

ЛЕКЦІЯ № 8

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ ДО ОСОБЛИВИХ УМОВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

План

1. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах високої температури та вологості зовнішнього середовища.
2. Вплив пониженого атмосферного тиску (високогір'я, середньогір'я) на функціональний стан систем організму та спортивну працездатність.
3. Фізіологічні механізми адаптації до умов гіпоксії.
4. Працездатність при змінах поясно-кліматичних умов.
5. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах водного середовища.

Навчальні та виховні цілі: охарактеризувати особливості спортивної діяльності в умовах високої температури і вологості оточуючого середовища, описати механізми впливу пониженого атмосферного тиску на функціональний стан систем організму та спортивну працездатність, ознайомити студентів з механізмами адаптації до умов гіпоксії, охарактеризувати зміни працездатності внаслідок зміни часових поясів.

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

1. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах високої температури та вологості зовнішнього середовища

Під час напруженого і тривалого спортивного навантаження (наприклад, марафонський біг) теплопродукція в робочих м'язах в 15-20 раз перевищує теплопродукцію основного обміну. Практично все тепло, яке виникло в м'язах, передається в кров і переноситься з нею в тіло, підвищуючи його температуру до **39-40°C** і навіть більше (**робоча гіпертермія**). Терморегуляція організму направлена в таких випадках на **посилення тепловіддачі** - передачу надлишку тепла поверхні тіла шляхом посилення кровообігу в мережі шкірних судин, звідки тепло віддається в зовнішню сферу (за рахунок випаровування поту).

Підвищена температура і вологість зовнішнього середовища серйозно ускладнюють тепловіддачу, створюючи ризик перегрівання тіла. Чим вища зовнішня температура, тим більший підйом температури тіла. В жаркий і вологий день температура тіла у марафонця може досягати 41°C. Посилене випаровування поту викликає порушення водного балансу тіла – **дегідратацію**. Велике навантаження відчуває серцево-судинна система. Тому в таких умовах знижується спортивна

працездатність і виникає **загроза перегріву організму – теплового удару.**

Зниження спортивної діяльності при підвищеній температурі і вологості повітря визначають 3 основних фактори:

- 1. Перегрівання тіла;**
- 2. Швидка дегідратація;**
- 3. Зниження киснево транспортних можливостей серцево-судинної системи.**

В умовах роботи основним шляхом віддачі тепла являється випаровування поту з поверхні шкіри. По мірі підвищення зовнішньої температури роль цього механізму зростає. Швидкість випаровування поту визначається швидкістю потоутворення і деякими фізичними характеристиками навколишнього середовища, серед яких найбільш суттєва відносна вологість повітря. Швидкість випаровування поту залежить від різниці між вологістю шкіри ($P_{ш}$) і вологістю атмосферного повітря (P_a). Збільшення швидкості потоутворення викликає підвищення $P_{ш}$ і таким чином прискорює випаровування поту при даних зовнішніх умовах. При великій вологості повітря градієнт вологості між шкірою і повітрям зменшується і випаровування поту зменшується. Коли тиск водяних парів в навколишньому повітрі перевищує 40мм рт.ст., випаровування поту з поверхні шкіри дорівнює нулю. Тому навіть при дуже високій температурі повітря, але при відносно невеликій його вологості спортсмен відчуває таких труднощів, як при низькій температурі і високій вологості.

Таким чином, підвищена температура зовнішнього середовища зменшує температурний градієнт між повітрям і шкірою, а також між шкірою і тілом, створюючи труднощі для тепловіддачі. Ці ускладнення тим більше, чим ближче зовнішня температура до температури шкіри. Аналогічним чином підвищена вологість зовнішнього повітря створює бар'єр для втрати тепла шляхом випаровування. Одночасне підвищення температури і вологості повітря може приводити до надмірного підвищення температури тіла при напруженій і тривалій спортивній діяльності.

В умовах підвищеної температури і вологості повітря посилення тепловіддачі здійснюється двома основними фізіологічними механізмами:

1. Посиленням шкірного кровообігу, що збільшує перенесення тепла до поверхні тіла і забезпечує постачання потових залоз водою.
2. Посилене потоутворення.

Шкірний кровообіг у дорослої людини при хороших умовах навколишнього середовища складає в стані спокою біля 0,16 л/м /хв., під час роботи - до 1 л/м /хв., а при дуже високій зовнішній температурі може досягати 2,6 л/м /хв. Це означає, що в дуже спекотних умовах до **20% середнього викиду** може направлятися в шкірну судинну сітку для попередження перегрівання тіла. В комфортних умовах при такій же роботі ця доля серцевого викиду досягає лише **5%**.

Температура шкіри лінійно зв'язана з величиною шкірного кровообігу. Підвищений кровообіг в шкірі підвищує її температуру, і якщо температура навколишнього середовища нижча, ніж температура шкіри, то збільшуються втрати тепла проведенням з конвекцією і радіацією.

Тренувальні і змагальні навантаження у видах спорту, які потребують прояву витривалості, викликають суттєві підвищення температури тіла до 40°C, навіть в нейтральних умовах навколишнього середовища. Це служить стимулом для розвитку адаптаційних реакцій до великого "внутрішнього" теплового навантаження. В результаті систематичних занять у спортсменів, які тренують витривалість, **удосконалюється терморегуляція**: знижується теплопродукція, покращується здатність до тепловіддачі за рахунок підвищеного потоутворення. Так, для тренуваних спортсменів характерна висока чутливість реакції потовиділення на теплові подразники, рівномірне розподілення потовиділення на поверхні тіла. Відповідно у спортсменів під час роботи при звичайній чи високій температурі повітря внутрішня і шкірна температура нижча, ніж у нетренованих людей, які виконують таку ж роботу. Склад солі в поті у спортсменів також нижчий.

В процесі тренування витривалості в нейтральних умовах збільшується об'єм циркуляції крові, удосконалюються реакції перерозподілу кровотоку зі зменшенням його через шкірну систему, що знижує шкірну температуру і підвищує проведення тепла до поверхні тіла.

Таким чином, у спортсменів в результаті регулярних інтенсивних тренувань витривалості навіть в нейтральних температурних умовах удосконалюються фізіологічні механізми, характерні для теплової адаптації. Тому добре треновані на витривалість спортсмени, зазвичай, ліпше пристосовуються до роботи в спекотних умовах, ніж нетреновані, більш швидко акліматизуються, по крайній мірі, для виконання в спекотних

умовах роботи невеликої потужності. Разом з тим сама по собі навіть висока спортивна тренуваність і тренування будь-якого характеру в нейтральних умовах навколишнього середовища не можуть повністю замінити специфічну теплову адаптацію, яка необхідна спортсмену, якщо він повинен виступати на змаганнях в умовах підвищеної температури і вологості.

Теплових адаптаційних пристосувань, викликаних тренуванням в нейтральних (або холодних) умовах, недостатньо для ефективного виконання інтенсивної роботи в спекотних умовах. При підготовці до змагань, які будуть проводитись в умовах підвищеної температури і вологості повітря, спортсмен повинен починати тренування в таких же умовах за 7-12 днів до змагань. Якщо немає можливості тренуватися в таких умовах, слід використовувати костюми, які запобігають віддачі тепла і зменшують виділення поту. Тренування в костюмі викликає ефекти підвищеної теплової тривалості, хоч і менші, ніж тренування в спекотних умовах середовища.

2. Вплив пониженого атмосферного тиску (високогір'я, середньогір'я) на функціональний стан систем організму та спортивну працездатність

Атмосферне повітря має значну вагу, яка визначає барометричний тиск. Воно стискується під власною вагою, тому його тиск і щільність найбільші на поверхні землі і зменшуються з висотою. Зниження барометричного тиску з висотою створює **гіпобаричні умови**. По мірі підйому на висоту пропорційно падінню барометричного тиску знижується парціальний тиск газів, які складають атмосферне повітря. Головне значення для людини має **зниження парціального тиску кисню**.

Фізіологічна працездатність людини знижується по мірі підйому на висоту. Перш за все і головним чином це стосується **аеробної працездатності (витривалості)**, зниження якої відмічається вже на висоті **1200 м**. В цьому відношенні не має ніяких різниць між тренуваними і не тренуваними людьми. На значній висоті **симптоми гірської хвороби** досить часто і навіть в більш виразній формі спостерігаються у спортсменів.

М'язова сила і міцність, а також координація рухів при короткочасних максимальних зусиллях практично не змінюються при підйомі в гори, або при диханні газовою сумішшю з низьким вмістом кисню. Більш того, на висоті внаслідок зниженої

ємності повітря результати на спринтерських дистанціях можуть бути навіть вищі, ніж на рівні моря.

Слід мати на увазі, що відновлювальні процеси в організмі протікають на висоті повільно. Тому повторне виконання навіть короточасних вправ в цих умовах викликає більш швидке настання втоми, ніж на рівні моря.

Одразу по прибуттю на висоту виявляється **зниження МСК** в прямій залежності від барометричного тиску або парціального тиску кисню в вдихуваному повітрі. Помітне зниження МСК проходить лише починаючи з висоти 1500 м. Після цього рівня МСК зменшується приблизно на 1% через кожні 100 м висоти. Зниження МСК на висоті визначається зменшенням вмісту O_2 в артеріальній крові.

Чим довший період перебування на висоті, тим досконаліша адаптація до неї, тим вища працездатність на даній висоті. Але при будь-якому перебуванні в горах рівень працездатності, характерний для даної людини на рівні моря, не досягається. У мешканців рівнини, які знаходяться на висоті, не може бути такого ж рівня економічності в транспорті і утилізації кисню, який характерний постійним жителям гір. Деякі люди взагалі ніколи не акліматизуються до висоти і хворіють гірською хворобою.

Дифузійна можливість легень змінюється в процесі гірської акліматизації дуже повільно. В людей, які довго живуть на висоті, загальна поверхня легень для дифузії газів може трохи збільшуватись, перш за все, за рахунок збільшення площі альвеол і об'єму легеневих капілярів завдяки постійному їх розтягненню - **дилатації**.

В перші дні перебування в горах серцевий викид при виконанні субмаксимальної аеробної роботи більше, ніж на рівні моря. Потім він поступово знижується і на протязі кілька тижнів досягає величини, характерної для рівнинних умов.

Основні зміни в тканинах містяться в наступному:

1. посилення капіляризації тканин;
2. посилення концентрації міоглобіну в скелетних м'язах;
3. підвищення вмісту мітохондрій;
4. підвищення вмісту і активності окислювальних ферментів.

Безперечно, що люди, які постійно проживають в гірських умовах, мають певну перевагу в змаганнях на витривалість, якщо вони проводяться в тих же умовах, перед спортсменами, які постійно проживають на рівні моря.

В процесі тривалого перебування в гірських умовах в організмі виникають адаптаційні зміни, які сприяють підвищенню працездатності в цих специфічних умовах. Разом з цим ці зміни не дають помітної переваги при виконанні роботи в інших специфічних умовах, зокрема на рівні моря. Все це означає, що спортивне тренування повинно проводитись переважно в тих же умовах, в яких проводяться змагання.

3. Фізіологічні механізми адаптації до умов гіпоксії

Одразу по прибуттю на висоту або у відповідь на "підйом" в барокамері виникає ряд фізіологічних змін в організмі, викликаних умовами гіпоксії.

В умовах спокою або при виконанні субмаксимальних навантажень потреби організму в кисні залишаються на висоті такі ж, що і на рівнині. Тому, щоб адекватно забезпечити організм киснем, зменшення кількості молекул O_2 в одиниці об'єму розрідженого повітря на висоті повинно бути компенсоване відповідним збільшенням легеневої вентиляції. Це основний функціональний механізм швидкого пристосування організму до гіпоксичних умов висоти.

На висоті до 3000-3500 м легенева вентиляція в спокої збільшується спочатку дуже незначно. При виконанні м'язової роботи на висоті легенева вентиляція з самого початку суттєво більша, ніж на рівнині. У однієї і тієї ж людини при однаковому абсолютному навантаженні легенева вентиляція тим сильніша, чим більша висота.

З однієї сторони, зниження щільності повітря на великій висоті полегшує зовнішнє дихання, з іншої - при низькому барометричному тиску здатність дихальних м'язів підвищує внутрішньо грудний тиск. В цілому максимальна можливість дихального апарату на висоті більша, ніж на рівні моря.

Пропорційно падінню парціального тиску O_2 в атмосферному і альвеолярному повітрі знижується парціальний тиск O_2 в артеріальній крові (**гіпоксемія**). Це один із важливих стимулів посилення легеневої вентиляції в умовах спокою. Гіпоксемія стимулює хеморецептори каротидних і аортальних тілець, що рефлекторно посилює активність дихального центру.

Висотна гіпервентиляція викликає посилене виведення CO_2 із крові з видихуванним повітрям. В результаті по мірі підйому на висоту напруження CO_2 в артеріальній крові зменшується, розвивається **гіпокапнія**, яка може викликати розвиток

м'язових спазмів і обширну **вазоконстрикцію**. Особливо несприятливі для організму наслідки звуження судин головного мозку.

Рівень легеневої вентиляції на висоті слід розглядати як фізіологічний компроміс між потребами адекватного постачання організму киснем в гіпоксичних умовах і необхідністю підтримувати кислотно-лужну рівновагу в нормі. Падіння парціального тиску O_2 в артеріальній крові в умовах висотної гіпоксії веде до зниження процентного насичення гемоглобіну киснем і відповідно, до зменшення вмісту O_2 в крові.

Падіння насичення артеріальної крові **киснем до 80%** від нормальної величини викликає комплекс симптомів тяжкої гіпоксії, відомої під назвою **"гірська хвороба"**: головний біль, стан втоми, порушення сну, травлення і ін.

Під час м'язової роботи в умовах висотної гіпоксії парціальний тиск і вміст O_2 в артеріальній крові знижені, а в венозній крові приблизно такі ж, що і в звичайних умовах. Тому системна артеріо - венозна різниця по кисню при виконанні однакової роботи в гірських умовах менша, ніж в рівнинних.

Чим більша висота (сильніший ступінь гіпоксії) і чим інтенсивніше навантаження, тим значніше падіння напруження і насичення O_2 в артеріальній крові.

Основні механізми адаптації до умов гіпоксії включають:

1. Збільшення легеневої вентиляції і супроводжуючих її змін в кислотно-лужній рівновазі в крові і інших тканинах.
2. Посилення дифузійних можливостей легень.
3. Підвищений вміст еритроцитів і гемоглобіну в крові.
4. Зміни на тканинному рівні.

4. Працездатність при змінах поясно-кліматичних умов

Утворений в процесі еволюції взаємозв'язок організму з навколишнім середовищем - необхідна умова існування, матеріально обумовлена ще в працях І.М.Сеченова. Природні фактори періодично змінюються. Всі прояви життєдіяльності організму людини також не залишаються постійними і мають ритмічний характер. Ведуче положення при цьому займає добовий ритм, який еволюційно зумовив добову періодику фізіологічних функцій у живих організмах.

Добова циклічність більшості функцій у людини виявляє себе в перші дні після

народження. Це виражається в неоднаковому функціональному стані, перш за все, **нервової системи**, крайні форми прояву якої людина переживає в виді сну і радості. Неоднаковий стан ЦНС на протязі доби у більшості людей визначає різну активність інших фізіологічних систем організму. У дорослої людини показники кровообігу, дихання, температури тіла і інших функцій **мінімальні вночі, з 2 до 4 год.** Оптимально активні фізіологічні показники зберігаються **до 13-14 год.** Після деякого зниження в денні години їх рівень збільшується знову до вечора, потім прогресивно зменшуються до мінімальних показників.

Добовий режим фізіологічних відправлень - температури тіла, обмінних реакцій, сну - достатньо стійкий. **Ритм фізичної працездатності** в різні періоди доби менш чіткий і може суттєво змінюватись під впливом змагальних або надзвичайно напружених тренувальних навантажень. Як правило, працездатність виявляється більше в денні години і нижче в ранкові і нічні.

При швидкому переміщенні з заходу на схід чи навпаки, після пересікання кількох часових поясів, проходить **розсинхронізація добових ритмів** психофізичних функцій з новим поясним часом. При цьому в перші дні після перельоту вони не збігаються із зміною дня і ночі нового місця життя, а пізніше в результаті неоднакової швидкості перебудови проходить їх взаємна розсинхронізація – **внутрішній десинхроноз.**

Виявленість десинхронозу, характер і швидкість адаптаційної перебудови функцій в нових поясно-кліматичних умовах залежить від величини поясно-часового зсуву, напрямку перельоту, контрастності погодно-кліматичного режиму в пунктах постійного і часткового проживання, специфічних особливостей рухової діяльності спортсмена. Помітні зміни функціонального стану організму людини спостерігаються при пересіканні 2-3 годинних поясів. Суттєве порушення добового режиму функцій проходить при швидкому переміщенні в місцевість з 4-5 і особливо з 7-8 годинною поясною різницею.

Поясно-кліматична адаптація проявляється у виготовленні нового добового режиму основних життєвих процесів на клітинному і тканинному рівнях, біологічне значення яких полягає в досягненні адекватної між- і внутрішньо системної інтеграції діяльності фізіологічних систем в нових умовах життя.

При перельоті на 7-8 годинних поясів в **західному** напрямку **екзогенний ритм**, поєднуючись з **ендогенним** на протязі тривалого періоду доби, сприяє "розмиванню" добового ритму, що обумовлює відносно швидке формування нового добового стереотипу функціонального стану. При перельоті на 7-8 годинних поясів в **східному** напрямку **екзогенний ритм** в основному знаходиться в **протифазі по відношенню до ендогенного**. При поверненні в місце проживання **реадаптація** протікає в більш короткий період, ніж адаптація.

Суттєвий вплив на адаптаційні процеси здійснює специфіка рухової діяльності. У представників швидкісно-силових видів спорту і спортивних ігор адаптаційні реакції виражені більше, але протікають швидше, ніж у представників видів спорту, які потребують прояву витривалості.

5. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах водного середовища

Швидкість і енергетичні витрати при плаванні залежать від 3 основних механічних факторів: 1. Величини підйомної сили, 2. Лобового протистояння пересуванню тіла в воді, 3. Рухової сили.

Витрати енергії у людини при плаванні приблизно в 30 разів більше ніж у риби відповідних розмірів і в 5-10 разів більше, ніж при бігу з тією ж швидкістю. При плаванні з однаковою швидкістю жінки витрачають менше енергії, ніж чоловіки, головним чином тому, що у **жінок більша плавучість**. На дистанції 100 м (50-60 с) приблизно 80% енергії забезпечується анаеробним шляхом.

У нетренованих людей **МСК при плаванні** в середньому на 15-20% нижче, ніж в наземних умовах. Чим вища тренованість плавця, тим ближче його "плавуче" МСК до абсолютного. У високо тренованих плавців "плавуче" МСК в середньому приблизно лише на 6-8% нижче абсолютного, виявленого під час бігу в "гору" на тредмилі, і приблизно дорівнює МСК при роботі на велоергометрі.

Плавці зазвичай мають більшу вагу, ніж бігуни-стаєри. Тому відносне МСК у плавців менше, ніж у хороших стаєрів. Під час плавання вага тіла досить мала і на відміну від "наземних" локомоцій не грає практично ніякої ролі як факту навантаження. Витрати енергії при плаванні не пропорційні вазі тіла, як при бігу. Тому максимальні аеробні можливості у плавців краще оцінюються по абсолютному МСК.

Для плавців характерна **велика ЖЄЛ**: у чоловіків-плавців високого класу - **5-5,5л**, у жінок - **4-4,5л**, що в середньому на 10-20 % більше, ніж у людей того ж віку і статі, що не займаються плаванням.

Дихання під час плавання синхронізується з плавальними циклами: тривалість фази вдиху зменшується, а видих збільшується і зазвичай проходить під водою.

Серцевий викид під час плавання зменшується майже лінійно з ростом поглинання O_2 і при однаковому субмаксимальному поглинанні O_2 він приблизно такий же, як при бігу або роботі на велоергометрі.

Частота серцевих скорочень під час плавання збільшується лінійно зі збільшенням поглинання O_2 , вона зазвичай нижча, ніж при бігу або роботі на велоергометрі з таким же рівнем поглинання O_2 . Зниження температури води зменшує ЧСС, що компенсується збільшенням систолічного об'єму.

Горизонтальне положення тіла створює хороші умови для посиленого венозного повернення і, відповідно, для більшого заповнення серця під час діастолі.

При інтенсивному і нетривалому плаванні в звичайних умовах з оптимальною температурою води тепловий баланс організму плавця практично не порушується. Більше того, створюються умови, при яких у плавця відносно менша частина серцевого викиду направляється в капілярні сітки шкіри, ніж в бігуна на довгі дистанції в спекотних умовах.

Література

1. Спортивная физиология. Учебник под ред. Я.М. Коца. – М.: ФиС, 1986.
2. Физиология человека. Под ред. Н.В.Зимкина. – М.: ФиС, 1975.
3. Солодков А.С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. – М.: Олимпия Пресс, Терра-Спорт, 2001. - 520 с.
4. Х.Уилмор, Д. Костил. Физиология спорта и двигательная активность. К.: Олимпийская литература. 1997. – 503 с.
5. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. - М., ФиС, 1991. - 224 с.
6. Фізіологія людини. Під ред. Кучерова І.С. – К.: Вища школа, 1981.