

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ

Кафедра медичної біології та спортивної дієтології

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи

з дисципліни «Адаптація функціональних систем спортсменів у легкій атлетиці»

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 017 Фізична культура і спорт,
освітньо-професійна програма: Система підготовки спортсменів у
легкій атлетиці

Київ, 2025

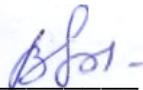
Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Адаптація функціональних систем спортсменів у легкій атлетиці» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 017 Фізична культура і спорт, освітньо-професійна програма: Система підготовки спортсменів у легкій атлетиці / упоряд. М. М. Філіппов, В. М. Ільїн, Ю. К. Хмельницька. – Київ. : НУФВСУ, 2025. – 48 с.

Рецензенти:


Лук'янцева Г. В. – професор, доктор біологічних наук, професор кафедри медичної біології та спортивної дієтології Національного університету фізичного виховання і спорту України.

Портниченко В. І. - доктор медичних наук, завідувач відділу патофізіології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України.

Затверджено на засіданні кафедри медичної біології та спортивної дієтології: протокол № 10 від 21 січня 2025р.

Завідувач кафедри  д. мед. наук, проф. Вікторія ПАСТУХОВА

Затверджено на засіданні вченої ради Навчально-наукового інституту здоров'я, реабілітації та фізичного виховання: протокол №5 від 27 січня 2025р.

Директор Інституту  д. фіз. вих., проф. Оксана МАРЧЕНКО

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АДАПТАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ СПОРТСМЕНІВ У
ЛЕГКІЙ АТЛЕТИЦІ»

Кількість кредитів ЄКТС.

Обсяг дисципліни складає 3 кредити ЄКТС (90 годин).

Опис дисципліни. Дисципліна «Адаптація функціональних систем спортсменів у легкій атлетиці» спрямована на формування визначених освітньо-професійною програмою професійних компетентностей, здатностей до застосування у професійній діяльності теоретичних знань основних біологічних характеристик функціонування та адаптації фізіологічних систем організму, їх змін при впливі на організм факторів зовнішнього середовища, внутрішніх зрушень, фізичних навантажень та особливостей їх функціонування у спортсменів-легкоатлетів різних спеціалізацій, а також фізіологічних критеріїв, механізмів і закономірностей адаптації різних систем організму до фізичних навантажень, засвоєнь вмінь і навичок фізіологічного контролю функціонального стану цих систем при заняттях легкою атлетикою.

Мета навчальної дисципліни - формування у здобувачів вищої освіти сучасних уявлень про особливості життєдіяльності різних функціональних систем у спортсменів-легкоатлетів; фізіологічні критерії, механізми і закономірності систем організму до фізичних навантажень; засвоєння вмінь і навичок педагогічного, біологічного та біохімічного контролю функціонального стану організму спортсменів при заняттях різними видами легкоатлетичних дисциплін.

Перелік компетентностей, які формуються під час вивчення навчальної дисципліни «Адаптація функціональних систем спортсменів у легкій атлетиці» відповідно до стандарту другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 017 Фізична культура і спорт:

Шифр	Компетентності
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері фізичної культури і спорту.
Спеціальні (фахові, предметні) компетентності	
СК7	Здатність планувати, організовувати та здійснювати самостійні наукові дослідження з проблем фізичної культури і спорту.
СК8	Здатність впроваджувати у практичну діяльність результати наукових досліджень, спрямованих на вирішення прикладних завдань у сфері фізичної культури і спорту.

Розподіл годин по видам занять.

Обсяг навчальної дисципліни – 3 кредити ЄКТС, які розподіляються у годинах:

Форми навчання	Види навчальних занять				Самостійна робота	Разом
	лекції	лабораторні	практичні	семінарські		
Денна	12		12		66	90

Статус навчальної дисципліни: вибіркова.

Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Успішне опанування такими навчальними дисциплінами:

на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти: «Біохімія», «Анатомія», «Фізіологія людини», «Фізіологія рухової активності і спорту».

Програма навчальної дисципліни.

Тематичний план навчальної дисципліни

Номер і назва теми	Кількість годин			
	Усього	Лекцій	Практ.	Сам. роб.
Тема 1. Функціональні особливості легкоатлетів. Динаміка адаптаційних змін в організмі спортсмена.	24	4	4	16
Тема 2. Функціональні реакції легкоатлетів при навантаженнях в зонах різної потужності.	26	4	4	18
Тема 3. Особливості функцій організму легкоатлеток.	16	2	2	12
Тема 4. Особливості реагування організму легкоатлетів на зміни зовнішнього середовища.	18	2	2	14
Тема 5. Дисинхронізація фізіологічних функцій при швидкому переміщенні через часові пояси.	6			6
Усього годин	90	12	12	66

Зміст навчальної дисципліни за темами

Тема 1. Функціональні особливості легкоатлетів. Динаміка адаптаційних змін в організмі спортсмена.

Функціональні можливості бігуна в процесі тренування. Характеристика спортсменів-легкоатлетів різної конституції, середні показники маси і зросту.

Зміни загального стану нервової системи на всіх її рівнях: сили, рухливості та врівноваженості нервових процесів, збудження і гальмування, психічних функцій (стабільність уваги, сприйняття, пам'яті) в залежності від рівня фізичної підготовленості спортсменів в легкій атлетиці.

Перебудови в системі крові: викид у кров гормонів щитоподібної залози, надниркових залоз, підшлункової залози, які обумовлюють розпад глікогену до глюкози, білків до амінокислот, жирів до жирних кислот і гліцерину. Механізми забезпечення енергетичного дефіциту, який виникає в процесі тренування. Значення адреналіну і глюкокортикоїдних гормонів в адаптації до повторного фізичного навантаження. Киснево- зв'язувальні властивості крові.

Розвиток серцевого м'яза і судин. Скоротливість м'язів і їх вплив на кровоносні судини та їх еластичність. Економізація серцевої діяльності при заняттях легкою атлетикою.

Максимальне споживання кисню (МСК) як функціональний показник аеробної працездатності. Кисневий борг (КБ) як характеристика анаеробних енергопроцесів. Кисневий запит (КЗ) на роботу та його компоненти.

Особливості терморегуляції організму під час короткочасних і тривалих фізичних навантажень легкоатлетичними вправами. Вплив порушень терморегуляції на зниження працездатності.

Водний баланс: рівновага між втратами рідини під час забігу, зокрема, за рахунок потовиділення і компенсації цих витрат, споживанням рідини. Вплив погодних умов на терморегуляцію і водний баланс організму легкоатлетів.

Особливості і поточний стан основних працюючих м'язових груп у легкоатлетів. Швидкі (фазичні) і повільні (тонічні) м'язові волокна. Вплив втоми на метаболічні порушення трофічних процесів в м'язах. Особливості розслаблення м'язів під час ввідновлення. М'язова гіпертрофія - позитивні і негативні наслідки. Ефект суперкомпенсації запасів креатинфосфату після короткочасної роботи субмаксимальної і максимальної потужності. Стан «забитості» м'язів внаслідок впливу неадекватних навантажень.

Особливості розвитку втоми і характеристика відновлення енергетичних процесів у легкоатлетів.

Значення акліматизації до несприятливих погодних умов.

Динаміка адаптаційних змін в організмі спортсмена. Основні закономірності адаптації організму спортсменів до тренувальних і змагальних навантажень.

Тема 2. Функціональні реакції легкоатлетів при навантаженнях в зонах різної потужності

Робота в зоні максимальної потужності: неможливість дихальної і серцево-судинної систем забезпечувати задоволення КЗ. Механізми енергоутворення та виникнення КБ (його компоненти). Особливості відновлення.

Робота субмаксимальної потужності: значення розвитку як анаеробних, так і аеробних здібностей. Особливості досягнення МСК. Вплив роботи субмаксимальної потужності на систему крові: підвищення концентрації еритроцитів, гемоглобіну, лейкоцитів.

Робота великої потужності: основні аеробні джерела енергообміну, МСК та поріг анаеробного обміну (ПАНО). Квазістійкий стан при роботі великої потужності. Мобілізація діяльності дихальної і серцево-судинної систем. Особливості терморегуляції (потовиділення та тепловіддача). Стан «мертвої точки». Особливості стомлення і відновлення.

Робота в зоні помірної потужності: сумарний кисневий запит на роботу, стабільний стійкий стан, ефективність кардіореспіраторної системи, температурний режим та зв'язане з цим потовиділення. Особливості розвитку гіпоксії навантаження, її вплив на роботу нервових центрів і рухового апарату.

Особливості марафонського бігу: збільшення кількості еритроцитів і лейкоцитів, зміни процесів терморегуляції (дисбаланс процесів теплоутворення і тепловіддачі), пригнічення діяльності центральної нервової системи, зниження активності ферментативних систем. Механізм стомлення, граничне гальмування нервових центрів, розлад координації діяльності

рухового апарату і вегетативних функцій. Особливості відновлення організму марафонця.

Добові забіги і багатоденні пробіги: понадтривалі, понадлюдські бігові напруження, вихід за рамки біологічного циклу – добового чергування фази неспання і сну. Значення психічних якостей.

Тема 3. Особливості функцій організму легкоатлеток.

Анатомо-фізіологічні особливості жіночого організму, закономірності адаптації різних його систем до фізичних навантажень, біологічні аспекти організації спортивної підготовки тощо. Динаміка прояву якостей відповідно до фаз менструального циклу (МЦ). Його порушення у разі надмірного фізичного навантаження або перетренованості. Ефективність нормування тренувальних і змагальних навантажень легкоатлеток на різних етапах багаторічної підготовки з урахуванням фаз МЦ.

Тема 4. Особливості реагування організму легкоатлетів на зміни зовнішнього середовища

Фізіологічні процеси у легкоатлетів у горах: вплив падіння атмосферного тиску на зміни режиму масопереносу респіраторних газів в організмі (зменшення економічності систем зовнішнього дихання і кровообігу), недостатність оксигенації крові, напруженість адаптаційних механізмів. Функціональні зміни в організмі під час фізичних навантажень. Тренувальний ефект трьохтижневого перебування легкоатлетів в горах: зниження метаболічних зрушень у крові, зростання вмісту гемоглобіну, кількісне збільшення сироватки крові, а також потужності її буферних систем, зменшення прояву гіпоксії навантаження при стандартній роботі. Позитивний адаптаційний ефект тренування в горах після повернення на рівнину.

Десинхронізація циркадних ритмів і її зв'язок з функціональним станом організму. Зміни стану організму під впливом трансконтинентальних перельотів: погіршення самопочуття, стомленість, бажання спати вдень.

Перельоти зі сходу на захід: невідповідність внутрішнього "годинника" організму людини місцевому часу. Порушення реакцій організму на фізичні і розумові навантаження, зміни працездатності. Тривалість адаптаційних процесів синхронізації біологічного часу з місцевим, астрономічним.

Завдання для самостійної роботи (години)

Функціональні особливості організму легкоатлетів в залежності від довжини дистанції.	2
Адаптація ЦНС у легкоатлетів до фізичних навантажень.	4
Зміни у системі крові при адаптації до фізичних навантажень	4
Особливості функціонування центральних і периферійних відділів системи кровообігу у легкоатлетів при бігу, стрибках і метаннях.	4
Характеристика механізмів досягнення МСК. Компоненти кисневої вартості роботи. Кисневий запит та його задовільнення в залежності від тривалості навантаження.	4
Аеробне та анаеробне енергозабезпечення м'язової роботи. Кисневий борг. Довільні режими зовнішнього дихання спортсменів.	6
Гіпоксія, її позитивні та негативні впливи на організм людини. Гіпоксія навантаження. Гіпоксичні та гіпероксичні стимули, що підвищують спортивну працездатність.	4
Характеристика морфологічних та функціональних особливостей м'язів у спринтерів і стаєрів. Пояснити феномен «забитості м'язів».	4
Фізіологічні і біохімічні обґрунтування розвитку втоми і процесів відновлення після фізичних навантажень. Стан «суперкомпенсації».	4
Обґрунтування функціональних реакцій легкоатлетів при виконанні роботи в зонах максимальної і субмаксимальної потужності.	4
Обґрунтування функціональних реакцій легкоатлетів при виконанні роботи в зонах великої і помірної потужності.	4
Вплив надтривалого марафонського бігу на організм.	4
Визначити: Чому у спортсменок прояви якості витривалості, швидкості і сили мають підйоми і спади відповідно до фаз МЦ? Фактори, які впливають на порушення МЦ у легкоатлеток.	6
Фізіологічні механізми пристосування організму до нестачі кисню в умовах зниженого атмосферного тиску. Фактори, що сприяють акліматизації в горах. Зміни працездатності у спортсменів в період реадптації після повернення з гір.	6

Вплив переміщення через велику кількість часових поясів на зміни функціонального стану організму спортсменів. Терміни акліматизації та профілактичні заходи.	
Усього годин	66

Очікувані результати навчання з дисципліни:

використання теоретичних знань щодо механізмів адаптації систем дихання та серцево-судинної до фізичних навантажень у спортсменів вищих досягнень, засвоєння основних раціональних підходів до визначення стану адаптації організму до фізичних навантажень, використання інформативних показників з метою оцінки працездатності і прискорення відновлювальних процесів завдяки:

знанням: теоретичних основ фізіологічних процесів адаптації систем організму спортсменів-легкоатлетів до фізичних навантажень, формування та накопичування функціональних резервів; функціональної організації систем організму, механізмів їх удосконалення; застосування різних методів оцінки і прогнозування стану кардіо-респіраторної системи організму спортсменів;

умінням: визначати інформативність показників, що свідчать про особливості адаптації спортсмена; коректно інтерпретувати одержуваний експериментально матеріал по вивченню процесів адаптації фізіологічних систем у спортсменів; робити правильні висновки і рекомендації з корекції процесів адаптації цих систем, визначати рівень функціональних резервів відносно легкоатлетичної спеціалізації.

Перелік програмних результатів навчання, яких магістри досягають в процесі вивчення навчальної дисципліни «Адаптація функціональних систем спортсменів у легкій атлетиці» відповідно до стандарту другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 017 Фізична культура і спорт:

Шифр	Програмні результати навчання
ПРН10	Планувати і виконувати наукові дослідження у сфері фізичної культури і спорту, висувати і перевіряти гіпотези, обирати методи та інструменти, обґрунтовувати висновки, презентувати результати.

Порядок оцінювання результатів навчання з дисципліни

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни формується з урахуванням результатів поточного контролю та заліку.

Протягом семестру здобувач вищої освіти може отримати максимальну кількість балів – 100 як суму балів за результатами поточного контролю на практичних (семінарських, лабораторних) заняттях та під час консультацій науково-педагогічних працівників з тем, на які не передбачено аудиторних годин.

Використовуються такі форми поточного контролю та розподіл балів, які може отримати здобувач вищої освіти за тему:

Номер і назва теми практичних занять	Засоби оцінювання	Кількість балів за тему
Тема1. Функціональні особливості легкоатлетів. Динаміка адаптаційних змін в організмі спортсмена.	Поточний контроль	20
Тема 2. Функціональні реакції легкоатлетів при навантаженнях в зонах різної потужності.	Поточний контроль, реферат	30
Тема 3. Особливості функцій організму легкоатлеток.	Поточний контроль, реферат	20

Тема 4. Особливості реагування організму легкоатлетів на зміни зовнішнього середовища	Реферат, доповіді та презентації на задану тему та їх обговорення.	16
Тема5. Дисинхронізація фізіологічних функцій при швидкому переміщенні через часові пояси.	Поточний контроль Контрольна робота	14
Усього балів:		100

Викладач під час завершення лекції з теми дисципліни знайомить здобувачів вищої освіти з відповідними завданнями для самостійної роботи та темами практичних занять.

Перед початком практичного заняття науково-педагогічний працівник ознайомлює здобувачів вищої освіти із формами поточного контролю, які будуть застосовуватись, і кількістю балів, які вони можуть отримати. Після завершення заняття кожному здобувачу вищої освіти оголошується кількість отриманих ним балів.

Здобувач вищої освіти, який протягом семестру отримав менше 34 балів, до заліку не допускається, і має можливість в установленому порядку пройти повторне вивчення цієї дисципліни.

Заліки проводяться у порядку, визначеному у Положенні про організацію освітнього процесу в університеті.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЛЕКЦІЙ

1. Функціональні особливості легкоатлетів

Для науково обґрунтованої організації тренувального процесу важливо знати функціональні характеристики прояву технічної підготовленості легкоатлета, те, як його фізичні якості забезпечуються конкретними фізіологічними процесами.

ЦНС

Біг поліпшує кровопостачання мозку, загальний стан нервової системи на всіх її рівнях: підвищується сила, рухливість і врівноваженість нервових процесів, нормалізуються процеси збудження і гальмування, що становлять основу фізіологічної діяльності мозку.

Легкоатлетичні тренування різнобічний впливають на психічні функції, забезпечуючи їх активність і стійкість. Установлено, що стабільність уваги, сприйняття, пам'яті перебуває в прямій залежності від рівня різнобічної фізичної підготовленості.

Основною властивістю нервової системи, яку потрібно враховувати під час відбору бігунів, є врівноваженість. Вважається, що чим довша дистанція, тим менші вимоги висуваються до сили нервових процесів, а більше – до врівноваженості.

Система крові

Під час бігу відбувається викид у кров гормонів щитоподібної залози, надниркових залоз, підшлункової залози, які обумовлюють розпад глікогену до глюкози, білків до амінокислот, жирів до жирних кислот і гліцерину. Такий «робочий» катаболізм покликаний забезпечити організм якомога більшою кількістю енергетичних субстратів для компенсації того енергетичного дефіциту, який виникає в процесі тренування.

Після закінчення бігу знижується вміст у крові гормонів щитоподібної залози, надниркових залоз, збільшується вміст інсуліну, який у сукупності з соматотропіном і статевими гормонами призводить до значного посилення

анаболізму і причнічення катаболізму. М'язова тканина, печінка, серцевий м'яз починають накопичувати білкові структури, вуглеводи (глікоген) і в деякій мірі жири. Якщо кількість соматотропного гормону досить велике, то викид інсуліну сприяє переважно синтезу білка. Якщо ж кількість соматотропіну недостатня, то інсулін вступає на «жировий шлях» і може призвести до посилення синтезу жирових молекул.

Зі зростанням тренуваності організм пристосовується до навантажень таким чином, що збільшується не викид гормонів, а викид внутрішньоклітинних посередників гормонального сигналу, які підвищують чутливість клітин до гормонів.

У відповідь на фізичне навантаження в кров викидається велика кількість адреналіну і глюкокортикоїдних гормонів. Адреналін вибірково підвищує проникність клітинних мембран для глюкози як швидкого палива для клітин, що різко підвищує витривалість, а глюкокортикоїди, в першу чергу кортизол, активують розпад глікогену до глюкози, сприяють перетворенню в печінці жирних кислот, амінокислот і молочної кислоти на глюкозу.

Регулярне легкоатлетичне тренування призводить до поступової гіпертрофії надниркових залоз, які збільшуються в розмірах. Ніякі інші залози внутрішньої секреції не зазнають такої робочий гіпертрофії, як надниркові, що свідчить про особливу їх роль в адаптації до повторного фізичного навантаження.

Система кровообігу

Серцево-судинна система позитивно реагує саме на навантаження середньої (30–60 хв) тривалості. Заняття на силових тренажерах або зі штангою (гантелями) добре розвивають скелетну мускулатуру, при цьому абсолютно не стимулюючи розвиток серцевого м'яза і судин. У свою чергу, біг вважають одним із кращих способів відновлення і підтримання серцево-судинної системи на належному рівні. У процесі бігу скорочується практично вся скелетна мускулатура. Скорочуючись, м'язи стискають кровonosні судини, підвищуючи їх еластичність. Піднімаючись по венах ніг, кров

рухається проти сили земного тяжіння, і сили одних серцевих скорочень недостатньо, щоб прокачувати кров по всьому великому колу кровообігу. Скорочуючись, м'язи ніг стискають вени, проштовхуючи кров угору, активно працююча діафрагма виступає в ролі насоса. Під час бігу людина постійно долає земне тяжіння, і за рахунок цього кров у капілярах теж розгойдується вгору–вниз. При цьому кров починає активно циркулювати і по раніше незадіяних капілярах. Під час бігу кількість використовуваних капілярів багаторазово збільшується, що позитивно позначається не тільки на інтенсивності тканинного метаболізму, а й на функціонуванні серцево-судинної системи і на всьому організмі.

При регулярних легкоатлетичних заняттях тренується один із найважливіших м'язів організму – серцевий м'яз. У легкоатлетів у стані спокою зменшується кількість серцевих скорочень, серце починає працювати в більш економному режимі, відбувається природне зменшення кров'яного тиску.

Таким чином, легкоатлетичні заняття за умови регулярних тренувань і підбору індивідуального адекватного навантаження позитивно впливають на функціонування серцево-судинної системи.

Система зовнішнього дихання

Під час виконання легкоатлетичних вправ посилюється легенева вентиляція і тканини організму отримують необхідну кількість кисню, а з організму виводиться вуглекислий газ. При цьому газообмін може зростати в середньому в 15–20 разів.

Таким чином, постійні заняття бігом сприяють адаптації тканин до гіпоксії (нестачі кисню), підвищують здатність клітин тіла до інтенсивної роботи на тлі нестачі кисню.

У стані спокою кисневий запит у середньому дорівнює $200\text{--}300\text{ мл}\cdot\text{хв}^{-1}$, під час бігу на 5 км він збільшується в 20 разів, до $6000\text{--}7000\text{ мл}\cdot\text{хв}^{-1}$. При цьому максимальне споживання кисню (МСК) становить близько $5,5\text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$. Отже, в організмі кожної хви виникає киснева недостатність, рівна 1,7 л

кисню. МСК залежить від стану серцево-судинної і дихальної систем, кисневої ємності крові, активності перебігу процесів обміну речовин та інших факторів. У спортсменів-бігунів високої кваліфікації мітохондрії успішно утилізують кетонові тіла (продукти недоокислених жирних кислот), які в звичайних умовах утилізуються дуже погано.

Співвідношення аеробних і анаеробних процесів

Основні характеристики енергосистем в бігу наступні. Після старту м'язи починають витрачати АТФ, накопичений у м'язових волокнах, а потім АТФ утворюється завдяки креатинфосфату (КрФ), який містить одну молекулу креатину і одну молекулу фосфату. Унаслідок розриву цього зв'язку виділяється енергія, яка використовується для ресинтезу АТФ з АДФ і фосфату. Ця система називається анаеробною, оскільки в ресинтезі не бере участі кисень, і алактатною, тому що молочна кислота не утворюється. Кількість АТФ, яка може утворитися в цьому випадку (приблизно в чотири рази більша від запасу АТФ), обмежена, тому що запаси креатинфосфату в м'язових волокнах невеликі. Ця система не дуже важлива в марафоні, оскільки утвореної в ній кількості АТФ буде достатньо лише для проходження початку марафонської дистанції.

Потім включається анаеробна лактатна система – кисень не бере участі в реакції, але утворюється молочна кислота. Енергія для утворення АТФ надходить із молекул цукру, що розщеплюються. Ця реакція відома під назвою анаеробна гліколітична система.

Прийнято вважати, що м'яз вдається до анаеробної лактатної системи в тому випадку, коли інтенсивність виконуваної роботи така, що запит АТФ буде перевищувати кількість АТФ, що утворюється за рахунок аеробної системи. Анаеробна лактатна система важлива в бігу на дистанціях 400 м, 800 м і навіть – 1500 м. Однак вона важлива в певній мірі і для марафонського бігу.

На відміну від анаеробної, аеробна система потребує кисню і «палива», яким можуть бути сахари, жири і обмежена кількість білків. У результаті

біохімічної реакції між киснем і цим паливом утворюється енергія, необхідна для утворення АТФ. У цій системі реакції з глюкозою і жирними кислотами відбуваються за участю кисню У марафонському бігу (як і в бігу на дистанцію 10 000 м, напівмарафоні, спортивній ходьбі) результат спортсмена значно залежить від кількості кисню, що доставляється до м'язових волокон.

Терморегуляція

У процесі бігу у спортсмена підвищується температури тіла, але спеціальні системи організму дозволяють розсіювати тепло. Це явище називається температурним балансом. Невелике підвищення температури тіла, приблизно на 1 °С, сприяє поліпшенню спортивного результату. Однак температура тіла понад 40–41 °С може зашкодити здоров'ю спортсмена. Якщо не відбуватиметься тепловіддача, температура тіла буде прогресивно підвищуватися. Розрахунки свідчать, що протягом години в організмі людини утворюється приблизно 70 кКал тепла. При масі тіла 70 кг за рахунок цього тепла за одну годину тіло повинно було б нагрітися на 1 °С, тобто за три години – до 40 °С. У процесі бігу перегрівання настало б ще швидше, наприклад, на довгій дистанції витрачається 20 кКал енергії за 1 хв (20 % на рух, а залишок – на нагрівання тіла), тобто за 4 хв температура тіла може підвищитися на 1 °С, а за 12 хв – до 40 °С. Насправді такого швидкого нагрівання не відбувається, тому що підвищується тепловіддача. Вона здійснюється шляхом фізичних механізмів, насамперед за рахунок виділення поту і видалення тепла з організму в результаті перетворення поту в газоподібний стан (при утворенні 1 г пари організм втрачає 0,59 кКал тепла).

Водний баланс визначає рівновагу між втратами рідини під час забігу, зокрема, за рахунок потовиділення, і компенсації цих витрат, наприклад, споживанням рідини. У спортсменів, які не звикли до бігу у важких погодних умовах (висока температура навколишнього середовища, висока вологість повітря і гаряче сонце), знижується працездатність (тому вони біжать повільніше) навіть при втраті 2 % маси тіла (внаслідок потовиділення), що становить менше 1,5 кг для спортсмена з масою тіла 70 кг. У легкоатлетів

високого класу працездатність знижується лише після втрати 3 % маси тіла, тобто понад 2 л.

Спортсменам, які мають виступати в спекотних погодних умовах, слід пройти належну акліматизацію. Їм також необхідно навчитися вживати напої під час бігу на дистанції і при цьому вміти визначати, скільки рідини вони в змозі випити (адекватного напою, що містить невелику кількість мінеральних солей і не менше 5 % цукру).

М'язова система

Стан м'язів у легкоатлетів є одним із провідних факторів, що визначають як працездатність, так і успішність виступу в змаганнях. М'язи людини за своїм складом неоднорідні. Вони складаються з так званих швидких (фазичних) і повільних (тонічних) волокон. При цьому важливо відзначити, що ні при якій роботі не відбувається одночасного скорочення всіх м'язових волокон даного м'яза. Переважне скорочення тих чи інших волокон у м'язі відбувається автоматично під впливом наказів, що надходять із центральної нервової системи, і залежить від характеру виконуваної роботи. Інтенсивна (вибухова) робота, нетривала за часом, проводиться здебільшого за рахунок активного скорочення швидких волокон. При малоінтенсивній і тривалій роботі основне навантаження беруть на себе повільні волокна.

Встановлено, що у різних людей є генетично зумовлене різне співвідношення швидких і повільних волокон у кожному м'язі, яке істотно не змінюється ні протягом життя, ні під впливом тренувань, причому в одних людей може спостерігатися переважання повільних волокон (до 90 %), у інших, навпаки, швидких (до 80–85 %) в аналогічному м'язі. На початку занять спортом ні тренери, ні самі юні спортсмени не знають, яке у них співвідношення волокон, однак у процесі природного відбору з групи стаєрів відсіюються спортсмени з переважанням швидких волокон, а з групи спринтерів – з переважанням повільних.

При втомі, метаболічних порушеннях або погіршенні трофіки виснажуються запаси АТФ, сповільнюється зміна концентрації іонів кальцію,

що призводить до зниження працездатності, захворювань і травм. На ранніх етапах ці зміни для спортсмена і тренера відбуваються непомітно, але можуть бути зареєстровані в динаміці пружнов'язких властивостей м'язів, особливо в погіршенні здатності до розслаблення – найбільш ранньої і важливої ознаки зниження працездатності.

Дослідження показують, що чим вищою є спортивна форма атлета, особливо того, який спеціалізується в швидко-силових видах, тим краще розслабляються під час відпочинку його м'язи. В м'язі відбувається уповільнення метаболічних процесів, оскільки поверхня м'язової клітини, через яку відбувається обмін речовин, при гіпертрофії збільшується повільніше, ніж об'єм клітини. Таким чином, значна гіпертрофія незмінно призводить до сповільненого відновлення м'яза після роботи, погіршення якостей, як швидкості, так і витривалості, підвищення травматизму. До того ж розвиток сполучнотканинних утворень (зв'язки, сумки, сухожилки) відбувається значно повільніше, ніж збільшення м'язової маси, і підвищене навантаження на ці утворення, обумовлене збільшенням сили гіпертрофованих м'язів, є додатковим фактором травматизму.

Найважливішим фактором, що визначає стан і працездатність м'язів, безпосередньо пов'язаним з обміном речовин, є енергозабезпечення м'язової діяльності. Переважання того чи іншого типу енергозабезпечення залежить від спеціалізації легкоатлета і розвивається в процесі спортивного вдосконалення, маючи, однак, генетичні передумови, які можна розглядати як елемент спортивного таланту. Тип енергозабезпечення специфічної працездатності визначає особливості побудови тренувального процесу і системи відновлювальних заходів, спрямованих на підвищення енергетичного потенціалу м'язів.

Так, для легкоатлетів з алактатним механізмом постачання енергією (стрибунів, метальників) суперкомпенсація запасів креатинфосфату (Кф) більш успішно відбувається в тих випадках, коли після короткочасної роботи субмаксимальної і максимальної потужності йде 8–12-хвилинний період

роботи в аеробній зоні. Багаторазові повторні навантаження, пов'язані з використанням Кф, при зменшенні інтервалів роботи в аеробній зоні призводять до виснаження енергетичних запасів, розвитку дистрофічних змін, а потім і травм.

Для легкоатлетів з переважно гліколітичним енергозабезпеченням (бігуни на 200, 400 і 800 м) рекомендується робота під контролем показників лактату крові, причому тривалість роботи в змішаній і анаеробній зонах повинна бути тим коротшою, чим вищий рівень лактату. Це пов'язано з тим, що при роботі в цих зонах накопичується молочна кислота, яка закислює тканини і призводить до руйнування мітохондріально-внутрішньоклітинних утворень, що забезпечують тканинне дихання. Крім того, тривале підвищення рН крові і тканин веде до незворотних змін у м'язах, зв'язках і сухожилках.

Гліколітичне енергозабезпечення можливе лише за умови достатніх запасів основного джерела анаеробного окислення – глікогену, депонованого в печінці і м'язах, причому потужність і тривалість постачання енергією, а, отже, і виконуваної роботи тим більше, чим вищі запаси глікогену. На сьогодні встановлено, що найбільшого енергетичного потенціалу в гліколітичній зоні можна домогтися в тих випадках, коли після виснажливого тренування в змішаній або анаеробній зоні спортсмен отримує відразу після роботи до 150–200 г глюкози з достатньою кількістю рідини. Потім, залишаючись на дієті, багатій на вуглеводи, він протягом двох-трьох днів виконує роботу в аеробній зоні.

Найчастіше легкоатлети скаржаться на «забитість» м'язів. В основі цього синдрому лежить підвищення тонусу працюючих м'язів, пов'язане зі зниженням здатності до розслаблення й обумовлене зміною метаболізму і трофіки внаслідок впливу неадекватних навантажень. В цьому випадку рекомендують тимчасове переключення навантаження на інші групи м'язів, зниження інтенсивності роботи, теплові водні процедури й електропроцедури, плавання, відновлювальний масаж із зігріваючими мазями. Часто виникаюча

«забитість» м'язів може швидко привести до розвитку дистрофічних змін, зниження працездатності і травм.

Іноді у спортсменів виникає локальний біль у кінцівках, зазвичай під час тренування або незабаром після нього. Цей біль найчастіше спричинений травматизацією тканин (м'язів, зв'язок, сухожилків, судин) і вимагає проведення відповідного лікування. Грубою помилкою є прагнення спортсменів продовжувати тренування і «пересилити» біль, що нерідко призводить до розвитку хронічних захворювань опорно-рухового апарату, стійкого зниження працездатності.

Особливості втоми легкоатлетів

У процесі бігу в м'язах спортсменів відбувається вичерпання запасів енергетичних субстратів (АТФ, КФ, глікоген), накопичуються продукти розпаду (молочна кислота, кетонів тіла) і відзначаються різкі зрушення внутрішнього середовища організму. При цьому порушується регуляція процесів, пов'язаних з енергетичним забезпеченням м'язового скорочення, з'являються виражені зміни в діяльності систем легеневого дихання і кровообігу, тобто розвивається стомлення.

У стані стомлення у спортсмена-бігуна знижується концентрація АТФ також у нервових клітинах, різко зменшується синтез ацетилхоліну в синаптичних утвореннях, унаслідок чого порушується діяльність ЦНС щодо формування рухових імпульсів і передавачі їх до працюючих м'язів; сповільнюється швидкість переробки сигналів, що надходять від пропріо- і хеморецепторів; у моторних центрах розвивається охоронне гальмування.

Характер відновлення енергетичних процесів у легкоатлетів

Відомо, що відновні процеси протікають різночасно. Залежно від спрямованості біохімічних зрушень в організмі і часу, необхідного для їх повернення до вихідного стану, виділяють два типи відновних процесів – терміновий і відставлений. *Термінове відновлення* (перші 0,5–1,5 години після напруженої роботи) супроводжується усуненням накопичених продуктів анаеробного розпаду й оплатою боргу, що утворився.

Відставлене відновлення триває багато годин після роботи. Воно полягає в посиленні процесів пластичного обміну і реставрації порушеної під час вправи іонної і ендокринної рівноваги в організмі. У період відставленого відновлення завершується повернення до норми енергетичних запасів організму, посилюється синтез зруйнованих під час роботи структурних і ферментних білків.

Відновлення функцій після роботи характеризується особливостями, що визначають не лише процес відновлення, але і спадкоємний взаємозв'язок з попередньою і наступною роботою, ступінь готовності до повторної роботи. До таких особливостей відносять: нерівномірний перебіг відновних процесів; фазність відновлення м'язової працездатності; гетерохронність (неодночасність) і неоднакове відновлення різних вегетативних функцій, з одного боку, і м'язової працездатності – з іншого.

Повторні фізичні навантаження можуть вести до розвитку двох протилежних станів: якщо кожне наступне навантаження припадає на ту фазу відновлення, в якій організм досяг стану, що перевищує доробочий рівень, то розвивається стан тренуваності, зростають функціональні можливості організму. Якщо ж наступна робота виконується на тлі попереднього вихідного стану – тренувальний ефект виявляється незначним. А якщо організм не досяг вихідного стану, то нове навантаження викликає протилежний процес – хронічне виснаження. Поступове зникнення явищ стомлення, повернення функціонального статусу організму і його працездатності до доробочого рівня або перевищення останнього відповідає періоду відновлення. Тривалість цього періоду залежить від характеру і ступеня втоми, стану організму, особливостей його нервової системи, умов зовнішнього середовища. Залежно від поєднання перерахованих факторів відновлення протікає в різні терміни – від хвилин до декількох годин або діб (табл.1.).

Час, необхідний для завершення відновлення різних біохімічних процесів у період відпочинку після напруженої м'язової роботи

Процеси	Час відновлення
Відновлення O ₂ -запасів в організмі	10–15 с
Відновлення алактатних анаеробних резервів у м'язах	2–5 хв
Оплата алактатного O ₂ -боргу	3–5 хв
Усунення молочної кислоти	0,5–1,5 год
Оплата лактатного O ₂ -боргу	0,5–1,5 год
Ресинтез внутрішньом'язових запасів глікогену	12–48 год
Відновлення запасів глікогену в печінці	12–48 год
Посилення індуктивного синтезу ферментних і структурних білків	12–72 год

Інтенсивність перебігу відновних процесів і терміни поповнення енергетичних запасів організму залежать від інтенсивності їх витрачання під час виконання вправи (правило В. А. Енгельгарда). Повторні фізичні навантаження можуть вести до розвитку двох протилежних станів: якщо кожне наступне навантаження припадає на ту фазу відновлення, в якій організм досяг стану, що перевищує доробочий рівень, то розвивається стан тренуваності, зростають функціональні можливості організму. Інтенсифікація процесів відновлення призводить до того, що в певний момент відпочинку після роботи запаси енергетичних речовин перевищують їх доробочий рівень. Це явище отримало назву суперкомпенсації, або надвідновлення. Протяжність фази суперкомпенсації в часі залежить від загальної тривалості виконання роботи і глибини спричинених нею біохімічних зрушень в організмі.

Деякі рекомендації фізіологів легкоатлетам

Відомо, що ефективною є робота, яка обумовлює швидке збільшення частоти серцевих скорочень. Німецький фізіолог професор Reindell понад п'ятдесят років тому вивчав метод інтервального тренування. Типовим навантаженням був біг на відрізках 200 м з інтервалом в 45–90 с, що дозволяв ЧСС відновитися до рівня близько $120 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$. Щоб пояснити, які переваги цього методу тренування, він показав, що ЧСС збільшується дуже швидко під час пробігання першої половини дистанції 200 м, і це служить стимулом для збільшення ударного об'єму крові.

Далі було показано, що якщо повторний біг побудувати у вигляді бігу вгору на відрізках 60 і 100 м (ухил не менше ніж 15 %), що виконується майже з максимальною інтенсивністю, то ЧСС буде зростати значно швидше. Одне тренувальне заняття може включати кілька серій з 10 повторень. Інтервал між пробіжками має бути достатнім, щоб дозволити ЧСС зменшитися приблизно до $130\text{--}120 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Дистанція, яку обирають для такої роботи, не повинна бути занадто довгою, оскільки тривалість кожної пробіжки має бути меншою за 15 с, щоб уникнути утворення великої кількості молочної кислоти. Виконання такої роботи під час періоду спеціальної підготовки сприяє специфічному стимулюванню нервово-м'язової сфери.

Біг з поступово наростаючою швидкістю або біг у змінному темпі може також позитивно вплинути на швидкість споживання ліпідів до тих пір, поки більша частина робочого навантаження буде залишатися в межах вищезгаданого діапазону швидкостей. Біг у повільному темпі, що виконується перед такою вправою або в проміжку між такого типу вправами і після них, буде корисним, тому що він сприяє виснаженню запасів ліпідів (і глікогену) в м'язах. У разі, якщо спортсмени тільки починають тренування в марафонському бігу, збільшення аеробної потужності може бути досягнуто навіть за допомогою тривалого бігу з інтенсивністю, нижчою за 92 %. Із прогресом результатів спортсмена швидкість повинна збільшуватися.

2. Функціональні реакції легкоатлетів при навантаженнях в зонах різної потужності

Легкоатлетичний біг у зонах різної потужності висуває специфічні вимоги до організму спортсмена і його підготовленість значною мірою визначається тим рівнем функціональних відправлень, які доступні конкретному спортсмену. В силу цього функціональні зміни в організмі кваліфікованих легкоатлетів при біговому навантаженні в зонах різної потужності можуть служити тими кількісними показниками, на які слід орієнтуватися під час визначення підготовленості спортсменів.

Функціональні реакції легкоатлетів у зоні максимальної потужності (дистанції: від 100 до 400 м)

Витрата енергії під час бігу на 100 м становить 35 кКал, на 200 м – 70 кКал, на 400 м – 100 кКал. Якщо сумарна витрата енергії значна, то витрата енергії на 1 м дистанції, яку пробігає спринтер, найбільший порівняно з представниками інших циклічних видів легкої атлетики: при пробеганні дистанції 100 і 200 м її величина дорівнює 3 кКал, Робота в зоні максимальної потужності характеризується найбільшою швидкістю, доступною даному спортсмену. А оскільки потужність, яку розвиває спринтер велика, то інтенсивність розпаду енергетичних речовин в його організмі буде максимальною. При швидкісному бігу кисневий запит (КЗ) організму не задовольняється й утворюється значний кисневий борг (КБ). Так, під час бігу на 100 м у провідних спортсменів світу КЗ становить близько 8 л і більше. Якщо для порівняльного аналізу перерахувати його на 1 хв, то це буде близько 43–45 л, що майже в 150 разів перевищує середнє споживання кисню в спокої.

Природно, що КЗ такого великого значення не може бути задоволений під час такої роботи. Це обумовлено не тільки надмірною потребою організму в кисні, але і короткочасністю роботи, в ході якої дихальна та серцево-судинна системи не можуть так швидко вийти на свій робочий рівень.

Під час бігу на 100 м дихання спортсмена не тільки посилене, але спочатку навіть спостерігається його затримка. Стометрівку можна пробігти

практично на одному вдиху. Під час бігу дихання бігуна неглибоке і дещо прискорене порівняно зі станом спокою, хоча легенева вентиляція ледь досягає 10 л хв^{-1} . При роботі максимальної потужності ЧСС значно збільшується, вже на перших секундах роботи досягає близько $180 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ і на такому рівні утримується протягом всієї дистанції, підвищуючись на фініші до $200 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ і більше.

Систолічний артеріальний тиск (АТ) після пробіжки 100-метрової дистанції підвищується до 160–180 мм рт.ст.

Дихальна і серцево-судинна системи не забезпечують задоволення КЗ, необхідного для виконання спринтером роботи під час бігу на 100 м. Кисневий запит задовольняється лише після закінчення дистанції. Під час самої роботи виникає значний КБ, що досягає більше ніж 90 % величини КЗ.

Під час бігу на 200 м з результатом близько 21-ї секунди і середньою швидкістю $8,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ КЗ становить близько 12 л, споживання кисню – 1,3 л (~ 10 %), а КБ – 10 л (~ 10 %).

Відбувається розщеплення багатих на енергії сполук (АТФ і КФ), що містяться в м'язах, і ферментативний розпад вуглеводів (гліколіз), що закінчується утворенням молочної кислоти. Її вміст у крові після бігу на 100 м досягає 135 мг%, після 200-метрової дистанції – 200 мг%, після 400-метрової – 280 мг%.

Показником посилення анаеробних процесів є зміна дихального коефіцієнта (ДК), який визначається відношенням вуглекислого газу, що утворився в організмі, до поглиненого кисню. У спокої ДК дорівнює 0,8–0,9, після пробіжки короткої дистанції – досягає величини 2,0, а іноді і більше. Це явище пояснюється тим, що під час бігу в кров з м'язів надходить надлишок молочної кислоти, причому вона, як сильніша, витісняє з бікарбонатів слабшу – двоокис вуглецю, яка виводиться легеньми. Через деякий час після роботи, у відновному періоді, ДК знижується до рівня спокою і навіть менше. Це відбувається в силу того, що молочна кислота знову надходить у м'язи, де й окислюється. Утворений при цьому вуглекислий газ не весь видихається

через легені, а зв'язується основами крові, що звільняються від молочної кислоти.

Таким чином, енергозабезпечення організму на цих дистанціях відбувається переважно анаеробним шляхом, тобто без участі кисню. Але, досягнувши максимальної потужності в анаеробному режимі, робота не може тривати більше ніж 4 хв. Внаслідок накопичення КБ швидкість спортсмена неминуче знижується, а м'язи наповнюються молочною кислотою. Під час бігу тривалістю до 1 хв переважним механізмом утворення АТФ є гліколіз, відносний енергетичний внесок анаеробних механізмів приблизно 80 %, у той час як внесок аеробних механізмів не перевищує 20 %. Таким чином, зі збільшенням тривалості навантаження зменшується частка анаеробних механізмів і збільшується частка аеробного енергоутворення. Однак в умовах змагань спостерігається максимальне посилення функціонування всіх систем, що забезпечують спеціальну працездатність.

Успіх на цих дистанціях багато в чому залежить від кількості м'язових волокон, що швидко скорочуються. Цей фактор обумовлений генетично, а процентне співвідношення м'язових волокон, які швидко і повільно скорочуються, внаслідок тренувань не змінюється. На коротких дистанціях у тренуваннях головне значення має підвищення базової швидкості. Базова швидкість позначає той темп, який може розвинути атлет, а не той, який він може підтримати. Швидкість дорівнює частоті кроку, помноженій на його довжину. Якщо збільшується частота або довжина кроку (зберігаючи інший показник незмінним), біг автоматично стає швидшим. Обидва цих показники встановлюють межі максимальної швидкості. Чим більше у спортсмена м'язових волокон, які швидко скорочуються, тим швидше він може переставляти ноги. Спринт – це насамперед генетика. Так неймовірна природна обдарованість Усейна Болта дозволила йому на стометрівці розвинути швидкість близько 40 км на годину. На думку американського тренера і фахівця в спринті Лорена Сігроува приблизно одна третина його м'язів складається з супер-швидких м'язових клітин.

Зміни крові у спринтерів під час бігу в зоні максимальної потужності незначні. Відзначається деяке збільшення кількості лейкоцитів за рахунок лімфоцитів і підвищення вмісту еритроцитів завдяки рефлекторному викиду крові з депо гемоглобіну (печінка, селезінка). Під впливом продуктів анаеробного розпаду збільшується проникність клітинних мембран для білків, що призводить до збільшення їх вмісту в крові і сечі. При роботі в цій зоні потужності спостерігається також підвищення рівня небілкового азоту в крові, що є наслідком накопичення амінокислот, а також підвищення рівня аміаку (NH₃) і сечовини в крові.

Незважаючи на короткочасність такої роботи, вона все ж викликає стомлення, яке виражається в деякому погіршенні працездатності, що проявляється в зниженні швидкості бігу наприкінці дистанції порівняно зі швидкістю на її середній частині.

Основним чинником, що обумовлює стомлення на коротких дистанціях, є зміни, що відбуваються в центральній нервовій і нервово-м'язовій системах. При спринтерському бігу нервові центри посилають до м'язів імпульси вкрай високої сили і частоти. Відповідні імпульси від пропріорецепторів надходять у центральну нервову систему з такою ж високою частотою. Ці обставини з плином часу розвивають у нервових центрах явище гальмування – інтенсивність збудження в них знижується, вони виявляються не в змозі відтворювати колишню високу частоту імпульсів.

Повне відновлення після одноразового пробігання короткої дистанції спостерігається через 40–50 хв.

Функціональні реакції легкоатлетів у зоні субмаксимальної потужності

Робота субмаксимальної потужності пов'язана з бігом на середні дистанції. Її тривалість – від 40 с до 5 хв. Енергозабезпечення здійснюється за рахунок розпаду АТФ і КФ, а також розпаду гексофосфату. КЗ при подоланні середніх дистанцій непостійний і залежить від дистанції і швидкості бігу. Пробігання таких дистанцій вимагає від спортсмена в значній мірі розвитку як

анаеробних, так і аеробних здібностей. Дистанцію 800 м часто називають «затяжним спринтом». Атлет починає своєї біг в анаеробному режимі, поступово переходячи на кисневе дихання. І чим довшою є дистанція, тим більшу роль відіграють аеробні можливості спортсмена. При дистанції від 1500 м найбільше значення має показник МСК (максимальне споживання кисню) спортсмена. Чим вище МСК, тим вищою є здатність організму виробляти енергію аеробним шляхом. Чим більше енергії організм може виробляти аеробним шляхом, тим вища швидкість, яку він може підтримувати.

Витрата енергії під час бігу на середні дистанції така: сумарна витрата – на 800 м – 130 кКал, на 1500 м – 170 кКал, на 3000 м – 280 кКал і, відповідно, витрата на 1 м шляху – 1,6; 1,2 і 0,9 кКал.

Під час пробігання дистанції 800 м КЗ становить близько $14\text{--}15\text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$, а 1500 м – $9\text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$. У кваліфікованих спортсменів споживання кисню під час бігу на середні дистанції становить $3,5\text{--}5,5\text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$, тобто знаходиться на рівні МСК, яке досягається до кінця роботи. МСК підлягає зміні в ході тренувань, але в якийсь момент фізіологічне значення МСК у спортсмена доходить до його генетичної межі. У досвідчених бігунів незначне підвищення показника МСК є неймовірним прогресом. Тобто можна стверджувати що чим коротша дистанція, тим більше значення для спортсмена мають вроджені якості і природна обдарованість.

В результаті зазначених співвідношень між КЗ і споживанням кисню утворюється КБ, який досягає 70 % КЗ, а в абсолютних величинах становить 20–24 л. Великий КБ і біохімічні зрушення в крові при пробіганні середніх дистанцій вимагають, з одного боку, розвитку анаеробної продуктивності організму, стійкості його до несприятливих зрушень внутрішнього середовища, а з іншого – включення аеробних механізмів. Чим вище у спортсмена МСК, тим швидше включаються аеробні механізми енергозабезпечення, тим більша частина КЗ задовольняється під час бігу. КБ свідчить про накопичення в крові молочної кислоти, концентрація якої після пробігання 800 м становить близько 215 мг%, а після 1500 м – 165 мг%.

Накопичення лактату викликає підкислення крові – рН знижується до 7 і менше. Молочна кислота нейтралізується гідрокарбонатами крові, внаслідок чого лужний резерв знижується на 40–60 % вихідних значень. Під час бігу на середні дистанції в крові відбуваються не тільки порушення кислотно-основного стану, а й зміни клітинного складу – підвищується концентрація еритроцитів і лейкоцитів. Зростання кількості еритроцитів свідчить, з одного боку, про збільшення кисневої ємності крові, а з іншого, підвищує в'язкість крові (геХОКонцентрація). Останнє ускладнює рух крові по капілярах, збільшує периферичний опір кровотоку, а відповідно, створює додаткове навантаження на серце.

До кінця дистанції значно зростає напруження вуглекислого газу в крові і зменшується напруження кисню, що стимулює дихальний центр. В результаті високих значень функціонування досягають дихальна та серцево-судинна системи. У легкоатлетів при такій роботі легенева вентиляція зростає до $150 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$ і більше, а ЧСС – $200 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ і більше. До максимальних величин зростають як систолічний (до 200 мл) так і хвилинний (40 л) об'єми крові. Систолічний АТ підвищується до 200 мм рт. ст. на тлі деякого зниження діастолічного (до 50–40 мм рт. ст.). Пробігання середніх дистанцій впливає на систему крові: підвищується концентрація еритроцитів, гемоглобіну, лейкоцитів.

Після роботи субмаксимальної потужності функціональні зрушення в організмі ліквідуються протягом 2–3 годин. Швидше відновлюється артеріальний тиск, а частота серцевих скорочень і показники газообміну нормалізуються пізніше.

Функціональні реакції легкоатлетів у зоні великої потужності (дистанції від 3000 до 10 000 м)

До роботи великої потужності у легкій атлетиці належить біг тривалістю від 6 до 30–40 хв. Це довгі дистанції (5000 та 10 000 м). Витрата енергії під час бігу на довгі дистанції така: сумарна витрата – на 3000 м – 280 кКал, на 5000 м – 450 кКал, на 10 000 м – 750 кКал і, відповідно, витрата на 1 м шляху –

0,9, 0,9 і 0,8 кКал. При такій роботі енергозабезпечення має змішаний характер: поряд із витрачанням анаеробних джерел енергії значний внесок в енергообмін вносять аеробні її джерела. Якщо при роботі максимальної і субмаксимальної потужності час, протягом якого виконується робота, недостатній для повного розгортання функцій кисневого забезпечення організму бігуна, то при роботі великої потужності вже з четвертої–п'ятої хвилин пробігання споживання кисню досягає рівня 80–90 % МСК і утримується на такому рівні до кінця бігу. На довгих дистанціях МСК важливий в рівній мірі з анаеробним порогом (АнП). Починаючи з 10 км, АнП є головним фактором успіху. Від рівня АнП залежить швидкість бігу по дистанції змагань. При інтенсивній роботі в м'язах збільшується утворення молочної кислоти. Інтенсивність роботи, на якій швидкість виділення молочної кислоти перевищує швидкість її нейтралізації, називається анаеробним порогом. Перевищуючи свій АнП, внутрішнє середовище організму спортсмена «закислюється», з'являються біль і печіння в м'язах, ноги «дерев'яніють», м'язи «забиваються» і різко знижується швидкість бігу. АнП можна відтермінувати, і цей показник змінюється внаслідок тренувань. Навіть коли показник МСК спортсмена досяг своєї генетичної межі, у нього може збільшуватися швидкість бігу на довгих дистанціях за рахунок збільшення АнП.

Залежно від довжини дистанції КЗ коливається в діапазоні від 4,5 до 6,5 л·хв⁻¹. Сумарний КЗ при такій роботі може досягати 50–150 л і більше. Зокрема, під час бігу на 5000 м КЗ становить 80–90 л, на 10 000 м – 120–150 л. В силу того, що хвилинний КЗ дещо перевищує МСК, під час пробігання довгих дистанцій також утворюється КБ, який становить 5–10 % КЗ, а в абсолютних величинах він дорівнює близько 15 л. Співвідношення між КЗ і споживанням кисню характеризується станом, який називається хибним і удавано стійким (квазі-стаціонарним). Воно виражається в тому, що споживання кисню через 4–5 хв роботи досягає значень, близьких до МСК, і стійко тримається на цьому рівні, який трохи нижчий від КЗ.

Оскільки споживання кисню підтримується в середньому на рівні 80 % індивідуальних величин МСК, тим більша частина КЗ може бути задоволена під час бігу на довгі дистанції. Тому легкоатлети–стаєри повинні розвивати переважно аеробну продуктивність. При цьому для спортсменів важливо підвищувати поріг анаеробного енергозабезпечення (ПАНЗ), тобто момент включення анаеробних механізмів звільнення енергії. У недостатньо тренуваних бігунів ПАНЗ настає у разі споживання кисню на рівні 40–50 % МСК. У кваліфікованих бігунів-стаєрів ПАНЗ настає при 80–90 % МСК, при цьому результат у бігу на 10 000 м кращий приблизно на 4 хв.

Під час подолання довгих дистанцій діяльність дихальної і серцево-судинної систем встигає мобілізуватися повністю під час самої роботи. ЧСС доходить до 180–190 уд·хв⁻¹, систолічний об'єм – до 160–210 мл, а хвилинний об'єм крові – до 36–40 л·хв⁻¹, тобто в 6–8 разів більший, ніж в умовах спокою. Максимальний (систолічний) АТ зростає до 180–240 мм рт. ст. Через 4–5 хв після старту легенева вентиляція (ЛВ) добре тренуваних спортсменів досягає 120–160 л·хв⁻¹. Слід зазначити, що така вентиляція не є необхідною для задоволення КЗ. Якщо МСК дорівнює 5 л·хв⁻¹, ЛВ може бути збільшеною лише до 110–120 л·хв⁻¹.

Подальше зростання ЛВ пояснюється накопиченням у крові великої кількості кислих продуктів розпаду, що збуджують дихальний центр. У деяких випадках посилення ЛВ у бігунів зберігається до кінця забігу. Значне збільшення ЛВ є фізіологічно неминучим, але нераціональним, оскільки на роботу дихальних м'язів додатково витрачається енергія, а відповідно, система потребує додаткової кількості кисню.

Наведені фізіологічні характеристики функціонування кардіореспіраторної системи показують, що споживання кисню на довгих дистанціях лімітується значною мірою серцево-судинною системою, що забезпечує необхідний об'ємний кровотік. Так, кожен літр крові при такій роботі може віддавати до 120–130 мл кисню. Отже, з 36–38 л крові, що проходять через серце за одну хвилину, організм може використовувати до

4,5 л кисню. Для порівняння, з 150 л вентиляованого через легені повітря організм міг би витягти до 8 л кисню.

У деяких спортсменів з добре тренованим серцем, що має високі скоротливі можливості, хвилинний об'єм крові може досягати $40 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$, а МСК у легкоатлетів-стаєрів – найвище порівняно зі спортсменами, що спеціалізуються в інших бігових видах легкої атлетики.

Хімічний склад крові і сечі різко змінюється, що пов'язано з явищем удаваного стійкого стану. Зрушення біохімічного складу крові більші, ніж при роботі в іншій зоні потужності. Наприклад, концентрація молочної кислоти, яка становить у спокої 10–15 мг%, доходить до 200–225 мг%. Значне надходження кислих продуктів у кров збільшує концентрацію в ній водневих іонів, внаслідок чого рН зменшується до 7 і навіть нижче.

При такому різкому підкисленні крові, природно, недостатнім є дія буферних систем, тому зростає виведення кислот із сечею, частково з потом і навіть через легені з повітрям, що видихається. Зазвичай, у сечі з'являється білок.

Істотні зрушення в біохімічному складі крові знаходять своє відображення у змінах дихального коефіцієнта. Нейтралізація молочної кислоти буферними системами крові пов'язана з витісненням вуглекислоти, яку виводять легені, крім тієї, що утворюється внаслідок окисних процесів. Під час бігу на довгі дистанції значно посилюється потовиділення, що збільшує тепловіддачу й оберігає організм спортсмена від перегрівання. У зв'язку з інтенсивним потовиділенням зменшується діурез.

Пробігання (навіть одноразове) довгих дистанцій викликає сильне стомлення. Фактори, що його обумовлюють, різноманітні. Велика роль центрально-нервового і нервово-м'язового факторів. При такій роботі нервові імпульси не тільки великі за частотою і силою, але і тривалі, що призводить до зниження лабільності нервових центрів. Крім того, значне накопичення продуктів розпаду безпосередньо в м'язах змінює їх функціональні можливості. Зокрема, ускладнює процес розслаблення. Енергетичні ресурси

тут істотного значення мати не можуть – їх цілком достатньо для виконання такої роботи.

Дуже важливим чинником, що викликає стомлення, є граничне функціонування кардіореспіраторної системи. Робота на межі, особливо по відношенню до навантажень на серце, довго відбуватися не може. При руховій гіпоксії (гіпоксія навантаження), різких зрушеннях у хімічному складі крові, її підкисленні серце знижує свою продуктивність. Із цим узгоджуються й суб'єктивні відчуття – задуха, недостатність дихання, утруднення в грудях тощо. Слід зазначити, що задишка, яку суб'єктивно зазвичай приписують «недостатності дихання», обумовлена насамперед недостатністю в діяльності серця – воно стає нездатним задовольнити організм потрібною кількістю кисню.

Основною причиною втоми при роботі, що відбувається на рівні удаваного стійкого стану, є тривало діюча гіпоксія навантаження. При такій роботі КБ хоча і менший, ніж при роботі субмаксимальної потужності, але діє на тканини протягом тривалого часу, що призводить до зниження працездатності нервових центрів і рухового апарату. Певну роль у пригніченні нервових центрів відіграє монотонна дія на нервові клітини аферентних імпульсів, що виходять від працюючих м'язів.

Відновлення організму спортсмена після пробігання довгої дистанції триває більше доби.

Функціональні реакції легкоатлетів у зоні помірної потужності (наддовгі дистанції, добовий марафон)

Біг на наддовгі дистанції (до 42 км) належить до роботи помірної потужності і триває більше ніж дві години. Головну роль в її енергозабезпеченні відіграють аеробні процеси. Така тривалість роботи можлива лише при порівняно невисокій швидкості бігу, що обумовлює відносно невеликий хвилинний КЗ. При тривалому бігу він перебуває в межах 2,5–3 л·хв⁻¹. Якщо врахувати, що МСК у тренуваних спортсменів не менше 5 л·хв⁻¹, то це означає, що КЗ повністю задовольняється в процесі бігу, при

якому спостерігається стабільно стійкий стан. Сумарний КЗ на марафонській дистанції досягає 400–500 л, а КБ становить лише 4–5 л.

Для того, щоб у марафонця була можливість повністю задовольнити КЗ під час роботи, його тренування повинно мати переважно аеробну спрямованість. Такий характер тренування сприяє підвищенню МСК. Сумарна витрата енергії при пробіганні марафонської дистанції становить 2500–2800 кКал, а витрата енергії на 1 м шляху – 0,5–0,6 кКал.

Оскільки біг на наддовгі дистанції відбувається в умовах справжнього стійкого стану, кардіореспіраторна система встановлює свою діяльність відповідно до цього стану, не досягаючи своїх максимальних можливостей. Максимальна легенева вентиляція становить $50\text{--}60 \text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$, ЧСС $160\text{--}170 \text{ уд}\cdot\text{хв}^{-1}$, об'ємна швидкість кровотоку – $18\text{--}20 \text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$. Систолічний АТ підвищується на 20–30 мм рт. ст. на тлі невеликого зниження діастолічного тиску.

Біг на наддовгі дистанції супроводжується збільшенням концентрації еритроцитів і лейкоцитів. Слід зазначити, що підвищення концентрації еритроцитів можна вважати «хибним» явищем, оскільки воно обумовлене значною втратою рідини організмом внаслідок потіння. При цьому відбувається згущення крові, а це ускладнює роботу серця. Однак спостереження, проведені через 14 годин після фінішу, показали, що концентрація еритроцитів різко знижується в результаті їх руйнування за рахунок зміни осмотичного тиску (на ранок наступного дня концентрація еритроцитів може зменшуватися на 5–8 %).

У спекотну погоду при великій вологості повітря у марафонців може виникнути перегрівання організму з можливими негативними наслідками – розладом багатьох функцій організму і навіть тепловим ударом. Значне підвищення температури тіла спортсмена пригнічує діяльність центральної нервової системи, знижує активність ферментативних систем, ускладнює процеси енергозабезпечення роботи, що виконується бігунами. Рясне потовиділення супроводжується значними втратами хлоридів і зміною

кількісного співвідношення іонів натрію, калію, кальцію, хлору і фосфору в крові і в тканинах тіла, що також призводить до зниження працездатності.

Величини споживання кисню на наддовгих дистанціях завжди встановлюються нижче від їх максимального значення (на рівні 70–80 %). Функціональні зрушення в кардіореспіраторній системі помітно менші ніж ті, що спостерігаються під час роботи великої потужності. Частота серцевих скорочень зазвичай не перевищує $150\text{--}170 \text{ уд}\cdot\text{хв}^{-1}$, хвилиний об'єм крові дорівнює 15–20 л, легенева вентиляція – $50\text{--}60 \text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$. Вміст у крові молочної кислоти на початку роботи помітно підвищується, досягаючи 80–100 мг%, а потім наближається до норми. Характерним для цієї зони потужності є настання гіпоглікемії, що зазвичай розвивається через 30–40 хв від початку роботи, при якій вміст цукру в крові до кінця дистанції може зменшуватися до 50–60 мг%. На наддовгих дистанціях велику роль відіграє витривалість, а не швидкість. Пробігти 100 кілометровий забіг за сім годин можуть не всі бігуни.

Відновлення організму марафонця після такої роботи помірної потужності триває кілька діб. Особливий інтерес представляють фізіологічні зміни в організмі під час бігу на дистанції, що перевищують 42 км (ультрамарафон, або наддовгі дистанції). Офіційно наддовгі дистанції починаються з 50 км, але в аматорських забігах буває і з 45 км. Тут все вирішує здатність організму утилізувати жири як джерело енергії. Справа в тому, що в людському організмі енергія запасується у вигляді глікогену і жирів. Один грам глікогену або, інакше кажучи, «тваринного крохмалю» – це 4 калорії, як і у будь-якого вуглеводу. Один грам жиру – це 9 калорій. Залежно від тренуваності спортсмена, в м'язах, крові і печінці може бути заготовлено від 1800 до 3000 калорій у вигляді глікогену. Цього вистачає на дві-три години роботи великої потужності. Запаси жирів практично не обмежені, їх вистачає за деякими даними мінімум на 150 годин. Однак жири як вид палива для швидкого бігу не настільки ефективні. Фізіологічні процеси, при яких відбувається вилучення енергії з жирів, дуже повільні. Той момент, коли виснажуються запаси глікогену в організмі, називається «стіною». У бігунів-

любителів зазвичай це відбувається після тридцятого кілометра. Спортсмени-професіонали намагаються пробігти марафон швидше, ніж у них вичерпаються запаси глікогену – за 2–2,5 години. При виснаженні глікогену як джерела енергії починають використовуватися жири. А це вже зовсім інший темп бігу. Споживання кисню на наддовгих дистанціях завжди встановлюється нижче від максимального значення (на рівні 70–80 %).

Добові забіги і багатоденні пробіги – понадтривалі, понадлюдські бігові напруження, які однозначно нічого корисного організму спортсмена не приносять. Фізіологія таких забігів мало вивчена, але, за словами учасників, перше випробування, яке людина повинна витримати, – це вихід за рамки біологічного циклу – добового чергування фази неспання і сну. Тут все вирішує не тільки фізична підготовленість спортсмена, а насамперед його психічні якості. Почасти справедливим є твердження, що до добового забігу або багатоденної гонки підготуватися практично неможливо – тому що сама ідея таких забігів суперечить законам людської фізіології. Це робота на знос організму. Світовий рекорд у добовому бігу належить Яннісу Куросу – 303.506 км. Це темп 4:45 на 1 км! Спортсмен після цього пішов зі спорту, справедливо вважаючи, що встановлений ним рекорд протримається безліч століть.

3. Особливості функцій організму легкоатлеток

Для досягнення жінками високого рівня спортивної підготовки під час занять легкою атлетикою необхідно знати: анатоμο-фізіологічні особливості жіночого організму, закономірності адаптації різних його систем до фізичних навантажень, особливості організації спортивної підготовки тощо.

У дівчаток з 10–11-річного віку починається період статевого дозрівання. Різко прискорюється ріст тіла у довжину, починається так званий стрибок росту. Причиною цього є дія гормонів гіпофіза – однієї з найважливіших залоз внутрішньої секреції. У дівчаток-підлітків, що розвиваються в середньому темпі, максимальні величини приросту довжини

тіла за рік (у середньому по 7–8 см) відзначається у віці 11–13 років. Однак помітно збільшується окружність грудної клітини, ширина таза, маса тіла. У дівчат з раннім типом розвитку приріст тіла в довжину після 13 років вже незначний, а в 15 років ріст припиняється. У дівчат з відносно уповільненим ростом інтенсивний ріст тіла в довжину починається тільки з 14–15 років, а закінчується в 17–18 років. Після встановлення регулярного менструального циклу довжина тіла у дівчат змінюється мало.

Перша менструація, яку прийнято позначати спеціальним терміном «менархе», настає у дівчаток- підлітків у віці 13 років. Під час появи менархе інтенсивніше росте тулуб. Особливості зміни пропорцій тіла доводиться враховувати в навчально-тренувальному процесі.

Аеробні можливості організму юних спортсменок до 13 років досягають 80–85 % рівня можливостей тренованого дорослого жіночого організму.

У 15–16 років інтенсивніше збільшується окружність грудної клітки, відбувається остаточне формування статевих особливостей, жіночого типу статури.

У дівчат-спортсменок у 16–17 років серцево-судинна система може досягати максимального рівня тренованості і витримувати великі навантаження.

Порівняння антропометричних і фізіологічних показників жінок і чоловіків дозволяє багато в чому пояснити відповідні реакції організму жінок на навантаження і дає можливість правильно визначити вибір засобів і методів тренування.

Мускулатура у жінок розвинена менше, ніж у чоловіків: не перевищує 35 % маси тіла (у чоловіків – 40–45 %).

Відкладеної жирової тканини у жінок більше (28–30 %). Менш активні обмінні процеси, менша відносна м'язова сила.

Менший об'єм жіночого серця визначає нижчий ударний об'єм. Частота серцевих скорочень на 10–15 уд•хв⁻¹ і дихання – на 20–24 за 1 хв. вище, ніж у

чоловіків. Менші ЖЄЛ, легенева вентиляція, споживання кисню. Все це обумовлює нижчі кисневоотransпортні можливості організму.

Основна біологічна особливість жіночого організму – це періодичні зміни в організмі в зв'язку з оваріально-менструальним циклом (ОМЦ). Нормальний цикл характеризується наявністю п'яти фаз (Свечникова, 1978). Тривалість першої фази з 1-го по 5-й день (менструальної), другої – з 6-го по 12-й день циклу (постменструальної), третьої (овуляторної) – з 13-го по 14-й день циклу, четвертої (постовуляторної) – з 15-го по 25-й день циклу і п'ятої (передменструальної) – з 26-го по 28-й день циклу.

Від перебігу ОМЦ у багатьох спортсменок залежить працездатність. Багато спортсменок через нормальний перебіг циклу істотної зміни тренувального режиму не потребують.

Доведено, що будь-які зміни ОМЦ у спортсменок пов'язані з неправильно побудованим тренуванням, яке не забезпечує адаптацію організму до фізичних і нервових стресів, пов'язаних зі спортивною діяльністю.

Під час планування тренувань необхідно враховувати зміни стану спортсменок у різні фази ОМЦ. Найбільш загальна тенденція зміни фізичної працездатності: значне її зниження відбувається в фази менструації і овуляції, і підвищення рівня – у постменструальну і постовуляторну фази. Це пов'язано з істотним коливанням гормонального статусу спортсменок.

У процесі вивчення працездатності спортсменок було встановлено, що динаміка прояву якості швидкості і сили має підйоми і спади відповідно до фаз менструального циклу, а найвищі показники швидкості і сили проявляються в постменструальну і постовуляторну фази, що відповідає пікам викиду статевих гормонів. Саме в ці фази відзначаються найбільш високі функціональні можливості і працездатність спортсменок. Тобто розумне планування тренування, враховуючи стан спортсменок у фазу ОМЦ, сприятиме поліпшенню їх досягнень, планомірному зростанню результатів.

У разі надмірного фізичного навантаження або перетренованості можуть виникати порушення ОМЦ. Вони також можуть бути пов'язані зі зміною поясного часу, тривалістю перельотів. Менструальний цикл нерідко починається напередодні або під час змагань великого масштабу внаслідок надмірного збудження спортсменки. У деяких спортсменок у передменструальний період відзначається почастищення ЧСС, підвищення артеріального тиску і температури тіла. Разом із тим, у ряді досліджень показано, що помірні фізичні навантаження не роблять негативного впливу на перебіг ОМЦ спортсменок.

Найнижчий рівень функціональних показників спостерігається в менструальну фазу, до 4-го дня він трохи підвищується, в більшій мірі це стосується силових можливостей. Прояв всіх сторін рухової діяльності, особливо сили, швидкості і витривалості, продовжує поліпшуватися.

Найбільше зниження працездатності спостерігається на 13–14-й добу циклу. Різке збільшення рухових можливостей зафіксовано, за даними досліджень, на 16–17-у добу менструального циклу. Значне зниження силових і швидкісних можливостей спортсменок спостерігається на 24–25-у добу.

Такий підхід дозволяє: а) раціональніше розподіляти навантаження під час менструального циклу; б) краще адаптувати організм до навантажень; в) запобігати перетренованості.

Питання про можливість тренування або участі в змаганнях легкоатлеток у різні періоди менструального циклу вирішується диференційовано тренером і лікарем. У менструальну фазу відбувається зниження працездатності, і ввдночас зменшується навантаження. Залежно від тривалості фаз циклу необхідно хвилеподібно розподілити навантаження. У постменструальну і постовуляторну фази дається підвищене навантаження.

Кожен вид легкої атлетики характеризується певною руховою якістю. І в кожному виді від розвитку цієї якості залежить спортивний результат. Наприклад, результат у бігу на 100 м залежить від здатності виконувати бігові рухи максимально швидко протягом 11–12 с. Бар'єристкам, крім якостей

спринтера, необхідно мати високу рухливість у кульшовому суглобі і вільно виконувати рух у ньому з максимальною швидкістю. Досягнення хороших результатів у «довгому» спринті вимагає від спортсменок підтримання швидкості, близької до максимальної, але більш тривалий час (до 50 с).

У міру збільшення дистанції знижується вимога до рівня розвитку швидкісних здібностей, але підвищується вимога до розвитку здатності довгостроково підтримувати можливо більшу середню швидкість (біг на середні, довгі та наддовгі дистанції). У стрибках і метаннях результат залежить від швидкості, сили і швидкісно-силових якостей, в меншій мірі від гнучкості і координації.

Великі напруження відчуває організм спортсменки під час прояву витривалості, особливо наприкінці тренувальної вправи, що виконується на тлі наростаючого стомлення. Важливо про це пам'ятати при проведенні тренувальних занять у бігу повторним і змінним методами.

У всіх випадках, якщо немає протипоказань, можна брати участь в навчально-тренувальних заняттях і виступати на змаганнях до трьох місяців вагітності. Однак більшість фахівців вважають, що необхідно припинити звичайні спортивні тренування і тим більше участь у змаганнях з моменту встановлення вагітності. Але в спортивній практиці відомо багато випадків, коли спортсменки продовжують виступати на змаганнях і займаються будь-яким видом легкої атлетики до чотирьох місяців вагітності. Після пологів необхідно виконувати вправи, які поліпшують загальний тонус організму. З 4-го місяця після пологів можливим є легка фізичне навантаження, але всі заняття повинні мати оздоровчу спрямованість, а після закінчення годування спортсменка може приступати до тренувань.

Як організм реагує на:

Атмосферний тиск. Першими його коливання відчувають стінки сонної артерії. Якщо тиск в атмосфері і в наших судинах раптово падає, то включається рефлекс убезпечення організму від колапсу. Сигнал про це через

спинний мозок потрапляє в кору правої півкулі головного мозку – саме його глибинні структури регулюють наші відношення з погодою.

Температурні стрибки. Інформацію про них мозок отримує через шкіру. Вона ж передає інформацію про сонячне опромінення..

Вологість, швидкість вітру. Інформацію про них доносять рецептори в носоглотці, бронхах і легенях. Вони ж реагують на склад і іонізацію повітря.

4. Фізіологічні процеси у легкоатлетів в горах

У легкоатлетів у процесі тренувальної та змагальної діяльності на рівні моря тканинна гіпоксія виникає при багаторазовому збільшенні швидкості споживання кисню в організмі. При цьому максимальних значень може досягати не тільки швидкість масопереносу й утилізації кисню, але в ще більшому ступені може збільшуватися швидкість виділення і транспорту вуглекислого газу, утворюється надлишок його виділення.

Для забезпечення клітин необхідною кількістю кисню в організмі підтримуються певні рівні парціального тиску кисню (PO_2) в альвеолярному повітрі, артеріальній крові, тканинах, венозній крові. Природно, що зниження PO_2 у вдихуваному повітрі, як це відбувається в горах, обов'язково призводить до змін процесу масопереносу респіраторних газів в організмі. При цьому, якщо на рівні моря МСК у легкоатлетів-бігунів на середні дистанції становить близько $5 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$, то по мірі підйому в гори воно поступово знижується: на висоті 2000 м н. р. м. до $4 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$, на висоті 3000 м н. р. м. воно рідко може перевищувати $3 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$, на висоті 3500 – 2,5, 5500 м – $1,7-1,8 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$.

При переїзді легкоатлетів у гори вже на висоті 2100 м н. р. м. в стані спокою помітно змінюється кисневий режим організму: внаслідок збільшення легеневої вентиляції швидкість надходження кисню в легені виявляється практично такою, як і на рівнині, але оскільки зростає альвеолярна вентиляція (АВ), збільшується її відношення до хвилинного об'єму дихання (ХОД), а з ним і швидкість надходження кисню в альвеоли. Незначно зростає хвилинний

об'ємний кровотік (ХОК), а з ним і швидкість транспорту кисню артеріальною і змішаною венозною кров'ю.

Вже на висоті 2100 м н. р. м. функціонування системи зовнішнього дихання і кровообігу виявляється менш економічним, ніж на рівнині – підвищуються вентиляційний і гемодинамічний еквіваленти. Стають більш напруженими умови для переміщення кисню в організмі: його парціальний тиск в альвеолах знижується до 85, а в артеріальній крові – до 60 мм. рт. ст.

На висоті 3500 м, незважаючи на достовірне збільшення ХОД і відношення АВ / ХОД (табл. 2.), швидкість надходження кисню в легені не тільки не зростає, але навіть дещо знижується. Тобто, збільшення ХОД і АВ не компенсують зниження PO_2 у вдихуваному повітрі.

Таблиця 2.

Характеристика зовнішнього дихання у стані спокою у легкоатлетів

Показники	Висота над рівнем моря		
	Рівень моря	2100 м н. р. м.	3500 м н. р. м.
ХОД, л·хв ⁻¹	7,273 + 0,5	9,539 + 0,7	10,292 + 0,56
АВ, л·хв ⁻¹	5,828 + 0,4	7,644 + 0,66	8,147 + 0,63
ЧД, дих·хв ⁻¹	14,0 + 0,87	17,0 + 0,68	18,0 + 0,68
ДО, мл	542 + 54	572 + 57	599 ±55
Споживання O ₂ , мл·хв ⁻¹ ·кг	4,1 + 0,39	4,0 + 0,29	3,9 ±0,28

ХОК у горах в стані спокою змінюється мало (табл.3.), проте його підтримка в горах на висоті 3500 м здійснюється за рахунок достовірно більшої частоти серцевих скорочень на тлі зниженого ударного об'єму крові (УО).

Таблиця 3.

Характеристика гемодинаміки в спокої у легкоатлетів

Показники	Висота над рівнем моря		
	Рівень моря	2100 м н. р. м.	3500 м н. р. м.
ХОК, л·хв ⁻¹	4,95 + 0,38	5,0 + 0,26	4,72 + 0,27
УО, мл	90,9 + 4,1	99,7 + 5,4	82,4 + 3,66
ЧСС, серц.скор.·хв ⁻¹	52 + 2,4	52 + 1,8	58 + 2,8

У зв'язку з тим, що в горах погіршується насичення артеріальної крові киснем, нижчим виявляється його вміст (табл.4.), на 26 % зменшується швидкість транспорту кисню артеріальною кров'ю, знижується PO_2 в артеріальній крові до 52 мм рт. ст., а в змішаній венозній – до 27 мм рт. ст.

Таблиця 4.

Характеристика дихальної функції крові в стані спокою у легкоатлетів

Показники	Висота над рівнем моря		
	Рівень моря	2100 м н. р. м.	3500 м н. р. м.
Концентрація Нв, г/л	14,56 + 0,51	14,6 + 0,48	14,8 + 0,61
Насичення артеріальної крові O_2 , %	95,9 + 0,26	86,7 + 1,6	79,3 + 0,9
Вміст O_2 в артеріальній крові, об.%	19,0 + 0,56	17,3 + 0,44	14,7 + 0,71
Артеріовенозні відмінність за O_2 , об.%	5,45 + 0,28	5,47 + 0,48	5,3 + 0,39

На тлі незначного підвищення ефективності кисневих режимів організму (КРО), про що свідчать зниження відносин між швидкістю надходження кисню в легені, альвеоли, транспорту артеріальною, змішаною венозною кров'ю і споживанням кисню, економічність дихання і кровообігу щодо постачання організму киснем погіршується. Вентиляційний еквівалент

збільшується ще більше, ніж на висоті 2100 м (до 37,5), кисневий ефект дихального циклу знижується до 12,5 мл (тобто виявляється меншим, ніж на рівнині – на 7,7 мл, і ніж на висоті 2100 м – на 3,2 мл).

Знижуються кисневий ефект серцевого циклу і гемодинамічний еквівалент, що поряд з підвищенням коефіцієнта утилізації кисню з крові свідчить про напруження адаптаційних механізмів. На висоті 3500 м вже чітко проявляються порушення кислотно-лужного стану (КЛС) крові. Так, достовірно знижується рН (з 7,4 на рівні моря до 7,35 – в горах), утворюється дефіцит буферних основ (до – 10,8 мекв·л⁻¹), зменшується кількість стандартних гідрокарбонатів. Все це супроводжується артеріальною гіпокапнією (PCO₂ крові в горах на висоті 3500 м знижується до 23,5 мм рт. ст.).

Таким чином, уже в стані спокою на висоті 3500 м н. р. м. зниження PO₂ в артеріальній крові недостатньо заповнюється діяльністю компенсаторних механізмів, в результаті чого швидкість доставки кисню зменшується до таких значень, при яких обмежується споживання кисню і в організмі розвивається тканинна гіпоксія, яка є фактором обмеження працездатності, що в цілому свідчить про недоцільність проведення легкоатлетичних зборів на таких висотах.

Відомостей про особливості зміни регуляції процесу масопереносу респіраторних газів у легкоатлетів при роботі різної потужності на різних етапах перебування в горах практично немає.

В результаті адаптації, тобто через три тижні після переїзду в гори, при стандартній роботі (164 Вт, тривалість 10 хв) знижується швидкість надходження кисню в легені й альвеоли, меншими виявляються відношення між швидкістю просування кисню на цих перших етапах його шляху в організмі і його споживанням, тобто ефективність процесів переміщення кисню в організмі зростає.

Незважаючи на більш низький загальний рівень кисневого каскаду, на етапах артеріальної і венозної крові швидкість транспорту кисню в процесі

адаптації в горах дещо зростає. Це обумовлено підвищенням вмісту кисню в крові внаслідок кращої її оксигенації в легенях і збільшення концентрації гемоглобіну при майже такій, як у перші дні перебування в горах, швидкості об'ємного кровотоку.

Про якісний позитивний вплив на організм легкоатлетів тренувального процесу в горах свідчить зниження метаболічних зрушень у крові. Зростання концентрації гемоглобіну збільшує не тільки кисневу ємність, а й потужність буферних систем крові, що в свою чергу згладжує зрушення КЛС крові: зростає сума нормальних буферних основ, стандартного і актуального гідрокарбонату, менше зростає дефіцит буферних основ (табл.5.). Це, поряд з менш вираженою венозною гіпоксемією, свідчить про меншу вираженість гіпоксії навантаження.

Таблиця 5.

Зміни КОС крові у легкоатлетів при стандартній роботі і після роботи субмаксимальної потужності після приїзду в гори (1) і тритижневої адаптації (2)

Характер роботи	PH		SB, мекв·л ⁻¹		BE, мекв·л ⁻¹	
	1	2	1	2	1	2
Стандартна робота	7,335 + 0,07	7,32 + 0,07	16,7 + 0,24	16,9 + 0,3	-7,9 + 0,4	-8,8 + 0,5
Робота субмаксимальної потужності	7,2 + 0,08	7,22 + 0,0Л	13,2 + 0,17	13,8 + 0,14	-16,8 + 0,7	-15,9 + 0,8

У процесі адаптації в горах поліпшуються тканинні механізми утилізації кисню, про що свідчить зміна напруження кисню в змішаній венозній крові. Якщо відразу після переїзду в гори воно з 38 мм рт. ст. у стані спокої зменшується при стандартній роботі до 24 мм рт. ст., то в результаті адаптації – вирівнюється до 29–30 мм рт. ст.

У результаті таких змін знижується киснева вартість стандартної роботи. Так, якщо після приїзду в гори споживання кисню становить близько 70 % МСК, то в результаті адаптації знижується до 63–65 %.

У процесі адаптації легкоатлетів у горах робота субмаксимальної потужності супроводжується збільшенням обсягу виконаної роботи, збільшенням загального кисневого запиту і швидкості надходження кисню в організм. Це супроводжується збільшенням ХОД (з 75 до 87 л·хв⁻¹), ХОК (з 18,5 до 21 л·хв⁻¹), ЧСС (з 158 до 165 уд·хв⁻¹). При цьому швидкість надходження кисню в легені й альвеоли, його транспорт артеріальною кров'ю в результаті адаптації в горах збільшується. Останнє пов'язано не тільки зі зростанням концентрації гемоглобіну і поліпшенням кисневозв'язуючих властивостей крові, але і з більшою швидкістю об'ємного кровотоку.

При цьому зростає не тільки ефективність функціонування системних механізмів, що регулюють поетапне просування кисню в організмі, але й інтенсифікується процес утилізації кисню в тканинах. Так, якщо відразу після приїзду в гори під час навантаження артеріовенозна відмінність по кисню збільшується до 12, то після адаптації – до 14 об. %, тобто коефіцієнт утилізації кисню тканинами з артеріальної крові підвищується на 7–9 %.

Унаслідок адаптації в горах після фізичних навантажень інтенсифікується швидкість відновних процесів. Так, після роботи субмаксимальної потужності швидкість надходження кисню в легені, альвеоли, транспорту його артеріальною кров'ю відновлюються швидше, ніж відразу після приїзду в гори, що свідчить про поліпшення якості регулювання фізіологічних функцій організму.

Таким чином, адаптаційні зрушення в горах, з одного боку, призводять до економізації діяльності всієї системи транспорту та утилізації кисню в організмі при стандартній роботі, а з іншого, сприяють збільшенню швидкості надходження кисню в легені і доставки його до тканин при роботі субмаксимальної потужності, більш швидкому перебігу відновних процесів. В результаті, при однакових пульсових режимах до кінця тритижневого перебування в горах збільшується потужність, що розвивається, зростають показники працездатності.

Рекомендовані джерела інформації:

Основна література

1. Земцова ЛІ. Спортивна фізіологія (навч. посібник). - К.: Олімпійська література, 2008. - 207 с.

2. Силі Род Р., Стівен А.Д., Тред А.Д. Анатомія і фізіологія. Том І и 2 (підручник). - К.: Олімпійська література, 2007, гл. 1, 2, 3, 6, 9, 17, 18, 24, 25, 27.

3. Легка атлетика, теорія і методика тренерської діяльності» (підручник).- За загальною ред В.І.Бобровника (Філіппов М.М., Пастухова В.А., Льїн В.М. - Глава.10.Фізіологічні зміни в організмі легкоатлетів. Стор..414-432.) – Київ: Олімп.л-ра.2023. Кн. 1-712с.

4. В.М. Льїн, М.М. Філіппов, В.С. Лізогуб, В.Є. Виноградов, О.П. Безкопильний (підручник). Хронобіологічні аспекти адаптації у спорті.- Київ: Олімп. л-ра.2024.- 262 с.

Додаткова література

1. Міщенко В.С., О.М., Лисенко., В.Є. Виноградов В.Є. Реактивні властивості кардіореспіраторної системи як відображення до напруженого фізичного тренування в спорті (монографія), - К.: Науковий світ, 2007. -351 с.

2. Платонов В.М. Сучасна система спортивного тренування / В.М. Платонов. – К.: Перша друкарня, 2020. – 704 с.

3. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Частина II. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності. Навч. пос- Кам'янець Подільський держ. пед. ун-т, 2000.-218 с.

4. Уілмор Дж. Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. Пер. с англ. -К.: Олімпійська література, 1997.-504с.

5. Філіппов М.М., Цирульников В.А., Ворначева Т.Р. Фізіологія людини. Навчальний посібник. – Київ: ДП «Видавничий дім "Персонал"», 2013.-362с.