ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ІМ. ІВАНА БОБЕРСЬКОГО

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Фізіологія спорту”

ЛЕКЦІЯ № 8

Тема. **ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ ДО ОСОБЛИВИХ УМОВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

ПЛАН:

1. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах високої температури і вологості оточуючого середовища.
2. Вплив пониженого атмосферного тиску (високого і середнього рівня) на функціональний стан систем організму та спортивну працездатність.
3. Фізіологічні механізми адаптації до умов гіпоксії.
4. Працездатність при зміні часових поясів.

Тривалість лекцій: 2 академічні години

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

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Затверджено на засіданні
кафедри анатомії і фізіології
"_____" _____2020 р.
протокол № _____
Зав. кафедрою_____ Вовканич Л.С.

Львів 2020

1. Фізіологічні особливості спортивної діяльності в умовах високої температур та вологості оточуючого середовища.

Відомо, що спортивна діяльність супроводжується підвищеним теплотворенням внаслідок різкого зростання швидкості обмінних процесів та теплопродукції м'язів. Під час напруженого і тривалого спортивного навантаження (біг на довгі дистанції) теплопродукція працюючих м'язів у 15-20 разів перевищує рівень основного обміну. Тепло, утворене у м'язах, із кров'ю переноситься у ядро тіла, наслідком чого може стати *робоча гіпертермія* – підвищення температури тіла до 39-40 ^{o}C. У цьому випадку терморегулюючі системи організму покликані забезпечити віддачу зайвого тепла у оточуюче середовище. Це досягається переважно за рахунок посилення шкірного кровообігу із наступною віддачею тепла шляхом передачі (кондукція, конвекція), випромінювання, випаровування з потом. Підвищена температура зовнішнього середовища запобігає ефективній передачі та випромінюванню. У випадку підвищеної вологості погіршується також тепловіддача шляхом випаровування поту. У цих умовах можливе значне зростання температури тіла. Так, у гарячий і вологий день температура тіла бігунів-марафонців може досягати 41 ^{o}C.

У випадку, коли немає перешкод для тепловіддачі шляхом потовиділення, його інтенсивне протікання може спричинити інше негативне явище – *дегідратацію*, або порушення водного балансу тіла. У кінцевому підсумку надмірна втрата води погіршує діяльність серцево-судинної системи, ускладнює потовиділення. Наслідком цього може стати зниження працездатності, перегрів організму, тепловий удар.

Зниження спортивної працездатності за умов підвищеної температури і вологості повітря визначається в основному такими факторами:

- перегрів тіла;
- швидка дегідратація;
- зниження кисневотранспортних можливостей серцево-судинної системи

В умовах роботи основним шляхом тепловіддачі є випаровування поту з поверхні шкіри. Роль цього механізму тим більша, чим вищою є температура оточуючого середовища – у зв'язку із зменшенням ролі передачі тепла та випромінювання. Швидкість випаровування поту визначається швидкістю потоутворення та рядом факторів, серед яких найбільшу роль відіграє відносна вологість повітря. Очевидно, що швидкість випаровування поту тим більша, чим більшою є різниця між вологістю шкіри та вологістю атмосферного повітря. При високій вологості повітря різниця у вологості шкіри і повітря зникає і швидкість випаровування поту знижується. Коли відносна вологість повітря досягає 40 мм. рт. ст., випаровування поту з поверхні шкіри припиняється. Саме тому підвищена вологість повітря є однією з основних причин погіршення тепловіддачі і працездатності спортсменів.

Окрім того, підвищена температура зовнішнього середовища зменшує температурний градієнт між поверхнею тіла і оточуючим середовищем, що перешкоджає передачі тепла чи його випромінюванню. Тому одночасне підвищення відносної вологості і температури оточуючого середовища може призводити до перегрівання тіла під час напруженої і тривалої спортивної діяльності.

В умовах підвищеної відносної вологості і температури повітря посилення тепловіддачі здійснюється двома шляхами:

- посилення кровообігу у шкірі (із 5% до 20% ХОК), що забезпечує перенесення тепла від ядра тіла до поверхні, та його віддачу в оточуюче середовище;
- посилене потоутворення (від 0,5 л/доба до 1,5 л/год).

Показано, що шкірний кровообіг у дорослої людини в комфортних умовах зовнішнього середовища в стані спокою становить 0,16 л/м^2, а під час роботи зростає до 1 л/м^2. За умов високої зовнішньої температури він може досягати 2,6 л/м^2. Це означає, що в умовах гарячого клімату шкірна фракція серцевого викиду може досягати 20%, у той час, як в умовах температурного

комфорту вона становить 5%. Підвищений кровообіг підвищує температуру шкіри, що супроводжується зростання тепловіддачі шляхом передачі (кондукція, конвекція) та випромінювання (радіації).

Під час інтенсивної фізичної роботи спостерігається значне зростання потовиділення. Так, за умов незначної вологості повітря учасники марафонського забігу можуть втрачати з потом 20-25 мл води за хвилину (до 1,5 л/год). Одним із найважчих наслідків збільшення потовиділення під час м'язової роботи є порушення водно-сольового балансу організму, яке полягає у гострій *дегідратації* (втраті води) та *зміні вмісту солей у водних фазах організму*. Існують такі різновиди дегідратації:

- термічна (внаслідок підвищення температури);
- робоча (під впливом тривалої інтенсивної роботи);
- терморобоча (змішана).

Дегідратація, особливо робоча, супроводжується значним зменшенням працездатності організму. Показано, що у зв'язку із втратою води вага тіла марафонців зменшується в середньому на 5%. При цьому зменшення працездатності спостерігається вже при зменшенні ваги на 1-2%. Виражена дегідратація супроводжується також підвищенням температури тіла. До негативних наслідків дегідратації також слід віднести:

- зменшення об'єму плазми крові;
- гемоконцентрація, що підвищує в'язкість крові;
- зменшення об'єму міжклітинної і внутрішньоклітинної рідини.

Організм бореться з втратою води шляхом покращення утримання води у плазму крові внаслідок підвищення її осмотичного і онкотичного тиску, зменшення ниркового кровообігу, зниження швидкості утворення сечі, утворення води під час розпаду глікогену, затримки натрію (ренін, альдостерон).

Негативний вплив підвищеної температури на серцево-судину систему проявляється у:

- зниженні систолічного об'єму;

- збільшенні шкірної (у 10-15 разів, до 20% ХОК) і зменшенні м’язової фракції серцевого викиду;
- зменшення серцевого викиду внаслідок дегідратації.

Тренувальні і змагальні змагання у видах спорту, що вимагають витривалості, викликають суттєве підвищення температури ядра тіла – до 40 ^{o}C, яке спостерігається навіть у комфортних умовах оточуючого середовища. Ці зміни викликають розвиток адаптивних реакцій до підвищення температури ядра тіла. В результаті систематичних навантажень у спортсменів, що тренують витривалість, спостерігається вдосконалення механізмів терморегуляції:

- знижується теплопродукція;
- зростає здатність до тепловіддачі;
- покращується потоутворення (більше залоз, більша секреція);
- зменшується вміст у поті солей;
- знижений поріг початку потовиділення.

Для тренованих спортсменів характерна висока чутливість реакції потовиділення до теплових подразників, рівномірний розподіл потових залоз по поверхні тіла. Завдяки цьому у спортсменів під час роботи при комфортній чи підвищеній температурі повітря температура ядра і оболонки тіла нижча, ніж у нетренованих людей, які виконують таку ж роботу. При цьому вміст солей у поті спортсменів нижчий, ніж у нетренованих, що запобігає зміні сольового балансу організму.

Окрім того, навіть за умов тренувань у комфортних температурних умовах у спортсменів спостерігається зростання об’єму циркулюючої крові, що підвищує її теплоємкість, а вдосконалення судиннорухових реакцій забезпечує вищий рівень шкірного кровообігу. Тому добре треновані на витривалість спортсмени як правило краще, ніж нетреновані, пристосовані до роботи в умовах підвищеної температури. Вони швидше акліматизуються до виконання роботи невеликої потужності. Проте навіть висока загальна тренованість та спортивна працездатність не можуть замінити специфічну

теплову адаптацію, яка необхідна спортсмену, якщо він хоче виступати в умовах підвищеної температури і вологості. При підготовці до змагань, що будуть проходити в умовах підвищеної температури і вологості повітря, спортсмен повинен проводити тренування у таких умовах за 7-12 днів до змагань. Якщо немає можливості забезпечити такі умови, слід використовувати спеціальні костюми, які запобігають віддачі тепла і перешкоджають випаровування поту. Тренування у термоізолюючому костюмі викликає ефект підвищення теплової витривалості, хоча і не такий великий, як тренування в умовах підвищеної температури і вологості.

2. Вплив пониженого атмосферного тиску (високо- і середньогір'я) на функціональний стан систем організму та спортивну працездатність.

Щільність і тиск атмосферного повітря найбільша на рівні моря і поступово спадає із зростанням висоти. При цьому зниження тиску створює *гіпобаричні умови*. Пропорційно до зменшення загального тиску повітря зменшується і парціальний тиск газів, що входять до його складу, а також водяної пари. Найбільший вплив на працездатність людини має зменшення парціального тиску кисню, що в умовах середньогір'я (1000-3000 м) становить 125, а в умовах високогір'я (понад 3000 м) – нижче 111 мм. рт. ст. (рівень моря – 149 мм. рт. ст.). Окрім того, діяючими факторами також є нижча температура повітря (зменшення на 6,5 ^{o}C на кожні 1000 м), нижча відносна вологість повітря, підвищена сонячна і ультрафіолетова радіація.

Працездатність людини зменшується із зростанням висоти над рівнем моря. У першу чергу зменшується здатність виконувати роботу із аеробним характером енергозабезпечення. Зменшення здатності до виконання роботи аеробного характеру спостерігається уже на висоті 1200 м. При цьому немає суттєвої різниці між тренованими і нетренованими. Симптоми "гірської хвороби" можуть спостерігатись і у спортсменів.

У меншій мірі впливає висота на інші види діяльності. Так, сила м’язів і координація рухів практично не змінюється при підйомі в гори. При цьому внаслідок зменшення щільності повітря може спостерігатись навіть покращення результатів на спринтерських дистанціях. Проте процеси відновлення на висоті протікають уповільнено. Тому повторне виконання навіть короткотривалих вправ викликає більшу втому, ніж на рівні моря.

Одразу після підняття на висоту спостерігається зменшення МПК, прямо пропорційне до тиску чи парціального тиску кисню у повітрі. Проте помітне зниження МПК спостерігається лише з висоти 1500 м. Вище за цей рівень МПК знижується на 1% через кожні 100 м. Зниження МПК на висоті обумовлене зниженням напруження кисню в артеріальній крові.

Тривале перебування на висоті супроводжується адаптацією організму до умов зниженого парціального тиску кисню. Чим довший період перебування на висоті, тим досконаліша адаптація і вища працездатність на висоті. Проте досягти рівня працездатності, характерного для рівня моря, практично неможливо. Оптимальна адаптація спостерігається лише у постійних жителів гір. Зокрема, у жителів гір дещо більша дифузійна поверхня легень, площа альвеол підвищена, збільшений об’єм легеневих капілярів, вища дифузійна здатність легень. Здатність до акліматизації індивідуальна, може бути взагалі відсутня.

3. Фізіологічні механізми адаптації до умов гіпоксії.

Одразу після підйому на висоту, або при дослідному зменшенні парціального тиску кисню у барокамері, в організмі виникає комплекс змін, викликаних умовами гіпоксії.

З метою забезпечити потребу організму в кисні за умов зниженого парціального тиску цього газу відбувається компенсаторне зростання легеневої вентиляції. Це основний механізм термінової адаптації до висоти. На висоті 3000-3500 м легенева вентиляція у спокої зростає спочатку незначно. Проте при виконанні м’язової роботи легенева вентиляція з самого

початку суттєво більша, ніж на рівнині. Зростання величини легеневої вентиляції прямо пропорційне до зростання висоти над рівнем моря. При цьому внаслідок меншої щільності повітря спостерігається деяке полегшення роботи дихальних м'язів.

Стимулом до зростання легеневої вентиляції є *гіпоксемія*, тобто зменшення парціального тиску кисню в артеріальній крові, що виникає внаслідок падіння парціального тиску кисню в атмосферному і альвеолярному повітрі. Гіпоксемія стимулює хеморецептори каротидних і аортальних зон, що рефлекторно підвищують активність дихального центру.

Висотна гіпервентиляція викликає виведення із крові CO_2 разом з видихуваним повітрям. В результаті цього спостерігається зменшення парціального тиску вуглекислого газу в крові – *гіпокапнія*. Гіпокапнія може викликати спазм м'язів та судин, особливо небезпечним для організму є звуження судин головного мозку. Вимивання вуглекислоти також може супроводжуватись зміною pH крові. Тому рівень легеневої вентиляції на висоті визначається необхідністю забезпечити адекватну потребі кількість кисню та необхідністю підтримувати кислотно-лужну рівновагу в організмі.

Гіпоксемія веде до зменшення рівня насиченості гемоглобіну киснем, і , відповідно, до зменшення вмісту кисню в артеріальній крові. При падінні рівня насиченості артеріальної крові киснем нижче 80% виникає комплекс симптомів важкої гіпоксії, що має назву "гірська хвороба". Цей стан супроводжується головним болем, швидкою втомлюваністю, порушеннями сну, розладами вегетативних функцій, травлення і ін.

Під час виконання роботи в умовах висотної гіпоксії парціальний тиск кисню у артеріальній крові знижений, а у венозній – залишається практично на тому ж рівні, що і на рівнині. Тому системна артеріо-венозна різниця по кисню під час виконання фізичної роботи на висоті знижується. При цьому чим більша висота – тим більше зниження артеріо-венозної різниці.

Під час тривалого перебування на висоті в організмі протікають зміни, що забезпечують його адаптацію до умов зниженого парціального тиску

кисню. Мінімальний період висотної акліматизації залежить перш за все від висоти і становить для висоти 2000-2500 м – 7-10 днів, 3600 м – 15-21 день, 4500 м – 21-25 днів. За тривалістю перебування на висоті розрізняють 4 степені акліматизації:

- гостра (до 30 хв);
- короткочасна (кілька тижнів);
- тривала (кілька місяців);
- постійна (постійне проживання на висоті).

Під час адаптації до гіпоксії в організмі відбуваються наступні зміни:

- збільшення легеневої вентиляції та зміни у кислотно-лужній рівновазі організму (зменшення вмісту бікарбонатів та лужного резерву крові);
- посилення дифузійних можливостей легень;
- підвищення вмісту еритроцитів (до 6,2 млн/мм^3 на висоті 3000 м) та гемоглобіну у крові (до 16,8 г%), зміщення кривої дисоціації оксигемоглобіну вправо, зростання об'єму циркулюючої крові;
- зміни на тканинному рівні, які включають:
  - посилення капіляризації тканин;
  - збільшення концентрації міоглобіну у скелетних м'язах;
  - підвищення вмісту мітохондрій;
  - збільшення вмісту і підвищення активності окислювальних ферментів.

При цьому у перші дні перебування на висоті серцевий викид при виконанні аеробної роботи вищий, ніж на рівні моря. Поступово, у міру розвитку адаптивних змін в організмі, він знижується, протягом кількох тижнів досягаючи величини, характерної для рівня моря. Слід, проте, зазначити, що адаптація до гірських умов не дає суттєвих переваг при виконанні навантажень у інших умовах. Тому перед змаганнями слід адаптувати організм до тих умов, у яких і будуть проходити змагання.

4. Працездатність при зміні часових поясів.

Відомо, що природні умови, у яких перебуває людина, характеризуються ритмічними змінами циклічного характеру (зима-літо, день-ніч і ін.). При цьому функціонування практично усіх систем організму людини також має циклічний характер. В основі змін функцій організму лежить добовий ритм, який зумовлює добову періодику фізіологічних функцій у живих організмах.

Добова циклічність функцій людини виявляється уже у перші дні після народження. Це виражається, перш за все, у зміні стану нервової системи, яка регулює діяльність інших систем організму. Так, у дорослої людини показники кровообігу, дихання, температури тіла, і ін. мінімальні вночі (з 2 до 4 години), і найвищі о 13-14 год. Протягом дні рівень цих функцій коливається. Добовий ритм фізіологічних функцій досить стійкий. Ритм фізичної працездатності менш стійкий і може змінюватись у залежності від часу та об'єму фізичних навантажень. Як правило, працездатність найвища у денні години, і знижується у ранкові та вечірні й нічні.

При швидкому переміщенні через кілька часових поясів відбувається зміщення біологічних ритмів людини відносно поясного часу. При цьому у перші дні після переміщення вони не збігаються із зміною дня і ночі нового часового поясу (*зовнішній десинхроноз*), а в результаті неоднакової швидкості їх перебудови виникає їх взаємне зміщення (*внутрішній десинхроноз*).

Вираженість десинхронозу, характер і швидкість адаптаційних змін залежать від величини поясно-часового зміщення, напрямку перельоту, контрастності погодно-кліматичного режиму, специфічних особливостей рухової діяльності спортсмена.

Помітні зміни у функціональному стані організму виникають при пересіканні 2-3 часових поясів. Суттєве порушення ритму фізіологічних функцій спостерігається при швидкому переміщенні через 4-5, а особливо – через 7-8 часових поясів. При перельоті на 7-8 часових поясів у західному напрямку екзогенний ритм, поєднуючись з ендогенним протягом доби,

сприяє розмиванню “добового” ритму, що сприяє відносно швидкому формуванню нового добового ритму. Внаслідок перельоту на 7-8 часових поясів у східному напрямку екзогенний ритм знаходиться у протифазі з ендогенним, наслідком чого є погіршення пристосування. Після повернення до місця постійного проживання реадаптація протікає швидше, ніж адаптація до нового часового поясу.

Суттєвий вплив на адаптаційні процеси має характер 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 витривалості. Спеціальна працездатність спортсменів при зміні поясно-кліматичних умов характеризується такою динамікою:

- фаза зниження (2-5 доба);
- фаза неповного відновлення (6-10 доба);
- фаза надвідновлення і повернення до вихідного рівня (до 15-20 доби).

Така динаміка спостерігається в результаті мобілізації функцій організму у погіршених зовнішніх умовах.

Рекомендована література

1. Безруких М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка) / М.М.Безруких, В.Д.Сонькин, Д.А. Фарбер – М.: Академия, 2002. – 350 с.
2. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту / Дж.Х. Вілмор, Д.Л. Костіл – К.: Олімпійська література, 2003. – 655 с.
3. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр" / Л.С.Вовканич, Д.І. Бергтраум– Л.: ЛДУФК, 2013. – Ч. 2. – 196 с.
4. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков и др. – К.: Олимпийская л-ра, 2000. – 504 с.

5. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей / В.А. Романенко – Донецк, ДОННУ, 2005. – 290 с.
6. Солодков А.С. Физиология человека (Общая. Спортивная. Возрастная) / А.С.Солодков, Е.Б.Сологуб – М.: Терра-спорт, 2001. – 520 с.
7. Спортивная физиология / Под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
8. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л.Костилл. – К: Олимп. л-ра, 2001. – 504 с.
9. Физиология человека / Под ред.Н.В. Зимкина. – М.: Физкультура и спорт, 1976. – 496 с.
10. Яремко Є. О. Фізіологія фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для практ. занять / Є. О. Яремко, Л. С. Вовканич - Львів : ЛДУФК, 2014. - 192 с.
11. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія / Є.О. Яремко – Львів, "Сполом", 2006. – 159 с.