випаровування поту знижується температура шкіри. Внутрішня температура в цей час практично не змінюється. Під дією холоду, коли температура шкіри знижується і стає нижчою від нормальної, виникає холодове тремтіння, що супроводжується посиленням теплопродукції. У результаті тремтіння внутрішня температура може трохи підвищитися. Якщо на холоді виконується довільна фізична робота, виникає значне підвищення внутрішньої температури й реакція тремтіння пригнічується. У зоні температур між пороговими значеннями для потовиділення й тремтіння температура тіла повністю регулюється судиноруховими й поведінковими механізмами [2, 7].

Функції утворення тепла, зміни теплоізолюючих властивостей і виділення поту переважно контролює центральна нервова система (ЦНС), і тільки при довготривалому перебуванні в умовах зміненої температури гормональні процеси також включаються до регуляції цих функцій. Зокрема, при охолодженні тіла стимулюється виділення тироксину з щитоподібної залози та адреналіну й норадреналіну з мозкового шару надниркових залоз. У результаті збільшується інтенсивність метаболізму в організмі й відбувається звуження судин шкіри у відповідь на охолодження.

1.3. Працездатність при підвищених температурі й вологості

У стані спокою тіло людини генерує 75-90 ккал/г тепла. Ця кількість тепла віддається навколишньому середовищу, і температура тіла підтримується постійною. При фізичній роботі теплопродукція багаторазово збільшується і може досягти 900 ккал/г. Розсіювання такої кількості тепла – велике навантаження для системи теплорегуляції. Для випаровування 1 л поту витрачається 580 ккал. Значить, для віддачі 900 ккал потрібно випарувати 1,55 л поту [9, 11].

При фізичній активності відбувається багаторазове збільшення ХОК і перерозподіл крові так, що частка ХОК, яка спрямовується до працюючих м'язів, може сягати до 80-90%. Якщо ж фізичне навантаження виконується в умовах підвищеної температури й вологості, крім завдання забезпечення працюючих м'язів достатньою кількістю крові доводиться вирішувати й завдання регуляції температури тіла, пов'язану зі значним збільшенням шкірного кровопостачання. При роботі в комфортних умовах частка шкірного кровотоку становить близько 5% від ХОК, а в умовах підвищеної температури може досягати 20%. Таким чином, виникає конфлікт між забезпеченням працюючих м'язів необхідною кількістю крові й постачанням достатньої кількості крові до шкіри для терморегуляції. У результаті розширення шкірних судин туди спрямовується значна кількість крові і кровопостачання працюючих м'язів зменшується. У наслідок цього знижується працездатність. У результаті специфічного перерозподілу крові венозне повернення до серця зменшується. Це зумовлює зменшення систолічного об'єму серця. ХОК деякий час вдається підтримувати на постійному рівні за рахунок збільшення частоти серцевих скорочень. Надалі ХОК падає, незважаючи на збільшену порівняно з комфортними умовами ЧСС [6, 15].

При роботі в умовах підвищеної температури відбувається збільшення споживання кисню, яке, принаймні частково, витрачається на покриття збільшених енерговитрат, на посилене потовиділення й прискорене дихання, роботу серця. У зв'язку зі зменшенням кровопостачання працюючих м'язів включається анаеробний гліколіз як джерело енергії, у результаті цього

збільшуються витрати м'язового глікогену й накопичення лактату в працюючих м'язах. Робота в умовах підвищеної зовнішньої температури викликає зміни водного балансу організму. Збільшена потреба у віддачі тепла через випаровування зумовлює підвищене потовиділення. Піт – це гіпотонічна рідина, що виділяється потовими залозами під впливом команди з гіпоталамічного центру терморегуляції, яка передається спеціалізованими симпатичними волокнами. Піт утворюється під час фільтрації плазми крові. У процесі проходженні фільтрату протоками потових залоз з нього реабсорбуються іони натрію й хлору. Чим повільніший процес, тим повніша реабсорбція. За умови невисокої швидкості утворення поту в спокої реабсорбція може бути майже повною. Під час збільшення швидкості потоутворення кількість іонів натрію і хлору значно збільшується. У тренуваних спортсменів у видах спорту на витривалість концентрація іонів натрію й хлору в поті нижча, ніж у нетренуваних людей, очевидно, за рахунок дії альдостерону.

Інтенсивне потовиділення при виконанні тривалих і напружених фізичних навантажень в умовах підвищеної температури й вологості супроводжується значними втратами рідини. Людина може втрачати 1,5-2,5 л поту на годину, або 2-4% маси тіла. Значна втрата рідини призводить до зменшення об'єму циркулюючої крові. Це негативно позначається на кровопостачанні працюючих м'язів, сприяє акумуляції тепла в організмі, збільшує в'язкість крові, спричиняє збільшення навантаження на серце. Унаслідок цього у видах спорту з тривалим (більше 30 хв.) виконанням навантаження значно падає працездатність. Втрати електролітів і рідини стимулюють виділення альдостерону й антидіуретичного гормону (АДГ). Альдостерон обмежує виділення нирками натрію. У результаті в організмі затримується натрій і, як наслідок – вода. АДГ сприяє реабсорбції води в дистальних звивистих каналцях нирок. Таким чином вдається частково компенсувати значні втрати рідини й електролітів з потом за рахунок зменшення їх втрат із сечею [7, 8, 16].

1.3.1. Розлади у функціонуванні організму, пов'язані з дією підвищеної температури

При одночасному впливі на організм підвищеної зовнішньої температури (табл. 1) та фізичного навантаження виникає виражена неузгодженість між накопиченням в організмі тепла й можливостями його віддачі. Унаслідок цього можуть розвинутися такі небажані стани: м'язові судоми, теплове перевантаження й тепловий удар.

Таблиця 1

Температура навколишнього середовища
при різній відносній вологості

Температура повітря (°C)	21	24	27	29	32	35	38	41
Відносна вологість (%)	Відчутна температура							
0	18	21	23	26	28	31	33	35
10	18	21	24	27	29	32	35	38
20	19	22	25	28	31	34	37	41
30	19	23	26	29	32	36	40	45
40	20	23	26	30	34	38	43	51
50	21	24	27	31	36	42	49	57
60	21	24	28	32	38	46	56	65
70	21	25	29	34	41	51	62	
80	22	26	30	36	45	58		
90	22	26	31	39	50			
100	22	27	33	42				

Найбільш вірогідною причиною виникнення м'язових судом під час роботи в умовах підвищеної температури є втрати електролітів і зневоднення, обумовлені інтенсивним потовиділенням [3, 7, 12].

Теплове перевантаження – це розлад, пов'язаний з нездатністю серцево-судинної системи забезпечити підвищені потреби організму в умовах теплового стресу (надмірного накопичення тепла в організмі). Нагадаємо, що для роботи в умовах підвищеної температури характерна конкуренція активних м'язів і шкіри за достатнє кровопостачання. За умови зменшеного обсягу крові це може призвести до наступного симптомокомплексу: зниження артеріального тиску

(АТ) на тлі слабкого прискореного пульсу, задуха, запаморочення, втома, блювота. Шкіра може бути або вологою й холодною, або гарячою й сухою. Під час теплового перевантаження терморегуляторні механізми продовжують функціонувати, але не в змозі забезпечити необхідну тепловіддачу через недостатню кількість крові в поверхневих шкірних судинах. Теплове перевантаження і супроводжуючі його симптоми судинного колапсу можуть настати при не дуже високій температурі ядра – близько 39°C.

Найбільш схильні до теплового перевантаження недостатньо фізично підготовлені й не акліматизовані до підвищеної зовнішньої температури люди. Якщо тепловому перевантаженню не запобігти, воно може перейти в тепловий удар.

Тепловий удар – небезпечний для життя стан, що виникає в результаті неадекватної роботи системи терморегуляції. Для теплового удару характерні: підвищення температури ядра вище 40° С, припинення потовиділення і, як наслідок, – гаряча й суха шкіра, підвищений АТ, прискорений серцевий ритм, задуха, головний біль, запаморочення. Можливі затьмарення свідомості, марення, повна втрата свідомості. Оскільки теплопродукція під час роботи залежить від маси тіла, велика людина більш схильна до перегрівання, ніж маленька.

1.3.2. Акліматизація до тривалого перебування в умовах підвищеної температури

Тривале перебування в умовах підвищеної температури й особливо виконання в цих умовах фізичних навантажень сприяє інтенсифікації процесу віддачі тепла. Зокрема, відбувається таке: зниження порогу потовиділення, тобто утворення поту починається раніше, після початку роботи посилюється потовиділення на ділянках шкіри з максимальною здатністю до віддачі тепла. У результаті температура шкіри виявляється нижчою, ніж до акліматизації в тих же умовах, тобто збільшується градієнт температур між шкірою й навколишнім середовищем, шкірою і ядром. Внаслідок поліпшення умов тепловіддачі знижується поверхневий шкірний

кровообіг, що сприятливо позначається на кровопостачанні працюючих м'язів: збільшується частка серцевого викиду, яка спрямована до них. Таким чином, розподіл серцевого викиду в акліматизованих людей виявляється більш раціональним [14, 18]. Посилення тепловіддачі призводить до того, що під час виконання фізичних навантажень температура тіла підвищується менше. У результаті акліматизації відбувається зміна складу поту: він стає менш концентрованим, тобто в організмі зберігаються запаси іонів. Можливо, саме з цим пов'язане деяке транзиторне, тобто швидкоплинне минаюче збільшення об'єму циркулюючої крові, що виникає за законами осмосу внаслідок підвищеного вмісту іонів у крові. Збільшення об'єму циркулюючої крові та оптимізація перерозподілу крові сприяють збільшенню систолічного об'єму і, відповідно, зменшенню ЧСС при роботі. Акліматизація супроводжується зменшенням накопичення лактату і водневих іонів у результаті зниження інтенсивності витрачання м'язового глікогену. Перераховані зміни сприяють тому, що акліматизована до умов підвищеної зовнішньої температури людина під час роботи стомлюється менше, ніж неакліматизована [5, 11, 14].

Оскільки ці процеси тренування витривалості навіть у термонеїтральних умовах відбувається збільшення об'єму циркулюючої крові й удосконалюються механізми перерозподілу кровообігу, кваліфікований спортсмен виявляється більш підготовленим до роботи в умовах підвищених температур і швидше акліматизується до них. Разом з тим тренування на витривалість недостатнє для досягнення специфічної теплової адаптації. Слід мати на увазі, що з віком адаптація до підвищеної навколишньої температури знижується. Потовиділення починається пізніше, шкірний кровообіг підвищується, а максимальні можливості його зменшуються.

Максимально швидкої акліматизації спортсменів перед змаганнями, які проводять в кліматичних умовах з високою температурою, вдається домогтися, якщо вони не припиняють тренувальних занять. Ефективність акліматизації покращується, якщо перебування в умовах підвищеної температури доповнюють інтенсивні фізичні навантаження. Доведено, що при тренувальних

заняттях протягом години й більше в день акліматизація настає через 5-10 днів. На самому початку перебування в умовах підвищених температур для того, щоб уникнути теплового перевантаження або теплового удару, інтенсивність фізичних вправ слід знизити до 60-70% від звичайної і лише поступово довести до необхідної інтенсивності. Адаптація серцево-судинної системи відбувається при цьому швидко – уже в перші 3-5 днів. Для адаптації системи потовиділення потрібно приблизно 10 днів [13].

Як уже згадано вище, під час виконання інтенсивної й тривалої (не менше 30 хв.) фізичної роботи при підвищеній навколишній температурі відбувається значна втрата рідини – зневоднення організму, яке зрештою може призвести до теплового удару. Щоб уникнути цього небезпечного стану, необхідно відновлювати вміст рідини в організмі, причому в ідеальному випадку кількість спожитої рідини повинна відповідати кількості виділеної. Оскільки центр спраги недооцінює втрати рідини, пити треба "з надлишком", тобто більше, ніж хочеться [2]. Легкоатлети схильні недооцінювати проблему зневоднення на дистанції, перетерпіти, але в результаті працездатність на дистанції різко знижується. За умови достатнього споживання води на дистанції температура підвищується меншою мірою. Якщо прийом рідини правильно розподілений у часі (на дистанції), тобто при прийманні води частинами (150-200 мл кожні 10-15 хв.), зменшуються втрати плазми і, отже, підтримується нормальний об'єм циркулюючої крові, що позитивно позначається на роботі серцево-судинної системи. Приймання рідини на дистанції зумовлює збільшення працездатності. Відомо, що великі обсяги рідини швидше евакуюються організмом, проте на дистанції переповнення шлунка викличе неприємні відчуття, тому вживати рідину слід невеликими порціями [2, 12]. Відомо також, що холодна рідина швидше видаляється з шлунку за рахунок посилення активності гладеньких м'язів, отже, рідина має бути охолодженою. Споживання розчинів глюкози не тільки сприяє поповненню запасів рідини в організмі, але й дає можливість підтримувати нормальний рівень глюкози в крові, що дуже важливо для збереження високої працездатності під час

тривалої роботи, оскільки концентрація глюкози в крові за цієї умови зменшується. Водночас відомо, що розчини глюкози високої концентрації повільніше евакуюються зі шлунка, тобто випита рідина довше перебуває в шлунку. Таким чином, доцільно застосовувати розчини глюкози низької концентрації – не більше 2,5%. Для прискорення евакуації зі шлунка рідина має бути низькоосмолярною, що забезпечує низький вміст у ній солей. Доказом на користь низького вмісту солей у вживаній рідині є те, що піт є гіпотонічним розчином і, отже, з ним втрачається відносно більше води, ніж солей. При визначенні загальної кількості рідини, яку бажано випити на дистанції, слід мати на увазі, що максимальна швидкість усмоктування води не перевищує 0,8 л/г. Вживання додаткової кількості солей показане тільки при повторному (кілька днів поспіль) виконанні важкої й тривалої роботи зі значним потовиділенням. Але навіть у цьому випадку сольові розчини слід приймати не під час роботи. Багатоденні тренування в умовах підвищеної температури вимагають особливої уваги до підтримання нормального водно-сольового балансу в організмі. Для адаптації системи водно-сольового балансу до умов підвищеної температури повітря необхідний підвищений вміст альдостерону в крові, що сприяє затримці натрію в організмі. Якщо споживати надлишок натрію, його рівень у крові буде високим, а вихід альдостерону в кров, відповідно, виявиться зменшеним. У результаті альдостерон не зможе ефективно підтримувати водно-сольовий баланс організму. Особливо потрібний надлишок альдостерону під час виконання фізичних навантажень у перші дні перебування в умовах підвищених температур. Реальні потреби солі у звичайної людини складають близько 1 г на день. Інша справа, систематичні важкі тренування з великим потовиділенням. У цих умовах необхідно заповнювати втрати солей з розрахунку: 4 л поту – 3-4 г солей на добу, 5 л поту – приблизно 10 г солей, 6 л поту – до 15 г солей. Поповнювати втрату солей слід між тренуваннями і з урахуванням того, що надходження значної кількості солей до організму має супроводжуватися підвищеним споживанням води. На кожні 5 г солі необхідно випивати додатково до 1 л води [11, 18].

1.4. Працездатність в умовах зниженої навколишньої температури

Під час зниження температури навколишнього середовища відбувається збільшення різниці між зовнішньою температурою і температурою тіла. Внаслідок цього збільшуються втрати тепла організмом через тепловіддачу проведенням, конвекцією й радіацією. Боротьбу із втратами тепла забезпечують механізми, що активуються гіпоталамічним центром терморегуляції: звуження шкірних судин і збільшення теплопродукції. Оскільки ці механізми можуть не забезпечити достатню теплорегуляцію, ми використовуємо також теплий одяг і запаси підшкірного жиру, який має низьку теплопровідність і тому є гарним теплоізолятором. Тепловтрати залежать також від відношення поверхні тіла до його маси. Чим більша людина, тим менше це відношення і легше боротися з гіпотермією. Відповідно у маленьких дітей це відношення велике і їм важче підтримувати постійну температуру тіла в умовах зниженої зовнішньої температури. У жінок і чоловіків приблизно однакової маси, складу тіла і рівня фізичної підготовленості толерантність до зниженої температури майже однакова [7, 9].

Звуження периферійних судин, яке викликає симпатична нервова система, сприяє обмеженню перенесення тепла з глибоких шарів тіла до поверхні. Крім того, звуження судин сприяє збільшенню теплоізоляційних властивостей оболонки. Звуження поверхневих шкірних судин особливо суттєве в кінцівках, насамперед у пальцях рук і ніг, де кровообіг може зменшитися в 100 і більше разів. Судини голови менш схильні до звуження на холоді. У результаті звуження периферійних судин ядро тіла захищене від охолодження, а температура шкіри знижується. Відбувається зменшення градієнта температур між шкірою й навколишнім середовищем, зменшується віддача тепла тілом. Інтенсивність метаболізму шкіри при зниженні її температури також зменшується, тому зменшується потреба в кисні. У результаті зниження температури шкіри, особливо пальців рук і ніг, вушних раковин, виникає можливість обмороження. Перші ознаки обмороження – різке збліднення шкірних покривів.

Збільшення теплопродукції в умовах низької зовнішньої температури забезпечують два механізми: холодове тремтіння й довільна активність локомоторного апарату. Холодове тремтіння може збільшити теплопродукцію в 4-5 разів. При зниженні зовнішньої температури з комфортного рівня 29°C до 22°C в оголеній людині, що перебуває в стані спокою, тепло в тілі зберігається за рахунок звуження периферійних судин. Під час подальшого зниження зовнішньої температури настає холодове тремтіння, що викликає збільшення теплопродукції організмом. Чим нижча зовнішня температура, тим більше м'язових груп залучаються до холодового тремтіння і тим воно стає сильнішим [4, 8, 14, 16]. Окремий інтерес викликає проблема тепловтрат у холодній воді. У воді основним способом тепловіддачі є проведення. Оскільки теплопровідність води значно (у 26 разів) вища, ніж повітря, інтенсивність тепловтрат проведенням у ній у стільки ж разів вища, ніж у повітрі. З урахуванням інших способів тепловіддачі (конвекції, радіації, потовипарювання) тіло віддає тепло у воді в 4 рази швидше, ніж у повітрі. Якщо температура води не нижча 32°C, температура ядра тіла людини, яка перебуває у воді без руху, залишається постійною. У процесі зниження температури води нижче 32°C тепловтрати збільшуються настільки, що не можуть бути компенсовані теплопродукцією, і виникає гіпотермія. Теплоізоляція у воді значною мірою залежить від кількості підшкірного жиру. Люди з надмірною масою значно краще витримують плавання в холодній воді, ніж худі. Глибина гіпотермії залежить від температури води та тривалості перебування в ній. При температурі води 15°C ректальна температура людини зменшується кожен годину на 2,1°, при температурі води 4°C – на 3,2°C. Віддача тепла збільшується під час рухів у воді внаслідок збільшення конвекції. У цьому сенсі фізичні навантаження в холодній воді здійснюють негативний вплив на систему підтримки температури тіла [14, 19]. Однак підвищення теплопродукції завдяки рухам виявляється помітно вищим, ніж втрати, пов'язані з конвекцією. Під час інтенсивної м'язової діяльності (15 ккал/хв.) вдається підтримувати сталість ректальної температури при температурі води 17,5°C, при різниці між шкірною температурою й

температурою ядра приблизно 17°C. Однак таких холодних стресів слід уникати. Оптимальна температура води для проведення тренувань – 24°–28°C.

Під час виконання м'язової роботи невеликої інтенсивності в умовах зниженої температури споживання кисню підвищене порівняно з роботою в комфортних умовах за рахунок холодного тремтіння. За умови збільшення інтенсивності роботи залежність споживання кисню від температури зникає у зв'язку з припиненням холодного тремтіння. Інтенсивні фізичні навантаження стають потужним фактором розігрівання. Про це свідчить порівняння підвищення інтенсивності обміну при холодному тремтінні (у 2–5 разів) і при інтенсивній м'язовій діяльності (у 20–30 разів) [9, 12, 18]. Виконання фізичних вправ при зниженій, але не мінусовій температурі в деяких випадках краще порівняно з умовами підвищеної температури, оскільки покращує тепловіддачу. У винятково холодних умовах тепловтрати можуть перевищувати кількість утвореного тепла й тоді розвивається стан гіпотермії. Виконання фізичних навантажень в умовах зниженої зовнішньої температури створює незвичайні умови для роботи м'язів. Значне охолодження м'язів супроводжується зниженням їхніх скорочувальних і швидкісних властивостей. У наслідок цього для виконання тієї ж зовнішньої роботи потрібно прикладати більше зусиль. Це призводить до швидкої втомлюваності й знижує інтенсивність роботи. Якщо умови виконання роботи сприятливі, тобто захист від зовнішньої температури одягом й інтенсивність метаболізму достатні для підтримки температури працюючих м'язів на рівні, близькому до оптимального, інтенсивність роботи не зменшується. Однак продовження роботи на тлі втоми зумовлює зниження її інтенсивності і, отже, інтенсивності метаболізму, зменшується утворення тепла і, відповідно, температура працюючих м'язів. Зниження температури м'язів призводить до ще більшої втоми й подальшого зниження температури м'язів. Це виникає при дуже низьких температурах і зумовлює значне зниження працездатності [13]. Під час роботи в умовах низьких температур виникають характерні зміни в забезпеченні працюючих м'язів субстратами метаболізму. Найбільш характерною ознакою аеробної роботи є переважне використання як субстрату для окисного метаболізму вільних жирних кислот, що утворюються

внаслідок розщеплення нейтрального жиру в жировій тканині. Основні запаси жиру в організмі розташовані в підшкірній клітковині. Активацію гідролізу нейтральних жирів під час роботи забезпечує збільшення рівня гормонів мозкового шару надниркових залоз – адреналіну й норадреналіну (катехоламінів) у крові. Під час роботи в холодних умовах рівень катехоламінів у крові підвищується більше, ніж у процесі роботи в оптимальних умовах. Однак концентрація вільних жирних кислот при цьому утримується на низькому рівні. Причини цього явища, можливо, пов'язані зі звуженням на холоді кровоносних судин у шкірі й підшкірному шарі. Це погіршує доступ катехоламінів до жирової тканини і, таким чином, уповільнює процес утворення вільних жирних кислот і їх надходження з жирової тканини в кров. Метаболічним регулятором роботи на холоді може виявитися рівень глюкози в крові. Показано, що зменшення рівня глюкози в крові (гіпоглікемія) пригнічує холодове тремтіння і призводить до значного зниження ректальної температури. Слід зазначити, що зазвичай рівень глюкози при роботі на холоді залишається високим [16, 18].

1.4.1. Розлади у функціонуванні організму, пов'язані з дією низької температури

Тривале перебування в умовах зниженої температури може супроводжуватися небезпечними ускладненнями – гіпотермією й обмороженнями. Доведено, що для більшості людей нижня межа температури ядра, сумісна з життям, становить 23 – 25°C, однак описані випадки зниження температури ядра до 18°C і нижче. Рекорд становить 9°C. Під час зменшення температури ядра нижче 34°C гіпоталамічний центр терморегуляції починає «помилитися», а при температурі 29°C повністю припиняє функціонувати й організм виявляється нездатним підтримувати постійну температуру тіла. Інтенсивність метаболічних реакцій різко знижується: на 50% під час зниження температури на кожні 10°C [2, 5, 6]. Мабуть, найбільш серйозні зміни за умови зниження температури тіла відбуваються в діяльності серця. Смертельні випадки при гіпотермії пов'язані із зупинкою серця. Охолодження зумовлює

гальмівний вплив на функціонування водія ритму серця – синоатріального вузла. Відбувається зниження ЧСС, яке, крім зниження температури тіла, призводить до різкого зменшення серцевого викиду. Глибока гіпотермія – надзвичайно небезпечний для життя стан, що вимагає лікування в стаціонарі. Обмороження – це стан, що виникає під час значного зниження шкірної температури. Шкіра при цьому швидко охолоджується. У поєднанні зі зменшенням споживання кисню й недостатньою інтенсивністю метаболізму це може призвести до розвитку гангрени й відмирання тканин. Перш, ніж лікувати обморожені ділянки, їх слід розігріти.

Про акліматизацію до холоду відомо небагато. Відбувається зниження втрат тепла й посилення основного метаболізму, зменшується звуження судин у шкірі, тому в акліматизованих до холоду людей температура шкіри вища. Підвищення температури шкіри – це захисний механізм, що дозволяє запобігти холодним ушкодженням шкірних покривів і зберегти температуру м'язів у межах, що забезпечують координацію рухів в умовах низької температури навколишнього середовища [12, 19]. Залежно від характеру впливу холоду на організм акліматизація може відбуватися по-різному.

РОЗДІЛ 2

ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРИ ЗНИЖЕНОМУ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ

2.1. Особливості працездатності людини в гірських умовах

На рівні моря (до 500 м над рівнем моря), де діє сила тяжіння в 1 g, тиск повітря складає 760 мм. рт. ст. Оскільки вміст кисню в повітрі 20,93%, його парціальний тиск дорівнює 153 мм. рт. ст. При сходженні в гори маса стовпа повітря і, відповідно, тиск, під яким він перебуває, зменшуються при незмінному процентному співвідношенні між газами, що входять до складу суміші. Це означає, що в кожному об'ємі вдихуваного повітря міститься менше молекул кисню, ніж на рівні моря, і парціальний тиск O₂ зменшений. В альвеолярному повітрі вміст кисню і його парціальний тиск також зменшені. В артеріальній крові парціальна напруга кисню близька до його відповідного тиску в альвеолярному повітрі і, отже, також знижена. Таким чином, до периферійних тканин, зокрема м'язів, надходить менше кисню під меншою парціальною напругою, тобто умови постачання м'язів киснем погіршуються.

За умови підйому в гори до висоти 1500 м видимих змін у функціонуванні організму не відбувається. Починаючи з цієї висоти, відбувається наростання змін в організмі. Для позначення відчутних для людини висот (починаючи з 1500 м) використовується поняття високогір'я, а коридор висот від 1500 до 2500 м називають середньогір'ям [7].

Характерною особливістю високогірних умов є низька температура. При підвищенні на кожні 1000 м температура повітря зменшується на 6,5°. Вологість повітря залежить від температури, тому в горах вона дуже низька. Внаслідок цього в горах при диханні людина втрачає багато вологи з невідчутною перспірацією [7, 8, 16].

Дихальна система. Зменшення вмісту кисню в артеріальній крові викликає зміну імпульсації, від хеморецепторних зон дуги аорти і каротидного синуса, і активує дихальний центр. Відбувається посилення легеневої вентиляції до 50% на висоті 4000 м у спокої і під час помірно інтенсивної

роботи. Посилення легеневої вентиляції сприяє деякому збільшенню парціального тиску кисню в альвеолярному повітрі, але він все ж таки залишається нижчим, ніж на рівні моря. Споживання кисню також залишається зменшеним. Відношення легеневої вентиляції до споживання кисню збільшується, тобто ефективність зовнішнього дихання в горах знижена. Посилення легеневої вентиляції сприяє посиленому виділенню вуглекислого газу з організму і, отже, зменшенню його вмісту в крові. Таким чином, дихальний центр опиняється під дією двох хімічних стимулів, які діють у протилежних напрямках: стимулюючи діяльність дихального центру низьким вмістом кисню в крові і гальмуючи низький вміст вуглекислого газу. Величина легеневої вентиляції виявляється результируючою дії цих двох протилежно спрямованих стимулів. Зменшення вуглекислого газу при незмінному вмісті бікарбонату викликає залужування крові, що погано впливає на організм. Кислотно-основна рівновага (КОР) вирівнюється протягом декількох днів за рахунок виведення нирками "надлишку" бікарбонату [5, 6, 8, 16].

Парціальний тиск кисню в альвеолярному повітрі на рівні моря складає приблизно 120 мм рт. ст. На висоті 2500 м він зменшується до 95 мм рт. ст., тобто процеси оксигенації крові перебувають ще в межах плоскої частини кривої дисоціації оксигемоглобіну. Насичення гемоглобіну киснем в цих умовах становить 90%. При подальшому підйомі в гори тиск кисню в альвеолярному повітрі, його напруга в крові потрапляють на круту частину кривої дисоціації оксигемоглобіну, а здатність крові до зв'язування та транспортування кисню значно знижується. Зменшення насичення крові киснем до 80% від норми супроводжується розвитком глибокої гіпоксії, що викликає втому, головний біль, порушення сну. Цей комплекс симптомів називається «гірська хвороба».

Парціальна напруга кисню в артеріальній крові дещо нижча, ніж його парціальний тиск в альвеолярному повітрі. На рівні моря в артеріальній крові вона становить приблизно 100 мм. рт. ст. На висоті 2500 м вона зменшується до 60 мм. рт. ст. Парціальна напруга кисню в м'язовій тканині складає приблизно 20 мм. рт. ст. і практично не змінюється з висотою. Це означає, що градієнт

тисків, що визначає транспорт кисню з крові в м'язові клітини, дорівнює 80 мм. рт. ст. на рівні моря, а на висоті 2500 м він зменшується до 40 мм. рт. ст., тобто на 50%. Це зумовлює значне погіршення транспорту кисню до тканин. З погіршенням постачання кисню до працюючих м'язів пов'язане посилення накопичення лактату й водневих іонів при виконанні в горах стандартної м'язової роботи. Накопичення кислих продуктів на висоті починається при роботі меншої інтенсивності, ніж на рівні моря (порог анаеробного обміну знижується). Максимальні концентрації лактату в працюючих м'язах і крові в перший період перебування на висоті зменшуються. Разом з тим не можна виключити можливість зменшення активності ферментів системи анаеробного гліколізу [10, 11, 16].

Максимальне споживання кисню зі збільшенням висоти зменшується, причому помітне зниження починається з рівня близько 1500 м, що відповідає парціальному тиску кисню в атмосферному повітрі 125 мм. рт. ст. Чим вища вихідна величина МСК, тим більша вона буде й на висоті. Тому при роботі на висоті переваги мають люди з більш високим вихідним аеробним потенціалом.

Система крові. Під час перебування на висоті в результаті значних втрат рідини при диханні і через невідчутну перспірацію розвивається дегідратація, що супроводжується зменшенням об'єму циркулюючої крові. Обсяг плазми в горах починає зменшуватися вже через кілька годин перебування, і цей процес триває протягом декількох тижнів. Загальна кількість еритроцитів у крові при цьому не змінюється. У результаті концентрація еритроцитів і показник гематокриту (відношення обсягу формених елементів до загального обсягу крові) збільшуються, тобто відбувається збільшення киснетранспортних можливостей об'єму крові. Збільшення концентрації еритроцитів може позитивно позначитися на забезпеченні виконання субмаксимальної аеробної роботи. Одночасно зменшення об'єму циркулюючої крові має негативний вплив на прояв максимальної аеробної витривалості. Для боротьби з дегідратацією, яка розвивається в горах, рекомендують споживати багато рідини. Оскільки ми зазвичай не відчуваємо нестачу води в організмі, пити слід більше, ніж хочеться [11, 18, 19].

Серцево-судинна система. Зменшення об'єму циркулюючої крові і збільшення її в'язкості, що виникає в результаті посиленого виділення вологи з організму призводить до змін у функціонуванні серцево-судинної системи. Зменшується систолічний об'єм. Це означає, що для забезпечення того ж серцевого викиду потрібна збільшена ЧСС. Тому, у спокої і під час стандартної аеробної роботи, ЧСС в перші дні перебування в горах вища, ніж на рівні моря. Одним із механізмів збільшення ХОК на висоті є посилення звуження венозних судин, що призводить до збільшення венозного повернення й центрального об'єму крові. Посилення звуження вен відбувається через зниження напруги вуглекислого газу в крові. Вже через кілька днів починається адаптація серцево-судинної системи до перебування на висоті. М'язи беруть більше кисню з крові, артеріо-венозна різниця кисню збільшується, і, відповідно до рівняння Фіка, потреба в збільшеному ХОК зникає [8, 12, 16].

Через 10 днів перебування на висоті ХОК зменшується до вихідного рівня і навіть нижче. У процесі виконання на висоті максимальної аеробної роботи ЧСС і систолічний об'єм зменшуються, як і ХОК. Зниження вмісту кисню в артеріальній крові, ХОК, градієнту напруги кисню визначають зменшення максимального споживання кисню (МСК) на висоті.

Під час роботи на висоті відбувається підвищення тиску в легневих артеріях. Причини цього явища не відомі.

Виконання фізичних вправ у високогір'ї. Умови зниженого атмосферного тиску й гіпоксії найбільш глибоко впливають на виконання тих видів м'язової діяльності, які висувають високі вимоги до киснево-транспортної системи. Це види спорту на витривалість з тривалим часом виконання роботи. Разом з тим перебування на висоті не впливає негативно на виконання коротких вправ анаеробного характеру, оскільки енергія для виконання таких вправ утворюється при анаеробному розщепленні фосфагенів і м'язового глікогену. Крім того, розріджене повітря сприяє зменшенню опору при русі, тобто при тій же швидкості зовнішня робота зменшується. Це сприяє підвищенню результативності спортивної роботи в спринтерському бігові, швидкісному бігові на ковзанах, спринтерських дистанціях велоспорту [12, 13].

2.1.1. Акліматизація до перебування в умовах високогір'я

У процесі тривалого перебування на висоті в організмі розвиваються адаптивні зміни, спрямовані на мінімізацію наслідків вдихання збідненого киснем повітря. Однак повністю компенсувати вплив гіпоксії на організм не вдається. Основні зміни, що відбуваються під час тривалого перебування в горах, можна розділити на дві категорії: посилення транспорту кисню до тканин і посилення ефективності його використання в тканинах для отримання енергії аеробним шляхом [12].

Адаптація дихальної системи. Під час перебування людини в умовах високогір'я відбувається посилення легеневої вентиляції, спрямоване на підвищення вмісту кисню в артеріальній крові і яке супроводжується зменшенням вмісту вуглекислого газу в крові. Через деякий час посилення легеневої вентиляції в спокої і при стандартній аеробній роботі зменшується. Це відбувається, принаймні частково, через зменшення чутливості дихального центру до зниження напруги кисню й вуглекислого газу в крові. Дифузійна здатність легень змінюється у високогір'ї дуже повільно. Після півроку перебування на висоті вона залишається на попередньому рівні. У жителів високогір'я дифузійна здатність легень та легеневі об'єми помітно вищі, ніж у жителів рівнини [4, 6, 16].

Зменшення вмісту вуглекислого газу в крові в початковий період перебування на висоті викликає лужний зсув кислотно-основної рівноваги (КОР). Для запобігання зсуву КОР необхідно зменшити вміст бікарбонату в крові, що й відбувається завдяки виведенню його надлишку з організму нирками. Зниження залужування сприяє подальшому збільшенню легеневої вентиляції. У результаті зменшення вмісту вуглекислого газу й бікарбонату в крові зменшується ємність бікарбонатного буфера і, як наслідок, знижується працездатність під час виконання фізичного навантаження, в енергетичному забезпеченні якої задіяний анаеробний гліколіз. Концентрація лактату в крові при виконанні стандартної роботи в міру акліматизації до висоти знижується. МСК, знижене на початку перебування на висоті, дещо підвищується (залишаючись нижче "рівнинного" рівня) в наступні кілька тижнів [8, 16].

Адаптація системи крові й кровообігу. Нестача кисню в умовах високогір'я стимулює виділення еритропоетину – гормону, що сприяє утворенню еритроцитів. Концентрація еритропоетину підвищується вже через 3 години після підйому в гори і досягає максимальних значень через 1-2 дні. Істинне збільшення кількості еритроцитів у крові стає помітним вже через 3-4 дні перебування на висоті.

При тривалому (6-тижневому) перебуванні на висоті показник гематокриту в жителів рівнини може збільшитись до 59%. Концентрація гемоглобіну також збільшується при перебуванні на висоті, хоча й повільніше, ніж концентрація еритроцитів. Ступінь збільшення концентрації еритроцитів і гемоглобіну залежить від висоти: в середньогір'ї (до 2500 м) вона невисока. На кожні 300 м збільшення висоти концентрація гемоглобіну в крові збільшується приблизно на 2% [7, 10, 16].

Через кілька годин після перебування в горах обсяг плазми виявляється зменшеним через респіраторні втрати й невідчутну перспірацію. З часом обсяг плазми відновлюється до вихідного рівня. У середньогір'ї цей процес займає кілька місяців. Нормальний обсяг плазми в поєднанні зі збільшеним вмістом еритроцитів означає збільшення загального об'єму крові. Ці зміни сприяють поліпшенню кисневотранспортної функції крові.

У початковий період перебування на висоті ХОК при стандартній роботі є вищим, ніж на рівні моря. Потім він поступово знижується до рівня, характерного для умов рівнини. Зниження ХОК відбувається в міру збільшення кисневої ємності крові, пов'язаної з підвищенням концентрації гемоглобіну. Частота серцевих скорочень у процесі виконання стандартної роботи також поступово знижується до рівнинного рівня. В акліматизованих до висоти людей периферійний опір судин знижений. Причиною розширення периферійних судин є гіпоксія. Розширення судин мінімізує навантаження на серце, пов'язане зі збільшенням об'єму циркулюючої крові й підвищенням її в'язкості. Максимальні показники ХОК, систолічного об'єму і ЧСС залишаються зниженими.

Адаптація м'язової системи. Під час перебування у високогір'ї відбуваються значні зміни в м'язах. Протягом 4–6 тижнів перебування в умовах

гострої гіпоксії у м'язах ніг відбувається зменшення площі поперечного перетину м'язових волокон обох типів на 20-25%. Одночасно збільшується кількість капілярів на одиницю площі м'язового зрізу [14]. Причому це збільшення менше, ніж зменшення перетину м'язових волокон. Активність ферментів енергетичного обміну за 4-6 тижнів перебування на висоті знижується. Більш виражене зниження ферментів анаеробного обміну, ніж мітохондріальних ферментів аеробного обміну. Зменшення поперечника м'язових волокон може бути пов'язане зі зневодненням. Відомо, що тривале перебування на висоті супроводжується зменшенням апетиту та зниженням маси тіла. Останнє значно перевищує втрати рідини. Тому однією з причин зменшення перетину м'язових волокон і зниження активності ферментів при тривалому перебуванні на великій висоті можуть бути зміни білкового обміну, пов'язані з утратою апетиту [11, 12]. Таким чином, у людини після 4-6-тижневого перебування на великій висоті, крім значного зниження кількості кисню, який доставляється до м'язів, власний енергетичний потенціал м'язів також помітно знижується.

2.1.2. Виконання фізичної роботи в середньогір'ї

Виникає питання, чи можуть адаптивні зміни в організмі, що відбуваються за умови перебування на висоті, сприяти підвищенню фізичної працездатності на рівнині? Результати більшості досліджень негативні. У кількох дослідженнях брали участь спортсмени низької кваліфікації. У них після тренування в середньогір'ї, тобто на висоті до 2500 м, зареєстровано поліпшення спортивного результату на рівнині. Тому важко відокремити ефект тренування в середньогір'ї від власне тренувального ефекту, який на початкових стадіях систематичних занять спортом дуже високий [13,14]. Зіставити ефект тренування на рівнині і в горах дуже важко: складно порівняти умови тренування. Витривалість до навантажень у горах менша, ніж на рівнині. Є проблеми, пов'язані зі зневодненням і втратою апетиту. Тому проблема поки залишається не вирішеною. Водночас очевидні позитивні зміни, що виникають на висоті для забезпечення роботи на витривалість. Це насамперед гіпоксичні

умови функціонування м'язової системи, які вважаються неодмінною умовою адаптивних структурно-функціональних змін у м'язах, що виникають у результаті тренування. Крім того, при перебуванні на висоті відбувається збільшення кисневотранспортних можливостей організму (кисневої ємності крові) [12, 13, 14].

Є ще одне дуже важливе практичне питання, що полягає в тому, як слід готуватися до змагань, що проводяться в умовах середньогір'я? Можливі два рішення цього питання. Перше полягає в тому, щоб не чекати розвитку пов'язаних з підйомом на висоту несприятливих змін в організмі (таких, як зневоднення, розлади сну) і брати участь у змаганнях у першу добу після прибуття. Друге рішення – це проходження акліматизації, яка повинна тривати не менше 2 тижнів. Слід мати на увазі, що вказаний термін не достатній для повної акліматизації, оскільки для неї залежно від висоти необхідно 4–6 тижнів. Межі висоти підйому, що забезпечує ефективну акліматизацію, – від 1500 до 3000 м. Зі збільшенням висоти в зазначених межах ефективність адаптивних змін в організмі збільшується. Оскільки в перші дні життя в горах працездатність значно знижена, тренувальні навантаження в цей період повинні становити 60-70% від звичайних. У наступні 10-14 днів навантаження слід довести до звичайного для спортсмена рівня. Одним з основних факторів, який впливає на тренування на висоті, є гіпоксія, пов'язана з низьким вмістом кисню у вдихуваному повітрі. Логічно припустити, що короткі періоди (1-2 години на день) дихання газовою сумішшю зі зниженим вмістом кисню сприятимуть розвитку адаптивних змін, характерних для тренування на висоті [12].

ВИСНОВКИ

1. Температура ядра під час м'язової роботи підвищується залежно від відносної потужності виконуваної роботи.

2. Збільшення температури працюючих м'язів сприяє підвищенню ефективності метаболічних процесів, які відбуваються в них і поліпшенню скорочувальних властивостей.

3. Під час фізичної роботи в умовах підвищеної температури в результаті розширення шкірних судин куди скерована значна кількість крові і кровопостачання працюючих м'язів зменшується, що призводить до зниження витривалості.

4. Інтенсивність фізичних вправ в умовах підвищеної температури спочатку слід знизити до 60 – 70% від звичайної, а потім поступово довести до необхідного рівня.

5. Виконання фізичних вправ при зниженій, але не мінусовій, температурі краще порівняно з умовами підвищеної температури, оскільки покращує умови тепловіддачі.

6. Охолодження м'язів супроводжується зниженням їхніх скорочувальних і швидкісних властивостей, що призводить до швидкого розвитку втоми і знижує інтенсивність роботи.

7. Основні зміни, що відбуваються при тривалому перебуванні в зоні зниженого атмосферного тиску, можна розділити на дві категорії: посилення транспорту кисню до тканин і посилення ефективності його використання в тканинах для отримання енергії аеробним шляхом.

8. У стані спокою і під час стандартної аеробної роботи ЧСС у перші дні перебування в зоні зниженого атмосферного тиску вища, ніж на рівні моря.

9. Тренувальні навантаження в перші дні перебування в зоні зниженого атмосферного тиску повинні становити 60–70% від звичайних, а в наступні 10–14 днів – поступово підвищуються до вихідного показника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Апанасенко Г. Л. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. – СПб. : МГП "Петрополис", 1992. – 123 с.
2. Апанасенко Г. Л., Науменко Р. Г. Физическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида // Теория и практика физической культуры. – 1988. – №4. – С. 30–31.
3. Виру А. А. Изменения белкового обмена в процессах адаптации // Физиологические проблемы адаптации. – Тарту : Минвуз СССР, 1984. – С. 13–18.
4. Волков Н. И., Несен Э. Н., Осипенко А. А., Корсун С. Н. Биохимия мышечной деятельности. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 504 с.
5. Гольник Ф.Д., Германсен Л. Биохимическая адаптация к упражнениям : Анаэробный метаболизм // Наука и спорт. – М. : Прогресс, 1982. – С. 14–59.
6. Зотов В. П. Восстановление работоспособности в спорте. – К. : Здоровье, 1990. – 200 с.
7. Иванов К. П. Основы энергетики организма. – Л. : Наука, 1990. – 307 с.
8. Коц Я. М. Физиология мышечной деятельности. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 347 с.
9. Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсменов. – К. : Здоров'я, 1990. – 200 с.
10. Меерсон Ф. З. Основные механизмы индивидуальной адаптации // Физиология адаптационных процессов. – М. : Наука, 1986. – С. 10–76.
11. Метаболизм в процессе физической деятельности / Под ред. М. Харгривса. – Киев : Олимпийская литература, 1998. – 288 с.
12. Моногаров В. Д. Генез утомления при напряженной мышечной деятельности // Наука в олимпийском спорте. – 1994, 1. – С. 47–58.
13. Платонов В. Н. Адаптация в спорте. – К. : Здоров'я, 1988. – 216 с.
14. Пшенникова М. Г. Адаптация к физическим нагрузкам // Физиология адаптационных процессов. – М. : Наука, 1986. – С. 124–221.
15. Рогозкин В. А. Биохимическая диагностика в спорте. – Л. : Наука, 1988. – 50 с.

16. Тхоревский В. И. Физиология человека. – М. : Физкультура, образование и наука, 2001. – 492 с.
17. Хмелевский Ю. В., Усатенко О. К. Основные биохимические константы человека в норме и при патологии. – Киев : Здоров'я, 1984. – 120 с.
18. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. – М. : Мир, 1988. –
19. 568 с.
20. Яковлев Н. Н. Химия движения: Молекулярные основы мышечной деятельности. – Л. : Наука, 1983. – 192 с.