

**Загоруйко Г. Є.,  
Марциновський В. П.,  
Сяська І. О.**

# **ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ І БІОХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ**



**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**



Рівне  
Видавець Ю. Кукса  
2026

УДК 611.161. : 616.001.8  
3-14

*Рекомендовано до видання Вченою радою  
Рівненського державного гуманітарного університету  
(протокол № 4 від 30.04.2026 р.)*

**Рецензенти:**

в.о. директора ДУ «Інститут невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України», доктор медичних наук, професор, заслужений лікар України  
**Піонтковський Валентин Костянтинович;**

професор кафедри біології, здоров'я людини та фізичної терапії Рівненського державного гуманітарного університету, доктор медичних наук  
**Антонюк-Кисіль Володимир Миколайович.**

**Загоруйко Г.Є, Марциновський В.П., Сяська І.О.**

Основи фізіології і біохімії рухової активності. Навчальний посібник. Видання 2-ге, доповнене. Рівне : Ю. Кукса, 2026. 218 с.

**ISBN 978-617-8672-58-4**

Навчальний посібник побудований з урахуванням теоретичних та практичних завдань навчального курсу «Основи фізіології і біохімії рухової активності» для студентів медичних та біологічних спеціальностей закладів вищої освіти України. Посібник містить наукові матеріали, що згруповані у 13 різних тем, пов'язаних з впливом фізичного навантаження, або гіподинамії на анатомію, фізіологію та біохімію органів опорно-рухового апарату, дихальної, травної та серцево-судинної систем. Інформація, що міститься на сторінках навчального посібника буде корисна здобувачам вищої освіти медико-біологічних факультетів, зокрема майбутнім біологам, фізичним терапевтам, ерготерапевтам, а також аспірантам, вченим, які займаються дослідженнями закономірностей рухової активності живих макро-мікроорганізмів в процесі постнатального розвитку. Повне чи часткове відтворення, тиражування, передрук та розповсюдження даного видання без дозволу Рівненського державного гуманітарного університету *заборонено.*

УДК 611.161. : 616.001.8

© Загоруйко Г.Є.,  
Марциновський В.П.,  
Сяська І.О., 2026  
РДГУ, 2026

**ISBN 978-617-8672-58-4**

## ЗМІСТ

Передмова.....	5
Вступ.....	6
<b>Фізіологія рухової активності. Фізіологічна класифікація та характеристика фізичних вправ.....</b>	<b>7</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>18</i>
Практична робота 1. Методика дослідження фізичного розвитку людини.....	19
Практична робота 2. Соматоскопічні дослідження форми ніг .....	24
Практична робота 3. Соматоскопічні дослідження форми стопи .....	24
<b>Фізіологія газообміну у нормі та в умовах рухової активності людини.....</b>	<b>31</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>40</i>
Практична робота 4. Фізіолого-біохімічні функції кисню.....	42
Практична робота 5. Фізіолого-біохімічні функції діоксиду вуглецю.....	43
Практична робота 6. Окислення білків, жирів, вуглеводів в організмі людини.....	43
<b>Фізіологічні функції води в організмі людини в нормі та в умовах фізичного навантаження.....</b>	<b>44</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>58</i>
Практична робота 7. Визначення об'єму води, який необхідний для забезпечення життєдіяльності людини.....	59
<b>Будова і функції шкіри людини. Терморегуляція і потовиділення людини при різних фізіологічних станах та в умовах фізичного навантаження.....</b>	<b>62</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>73</i>
Практична робота 8. Визначити: площу поверхності шкіри студента; кількість рецепторів і потових залоз; об'єм випарованого поту.....	74
<b>Потреба організму людини у вуглеводах в нормі та в умовах рухової активності.....</b>	<b>77</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>83</i>
Практична робота 9. Визначити вміст вуглеводів в продуктах харчування. Визначити добові потреби людини в углеводах.....	84

<b>Потреба організму людини у ліпідах в нормі та в умовах рухової активності.....</b>	<b>87</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>95</i>
Практична робота 10. Визначити добові потреби студентів в жирах.....	96
<b>Потреба організму людини у білках в нормі та в умовах рухової активності.....</b>	<b>98</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>107</i>
Практична робота 11. Визначити добові потреби студентів в білках. Визначити скільки засвоюваних білків та жирів міститься у різних продуктах харчування.....	108
<b>Фізіологічні та біохімічні функції вітамінів в нормі та в умовах рухової активності людини.....</b>	<b>112</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>123</i>
Практична робота 12. Визначити добові потреби студентів в вітамінах, що містяться в різних продуктах харчування.....	124
<b>Фізіологічні та біохімічні функції мінеральних речовин в нормі та в умовах рухової активності людини.....</b>	<b>127</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>133</i>
Практична робота 13. Вміст макромікроелементів в продуктах харчування.....	134
<b>Метаболізм організму людини. Енергетичні витрати організму людини на різні види фізичної і розумової діяльності.....</b>	<b>138</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>147</i>
Практична робота 14. Визначити метаболізм організму людини в нормі та при різних видах фізичної і розумової діяльності.....	148
<b>Основи раціонального харчування спортсменів.....</b>	<b>155</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>159</i>
Практична робота 15. Розрахувати поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування спортсменів.....	161
<b>Фізіологічні основи гіпертрофії і втоми скелетних м'язів.....</b>	<b>164</b>
<i>Список використаної літератури.....</i>	<i>177</i>
Практична робота 16. Визначити ступінь гіпертрофії скелетних м'язів після довготривалих занять атлетичною гімнастикою.....	179

<b>Вплив невагомості та факторів космічного простору на стан організму людини.....</b>	<b>182</b>
<i>Список використаної літератури .....</i>	<b>195</b>
Практична робота 17. Визначити ступінь атрофії скелетних м'язів людини в умовах невагомості у космічному просторі.....	<b>196</b>
<b>Проблеми космічної біології і медицини.....</b>	<b>200</b>

## ПЕРЕДМОВА

Курс «Основи фізіології і біохімії рухової активності» для студентів освітнього ступеню «Бакалавр» зі спеціальностей «Терапія та реабілітація» і «Біологія та біохімія», входить до переліку основних теоретичних дисциплін, знання яких конче необхідне майбутнім фахівцям. Викладання цієї дисципліни є важливим у зв'язку з тим, що цей навчальний курс відноситься до низки наук, які досліджують фундаментальну властивість живих істот – рух у часі та просторі. Вивчення студентами цієї дисципліни сприяє кращому розумінню молоді проблеми сучасності – впливу низької рухової активності на стан здоров'я людей, робота яких пов'язана з вимушеною тривалою гіподинамією, що обумовлена професійною діяльністю. Вразливі успіхи інженерних та комп'ютерних технологій, на жаль, призводять до зниження (фізичної) рухової активності спеціалістів, що працюють на різних виробництвах та у побуті. Ми стаємо свідками того, що промислова та технологічна революції суттєво порушують тонко збалансовані природні екологічні рівноваги в біосфері. Таким чином, знання з «Основ фізіології і біохімії рухової активності» необхідні сучасній освіченій людині, а особливо, майбутнім спеціалістам з біології та біохімії, фізичної терапії та ерготерапії.

Навчально-методичний посібник містить лекційний матеріал за 13 різними темами, які пов'язані з впливом фізичного навантаження, або гіподинамії на анатомію, фізіологію та біохімію органів опорно-рухового апарату, дихальної, травної та серцево-судинної систем.

У навчальному посібнику «Основи фізіології і біохімії рухової активності», після кожної теми лекційного матеріалу представлені практичні завдання, вирішення яких дозволяє викладачу та студенту перевірити рівень засвоєння отриманих теоретичних знань. Кількості практичних завдань достатньо, щоб кожен студент у групі мав змогу отримати індивідуальні завдання, які за складністю вирішення є однаковими між собою. У кінці кожної теми міститься список рекомендованої навчальної та наукової літератури. Виклад інформаційного матеріалу цього навчального посібника представлений таким чином, щоб студенти поступово методично освоювали теоретичний матеріал, який закріплювали під час вирішення практичних завдань.

Навчальний посібник заснований на матеріалах авторських лекцій, практичних завдань та методичних розробках інших авторів і буде корисним для студентів медико-біологічних факультетів, які вивчають курси фізіологія та біохімію рухової активності у закладах вищої освіти України.

## ВСТУП

Матеріальні тіла, починаючи від субелементарних частинок до Галактик, існують завдяки *безперервного руху*. Отже, *рух - невід'ємна фундаментальна властивість матеріального Всесвіту*. Органічний світ Землі являє собою інтегральну єдність усіх живих істот, які в процесі *безперервного руху* проходять послідовні етапи свого розвитку: виникнення → становлення → ускладнення структурно-функціональної організації → активного функціонування в умовах оточуючого середовища → розмноження собі подібних → поступового угасання життєдіяльності → загибелі. Таким чином, кожна жива істота на Землі завдяки *безперервного руху* розвивається «від альфа до омега», від виникнення до загибелі.

Стосовно живих макро-мікроорганізмів, процеси руху визначаються на всіх рівнях їх структурно-функціональної організації.

1. *Рух цілісного організму*. Живим істотам рух необхідний для пошуку їжі, сприятливих умов життя та уникнення несприятливих умов, пошуку статевого партнера і поширення у зовнішньому середовищі. У процесі еволюції, для переміщення організмів в різних умовах середовища, виникли спеціальні пристосування та органи пересування: псевдоподії, віїки, джгутики, крила, плавники, кінцівки тощо. У вищих хребетних організмів існує спеціальний опорно-руховий апарат, що дозволяє тваринам і людині активно переміщатися і адекватно реагувати на зміни довкілля, та умови проживання. Усі живі організми прагнуть *поширення* у навколишньому середовищі. *Поширення* – це поступове розселення організмів на великі площі, захоплення незасвоєних територій та екологічних ніш. Процес поширення є одним із основних характеристик життєдіяльності рослинних та тваринних організмів. В основі цього явища є *рухова активність*, прогресивне розмноження, збільшення чисельності популяцій, а також процес адаптації організмів до нових умов довкілля. Усі організми *генетично детерміновані на поширення*, яке у тварин є одним із інстинктів у прагненні мати джерела живлення (матерії та енергії), території для розмноження та проживання. Отже, основою поширення живих істот в середовищі є їх безперервний рух.

2. *Рух частин тіла організмів*. Тварини та людина мають здатність залежно від умов існування, вибірково приводити до руху певні частини тіла. Це забезпечує складні поведінкові процеси. Наприклад, переслідування жертви хижаком, затримання, нейтралізація та пожирання жертви, вимагають тонкої координації рухів різних частин тіла і, впершу чергу, органів опорно-рухового апарату. Ця координація рухів частин тіла здійснюється нервовою системою.

# ТЕМА 1. ФІЗІОЛОГІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ. ФІЗІОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

1. Фізіологія рухової активності як прикладна наука. Предмет та завдання фізіології рухової активності.
2. Особливості методів дослідження фізіології рухової активності.
3. Історія розвитку фізіології спорту та фізіології рухової активності.
4. Фізіологічна класифікація та характеристика фізичних вправ

## 1. Фізіологія рухової активності (ФРА) як прикладна наука. Предмет та завдання фізіології рухової активності.

ФРА – це *прикладна наука*, яка є одним із *відгалужень фізіології людини*.

ФРА вивчає такі основні питання:

- Фізіологічна класифікація та загальна характеристика фізичних вправ.
- Характеристика функціональних станів, які виникають в результаті занять фізичними вправами.
- Фізіологічні основи рухових навичок і рухових якостей.
- Фізіологічні механізми розвитку натренованості за даними різноманітних систем організму.
- Фізіологічні механізми аеробної та анаеробної працездатності.
- Вплив різноманітних факторів довкілля на спортивну працездатність.
- Фізіологічні особливості тренування різних груп населення: жінок, дітей, підлітків та осіб літнього і старечого віку.

ФРА є складовою комплексу наук, що вивчають вплив фізичних вправ на функціонування організму людини.

**Фізіологія фізичного виховання (ФФВ)** – наука, яка *вивчає питання механізмів покращення здоров'я та підвищення працездатності здорових людей під впливом фізичних навантажень*. ФФВ вивчає здатність дітей різного віку, осіб певних професій, студентів, військових, робітників різних спеціальностей, службовців, людей похилого віку адаптуватися до факторів зовнішнього середовища та дії різних фізичних навантажень. Особливо актуальне значення набула ФФВ у зв'язку із недостатньою руховою активністю сучасного населення – *гіпокінезією*.

**Лікувальна фізкультура (ЛФК)** вивчає *вплив фізичних навантажень на хворих людей та його лікувально-профілактичний ефект в умовах конкретних хвороб і, впершу чергу, органів опорно-рухового апарату*.

**Фізична та ерготерапія** вивчають, як відновлювати і підтримувати рухові функції, здатність людини до самообслуговування та повсякденної активності після травм, хвороб або при вроджених порушеннях, використовуючи різні методики для покращення руху, координації, а також адаптації до життя з інвалідністю, щоб забезпечити максимально повну інтеграцію в суспільство. **Фізичний терапевт** – це спеціаліст, що зосереджується на механіці тіла (руху, сила), **ерготерапевт** - на здатності виконувати конкретні повсякденні завдання (одягатися, готувати їжу, пересуватися)

## 2. Особливості методів дослідження фізіології рухової активності.

Слід зазначити, що ФРА, є *експериментальною наукою*, усі її положення базуються на дослідженні змін, що відбуваються в організмі людини під впливом фізичних навантажень. У ФРА застосовують *метод спостереження* за змінами функцій організму під час тренування або змагання, так і *експериментальний метод*, зокрема *метод лабораторного експерименту* із використанням дозованих фізичних навантажень (велоергометр, бігова доріжка і ін.), *метод функціональних фізичних проб*.

Оскільки під час спостережень та досліджень реєструють зміни у діяльності різних за функціональними властивостями систем організму людини, то методи ФРА фактично аналогічні до методів, що використовуються у фізіології людини. Зокрема, часто використовують методи дослідження таких систем організму людини:

- дихальної (спірометрія, спірографія, пневмотахометрія, газовий аналіз)
- серцево-судинної (вивчення ЧСС, АТ, ЕКГ, реографія)
- нервової (хронаксиметрія, рефлексометрія, електроенцефалограма)
- м'язової систем (динамометрія, ЕМГ)
- системи крові (фізико-хімічні параметри, склад крові, кількість формених елементів).

Проте у ФРА існують певні вимоги до інформації, яку потрібно отримати, що і обумовлює особливості застосування її методів та їх підбір.

Однією з *основних вимог* є *отримання даних безпосередньо під час виконання спортсменом тієї чи іншої вправи, чи у точно визначені проміжки часу після її завершення*. Все це висуває певні вимоги до апаратури та методики реєстрації фізіологічної інформації. Основними вимогами до *апаратури* можна назвати такі:

- малогабаритність;

- швидкодія;
- наочність.

*Малогабаритність* означає, що прилад не повинен заважати спортсмену під час виконання вправ, і в той же час забезпечувати надійну реєстрацію фізіологічної інформації.

*Швидкодія* приладу повинна бути достатньою для реєстрації змін у фізіологічних параметрів під час виконання вправ.

Вимога *наочності* є актуальною, оскільки інформацією повинні користуватись не лише спеціалісти із спортивної фізіології, але й тренери, а у ряді випадків – і самі спортсмени. Усім цим вимогам відповідають нескладні прилади типу міотонометра «Сірмаї», різних рефлексометрів, полідинамометри, телеметрична апаратура. Останнім часом значного поширення набула обробка отриманої інформації з використанням ЕОМ.

Дослідження змін у функціонуванні організму під впливом фізичних навантажень передбачає необхідність застосування в умовах лабораторного експерименту *точно дозованих фізичних навантажень*. З цією метою найчастіше застосовують велоергометри різних конструкцій або інші прилади (тредбан, тредміл тощо).

Найчастіше аналіз отриманої інформації про функціональні зміни спортсмена вимагають досить складної обробки отриманого графічного або цифрового запису. При цьому дослідник проводить не лише *розшифрування графіків*, а також їх *порівняння* із відомими даними (наприклад, фахової літератури), із створеними моделями поведінки тих чи інших систем.

Аналіз отриманих від спортсмена даних відбувається із використанням методів *математичної статистики*, в тому числі кореляційного, дисперсійного і регресійного аналізу, методики математичного моделювання.

Лише після цього можна зробити висновки, розробити практичні рекомендації. Велике значення має також *комплексність досліджень*, оскільки вона дозволяє одночасно виявити зміни у функціонуванні кількох систем організму. У цьому випадку використовують **поліграфи** – ЕЕГ-ф, ЕМГ-ф, багатоканальний ЕКГ-ф.

На лабораторних заняттях із **спортивної фізіології** студенти працюють як “комплексна наукова група”, в складі якої є спеціалісти з різних галузей фізіології: фізіології серцево-судинної системи, дихальної системи, нервово-м’язового апарату. Поєднуючи експериментальні дані, отримуємо комплексну оцінку зміни функцій систем організму під впливом фізичного навантаження. При цьому, як правило, використовують методики, що добре засвоєні на практичних заняттях із різних розділів фізіології людини.

### 3. Історія розвитку фізіології спорту та фізичного виховання.

Теоретична основа ФРА була закладена працями багатьох видатних фізіологів України та зарубіжних фахівців. Зокрема, у роботі «Рефлекси головного мозку» *І.М. Сеченов* розкрив основні механізми функціонування нервової системи, що мають значення для розуміння взаємозв'язку психічної діяльності та рухової активності людини. Ці процеси тісно взаємопов'язані, оскільки м'язова активність викликає зміни у психічних процесах. Ідеї *І.М. Сеченова* про функціональний стан (збудження, гальмування), а також про активний відпочинок знайшли широке застосування у спортивній практиці, увійшли у комплексі засобів *відновлення*. Саме у зв'язку з цим в даний час приділяється велика увага дослідженню психологічних процесів, що супроводжують м'язову діяльність. Ці дослідження відбуваються із використанням сучасної електрофізіологічної та комп'ютерної апаратури.

*Теорія домінанти*, що розроблена *О.О.Ухтомським*, знайшла широке застосування у розумінні механізмів формування рухових навиків, передстартових станів. Вчення про взаємозв'язок функцій як основу розвитку натренованості і дискоординації зв'язків (зниження тренуваності), в наш час широко застосовується для теоретичного обґрунтування і пошуку слабких місць в структурі натренованості. *М.Е.Введенський* у своїй праці «Збудження, гальмування і наркоз» дав теоретичну основу змін збудливості м'язового апарату в складних умовах діяльності (гіпоксія, виснаження тощо). Велике значення для **фізіології спорту** мають роботи видатного фізіолога *І.П.Павлова*, що присвячені вивченню вищої нервової діяльності, зокрема вчення про типи вищої нервової діяльності (ВНД), стадії позамежного гальмування, рухові умовні рефлекси. Роботи *І.П.Павлова* мають важливе значення для розуміння механізму та фаз утворення умовних рефлексів, що лежать в основі теорії утворення рухових навиків. Вчення про типологічні особливості ВНД актуальне при обґрунтуванні рекомендацій для відбору і спортивної орієнтації юних спортсменів. Фізіолог академік *П.К. Анохін* на основі багаторічних досліджень сформулював теорію *функціональної системи* – тимчасового об'єднання нервових центрів і різних функцій для забезпечення кінцевого результату. Це вчення у наш час використовують теоретики спорту (*Л.П. Матвеєв, В.М. Платонов, В.С. Келлер*) для пояснення механізмів змін, які виникають в організмі спортсмена під час формування натренованості у обраному виду спорту.

Засновником ФРА у нашій країні вважається *О.М. Крестовніков* (1885-1955). Свої наукові дослідження він розпочав у лабораторії академіка І.П. Павлова, працював у лабораторії Л.А. Орбелі. Майбутній вчений *О.М. Крестовніков* закінчив природничий факультет Московського університету (1912) і Ленінградський медичний інститут. У 1927 р. *О.М. Крестовніков* очолив кафедру фізіології Ленінградського інституту фізичної культури, якою керував до 1955 р. За час своєї наукової діяльності *О.М. Крестовніков* опублікував близько 200 наукових робіт, у яких були обґрунтовані, зокрема, такі положення:

- фізичні вправи підвищують силу і рухомість нервових процесів, а також збудливість і лабільність м'язів;
- під час тренувань покращуються функції зорової, рухової та вестибулярної і сенсорних систем;
- тренування полягає у виробленні рухових умовних рефлексів, що мають усі характеристики, встановлені І.П. Павловим;
- підвищення працездатності базується на вдосконаленні регуляторних механізмів;
- сформовані фізіологічні характеристики багатьох видів спорту, зокрема легкої атлетики, важкої атлетики, лижного спорту, плавання, спортивних ігор, боксу і ін.;
- видана перша монографія по фізіології фізичних вправ (1939, 1951);
- виданий перший підручник по фізіології для інститутів фізичної культури.

Учнями *О.М. Крестовнікова* були проф. *В.В. Васільєва* (серцево-судинна система спортсменів), проф. *О.Б. Гендельман* (дихальна система спортсменів), проф. *Е.Б. Сологуб* (електрофізіологія в спорті). Під редакцією проф. *Миколи Васильовича Зімкіна* видано три підручника з фізіології людини для інститутів фізичної культури. Він є автором сучасної теорії формування рухових навиків. Особливу увагу приділяв дослідженню фізіології руховому навичку професор *В.С. Фарфель*, який очолював кафедру фізіології в ГЦОЛФК. Він вивчав енергетичну вартість фізичних навантажень, є автором класифікації спортивних вправ, розробив принципи швидкої інструментальної інформації про параметри рухів, підготував близько 100 кандидатів науки у галузі ФРА. Був співавтором 3-х видань підручника "Фізіологія людини". У Київському інституті фізичної культури кафедру фізіології очолював проф. *М.Я. Горкін*. Він разом з професорами *Л.Я. Євгенєвою*, *В.Д. Моногаровим*, *Радзієвським* вивчав вплив значних навантажень на серцево-судинну і дихальну системи спортсменів, досліджував процеси впрацьовування, початковий та віддалений періоди

відновлення після великих навантажень у висококваліфікованих спортсменів. Його дослідження стали одним із перших робіт комплексних наукових груп, які з 70-х рр. допомагали у підготовці спортсменів збірної команди України. На кафедрі фізіології Львівського ДІФК велися дослідження фізіологічних характеристик стрільби із луку (проф. Г.Б. Сафронова, к.б.н. А.Я. Стьопіна), проблем відновлення (Ю.М. Панишко, В.П. Горобець), механізмів впливу статичних навантажень на гемодинаміку (проф. Є.О. Яремко і ін.). Видано перший посібник українською мовою для лабораторних занять із ФРА (під ред. проф. Є.О. Яремка). Фізіологія фізичного виховання детально вивчається у педінститутах України, зокрема виданий підручник “Фізіологія людини” під редакцією І.С. Кучерова,. Слід зазначити, що у цих вищих навчальних закладах України основна увага приділяється дослідженню впливу фізичних навантажень на дітей дошкільного та шкільного віку, у той же час мало уваги було приділено особливостям певних видів спорту, ролі фізичних навантажень у юнацький, дорослий та зрілий періоди. В наш час опубліковано багато популярних матеріалів по фізичному вихованню людей старших вікових груп тощо.

#### **4. Фізіологічна характеристика фізичних вправ.**

Як у повсякденному житті, так і під час занять тими чи іншими вправами, людина виконує величезну кількість різноманітних рухів. У фізичній діяльності складність рухів, швидкість і точність їх виконання значно вищі, ніж при звичайній побутовій діяльності. Проте з метою дослідження впливу тих чи інших вправ на організм виникла *потреба класифікувати рухи*. Існує цілий ряд подібних класифікацій (Астранд, 1926, Фарфель, 1975, Коц, 1946, Фомін, 1987 і ін.), в основі яких лежать різні підходи до класифікації рухів.

Найбільш *загальна класифікація* фізичних вправ може бути здійснена на основі трьох основних характеристик фізичної активності скелетних м'язів:

1. Об'єму м'язів, що задіяні у виконанні фізичної вправи.
2. Форми скорочень скелетних м'язів (статичний, динамічний).
3. Сили і потужності скорочення скелетних м'язів.

У залежності від *об'єму активних м'язів* виділяють наступні види фізичних вправ:

- **локальні** (до 1/3 м'язів – стрільба з лука, пістолета, окремі гімнастичні вправи);
- **регіональні** (1/3 – 1/2 м'язів – гімнастичні вправи за участю м'язів лише верхніх кінцівок

- **глобальні** (більше 1/2 м'язів – біг, гребля, велоспорт і ін.) – більшість фізичних вправ.

За *формою основних м'язів*, що беруть участь у виконанні даної вправи, виділяють:

- **статичні** (пози у гімнастів, стрільців тощо) вправи;
- **динамічні** (всі види переміщень) вправи.

У залежності від сили і потужності скорочення м'язів виділяють кілька груп вправ. На основі залежності між силою і швидкістю скорочення м'язів під час виконання вправ виділяють наступні групи:

- **силові** – вправи, під час яких спостерігається максимальне, чи близьке до максимального скорочення основних м'язів за статичної чи динамічної форми скорочення і при малої швидкості руху. Максимальна тривалість – кілька секунд.

Приклади - стійка на кистях, хрест, вправи із штангою максимальної чи близької до максимальної ваги;

- **швидкісно-силові** – динамічні вправи, у яких м'язи виявляють відносно найбільшу силу (50-60% від максимальної) і швидкість (30-50% від максимальної статичної) скорочення. Тривають такі вправи від 3 с. до 1-2 хв. Приклади – біг на короткі дистанції, стрибки;

- **на витривалість** – скорочення м'язів характеризується невеликою силою і швидкістю, проте відбуваються тривалий час – від кількох хвилин до кількох годин. Сюди належать усі аеробні вправи циклічного характеру – біг на дистанціях від 1500 м, спортивна ходьба, шосейні велогонки, біг на ковзанах на дистанціях від 3000 м, плавання на дистанціях, більш ніж 400 м. У залежності від характеру основних джерел енергозабезпечення фізичної роботи виділяють такі групи вправ:

- **аеробні** (основним джерелом енергії служить окислення біологічних субстратів);
- **анаеробні** (основним джерелом енергії є процеси розщеплення багатих енергією фосфор-вмісних сполук (АТФ, КФ) чи гліколіз);
- **змішані** (обидва джерела енергії відіграють значну роль).

## 5. Характеристика відносних зон потужності при циклічній роботі.

Усі ці способи класифікації хоча й дають змогу у загальному охарактеризувати ту чи іншу вправу, проте не дають уявлення про зміни у функціонуванні різноманітних систем організму спортсмена. Характер та вираженість таких змін залежать від фізіологічного навантаження

(визначається і потужністю, і тренованістю, віком, статтю і ін.) на організм людини під час виконання вправи. Показником такого навантаження є максимальний час виконання даної вправи. Саме за цим принципом В.С.Фарфелем були виділено кілька зон відносної потужності вправ циклічного характеру. Слід зазначити, що відносна потужність також визначає характер енергозабезпечення виконання вправи. Відомо, що енергетичні потреби працюючих м'язів забезпечується двома основними шляхами – аеробним та анаеробним (алактатний і гліколітичний). Співвідношення різних шляхів енергозабезпечення у значній мірі визначає характер і міру змін у діяльності різних фізіологічних систем організму. Саме тому *класифікація фізичних вправ за В.С.Фарфелем* має важливе значення у ФРА і є однією із найбільш поширених. Згідно із цією схемою перш за все виділяють:

- **ситуаційні** (нестандартні) – виконуються за нестандартних умов, строга послідовність рухів відсутня. Характер дій спортсмена визначається взаємодією з противником, учасниками командою чи зміною зовнішніх умов подолання дистанції. Сюди належать:

- одноборства;
- спортивні ігри;
- кроси.

У різних видах спорту стандартні та нестандартні рухи можуть комбінуватись. Кожна із цих груп видів спорту із стандартними і нестандартними вправами ділиться на більш дрібні підгрупи. Так, види спорту із *стандартними* (стереотипними рухами) поділяються на дві великі групи:

- **рухи кількісного значення** (результат оцінюється у метрах, кілограмах, секундах). Ця група підрозділяється на вправи:

- циклічні;
- ациклічні.

- **рухи якісного значення** (оцінюються в балах). Основною метою таких вправ показати максимальну координацію, швидкість рухів, гнучкість, вміння орієнтуватись у просторі, артистизм. Сюди належать спортивна і художня гімнастика, акробатика, фігурне катання, стрибки у воду і на батуті.

Як уже було зазначено вище, до *стереотипних* рухів належать циклічні та ациклічні.

Найбільш детально вивченою групою рухів як з точки зору фізіологічних процесів, так і біомеханічних та біохімічних процесів, є *циклічні* рухи. Циклічна рухова активність є головною у таких видах спорту, як біг, спортивна ходьба, їзда на велосипеді. В основі циклічної рухової активності

лежить послідовний повтор циклу (kiklos - круг) рухів. Всі елементи циклу при цьому повторюються у тій самій послідовності. У їх основі лежать ланцюжки умовно-безумовних рефлексів, які виробляються під час тренувань і є основою спортивної техніки.

**Циклічні рухи** згідно класифікації В.С.Фарфеля розподіляються на 4 зони *потужності* (максимальна, субмаксимальна, велика, помірна), а згідно класифікації **Я.М. Коца** – на 8 зон *потужності*. Більш детальна класифікація Коца пов'язана із поглибленням знань про біохімічні механізми змін під час роботи, проте визначені ним зони не мають чітких меж, у зв'язку з чим дана класифікація вживається рідше. Згідно з класифікації **В.С.Фарфеля**:

**Перша зона** є зона *максимальної потужності* (за Коцом – зона *максимальної анаеробної потужності*). Тривалість роботи у цій зоні становить 20-30 с. Сюди належить біг на 60 - 200м плавання на 25 - 50 м, біг на 200 - 500 м. Енергозабезпечення такої роботи здійснюється за допомогою анаеробних механізмів – розпаду АТФ і КФ. Відносні витрати енергії максимальні – до **4 ккал/с.**, проте сумарні – невеликі (до **80 ккал**). Величезний кисневий запит (до **40 л/хв.**) задовольняється під час роботи лише на 10% (МПК у спортсменів становить лише 7-8 л/хв.), проте внаслідок незначної тривалості роботи кисневий борг досягає лише 7 - 8 л. Процеси дихання і кровообігу під час виконання вправ посилюються незначно. Середня легенева вентиляція під час виконання вправи - 20-30% від максимальної. ЧСС зростає під час роботи, проте найбільших значень досягає після завершення роботи - до 90% від максимального. Концентрація лактату у крові під час вправи змінюється незначно, проте значно зростає у працюючих м'язах. В результаті посиленого виходу вуглеводів з печінки спостерігається гіперглікемія. Робота аферентного і еферентного відділів нервової системи відбувається у максимальному режимі, що може бути причиною розвитку втоми. Інша причина – вичерпування запасів АТФ, КФ та накопичення продуктів анаеробного розпаду.

**Друга зона** – робота *субмаксимальної потужності* (анаеробної близько максимальної, анаеробної субмаксимальної потужності). Тривалість – від 20-30 с. до 3-5 хв. Сюди належить біг на середні дистанції – 400-1500 м., плавання на 100-400 м., біг на ковзанах – 500-3000 м., гіт на 1000 м., гребля на 500-1000 м. Енергозабезпечення – анаеробно-аеробне (85-60% анаеробного). Внаслідок зменшення швидкості пересування відносні енергозатрати складають до 1,5-0,6 ккал/с., проте досить висока тривалість вправи підвищує загальні затрати енергії до 150-450 ккал. Високий кисневий запит (8,5-25 л/хв) задовольняється на дистанції лише на 1/3. Внаслідок цього кисневий борг становить 50-80% кисневого запиту і може досягати до 20-22

л. Забезпечення енерговитрат здійснюється переважно за рахунок гліколізу. В результаті цього утворюється максимальна кількість молочної кислоти, яка і надходить в кров (до 200 мг% або 20-25 мМ) і викликає зниження рН крові до 7,0. Тривалість роботи достатня для посилення функцій дихання (60%-100%) та кровообігу (80%-100%), що дозволяє досягнути МПК. У загальному можна сказати, що робота у цій зоні викликає максимальні фізіологічні зсуви в організмі. Втома обумовлена великими зсувами в параметрах внутрішнього середовища організму і викликаним цими змінами функціонування клітин ЦНС.

**Третя зона** – робота *великої потужності* (максимальної і близької до максимальної аеробної потужності). Тривалість її – від 5-6 хв. до 20-30 хв. Сюди належить біг на 3-10 км, плавання на 800-1500 м, біг на ковзанах на 5-10 км, лижні гонки на 5-10 км, гребля на 1,5-2 км. Енергозабезпечення – аеробно-анаеробне (60-95% аеробного). Як субстрат окислення використовуються переважно вуглеводи, в більшій мірі – глікоген м'язів, ніж глюкоза крові. Відносні енерговитрати – невисокі (0,4-0,5 ккал/с), проте велика тривалість вправ зумовлює високі сумарні енергозатрати – до 450-900 ккал. Оскільки дихальна і серцево-судинна системи встигають активуватись максимально, споживання кисню під час роботи становить 80% кисневого запиту. Проте внаслідок значної тривалості роботи сумарний кисневий борг весь час зростає під час роботи (уявний стійкий стан) і досягає 12-15 л. У крові спостерігається висока концентрація лактату (10 ммоль/л), що викликає значне зниження рН. Така робота ставить високі вимоги перед серцево-судинною системою, системою терморегуляції та ендокринною системою. *Втома* обумовлена зниженням функціональних показників *кардіореспіраторної* системи, накопиченням молочної кислоти, частковим зниженням рівня глюкози у крові, зменшенням концентрації у крові гормонів окремих залоз внутрішньої секреції (гіпофізу, наднирників).

**Четверта зона** – робота *помірної потужності* (субмаксимальна, середня і мала аеробні потужності). Сюди належить біг на 20-30 км, марафон, шосейні велогонки (>100 км), лижні гонки на 15-50 км, гребля 10 км. Тривалість – понад 30-40 хв. Відносні енерговитрати незначні – 0,3 ккал/с, проте сумарні дуже великі – до 10000 ккал. Енергозабезпечення – переважно аеробне (більше 90%). При цьому у залежності від потужності роботи може переважати розщеплення жирів (ДК – 0,8). Споживання кисню у цій зоні становить 70-80% МПК, кисневий запит дорівнює споживанню кисню (*стійкий стан*). Кисень при цьому витрачається як на відновлення КФ та АТФ, так і на безпосереднє окислення жирів і вуглеводів. Кисневий борг формується переважно на початку виконання вправ і досягає 4 л,

накопичення молочної кислоти практично відсутнє (4 мМ). Дихання і ЧСС зростають, проте не досягають максимального рівня (80% і нижче). Можливе зменшення вмісту глюкози у крові (від 110 мг% до 50-40 мг%). Посилене потовиділення призводить до значної втрати води (до 1 л/год.) та порушення водно-сольового балансу. Може спостерігатись зміна у кількості та співвідношенні формених елементів крові. Причиною втоми може бути монотонність роботи (поза межне гальмування нервових центрів), виснаження запасів вуглеводів, збільшення температури тіла, зміна хімічного складу внутрішнього середовища, зменшення концентрації у крові глюко- і мінералкортикоїдів, катехоламінів, гормонів щитоподібної залози.

*Ациклічні* рухи характеризуються відсутністю повторюваності циклу рухів. Це певна стереотипна послідовність рухів із чітким завершенням. Ациклічні рухи поділяють на такі:

- швидко-силові (стрибки, метання);
- власне силові (штанга, пауерліфтинг);
- прицільні (стрільба з луку, кульова стрільба )

У зв'язку з тим, що в основі кожного виду спорту лежить динамічна або статична рухова активність різної потужності. то основну увагу у СФ приділяють тим принципам класифікації, які не залежать від виду спорту, його біомеханічних та техніко-тактичних особливостей. Це класифікація циклічних рухів за потужністю, класифікація зусиль по об'єму працюючих м'язів.

### **Питання для перевірки теоретичних знань студентів**

1. Основні завдання курсу "Фізіологія рухової активності різних груп населення", зв'язок з іншими дисциплінами.
2. Короткий нарис історії розвитку дисципліни "Фізіологія рухової активності різних груп населення".
3. Роль знань з курсу "Фізіологія рухової активності різних груп населення" для наукового обґрунтування та вдосконалення спортивних тренувань.
4. Основні підходи до класифікації спортивних вправ (за формою скорочення м'язів, обсягом активних м'язів, характером джерел енергозабезпечення).
5. Класифікація фізичних вправ за В.С.Фарфелем.
6. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі у зоні максимальної потужності.
7. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі у зоні субмаксимальної потужності.

8. Фізіологічна характеристика функцій організму при роботі у зоні великої потужності.
9. Фізіологічна характеристика функцій організму у зоні роботі помірної потужності.
10. Фізіологічна характеристика нестандартних (ситуаційних) вправ.
11. Наукові методи дослідження у фізичному вихованні спортсменів.
12. Метрологічний контроль у фізичному вихованні та спорті.
13. Методи досліджень основних функціональних систем у спортсменів.

### **Список використаної літератури**

1. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту / Дж.Х. Вілмор, Д.Л. Костіл – Київ: Олімпійська література, 2003. – 655 с.
2. Солодков А.С. Фізіологія людини (Загальна. Спортивна. Вікова) / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб - Київ: Терра-спорт, 2001. - 520 с
3. Спортивна фізіологія / За ред. Я.М. Коца. Київ : Фізкультура та спорт, 1986. - 240 с.
4. Фізіологія людини. / За ред.Н.В. Зімкіна, Київ : Фізкультура та спорт, 1976. - 496 с.
5. Фізіологія людини / За ред. В.В. Васильєвої, Київ: Фізкультура та спорт, 1984. – 319 с.
6. Фізіологія людини. / За ред. В.І. Філімонова, Київ: Здоров'я, 1994. – 607 с.
7. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія. – Львів, Сполом, 2006 - 159 с.
8. Яремко Є.О. Фізіологія спорту та фізичних вправ. – Львів, ЛП, 2010. - 180 с.
9. Неведомська Є. О. Фізіологія рухової активності: навч. посіб. для практичних і самостійних робіт для студ. вищ. навч. закл. Київ: Київський університет імені Бориса Грінченка, 2018. – 37 с.
10. Неведомська Є. О. Анатомія та фізіологія нервової системи: навч. посіб. для практичних робіт для студ. вищ. навч. закл. Київ : Київський університет імені Бориса Грінченка, 2017. – 40 с.
11. Неведомська Є. О. Анатомія людини і спортивна морфологія: навч. посіб. для практичних робіт для студ. вищ. навч. закл. Київ: Київський університет імені Бориса Грінченка, ,2017. – 77 с.
12. Неведомська Є. О. Фізіологія людини та рухової активності: навч. посіб. для практичних робіт для студ. вищ. навч. закл. Київ : Київський університет імені Бориса Грінченка, 2017. – 50 с.
13. Ганонг Вільям Ф. Фізіологія людини: Підручник / Переклад з англ. Наук. ред. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. Львів : БаК, 2002. — 784 с.

14. Єжова О. О. Спортивна фізіологія у схемах і таблицях: посібник для студентів інститутів фізичної культури Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2013. 164 с.
15. Маруненко І.М., Неведомська Є.О., Бобрицька В.І. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни: Курс лекцій для студ. небіол. спец. вищ. пед. навч. закл. – Київ: Професіонал, 2006. – 480 с.
16. Маруненко І.М., Неведомська Є.О., Волковська Г.І. Анатомія, фізіологія, еволюція нервової системи: навчальний посібник / І.М. Маруненко, Є.О. Неведомська, Г.І. Волковська. Київ: «Центр учбової літератури», 2017. 184 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1.

### Тема. Методика дослідження фізичного розвитку людини.

**Обладнання:** ростомір, лінійка, сантиметрова стрічка, терези.

#### **Хід роботи**

**1. Фізичний розвиток** – це стан морфологічних і функціональних властивостей і якостей, які лежать в основі визначення вікових особливостей, фізичної сили і витривалості організму. За допомогою антропометричних вимірювань можна отримати показники фізичного розвитку.

**2. Антропометрія** – це кількісне визначення особливостей будови тіла людини. Антропометричними показниками, що використовуються для оцінки фізичного розвитку

людини у різні періоди розвитку, є:

- маса тіла;
- довжина тіла, або зріст (стоячи, сидячи);
- окружність грудної клітки;
- розвиток грудної клітки;
- окружність голови.

**Вимірювання маси тіла (кг):** обстежуваний без взуття стає на майданчик терезів. Визначення маси найкраще робити вранці після сну та випорожнення кишечника і сечового міхура, тому що маса на вечір може збільшитись.

**Вимірювання зросту стоячи (см):** без взуття стаючи на майданчик ростоміра так, щоб доторкнутись вимірювальної планки трьома точками тіла: п'ятками, сідничними м'язами, лопатками. Голову треба тримати прямо (при цьому повинні збігатись у горизонтальній площині зовнішні краї зорових орбіт і слуховий прохід). Горизонтальну планку опускають на тім'я і за шкалою 1 визначають зріст з точністю до 0,5 см. Визначення зросту найкраще робити вранці, тому що зріст на вечір може зменшитись на **0,5...1,5 см.**

**Вимірювання зросту сидячи** - сідають на відкидну лавку, торкаючись лопатками ростоміра, тримаючи голову так, як при вимірюванні стоячи.

**Вимірювання окружності грудної клітки (см):** при *максимальному вдиху / видиху*. Сантиметрова стрічка накладається ззаду під нижнім краєм лопатки, спереду у чоловіків і дітей – по нижньому краю навколососкових кіл, а в жінок над грудними залозами (у місці прикріплення IV ребра до груднини).

**Екскурсія грудної клітки (розвиток грудної клітки)**- це різниця окружності грудної клітки під час максимального вдиху і максимального видиху.

**Окружність голови (см)** вимірюють за максимальним периметром голови сантиметровою стрічкою, яку накладають ззаду на найбільш виступаючу частину потилиці, а спереду – на надбрівні дуги.

**Завдання.** Виміряйте показники фізичного розвитку свого організму і занесить їх до таблиці 1.

**Таблиця 1**

Вік (років)	Маса Тіла (кг)	Зріст (см) Стоячи	Зріст (см) Сидячи	Окружність груднини (вдих)	Окружність груднини (видих)	Екскурсія грудної клітки (см)	Окружність Голови (см)

**Індекс скелії = (Довжина ніг : ріст сидячи) · 100%.**

Зробіть обчислення:

*Індекс* до **84,9** свідчить про короткі ноги, **85 - 89** – про середні, **90** і більше – про довгі.

Зробіть **висновок** про свій тип довжин ніг:

\_\_\_\_\_

Фізичний розвиток організму характеризує показник розвитку грудної клітки :

**РГК = Окружність грудної клітки на звичайному вдиху (в см) x 100 / зріст (в см)**

Межі шкали показника РГК засвідчують:

- \_• 50 – 55 – нормальний розвиток;
- \_• понад 55 – відмінний розвиток,
- \_• менше 50 – недостатній розвиток.

Зробіть обчислення **РГК** за своїми даними:

**РГК =**

Про що засвідчує РГК Вашого тіла: \_\_\_\_\_

**3. Зріст і масу тіла людей відповідного віку можна обчислити за формулами (І.М. Воронцовим, А.В. Мазуріним).**

*Якщо Ваш вік до 21 року, то використайте формули для обчислення «нормальної» маси тіла:*

а) для чоловіків:  $\{ [ \text{Зріст (см)} \cdot 4 / 2,54 ] - 128 \} \times 0,453$ ;

б) для жінок:  $\{ [ \text{Зріст (см)} \cdot 3,5 / 2,54 ] - 108 \} \times 0,453$ ;

Обчисліть за відповідною формулою свою «нормальну» масу тіла:

Порівняйте одержану «норму» з фактичною масою тіла і зробіть **висновок**:

**Якщо Ваш вік понад 22 роки, то використайте формули для обчислення «нормальної» маси тіла:**

а) для чоловіків:  $50 + (\text{зріст} - 150) \cdot 0,75 + (\text{вік} - 21) / 4$ ;

б) для жінок:  $50 + (\text{зріст} - 150) \cdot 0,32 + (\text{вік} - 21) / 5$ ;

Обчисліть за відповідною формулою свою «нормальну» масу тіла: \_\_\_\_\_

Порівняйте одержану «норму» з фактичною масою тіла і зробіть **висновок**:

#### **4. Фізичний розвиток може бути оцінений за допомогою методів:**

- \_ антропометричних індексів;
- \_ антропометричних стандартів;
- \_ антропометричного профілю;
- \_ коефіцієнтів кореляції і регресії.

**Індекс** – це відношення двох або кількох антропометричних ознак (зріст, маса, окружність грудної клітки та ін.). Користуючись методом антропометричних індексів оцініть індивідуальний фізичний розвиток:

**Масо-ростовий індекс (індекс Кетле)** – це відношення маси ( г ) до зросту ( см ).

$$\text{Індекс Кетле} = \text{Маса (г)} / \text{Зріст (см)}$$

На кожен сантиметр зросту повинно припадати:

- в молодшому шкільному віці 180 – 260 г (у дівчаток і хлопців майже однаковий показник);
- в середньому шкільному віці 220 – 360 г (у дівчаток трохи вищий показник, ніж у хлопців);
- в старшому шкільному віці 325 – 375 г у дівчат, 350 – 400 г у хлопців;
- у жінок – **325 - 375 г**, у чоловіків – **350 - 400 г**.

Зробіть обчислення:

Якщо цифри менші, то можна говорити про недостатню масу, якщо більші – про її надлишок.

Проаналізуйте, за рахунок чого збільшилася маса за рахунок жирових відкладень чи розвитку мускулатури: \_\_\_\_\_

---

**Росто-масовий індекс** (кг) визначається шляхом віднімання від зросту цифри 100 при зрості 155 – 164 см, цифри 105 при зрості 165 – 174 см і цифри 110 при зрості понад 174 см.

**Зробіть обчислення:**

Проаналізуйте відхилення від середніх величин росто-масового індексу: про збільшення чи зменшення маси за рахунок змін маси мускулатури чи жирових відкладень \_\_\_\_\_

---

**Індекс тілесної маси** – це відношення маси (кг) до квадрата зросту (м).

$$\text{Індекс тілесної маси} = \text{Маса (кг)} / \text{Зріст}^2 (\text{м})$$

**Найоптимальніший індекс** дорівнює **21**. Якщо значення переважає навіть на одиницю, маса надмірна. Зробіть обчислення та **висновок**:

**висновок:** \_\_\_\_\_

---

$$\text{Формула Лоренца: } P = (B - 100) - (B - 150) : 4,$$

де P – маса тіла, кг; B – довжина тіла, см.

Обчисліть за цією формулою свою «нормальну» масу тіла:

Порівняйте одержану «норму» з фактичною масою тіла і зробіть **висновок**:

---

Порівняйте свою **фактичну масу тіла** з відповідними даними **таблиці 2** і зробіть

**висновок** \_\_\_\_\_

---

У **висновку** зазначте про:

а) індивідуальний фізичний розвиток Вашого організму (за всіма проведеними дослідженнями): \_\_\_\_\_

б) значення інформації про фізичний розвиток організму: \_\_\_\_\_

**Максимально припустима маса тіла, кг. Таблица 2.**

Зріст, см	Вік, роки									
	20-29		30-39		40-49		50-59		60-69	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<b>150</b>	51,3	48,9	56,7	53,9	58,1	58,5	58,0	55,7	57,3	54,0
<b>152</b>	53,1	51,0	58,7	55,0	61,5	59,5	61,0	57,3	60,3	55,9
<b>154</b>	55,3	53,0	61,6	59,1	64,5	62,4	63,8	60,2	61,9	59,0
<b>156</b>	58,5	55,8	64,4	61,5	67,3	66,0	65,8	62,4	63,7	60,9
<b>158</b>	61,2	58,1	67,3	64,1	70,4	67,9	68,0	64,5	67,0	62,4
<b>160</b>	62,9	59,8	69,4	65,8	72,3	69,9	69,7	65,8	68,2	64,6
<b>162</b>	64,6	61,6	71,0	68,5	74,4	72,2	72,4	68,7	69,1	66,5
<b>164</b>	67,3	63,6	73,9	70,8	77,2	74,0	75,6	72,0	72,2	70,7
<b>166</b>	68,8	65,2	74,5	71,8	78,0	76,5	76,3	73,8	74,3	71,4
<b>168</b>	70,8	68,5	76,2	73,7	79,6	79,2	79,5	74,8	76,0	73,3
<b>170</b>	72,7	69,2	77,7	75,8	81,0	79,8	79,9	76,8	76,9	75,0
<b>172</b>	74,1	72,8	79,3	77,0	82,8	82,7	81,1	77,7	78,3	76,3
<b>174</b>	77,5	74,3	80,8	79,0	84,4	83,7	82,5	79,4	79,3	78,0
<b>176</b>	80,0	76,8	83,3	79,9	86,0	84,6	84,1	80,5	81,9	79,1
<b>178</b>	83,0	78,2	85,6	82,4	88,0	86,1	86,5	82,4	82,8	80,9
<b>180</b>	85,1	80,9	88,0	83,9	89,9	88,1	87,5	84,1	84,4	81,6
<b>182</b>	87,2	83,3	90,6	87,7	91,4	89,3	89,5	86,5	85,4	82,9
<b>184</b>	89,1	85,5	92,0	89,4	92,9	90,0	91,6	87,4	88,0	85,8

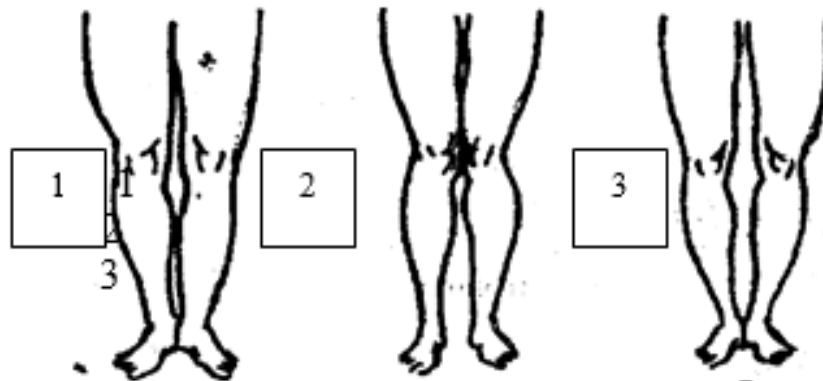
<b>186</b>	93,1	89,2	95,0	91,0	96,6	92,9	92,8	89,6	89,0	87,3
<b>188</b>	95,8	91,8	97,0	94,4	98,0	95,8	95,0	91,5	91,5	88,8
<b>190</b>	97,1	92,3	99,5	95,8	99,9	97,4	99,4	95,6	94,8	92,9

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 2.

**Тема. Соматоскопічні дослідження форми ніг.**

**Форма ніг. Розрізняються Н, О- і Х-подібні ноги.**

Ноги мають *нормальну* (Н) форму, якщо по стійці «струнко» змикаються стегна, коліна, гомілки і п'яти з невеликим проміжком нижче колін. При *О-подібній* формі ніг зімкнуті п'ята коліна не сходяться. При *Х-подібній*, коліна сходяться, а п'яти – ні (рис. 1).



**Рис. 1. Форма ніг: 1 - Нормальна; 2 - Х-подібна; 3 - О-подібна.**

Ступінь відхилення форми ніг від нормальної вимірюється сантиметровою лінійкою: при *О-подібній* формі — між колінами з внутрішньої сторони біля суглобів є *щілина*, а при *Х-подібній* — між внутрішніми кісточкам *немає* щилини.

## Практична робота 3.

**Тема. Соматоскопічні дослідження форми стопи.**

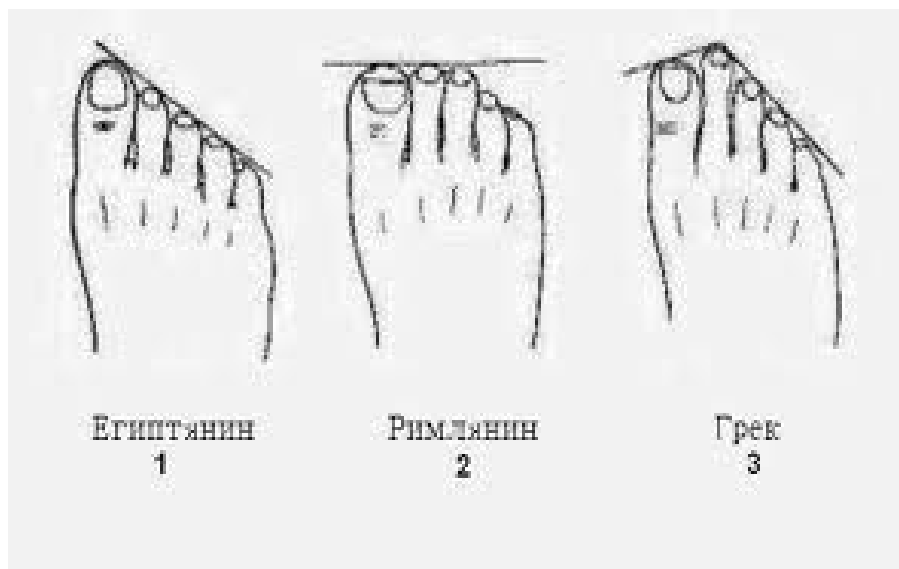
**Подометрія** (від грец. Podos – стопа + metreo – вимірювати) – це вимірювання різних відділів стопи та проведення розрахунків співвідношень одержаних даних. Термін «подометрія» запропоновано М. О. Фрідляндом у 1926 році.

### 1. Типи переднього відділу стопи

Розгляньте передній відділ своєї стопи і за **рис. 2** «Типи переднього відділу стопи» встановіть, який тип характерний Вашій стопі.

**Результати дослідження занесіть у таблицю 1.**

Тип переднього відділу стопи	
Права нога	Ліва нога



**Малюнок 2. Типи переднього відділу стопи**

***Вальгування (прогинання всередину) стоп під навантаженням***

Обстежуваний стає на стілець. Якщо під внутрішньою стороною склепіння стопи поміщаються два пальці – стопа *нормальна*, один палець – стопа *сплощена*. При плоскій стопі підошвова частина ноги щільно прилягає до опори. У **таблиці 2** поставте галочку «✓» відповідно одержаних даних обстеження.

**Таблиця 2. Вальгування стоп під навантаженням**

✓	Права стопа	✓	Ліва стопа
	стопа нормальна		стопа нормальна
	стопа сплощена		стопа сплощена
	стопа плоска		стопа плоска

**3. Подометричний індекс Фрідлянда**

Подометричний індекс характеризує стан поздовжнього склепіння.

Подометричний індекс Фрідлянда визначається за формулою:

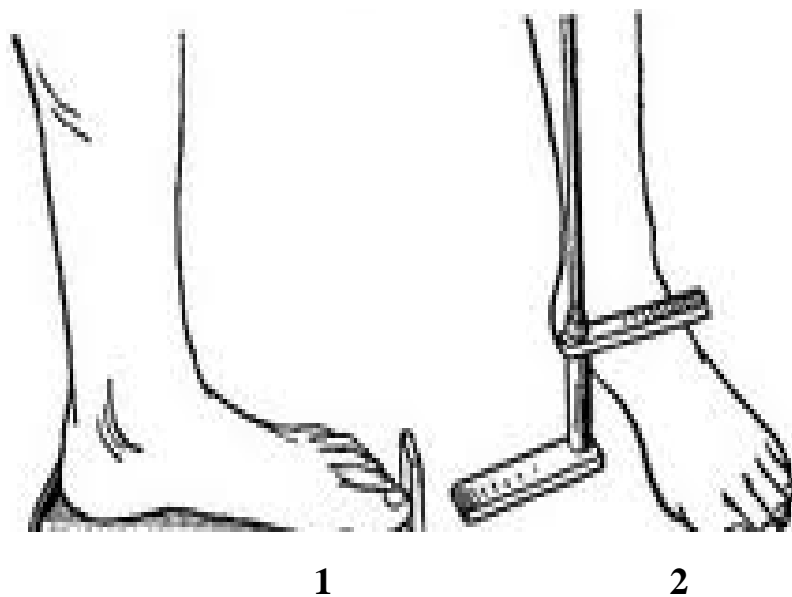
$$\text{Подометричний індекс Фрідлянда} = h / L \cdot 100 \%,$$

де **h** – висота стопи (см), **L** – довжина стопи (см)

**Шкала значень індекса Фрідлянда:**

- вищий за 33% – дуже високе склепіння;
- 33–31% – помірно високе склепіння;
- 30–29% – нормальне склепіння;
- 28–27% – помірна плоскостопість; 26–25% – плоска стопа;
- нижчий за 25% – різка плоскостопість.

Розгляньте рис. 3 перед вимірюванням довжини (**L**, см) і висоти стопи (**h**, см).



**Рис. 3. Схема вимірювання довжини (1) і висоти стопи (2)**

Зробіть виміри довжини і висоти стоп і занесіть їх у таблицю 3

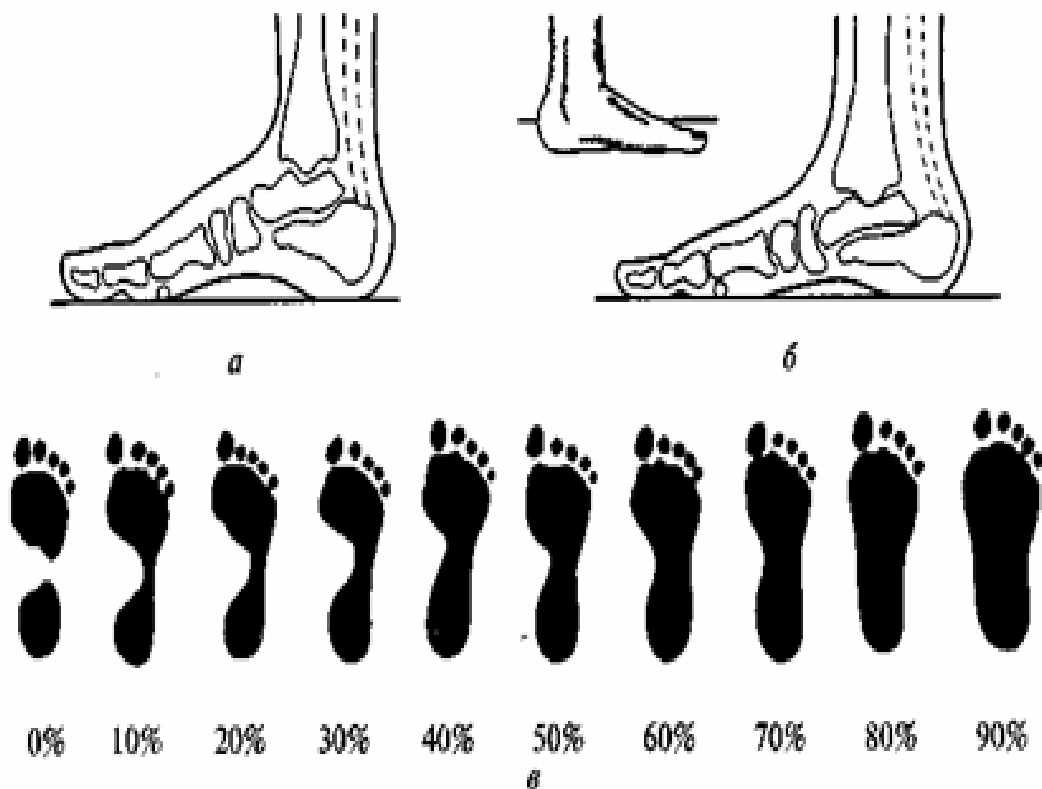
**Таблиця 3**

Параметри	Права стопа	Ліва стопа
Довжина стопи ( <b>L</b> , см)		
Висота стопи ( <b>h</b> , см)		
Подометричний індекс Фрідлянда		

Зробіть обчислення подометричного індексу Фрідлянда для стоп і занесіть їх у **таблицю 3**. На основі одержаного подометричного індекса Фрідлянда зробіть **висновок**: \_\_\_\_\_

**Визначення форми стопи за індексами Чижина і Штритера**

За формою розрізняють стопи: нормальну, сплющену і плоску (**рис. 4**).



**Рис. 4. Форми стопи:**  
**а – нормальна; б – сплющена; в – різні ступені сплющення стопи.**

У піддослідного у положенні сидячи обробляють підошви ніг ватою, змоченою у чайній заварці (або жирним кремом, або розчином перманганата калію ( $KMnO_4$ )) і він щільно притискує стопу до паперу. На папері залишається відбиток стоп. Форму стопи визначають оглядом і за її відбитком (метод плантографії), а потім оцінюють за індексами Чижина і Штритера. На отриманому відбитку (**рис. 5**) проведіть дотичну лінію до найбільш виступаючих точок внутрішнього краю стопи (**АБ**). Розділіть цю дотичну навпіл (**АБ : 2**) і відзначте точкою (**Д**). З точки (**Д**) проведіть перпендикуляр до

перетину з зовнішнім краєм стопи (ДЖ). Відзначте крапку (Е), як точку перетину лінії ДЖ з внутрішнім краєм стопи. Виміряйте відрізки ЕЖ, ЕД, ДЖ і обчисліть індекс стопи (ІС) двома способами:

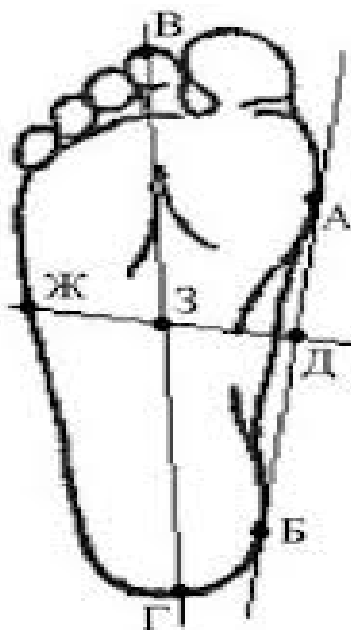
1) за Чижиним  $ІС = ЕЖ : ЕД$  (у.о.)

2) за Штритером  $ІС = (ЕЖ : ДЖ) \cdot 100\%$ .

**Таблиця 4**

**Оцінка значень індексів стопи (ІС) за Чижиним і Штритером.**

Індекс стопи (ІС)	За Чижиним (у.о.)	За Штритером (%)
<b>Норма</b>	<b>від 0 до 1</b>	<b>до 50 %</b>
<b>Сплющена стопа</b>	<b>від 1 до 2</b>	<b>50 – 60 %</b>
<b>Плоска стопа</b>	<b>&gt;</b>	<b>&gt; 60 %</b>



**Рис. 5. Відбиток стопи**

Одержані значення індексів стопи (ІС) занесіть до таблиці 5.

**Індекси стопи (ІС) за Чижиним і Штритером. Таблиця 5.**

**Оцінка значень індексів стопи (ІС) за Чижиним і Штритером.**

Індекс стопи (ІС)	За Чижиним (у.о.)	За Штритером (%)
-------------------	-------------------	------------------

<b>Норма</b>	<b>від 0 до 1</b>	<b>до 50 %</b>
<b>Сплющена стопа</b>	<b>від 1 до 2</b>	<b>50 – 60 %</b>
<b>Плоска стопа</b>	<b>&gt; 2</b>	<b>&gt; 60 %</b>

На основі одержаних індексів стопи зробіть **висновок**:

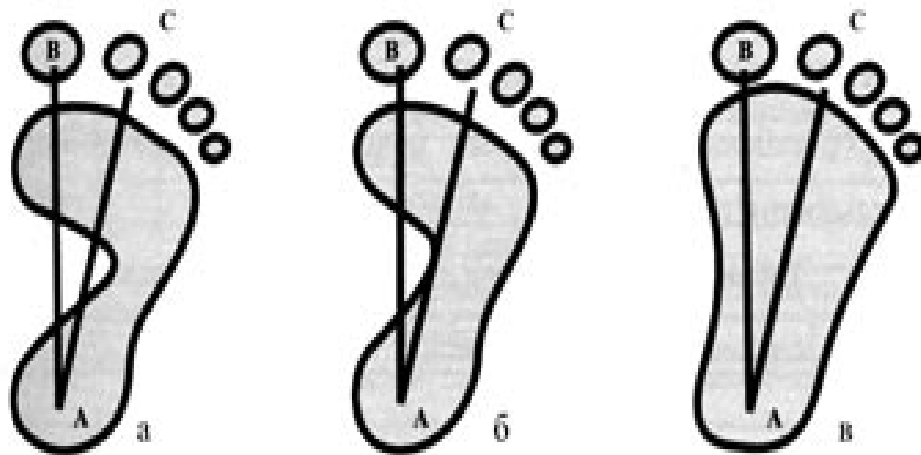
---



---

**Визначення форми стопи за плантографічною методикою В. А. Яралова-Яраленда**

Форму стопи можна об'єктивно оцінювати за плантографічною методикою В. А. Яралова-Яраленда. Для цього на відбиток стопи нанесіть дві лінії (рис. 6): АВ, що з'єднує середину п'ятки з серединою основи великого пальця і АС, яка з'єднує середину п'ятки з другим міжпальцевим проміжком.



**Рис. 6. Оцінка плантограми за методикою В. А. Яралова-Яраленда: а, б – нормальна стопа; в – сплющена чи плоска стопа.**

Якщо внутрішній згин контуру відбитка стопи не доходить до лінії АС, або лише доходить до неї то констатується *нормальна стопа* (рис. 6, а, б); якщо контур відбитка знаходиться між лініями АВ і АС, то стопа *сплющена* (рис. 6, в), а якщо контур відбитка стопи доходить тільки до лінії АВ, то стопа *плоска* (рис. 6, в).

На основі методики В. А. Яралова-Яраленда зробіть оцінку Ваші стопи і занесіть дані до таблиці 6.

**Таблиця 6.**

**Оцінка стоп за методикою В. А. Яралова-Яраленда**

**Права стопа**

**Ліва стопа**

На підставі всіх проведених досліджень дайте оцінку Ваших стоп у **табл. 7.**

**Оцінка стоп. Таблиця 7.**

**Права стопа**

**Ліва стопа**

**У висновку дайте відповіді на запитання:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*а) що засвідчили соматоскопічні дослідження опорно-рухового апарату  
Вашого тіла?* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*б) як впливає неправильна постава на організм?* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*в) які заходи запобігають утворенню неправильної постаті?* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

г) який вплив фізичного навантаження різної сили (велике, середнє, невелике) має на розвиток і функціональні можливості опорно-рухового апарату? \_\_\_\_\_

---

---

---

## ТЕМА 2. ФІЗІОЛОГІЯ ГАЗООБМІНУ У НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВІЙ АКТИВНОСТІ ЛЮДИНИ.

### Вступ

1. Дихання.
2. Фізіологічні функції дихання.
3. Основні показники дихання.
4. Будова дихальної системи, методи дослідження її функцій.
5. Особливості дихання при руховій активності.

**Вступ.** Дослідження функціонального стану дихальної системи є одним із провідних елементів діагностики і моніторингу стану здоров'я людини. Пов'язано це із значною роллю системи дихання в пристосуванні організму до різних видів фізичних навантажень, формуванні найбільш адекватної реакції на різного роду дії.

Склад *атмосферного* повітря: **21 % O<sub>2</sub>, 79 % N<sub>2</sub>, 0,03 % CO<sub>2</sub>**, невелика кількість *водяної пари* та *інертних газів*. Склад *видихаємого* повітря відрізняється від *вдихаємого* збільшеним вмістом вуглекислого газу та збільшеним вмістом водяної пари.

**1. Дихання** – фізіологічний процес, який забезпечує надходження до організму людини **кисню (O<sub>2</sub>)**, використання його в окиснювальних процесах у *мітохондріях клітин* і видалення з організму вуглекислого газу (**CO<sub>2</sub>**). Складається з чотирьох послідовних етапів: *зовнішнього дихання*, дифузії газів, *перенесення газів кров'ю*, *внутрішнього дихання*.

**1.1. Зовнішнє дихання (вентиляція легень)** — процес *надходження* повітря в повітроносні шляхи легень і газообмін між альвеолами легень та зовнішнім середовищем. Цей фізіологічний процес виконується за допомогою дихальних рухів — вдих і видих. **Вдих** спрямований на надходження повітря у систему дихальних шляхів легень. **Видих** – у зворотному напрямку: з дихальних шляхів у зовнішнє середовище. Дихальні рухи «вдих і видих» відбуваються внаслідок

ритмічного скорочення ↔ розслаблення дихальних м'язів: міжреберних, м'язів діафрагми і м'язів передньої черевної стінки

**1.2. Дифузія газів ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ):** альвеоли ↔ кров капілярів легень. Кисень з альвеолярного повітря переходить в кров капілярів, а вуглекислий газ з крові потрапляє в легені шляхом дифузії крізь стінки альвеол і кровоносних капілярів.

**1.3. Перенесення газів кров'ю:** екстравазальні судини ↔ інтравазальні судини органів людини.

**1.4. Дифузія газів:** кров капілярів ↔ клітини тканин органів.

**1.5. Внутрішнього дихання** – споживання  $O_2$  мітохондріями клітин для окислення вуглеводів і жирних кислот. В результаті біохімічних процесів у мітохондріях утворюється біологічна енергія (молекули АТФ) і вуглекислий газ ( $CO_2$ ), який потрапляє у кров і виділяється з альвеол легень у зовнішнє середовище.

## 2. Фізіологічні функції дихання:

- **Газообмін** між організмом і зовнішнім середовищем (надходження  $O_2$  до клітин організму, а також виведення  $CO_2$  з організму).
- **Терморегуляція** — легені витрачають теплову енергію: зігріваючи вдихуване повітря, під час випаровування води з легень.
- **Виділення** крізь органи дихання з організму: вуглекислого газу, води, аміаку, пілу, мікроорганізмів, сечовини, сечової кислоти.
- У носовій порожнині знаходиться орган нюху людини.
- **Участь у створенні звуків**, спілкуванні людей (голосовий апарат і гортань).

## 3. Основні показники дихання.

**3.1. Частота дихання (Нчд)** - кількість дихальних циклів (вдих ↔ видих) за хвилину. У стані *спокою* людина здійснює **16–20** дихальних циклів, під час *сну* **10–12** циклів, під час фізичного навантаження (бігу) **30–35** циклів на хвилину. Під час *стояння* частота дихальних рухів більша, ніж під час *сидіння* чи *лежання*. М'язова робота, емоції, підвищення температури зовнішнього середовища, гіпоксія, травлення прискорюють та поглиблюють дихання.

**3.2. Глибина дихання** визначається об'ємом повітря (**V**), яке вдихається і видихається з легень. Цей об'єм повітря суттєво залежить від стану організму людини (сон, ходьба, біг, фізичне навантаження, спокій тощо)

**3.3. Дихальний об'єм повітря ( $V_{доп}$ )** – це об'єм повітря, що людина вдихає і видихає у *спокійному стані*. В середньому становить **500 мл**, але тільки **350 мл** потрапляє до альвеол, а далі у кров.

**3.4. Залишковий об'єм повітря ( $V_{зоп}$ , мл)** – кількість повітря, яке затримується у *мертвому просторі*: в порожнинах носа, носової і ротової частини глотки, гортані, трахеї і бронхів, де не *стикається з кров'ю* і не *відбувається газообмін*. Його об'єм близько **150 мл**. Після *спокійного вдиху* під час якнайбільшого зусилля можна ще *вдихнути 1,5 л* додаткового повітря

**3.5. Резервний об'єм вдиху ( $V_{ро}$  вдиху, мл)** – це кількість повітря яке можна ще *вдихнути* при звичайному *вдиху*. Його величина приблизно становить **2500 мл** у стані *спокою*, а при фізичному навантаженні – зменшується до **1,5 л**.

**3.6. Резервний об'єм видиху ( $V_{ро}$  видиху)** це повітря, яке ще додатково можна видихнути після звичайного *видиху*. Його величина у стані *спокою* становить приблизно **1200 мл** і незначно зменшується при фізичній роботі.

**3.7. Залишковий об'єм повітря ( $V_{зоп}$ )** - об'єм повітря, що залишається в легенях після *максимального видиху*. Його величина становить приблизно **1-2 л**.

**3.8. Загальна ємність легенів ( $V_{зєл}$ )**- це сумарна кількість повітря, яку можуть **вмістити** легені при **максимальному вдиху**. Величина загальної ємності легенів становить приблизно **5400 мл** і зменшується при фізичній роботі.

**3.9. Життєва ємність легень ( $V_{жєл}$ )** — це найбільша кількість повітря, яке людина може *видихнути* після *максимально глибокого вдиху*. Вираховується за формулою:  $V_{жєл} = V_{до} + V_{ро} \text{ вдиху} + V_{ро} \text{ видиху}$ .

Життєва ємність легень залежить від віку, статі, росту, маси тіла, фізичного розвитку людини. Показники  $V_{жєл}$  коливаються: від **3500–4800 мл** у чоловіків та **3000–3500 мл** у жінок. У спортсменів, що займаються веслуванням, плаванням, гімнастикою,  $V_{жєл}$  досягає **6000–7000 мл** так як у цих спортсменів сильно розвинуті допоміжні дихальні м'язи (великі і малі грудні). Після *найдужчого видиху*, в легенях залишається **1000–1500 мл** повітря, яке називають **залишковим**. Це пов'язано з тим, що завдяки нижчому тиску в плевральній порожнині по відношенню до *атмосферного*, легені не змикаються і завжди мають залишки повітря. У тренуваних людей при *навантаженні*, зазвичай, зростає дихальний об'єм, а у нетренуваних у відповідь на *навантаження*, збільшується частота дихальних рухів.

**3.10. Киснева ємність крові ( $V_{ккк}$ , мл)** (за рахунок виходу еритроцитів з депо), а також збільшується коефіцієнт засвоєння кисню (з 60-80 мл в спокої до 120 мл під час роботи).

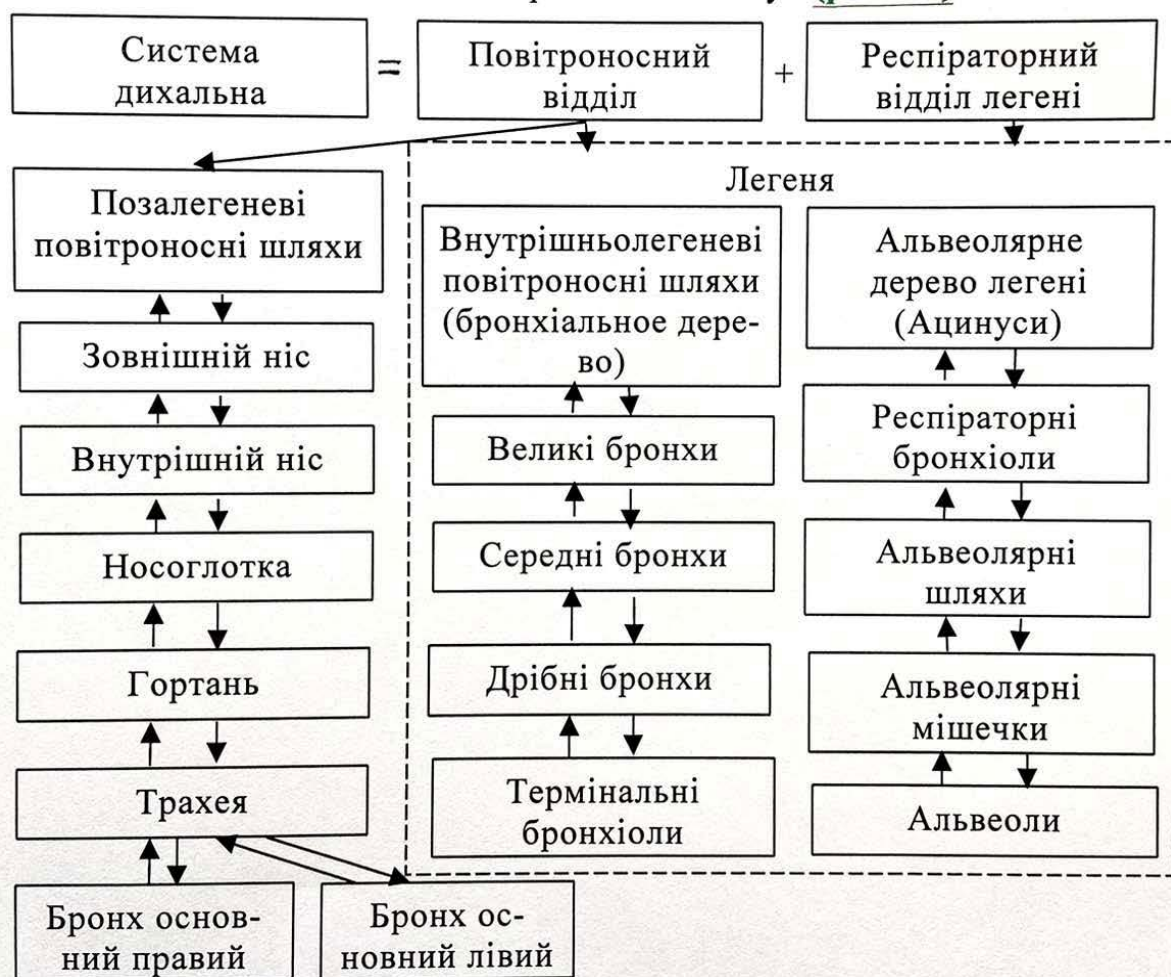
**3.11. Хвилинний об'єм дихання ( $V_{ход}$ , мл/хв)** – це кількісний показник легеневої вентиляції. Кількість повітря, що *вдихається* або *видихається* протягом 1 хвилини.  $V_{ход}$  дорівнює добутку дихального об'єму ( $V_{до}$ ) на частоту дихання ( $N_{чд}$ ):  $V_{ход} = V_{до} \times N_{чд}$ . В умовах спокою *легенева вентиляція* сильно варіює в межах від **4** до **15 л/хв** і знаходиться в *прямій* залежності від розмірів тіла.  $V_{ход}$  залежить також від статі. Легенева вентиляція при максимальній аеробній роботі може в 20-25 разів перевищити рівень спокою і становити **100-120 л/хв**

**Будова дихальної системи, методи дослідження її функцій**

## 6. СИСТЕМА ДИХАЛЬНА

### Основні поняття і визначення

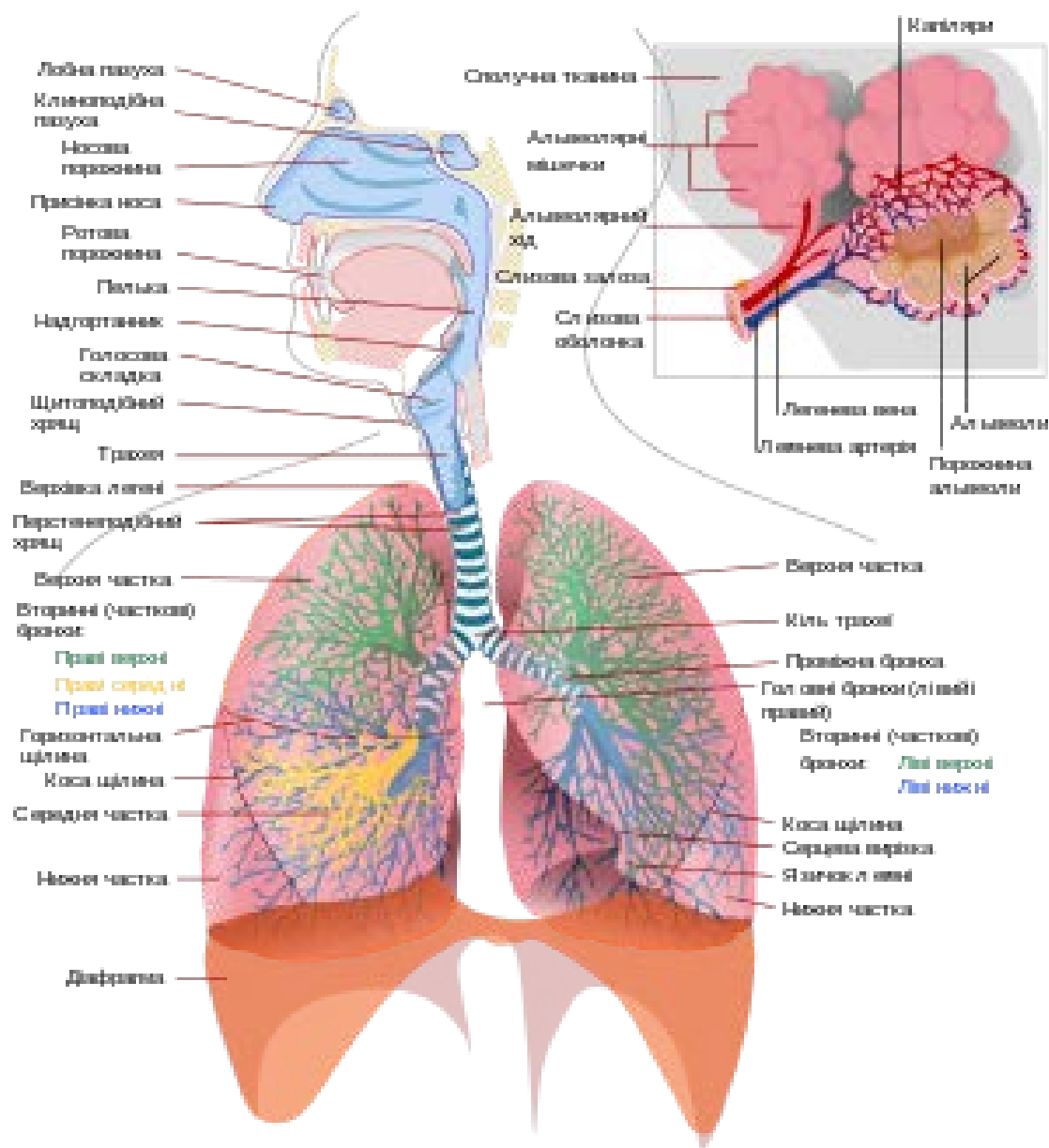
**СИСТЕМА ДИХАЛЬНА** (*Systema respiratorium*) - група органів, анатомічно зв'язаних один з одним, які забезпечують **дроблення** повітря і респіраторну функцію організму, що в остаточному підсумку полягають у газообміні між повітрям в альвеолах і кров'ю в капілярах легень. При цьому відбувається насичення крові киснем і видалення з неї двоокису вуглецю й інших легких органічних сполук (**рис. 6.1**)



**Рис. 6.1.** Принципова схема будови дихальної системи людини. Напрямок руху вдихуваного (↓) і видихуваного (↑) повітря.

Для оцінки функціонального стану системи дихання використовують методи спірометрії, спірографії, пневмотахометрії, оксигеметрії, методи газового

аналізу, ряд методик щодо визначення інтегральних параметрів системи зовнішнього дихання, а також *різні функціональні проби*.



**Малюнок 7. Анатомія органів дихальної системи.**

Інтенсивність дихання тісно пов'язана з інтенсивністю окисних процесів у *мітохондріях м'язових волокон*: глибина і частота дихальних рухів зменшуються в спокої і збільшуються під час роботи, чим більш напружена робота, тим більше частота дихання. Так, при напруженій м'язовій роботі об'єм легеневої вентиляції зростає у тренуваних людей до **100 і більше літрів** за хвилину. Легенева вентиляція під час м'язової роботи знаходиться в прямій

залежності від потужності роботи (рівня споживання кисню). До певного субмаксимального рівня ця залежність лінійна, а при більш важкій роботі легенева вентиляція зростає швидше, ніж підвищується споживання кисню. Людина в стані спокою споживає **250-350** мл кисню за хвилину, під час роботи - до **4500-5000** мл/хв. Транспорт такої величезної кількості *кисню* вимагає посиленої роботи серця (в 2-3 рази зростає частота серцевих скорочень і систолічний об'єм крові). Вирахувано, що при підвищенні споживання кисню під час м'язової роботи на **100** мл за хвилину хвилиний об'єм крові має зрости на **800-1000** мл. Під час роботи зростає киснева ємність крові (за рахунок виходу еритроцитів з депо), а також збільшується коефіцієнт засвоєння кисню (з **60-80** мл в спокої до **120** мл під час роботи). Підвищене надходження кисню в тканини в умовах роботи зумовлене зниженням напруження кисню, зростання напруження вуглекислого газу та концентрації  $H^+$  -іонів, що приводить до збільшення дисоціації оксигемоглобіну. Крім того, нагромаджена в тканинах під час роботи *молочна кислота* переходить в кров і витісняє вугільну кислоту з її зв'язків з **K** і **Na** . Це зумовлює підвищення напруження вуглекислого газу в крові, який безпосередньо та рефлекторно *збуджує дихальний центр* і при цьому збільшується легенева вентиляція. Отже, посилення вентиляції в умовах *м'язової*

*роботи* зумовлене *хімічними змінами*, які відбуваються в організмі (збільшенням вмісту вуглекислоти, недоокислених продуктів обміну). Крім того, легенева вентиляція посилюється *рефлекторними впливами*. Дихання при м'язовій роботі тісно пов'язане з *біомеханічними особливостями положення тіла і механікою самих рухів*. У різних положеннях тіла може знижуватись рівномірність вентиляції легень і зменшуватись загальна площа альвеол, що вентилюється (гімнастичний міст, їзда на велосипеді тощо). Таким чином, легенева вентиляція залежить від цілого ряду характеристик рухів (особливостей циклічних, ациклічних, силових вправ, від їх потужності, темпу тощо). Тому активність рухових актів проходить спряжено з дихальними рухами. Чим міцніший зв'язок дихання і рухів, тим легше вони виконуються.

**Дифузійна здатність легень** — фізіологічний показник, що визначає перенесення газів крізь стінку альвеоли легень за одиницю часу.

**Гіпокінезія (гіподинамія)** недостатність рухової активності, формуючи малий обсяг функціональних резервів, є однією з головних причин дезадаптації людини до зростаючих темпів зміни довкілля (забрудненість повітря, води, їжі), зростаючих нервово-емоційних перенапружень, пов'язаних з неможливістю

позитивного вирішення елементарних соціальних завдань (житло, професія, працевлаштування тощо). Розглядаючи проблему здоров'я людини з позицій ролі фізичної культури в реалізації генетично запрограмованої тривалості життя індивіда, логічним є формулювання терміну «здоров'я» як психофізичного стану людини з великим обсягом функціональних резервів – основи її повноцінного біосоціального існування, високої фізичної і інтелектуальної працездатності, високої імунної і фізіологічної реактивності (стійкості) щодо впливу чинників довкілля та відсутності патологічних відхилень в організмі.

**Наслідки гіпокінезії.** Обмеження рухової активності супроводжується рядом функціональних і морфологічних змін в організмі. Найбільш виражено ці зміни проявляються у космонавтів, підводників, у людей, які тривалий час хворіють, не встають з ліжка. В поєднанні зі зростаючим нервово-психічним напруженням *гіпокінезія* сприяє формуванню дистресових станів в організмі. За таких умов різко *знижується імунна реактивність (стійкість)* організму, створюються умови до виникнення різноманітних захворювань. Обов'язковим наслідком гіпокінезії є *атрофія* скелетних і серцевого м'язів. Атрофія, викликана бездіяльністю, приводить до часткового зменшення об'єму живої протоплазми клітин в живому організмі. Водночас зменшується маса м'язової тканини і знижується працездатність м'язів і організму в цілому. Наслідком гіпокінезії є порушення структури і функції м'язів, зв'язок, сухожилів, нервово-м'язових синапсів. Зменшується суглобна рухливість, погіршується координація рухів та прояв інших рухових здібностей, згасають сформовані рухові навички. В умовах гіпокінезії знижується функціональна *активність легень*. Зменшення легеневої вентиляції призводить до розвитку атрофії дихальних м'язів і недостатнього забезпечення тканин киснем (*зниження синтезу молекул АТФ у мітохондріях*).

**Рухова активність і тривалість життя.** Збільшення тривалості життя людини в процесі філогенезу є перш за все наслідком науково-технічного прогресу, зокрема в області медико-біологічних наук. *Так, тривалість життя людини у первісному суспільстві складала 20-25 років, у мідному, бронзовому і залізному віках – 30, сьогодні – близько 70 років.* Середня тривалість життя чоловіків у Японії – 76,5 років, жінок – 81,6 років. Серед чинників, що істотно впливають на рівень здоров'я і тривалість життя людини, особлива роль належить руховій активності. Проведені *І.В. Мудровим* дослідження на лабораторних тваринах одного приплоду показали, що тривалість життя пацюків

*дослідної групи* (з моменту обмеження рухової активності) в середньому становила **82,2** доби, тварини контрольної групи жили **529** днів. Таким чином, гіпокінезія скоротила тривалість життя піддослідних тварин більш, ніж у шість разів. З давніх-давен існує думка про те, що втома і пов'язана з нею рухова активність шкідлива для організму. Цю точку зору підтримував відомий фізіолог першої половини ХХ ст. Макс Рубнер. Досліджуючи собак різних порід, серед яких були карлики вагою 5 кг і гіганти вагою більше 40 кг, вчений виявив, що у великих тварин інтенсивність обміну речовин і функціонування вегетативних органів (частота пульсу, частота дихання тощо) менша, ніж у малих. При цьому тривалість життя великих тварин була теж більшою, ніж у малих. Враховуючи цю закономірність і виходячи з положення про те, що кожній людині (тварині) «відпущено» природою на життя чітко визначена кількість енергії, М. Рубнер зробив помилковий висновок, що тривалість життя організму залежить від площі тіла. Людина повинна жити близько *100-120 років*. Такою тривалість життя буде тоді, коли лікарі зможуть більш успішно лікувати хворих на серцево-судинні та ракові захворювання. А сьогодні прогрес в цій області помітно уповільнюється. В середньому для одного року приросту тривалості життя необхідно близько 10 років прогресу суспільства

**Кінезотерапія** (лікування рухами) або лікувальна фізкультура (ЛФК) – це галузь медичної реабілітації, що вивчає механізми терапевтичної дії на організм руху з *профілактичною, лікувальною і реабілітаційною метою*. Фізична активність — одна з необхідних умов життя, що має не тільки біологічне, але й соціальне значення. Вона розглядається як природно-біологічна потреба живого організму на всіх етапах онтогенезу. Кінезотерапія використовує в лікуванні хворих одну з найважливіших еволюційно розвинених біологічних функцій організму – рух. Однак для лікування і профілактики використовується не просто рух, а спеціально підібрані, методично оформлені й належним чином організовані рухи, які прийнято називати фізичними вправами. Об'єктом впливу кінезотерапії є хворий з усіма особливостями реактивності й функціонального стану його організму. Всі засоби фізичної культури використовуються для лікування хворого, що вводить її в ранг клінічних дисциплін. Всі загальнорухові гімнастичні заняття містять вправи як з предметами, так і без них: використовуються палиці, стрічки, шнури, тички, м'ячі й т.ін. Точності виконання вправ сприяє використання гімнастичних снарядів – стінок, лавок, колод. Дихальні вправи – це гімнастичні вправи з довільною видозміною характеру і/або тривалості фаз дихального циклу, як в поєднанні з рухами

тулуба і кінцівок, так і без них. Їх застосовують з метою поліпшення й активізації функції зовнішнього дихання, зміцнення дихальних м'язів, попередження легневих ускладнень (пневмонії, ателектазів, плевральних спайок, плевро-кардиальних спайок та ін.), а також для зниження фізичного навантаження у процесі та після занять фізичними вправами. Для реабілітації широко застосовують динамічні, статичні і дренажні дихальні вправи. Статичними дихальними вправами називають такі, що виконуються зі зміною ритму і глибини дихання, пауз між вдихом і видихом, переважним посиленням екскурсії грудної клітки або діафрагми. До даної групи вправ належать:

1) вправи, що змінюють тип дихання: а) повний тип дихання; б) грудний тип дихання; в) діафрагмальне дихання. Найбільш фізіологічним є повне дихання, при якому під час вдиху виконується послідовне розширення всіх відділів грудної клітки за вертикальним напрямом;

2) вправи з дозованим опором: а) діафрагмальне дихання з опором рук інструктора в області краю ребрової дуги, ближче до середини грудної клітки; б) діафрагмальне дихання з укладанням мішечка з піском різної маси (0,5-1 кг) на верхній квадрант живота; у) поверхгрудне двостороннє дихання з подоланням опору при тиску руками інструктора підключичної області; г) нижнегрудне дихання з участю діафрагми з опором при тиску руками інструктора в області нижніх ребер. Важливим різновидом статичних дихальних вправ є “звукова гімнастика” – виконання вправ з вимовлянням на видиху ряду тремтячих, шиплячих і свистячих звуків, що спричиняють тремтіння голосової щілини і бронхіального дерева (фізіологічний *вібраційний масаж*, що спричиняє зниження тонусу гладких м'язів трахеї і бронхів). Динамічними дихальними вправами називають такі, під час яких дихання здійснюється за допомогою допоміжних дихальних м'язів, рухах кінцівок і тулуба. При цьому рухи підбираються таким чином, щоб полегшити або посилити дихання різних відділів легень. Дренажними дихальними називають вправи, які сприяють стоку відокремлюваного з бронхів у трахею, звідки мокротиння евакуйовується під час відкашлювання. При цьому використовуються статичні й динамічні дихальні вправи, що виконуються з постуральних (дренажних) положень. Основним принципом використання дренажних положень є обов'язкове розташування хворого в такому положенні, щоб патологічне осередок знаходилося вище за біфуркації трахеї, що полегшить відходження мокротиння.

## Список використаної літератури.

1. Алгоритми діагностично-лікувальних навичок та вмій з внутрішніх хвороб для лікарів загальної (сімейної) практики. Запоріжжя: ЗМІ, 2012. 360 с.
2. Васильева Л. Н. Современная диагностика и лечение органов дыхательной системы. Днепропетровск: Акцент ПП, 2015. 48 с.
3. Ватутин Н. Т., Склянная Е. В., Ещенко Е. В. и др. Тромбоэмболия легочной артерии: Обзор рекомендаций Европейского общества кардиологов по диагностике и лечению (2014). Практична ангіологія. 2015. № 2 (69). С. 5–20.
4. Впровадження діагностичних, прогностичних та лікувальних шкал з внутрішньої медицини у навчальний процес підготовки студентів і лікарів післядипломної освіти: Навч. посібн. / За ред. проф. В. І. Денесюка, проф. Р. Г. Процюка. Київ: Центр ДЗК, 2017. 168 с.
5. Гаврисюк В. К., Меренкова Е. М., Гуменюк Г. Л. и др. Саркоидоз органов дыхания: эпидемиология, структура больных, результаты лечения. Український терапевт. журнал. 2014. № 2. С. 95–100.
6. Гаврисюк В. К., Ячник К. И., Меренкова Е. А. Хроническое легочное сердце в свете положений международных руководств NICE-COPD и GOLD. Український терапевт. журнал. 2013. № 2. С. 89–93.
7. Гострий респіраторний дистрес-синдром. ГРАС, ARDS. Берлін, 2012.
8. Денесюк В. І., Денесюк О. В. Доказова внутрішня медицина. Вінниця: ДП «ДКФ», 2011. 928 с.
9. Діагностичні, лікувальні та профілактичні алгоритми з внутрішньої медицини: Навч.-метод. посібник / За ред. В. І. Денесюка. Київ: Центр ДЗК, 2015. 152 с.
10. Діагностика і лікування гострої тромбоемболії легеневої артерії / Робоча група експертів АКУ, АНКУ, АСХУ, АПУ, ААРУ. Український кардіол. журнал. 2016. № 2. Додаток.
11. Доценко Н. Я. Дослідження функції зовнішнього дихання у практиці сімейного лікаря. Therapia. 2015. № 1 (94). С. 9–12.
12. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Полтава, ПУЕТ, 2014 - 134 с.
13. Ідіопатичний легеневий фіброз: клініка, діагностика, лікування: Метод. посібн. Київ, 2016. 168с.

**Джерело:** <https://compendium.com.ua/uk/tutorials-uk/vnutrishnya-meditsina/3-rozdil-zakhvoriuvannia-orhaniv-dykhannia/spisok-vikoristanoyi-literaturi-5/>

## ПРАКТИЧНІ РОБОТИ 4 – 6.

### ТЕМА. Кисень і діоксид вуглецю. їх фізіологічне значення для життєдіяльності та рухової активності людини

#### Теоретична частина

**1. Кисень:** при нормальних умовах (760 мм.рт.ст.,  $T = +20^{\circ}\text{C}$ ) - газ; хімічна формула  $\text{O}_2$ , маса **1 г.моль  $\text{O}_2$  - 32 г**; кількість молекул кисню в 1 г.моль = const =  **$6,02 \times 10^6$**  мол; **об'єм 1 г.моль  $\text{O}_2 = 22,4$  л**; концентрація кисню у повітрі навколишнього середовища - 21 %; у повітрі, що видихається людиною, об'ємна частка кисню - 16 %.

**2.** Парціальний тиск  $\text{O}_2$  у повітрі визначається за формулою:

$$P_1(\text{O}_2) = 760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 0,21 = 160 \text{ мм.рт.ст.} \quad (1)$$

Парціальний тиск кисню у видихаємому повітрі визначається за формулою:

$$P_2(\text{O}_2) = 760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 0,16 = 121,6 \text{ мм.рт.ст.} \quad (2)$$

**3.** Життєва ємність легень людини визначається за емпіричною формулою:

$$V(\text{лег}) = 0,06 \text{ л/кг} \cdot M_{\text{т}} \quad (3)$$

де  $V(\text{лег})$  - життєва ємність легень (л,  $\text{дм}^3$ ); 0,06 л/кг - емпірично визначений коефіцієнт;  $M_{\text{т}}$  - маса тіла людини (кг).

У дорослої людини масою тіла  $M_{\text{т}} = 70$  кг, життєва ємність легень дорівнює:

$$V(\text{лег}) = 0,06 \text{ л/кг} \cdot 70 \text{ кг} = 4,2 \text{ л.}$$

**4.** Максимальний об'єм кисню, який надходить у легені під час глибокого вдиху, визначається за формулою:

$$V(\text{O}_2) \text{ max} = V(\text{лег}) \cdot 0,21, \quad (4)$$

де 0,21 - об'ємна частка кисню в повітрі.

У дорослої людини масою тіла  $M_{\text{т}} = 70$  кг, максимальний об'єм кисню, що надходить у легені, дорівнює:

$$V(\text{O}_2) = 4,2 \text{ л} \cdot 0,21 = 880 \text{ мл.}$$

Емпірично встановлено, що тільки **40%** або **0,4** об'ємної частки від максимального об'єму кисню під час глибокого вдиху потрапляє в кров і переноситься еритроцитами по всьому організму за допомогою розгалуженої кровоносної системи.

Решта кисню видихається в навколишнє середовище. Тому максимально поглинений об'єм  $\text{O}_2$  (пог) визначається за формулою:

$$V(\text{O}_2) \text{ пог.} = V(\text{O}_2) \text{ max} \cdot 0,4. \quad (5)$$

У дорослої людини масою тіла  $M_t = 70$  кг, максимальний об'єм поглиненого кисню (пог) дорівнює:

$$V(O_2) \text{ пог} = 880 \text{ мл} \cdot 0,4 = 350 \text{ мл.}$$

5. Поглинений кисень в організмі людини використовується у ферментативних реакціях окислення таких макронутрієнтів продуктів харчування, як вуглеводів, жирів, білків. При цьому утворюється діоксид вуглецю ( $CO_2$ ), який видаляється з організму людини через легені під час видиху в навколишнє середовище.

6. Парціальний тиск діоксиду вуглецю в навколишньому середовищі визначається за формулою:

$$P_1(CO_2) = (760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 0,03 \%) / 100 \% = 0,23 \text{ мм.рт.ст.,}$$

де 0,03 % — концентрація  $CO_2$  в повітрі.

7. Парціальний тиск діоксиду вуглецю у видихаємому повітрі визначається за формулою:

$$P_2(CO_2) = (760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 4,5 \%) / 100 \% = 35,1 \text{ мм.рт.ст.,}$$

де 4,5 % — концентрація  $CO_2$  у видихаємому повітрі.

8. Маса 1 г.моль  $CO_2$  - 48 г.

9. Об'єм 1 г.моль  $CO_2$  - 22,4 л.

Для окислення 1 г макронутрієнтів поглинається  $O_2$ :

Білків - 966 мл

Жирів - 2 019 мл

Вуглеводів - 829 мл

Під час окислення 1 г макронутрієнтів: утворюється  $CO_2$ :

Білків - 774 мл

Жирів - 1 927 мл

Вуглеводів - 829 мл

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.

### Тема. Фізіолого-біохімічні функції кисню.

#### Завдання

Визначити об'єм (л) і кількість (г.моль) кисню, що поглинається під час дихання студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) у процесі життєдіяльності:

**сидячи** спокійно на практичних заняттях протягом **90 хв.** Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **12/хв**);

**стоячи** на робочому місці протягом **60 хв.** Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **15/хв**);

**прогулянки** повільно протягом **120 хв.** Число актів «вдих - видих» дорівнює

\_\_\_\_\_ (наприклад **20/хв**);

**при бігу повільно (11,2 км/год)** протягом 30 хв. Число актів «вдих - видих»

\_\_\_\_\_ дорівнює (наприклад **26/хв**);

**при швидкому бігу (20 км/год)** протягом 10 хв. Число актів «вдих - видих»

дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **35/хв**);

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 5.**

**Тема. Фізіолого-біохімічні функції діоксиду вуглецю.**

**Завдання.**

**Визначити максимальний об'єм (л) і кількість (г.моль)  $\text{CO}_2$ , що утворюється під час дихання студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіл \_\_\_\_\_ (кг) у процесі життєдіяльності за таких умов:**

**сидячи** спокійно на практичних заняттях протягом 90 хв. Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **12/хв**);

**стоячи** на робочому місці протягом 60 хв. Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **15/хв**);

**прогулянки** повільно протягом 120 хв. Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **20/хв**);

**при бігу повільно (11,2 км/год)** протягом 30 хв. Число актів «вдих - видих» \_\_\_\_\_ дорівнює (наприклад **26/хв**);

**при швидкому бігу (20 км/год)** протягом 10 хв. Число актів «вдих - видих» дорівнює \_\_\_\_\_ (наприклад **35/хв**);

Примітка: скористайтесь формулою (3) та даними в пунктах 1 і 8.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 6.**

**Тема. Окислення білків, жирів, вуглеводів в організмі людини.**

**Завдання**

Визначити, скільки (г) білків, жирів, вуглеводів, що входять до складу продуктів харчування, **окислиться** у ферментативних процесах в організмі студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) у стані **сну** тривалістю **8 год.** При повному спокої потреба дорослої людини в кисні становить **3,5 мл/хв-кг.**

**Примітка:**

**Добова** фізіологічна потреба людини у білках **0,75** г на **1** кг маси тіла. Співвідношення добової потреби «білки : жири : вуглеводи» складає **1 : 1,2 : 4**. Практичні завдання виконуються **на основі індивідуальних показників** маси тіла та дихальної системи

### **ТЕМА 3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ВОДИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ В НОРМІ ТА В УМОВАХ ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.**

Вступ

1. Структура води.
2. Біологічне значення води.
3. Вміст води в організмі людини.
4. Роль води в організмі людини.
5. Вільна та зв'язана вода в харчових продуктах.
6. Визначення загального вмісту вологи в харчових продуктах.
7. Визначення твердості води.

**Вступ.**

**Вода** є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул. Вода важлива складова харчових продуктів. Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

Раніше вважали, що води в організмі більш, ніж достатньо, а та, що втрачається з потом, сечею і повітрям, що видихається, легко компенсується будь-якими напоями, що містять воду, тому роль води просто недооцінювали. Тільки в самі останні роки стало приходити розуміння ролі води для людини, того, що не існує води, як такої, що вона представлена безліччю різних форм і ця її різноманітність дозволяє їй не тільки підтримувати життя, але, по суті, бути джерелом життя.

Ще в 60-ті роки Нобелівський лауреат Альберт Сцент-Д'єрді сказав: *«Біологія забула роль води або взагалі не думала про неї».*

Вода є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул.

**Вода важлива складова харчових продуктів.** Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах (**таблиця 1**) як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

**Таблиця 1.**

**Вміст вологи у харчових продуктах коливається в широких межах (%).**

<b>М'ясо</b>	<b>65-75</b>	<b>Борошно</b>	<b>12-14</b>
<b>Молоко</b>	<b>87</b>	<b>Кавові зерна</b>	<b>5</b>
<b>Фрукти</b>	<b>70-95</b>	<b>Сухе молоко</b>	<b>4</b>
<b>Мед</b>	<b>20</b>	<b>Пиво, соки</b>	<b>87-90</b>
<b>Масло,</b>	<b>16 - 22</b>	<b>Сир</b>	<b>37</b>

Багато видів харчових продуктів містять велику кількість вологи, що негативно впливає на їх стабільність в процесі зберігання. Оскільки вода безпосередньо бере участь в протеолітичних процесах, її видалення або зв'язування за рахунок збільшення вмісту солі чи цукру гальмує багато реакцій та інгібує розвиток мікроорганізмів таким чином збільшуючи термін зберігання продуктів. Важливо також відмітити, що видалення води висушуванням або замороженням суттєво впливає на хімічний склад і природні властивості продукту. Все це визначає інтерес дослідників до вивчення властивостей та особливостей поведінки води та льоду в харчових продуктах.

Останніми роками почалися дослідження ролі води і її структурних особливостей, що міститься як в живих клітинах, так і в позаклітинному середовищі. Виявилось, що вода в живому організмі високо організована, тобто значна частина води зв'язана з біологічними молекулами, утворюючи багатошарові структури.

Отже, вода відіграє важливу роль в динамічній структурній організації живої речовини – клітин і оточуючих їх сполучнотканинних елементів. Крім цього, вона ще і безпосередньо бере участь в обміні речовин, який, власне, і лежить в

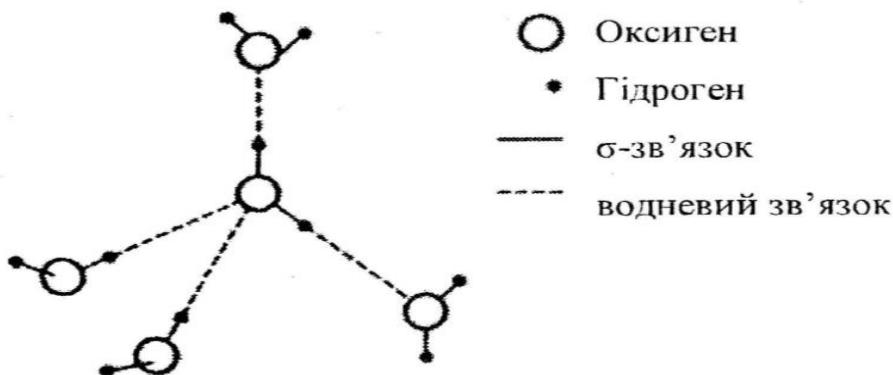
основі всіх процесів життєдіяльності. Обмін речовин – це безперервна заміна одних молекул на інші, тобто розпад одних і синтез тих же або інших молекул, потрібних організму в даний момент.

## 1. Структура води

Вода – унікальна речовина, якій характерні ціла низка специфічних властивостей. Так, у неї досить висока температура кипіння – +100 °С. Вона має аномально високу теплоємність. Це має важливе значення у природі – в нічний час а також при переході від літа до зими вода остигає повільно, відіграючи при цьому роль регулятора температури на Землі.

Вода має незвичайну властивість розширюватися при замерзанні, в результаті чого густина льоду менша, ніж води, що не характерне для інших речовин. Серед інших аномалій слід відмітити високе значення поверхневого натягу та діелектричної сталої, а також значну теплопровідність води. У льоду значення теплопровідності є ще вищим. Це пояснює той факт, що живі тканини замерзають швидше, ніж розмерзаються.

Аномальні властивості води пояснюються її структурою. У окремо взятої молекули води є властивість, яка виявляється тільки у присутності інших молекул: здатність утворювати водневі містки між атомами Оксигену двох сусідніх молекул, так, що атом Гідрогену розташовується на відрізку, що сполучає атоми Оксигену. Властивість утворювати такі містки обумовлена наявністю особливої міжмолекулярної взаємодії, в якій істотну роль відіграє атом Гідрогену. Ця взаємодія називається *водневим зв'язком*. Водневі зв'язки зумовлюють здатність молекул води утворювати тетраедричні комплекси (малюнок), в результаті чого вона є певною мірою структурованою.



Малюнок. Структура води

Водневий зв'язок визначає унікальні властивості води: у води відносно високі температури кипіння, плавлення і пароутворення, оскільки потрібно

затрачувати додаткову енергію на розрив водневих зв'язків. Тільки вода знаходиться у всіх трьох агрегатних станах. Інші речовини з подібною будовою і молекулярною масою, такі як  $H_2S$ ,  $HCl$ ,  $NH_3$  за звичайних умов є газами. При додаванні різних речовин до води змінюються як властивості самих речовин, так і властивості води. Гідрофільні речовини взаємодіють з водою, змінюючи її структуру, рухливість, а також реакційну здатність самих гідрофільних речовин. Гідрофобні групи речовин взаємодіють з водою слабо. Щоб зменшити контакт з водою, гідрофобні групи агрегуються. Цей процес відомий, як *гідрофобна взаємодія*.

## **2. Біологічне значення води.**

Вода – чудовий розчинник для полярних речовин. До них відносяться йонні сполуки, такі як солі, і також деякі нейонні сполуки, наприклад цукор і прості спирти, в молекулі яких присутні полярні групи ( $-OH$ ). Неполярні (гідрофобні) речовини, наприклад ліпіди, не змішуються з водою. Подібна гідрофобна взаємодія між жиром і водою відіграє важливу роль в забезпеченні стабільності мембран, а також багатьох білкових молекул, нуклеїнових кислот і інших субклітинних структур. Властивості води як розчинника означають також, що вода служить середовищем для транспорту різних речовин. Цю роль вона виконує в крові, в лімфатичній і екскреторних системах, в травному тракті. Велика теплоємність води зводить до мінімуму температурні зміни, що відбуваються в ній. Завдяки цьому біохімічні процеси протікають в меншому інтервалі температур, з постійною швидкістю. Вода служить для багатьох клітин і організмів середовищем, для якого характерна сталість умов. Отже, біологічне значення води визначається і тим, що вона є одним з необхідних метаболітів, тобто бере участь в метаболічних реакціях, Вода використовується, як джерело водню в процесі фотосинтезу, а також бере участь в реакціях гідролізу.

## **3. Вміст води в організмі людини.**

Кожна клітина організму людини містить водний розчин різних живильних речовин. В цілому організм людини складається на 50-86% з води (86% у немовляти і 50% – у літньої людини).

<b>Системи організму</b>	<b>Об'ємна частка води, %</b>
<b>Кров</b>	<b>92</b>
<b>Нирки</b>	<b>до 82</b>

<b>Мозок</b>	<b>до 85</b>
<b>Печінка</b>	<b>до 69</b>
<b>М'язи</b>	<b>75</b>
<b>Жирові тканини</b>	<b>25</b>
<b>Кістки</b>	<b>до 28</b>

#### **4. Значення води в житті людини.**

Визначається тими функціями і тією величезною часткою, яку вона займає в загальній масі тіла людині і його органів. Достатнє надходження води в організм є однією з основних умов здорового способу життя. Вода бере активну участь в хімічних реакціях, що проходять в нашому тілі, доставляє живильні речовини в кожен клітку, виводить токсини, шлаки і надлишки солей, сприяє пониженню кров'яного тиску. Споживання достатньої кількості води – це один з кращих способів запобігти утворенню каменів в нирках. Вода як би «змащує» суглоби, виконуючи тим самим роль амортизації для спинного мозку, а також регулює температуру тіла і забезпечує еластичність шкіри. Вода необхідна для нормального травлення. Беручи участь в обміні речовин, ця унікальна рідина дозволяє зменшити жирові накопичення і понизити вагу.

Певний і постійний вміст води – одна з необхідних умов існування живого організму. Необхідно завжди підтримувати оптимальну кількість води в організмі!

**Людський організм надзвичайно важко переносить зневоднення.** Втрата 1- 1,5 л води вже викликає необхідність відновлення водного балансу, сигналом чого є відчуття спраги, залежне від збудження питного центру.

Коли людина втрачає 6 - 8% своєї ваги за рахунок дефіциту води в його організмі, наступають розлади низки функцій: порушується обмін речовин, збільшується кількість молочної кислоти у крові, сповільнюються окисні процеси, збільшується в'язкість крові. Підвищується температура тіла, прискорюється пульс, червоніє шкіра, частішає дихання. Порушується секреція травних залоз. Апетит зникає повністю. Шкіра стає в'ялою в результаті зменшення кількості вологи в підшкірному шарі. З'являються м'язова слабкість, запаморочення, головний біль і млявість.

Оскільки мозок людини на 75% складається з води, відносно його зневоднення викликає у клітинах мозку сильний стрес. Зневоднення негативно впливає на найважливіші функції організму, послаблюючи його і роблячи уразливим для хвороб. Хворобливі явища можуть наступити і коли людина

споживає зайву кількість води. В цьому випадку настають симптоми інтоксикації. З'являється слинотеча, нудота, блювота, температура тіла падає. Посилюється діурез (більше виділяється рідини, ніж поступає). Порушується координація рухів, з'являються судоми, м'язова слабкість і головний біль.

Всі ці явища настають значно швидше, якщо вода мало мінералізована. От чому не рекомендується вживати дощову воду, воду талу, кип'ячену. На думку фахівців дефіцит води в організмі – хронічне зневоднення – є найважливішою причиною багатьох захворювань: астми, алергії, підвищеного артеріального тиску, надмірної ваги, деяких емоційних проблем, у тому числі депресії.

**Потреба у воді** залежить від характеру харчування, трудової діяльності, стану здоров'я, віку, клімату і інших чинників. Потреба у воді дорослої людини, що проживає в середній смузі, – **2,5-3 л на добу**. В США нормою вважається 1 л води на 1000 ккал раціону живлення. Вчені підраховали, що частину води (1,5-2 л) ми споживаємо з їжею і напоями, близько 3% (0,3 л) води утворюється в результаті біохімічних процесів в самому організмі. Таким чином, потреба організму в питній воді становить приблизно 1,2-1,5 л на добу. Проте останнім часом деякі фахівці схиляються до думки, що нормальній здоровій людині випивати потрібно все-таки 2 л в день – щоб у жодному випадку не припуститися Навіть невеликого обезводнення.

**Потреба у воді** збільшується в середньому на 10% при підвищенні температури тіла на кожний градус вище 37°C, при фізичній роботі середньої тяжкості потреба підвищується до 4-5 л, при важкій роботі на свіжому повітрі – до 6 л, а при роботі в гарячих цехах може збільшуватися до **15 л**.

З урахуванням сучасних тенденцій в харчуванні особливе значення мають напої, які містять основні поживні речовини: розчинні форми білків та вуглеводів. Слід відмітити, що білоквмісні напої базуються лише на молоці та продуктах його переробки, сировинні джерела яких є обмеженими. Напої з натуральної вуглеводвмісної сировини на основі екстрактів поки що не отримали широкого розповсюдження. В технологічному плані поширеним є виробництво комбінованих напоїв на основі мінеральних вод, соків та екстрактів.

**Безалкогольні напої** – одні з найпоширеніших харчових продуктів. До них відносяться напої, виготовлені з питної та мінеральної столової води, плодово-ягідних або овочевих соків, продуктів бджільництва, настоянок та екстрактів рослинної сировини, цукру та цукрозамінників з додаванням ароматизаторів, барвників та інших компонентів. Безалкогольні напої в залежності від способу

виробництва, сировинного складу та призначення поділяються на газовані та негазовані, низькокалорійні та висококалорійні, гарячі та холодні, штучно мінералізовані води, а також напої спеціального приготування. При цьому до низькокалорійних безалкогольних напоїв відносять напої, які містять не більше 5% вуглеводів.

Особливе значення мають напої, виготовлені на натуральній рослинній сировині, які мають фармацевтичні та профілактичні властивості. Це, перш за все, шипучі напої зі спеціально підібраним складом вітамінів з протимікробною та протизапальною дією, які підвищують стійкість організму до несприятливих факторів навколишнього середовища. До напоїв, які сприяють доброму самопочуттю та сприятливо впливають на **організм** та **психіку** людини, відносять йодовані напої (йодоване молоко), біойогурти, безалкогольні напої на основі молочної сироватки.

**Таким** чином, **напої** на основі води сьогодні можуть виконувати роль функціональних продуктів у харчуванні, коригуючи рівень води та мікронутрієнтів в організмі.

## **6. Роль води в організмі людини.**

Вода відіграє велику роль в розвитку, зростанні і фізіологічних функціях живого організму. Всі життєво важливі процеси в організмі протікають у водних розчинах органічних і неорганічних речовин.

Рідини організму (кров, лімфа, тканинна рідина), що омивають в складному тваринному організмі клітинні елементи, беруть безпосередню участь в процесах обміну речовин. Універсальним внутрішнім середовищем для всіх органів і тканин організму є кров. Кров і лімфа нашого організму переважно складаються з води.

**Лімфа** (від лат. – чиста вода, волога) – рідина, що міститься в лімфатичних судинах хребетних тварин і людини.

Завдяки властивостям води як розчинника кров і лімфа служать ідеальним середовищем для протікання в організмі найскладніших хімічних процесів. Здатність організму підтримувати постійну температуру тіла в значній мірі обумовлена трьома фізичними властивостями води:

1) вода має високу здатністю утримувати тепло. Навіть холоднокрівні тварини здатні підтримувати відносну постійність температури тіла при короткочасних

коливаннях температури навколишнього середовища завдяки фізичним властивостям рідини, що міститься в їх організмі;

2) вода має високий ступінь теплопровідності. Завдяки цьому тепло легко відводиться з глибоко розташованих частин тіла;

3) вода постійно випаровується з поверхні легенів і шкіри. Під час випаровування втрачається значна кількість тепла, що має значення для процесів фізичної теплорегуляції.

Завдяки воді в організмі присутні у вигляді розчинів життєво важливі мінеральні речовини, У присутності води відбувається внутріклітинний синтез, всмоктування в кров різних речовин тощо.

З вживаної нами їжі можуть пройти через стінки кишкового каналу тільки розчинні речовини. Нерозчинні компоненти їжі для людського організму непотрібні, оскільки вони не можуть проникнути через стінки кишківника в кров.

**Без води було б неможливе живлення нашого тіла.** Вона є необхідним провідником нових елементів, які доставляються організму. Вода ж відносить з собою речовини, які не були засвоєні або виділяються різними органами. Немає в організмі жодного процесу, пов'язаного з обміном речовин, який проходив би без участі води. Чим енергійніше ці процеси протікають, тим більше має потребу людина у воді. В молодому організмі, що росте, вміст води більший, ніж у дорослої людини, що сформувалася. Так, у новонародженого кількість води досягає 75% ваги тіла.

**В процесі життєдіяльності організм виділяє воду** через легені, шкіру і нирки. Водний обмін має виключно велике значення для людини, оскільки разом з водою з організму віддаляються шкідливі речовини або продукти обміну. Затримка цих речовин або невчасне їх видалення приводять до важких форм отруєння, а іноді навіть і до загибелі організму. Дослідами встановлено, що тварини, коли всю їх шкіру покривали лаком, гинули через закупорку пітних залоз. Їх організм перенасичувався токсичними речовинами, які повинні були виділятися пітними залозами.

**Складова частина водного обміну – водний баланс.** Він визначає співвідношення між кількостями води, що поступила і виділилася в організмі. Постійний процентний вміст води в тканинах тіла є дуже важливою умовою його існування і нормальної життєдіяльності. Порушення цієї рівноваги може викликати значні зміни у функціональному стані організму.

Водне голодування швидше призводить до смерті, ніж повне харчове. Тому збереження водного балансу на відповідному рівні є важливою стороною загального обміну організму.

Для збереження нормального водного балансу необхідно, щоб кількість води, що поступає в організм за певний відрізок часу (наприклад, за добу), повністю відповідала кількості води, що виділилася. Кожне споживання води викликає в нервовій системі людини складні процеси, які визначають угамування спраги, або потребу організму у воді. Встановлено, що у людини є так званий питний центр, що складається з тих відділів нервової системи, які регулюють поповнення водних ресурсів організму.

### **6. Вільна та зв'язана вода в харчових продуктах.**

Вода – важлива складова харчових продуктів. Вона присутня у всіх рослинних та тваринних продуктах як клітинний та міжклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру, впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Взаємодіючи з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода суттєво впливає на текстуру їжі.

Загальна вологість продукту вказує на кількість вологи в ньому, але не характеризує її роль в хімічних, біохімічних та мікробіологічних змінах в продукті. В забезпеченні його стійкості при зберіганні важливу роль відіграє співвідношення вільної та зв'язаної вологи.

**Вільна волога** – це волога, не зв'язана полімерами та доступна для перебігу біохімічних, хімічних та мікробіологічних реакцій.

**Зв'язана вода** – це асоційована вода, міцно зв'язана з різними компонентами харчових продуктів – білками, ліпідами та вуглеводами за рахунок хімічних та фізичних зв'язків.

Зв'язана вода за своїми властивостями значно відрізняється від вільної: вона не замерзає при низьких температурах (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ); не розчиняє електроліти; має вдвічі вищу густину; не видаляється з продукту при висушуванні тощо. Зв'язана вода, на відміну від вільної, недоступна для мікроорганізмів, тому для пригнічення розвитку мікроорганізмів в харчових продуктах вільну воду повністю видаляють або переводять у зв'язану, додаючи водозв'язуючі компоненти.

Для характеристики стану вологи в продукті широко використовується показник **активності води** (*aw*). Активність води впливає на життєдіяльність

мікроорганізмів, на біохімічні, фізико-хімічні реакції та процеси, які відбуваються в продукті. Від величини активності води залежать термін зберігання м'яса та м'ясопродуктів, стабільність м'ясних консервів, формування кольору та аромату, а також втрати в процесі термообробки та зберігання. Рівноважна відносна вологість – характеристика навколишнього середовища, яке знаходиться у рівновазі з харчовим продуктом.

За величиною активності води виділяють: продукти з високою вологістю ( $a_w = 0,9 - 1,0$ ); продукти з проміжною вологістю ( $a_w = 0,6 - 0,9$ ); продукти з низькою вологістю ( $a_w = 0 - 0,6$ ).

Активність води є якісною характеристикою зв'язування води у продукті.

Для **кожного виду макроорганізмів** існує максимальне, мінімальне та оптимальне значення активності води. При досягненні певної максимальної або мінімальної величини активності води припиняється життєдіяльність цих мікроорганізмів.

Активність води можна змінювати, підбираючи сировину та рецептуру з урахуванням кількості кухонної солі та жиру. Ефективним засобом для запобігання мікробіологічного псування та низки хімічних реакцій, які погіршують якість харчових продуктів при зберіганні, є зменшення активності води в продуктах. Для цього використовують такі технологічні операції, як сушка, в'ялення, додавання різних речовин (сіль, цукор тощо), заморожування.

До речовин, **розчинних у воді** належать солі, сахариди, прості спирти, амінокислоти, неорганічні кислоти. Коли речовина переходить у розчин, її молекули або йони можуть рухатися вільніше, отже, реакційна здатність речовини зростає.

*Речовини, нерозчинні у воді* — жири, нуклеїнові кислоти, деякі білки. Такі речовини можуть утворювати з водою поверхні розділу, на яких протікають багато хімічних реакцій. Отже, той факт, що вода не розчиняє деякі речовини, для живих організмів є також дуже важливим.

**Гідрофільні** речовини — речовини, які у воді не розчиняються, проте добре нею змочуються.

**Гідрофобні** речовини — речовини, які не змочуються, а відштовхують воду. Вода має високу питому **теплоємність**, тобто здатність поглинати теплову енергію при мінімальному підвищенні власної температури. Щоб розірвати численні водневі зв'язки, наявні між молекулами води, потрібно поглинути велику кількість енергії. Це властивість води забезпечує підтримку теплового

балансу в організмі. Велика теплоємність води захищає тканини організму від швидкого і сильного підвищення температури.

Для випаровування води необхідна досить велика енергія. Використання значної кількості енергії на розрив водневих зв'язків при випаровуванні сприяє її охолодженню. Це властивість води охороняє організм від перегріву.

#### **Вода бере участь у багатьох фізіологічних і біохімічних процесах організму**

- транспорт необхідних для життєдіяльності речовини у кожен клітин;
- виведення токсинів, шлаків, надлишків солей, тобто здійснення обміну речовин;
- кров і лімфа переважно складаються з води;
- запобігання утворення каміння в нирках;
- регуляція температури тіла і еластичність шкіри;
- забезпечення нормального травлення;
- зменшення жирових накопичень;
- прискорює обмін речовин;
- хімічні реакції в організмі.

У рідкому середовищі відбуваються процеси травлення і засвоєння організмом поживних речовин. Вода очищує наше тіло зсередини. Через сечу, дихання і піт завдяки воді з організму виводяться шкідливі продукти обміну, токсини.

Не всі люди дотримуються водного режиму. Кожен по-різному відчуває спрагу, залежно від своєї діяльності і потреби. Проте ця потреба зростає при підвищенні температури, важкій роботі на свіжому повітрі, при виконанні службових обов'язків (гасінні пожеж, ліквідації надзвичайних ситуацій). Якщо зовні надходить зайве тепло або під час фізичного навантаження, коли внаслідок розщеплення глюкози виділяється енергія у людини виникає пітливість (вода) щоб вивести з організму зайве тепло. При недостатньому надходженні води в організм, погіршується теплообмін і підтримка нормальної температури, він стає уразливим до хвороб. Коли настає зневоднення організму або внутрішньовенно вводять розчини з високим вмістом солей, клітини стискаються випускаючи воду назовні. Якщо в клітині достатньо чистої води з низьким вмістом солі, вона врівноважує тиск.

Також нестача води є умовою для згущення крові та утворення тромбів. При нестачі води підвищуються показники гемоглобіну та еритроцитів, кров стає в'язкою і це підвищує ризик тромбоутворення.

Вживання недоброякісної питної води негативно впливає на здоров'я людини. Це може відбуватися як при вживанні води для пиття і приготування їжі, так і при купанні та плаванні, заняттях водними видами спорту в такій воді. Природна вода може стати причиною ряду захворювань, викликаних нестачею або надлишком у ній окремих хімічних елементів і сполук (йод, фтор, марганець, магній та ін.). Вода річок та інших відкритих водойм може негативно вплинути на здоров'я людини, якщо забруднена речовинами, що потрапили до неї з промислових, побутових, сільськогосподарських відходів, недостатньо очищена і знезаражена. З водою можуть передаватися різноманітні інфекційні захворювання (вірусний гепатит А, ротавірусна інфекція, черевний тиф, паратифи, дизентерія та інші кишкові інфекції), а також яйця гельмінтів, збудники протозойних захворювань. Патогенні збудники можуть потрапляти до води з різними нечистотами та відходами, тому безпека води в епідемічному плані є однією з головних вимог.

### 7. Біологічні функції води.

- **Механічна функція:** вода практично не стискається, і надає форми соковитим органам і тканинам.
- **Транспортна функція:** вода забезпечує пересування речовин у клітинах і організмі, поглинання речовин і виведення продуктів метаболізму. У природі вода переносить продукти життєдіяльності у ґрунт і до водойм.
- **Метаболічна функція:** вода — активний учасник реакцій обміну речовин.
- **Терморегуляторна функція:** вода забезпечує рівномірний розподіл тепла всередині організму, а під час транспірації у рослин та потовиділення у тварин охолоджує організм.
- **Захисна функція:** вода бере участь в утворенні змащувальних рідин і слизу, секретів і соків в організмі (ці рідини містяться у суглобах хребетних тварин, у плевральній порожнині, у навколосерцевій сумці), входить до складу слизів, які полегшують пересування речовин по кишечнику, створюють вологе середовище на слизових оболонках дихальних шляхів. Водну основу мають і секрети, що виділяються деякими залозами і органами: слина, слюзи, жовч, сперма, тощо

### 8. Гігієнічне значення води.

**Фізіологічні функції води:** пластична – вода складає в середньому 65 % маси тіла дорослої людини. 70 % води зосереджено внутрішньоклітинно, 30 % позаклітинно у складі крові, лімфи (7%) та міжклітинної рідини (23 %). Вміст води у кістковій тканині становить 20 % від її маси, у м'язовій – 75 %, у

сполучній – 80 %, плазмі крові – 92 %, скло видному тілі ока – 99 % води. Більша частина 4 води є компонентом макромолекулярних комплексів білків, вуглеводів та жирів і утворює з ними желеподібні колоїдні клітинні та позаклітинні структури. Менша знаходиться у вільному стані: - участь у обміні речовин і енергії – усі процеси асиміляції і дисиміляції в організмі перебігають у водних розчинах; - роль у підтриманні осмотичного тиску і кислотно-лужної рівноваги; - участь у теплообміні і терморегуляції – при випаровуванні 1 г. Вологи з поверхні легень, слизових оболонок та шкіри (схована теплота паротворення) організм втрачає 2,43 кДж (біля 0,6 ккал) тепла; - транспортна функція – доставка до клітин поживних речовин кров'ю, лімфою, видалення з організму шлаків, обміну сечею, потом; - як складова частина харчового раціону та джерело надходження в організм макро- і мікроелементів. Існують нервово-психічні розлади, зумовлені неможливістю задовольнити спрагу при відсутності води або її поганих органолептичних якостей. Згідно з вченням І.П.Павлов про вищу нервову діяльність запах, смак, присмак, зовнішній вигляд, прозорість, забарвлення води є подразниками, що діють через центральну нервову систему на весь організм. Погіршення органолептичних якостей чинить рефлекторну дію на водно-питний режим і деякі фізіологічні функції, зокрема пригнічує секреторну діяльність шлунку. До води з поганими органолептичними властивостями у людини формується захисна реакція – відчуття відрази, яке примушує відмовлятися від вживання такої води, навіть незважаючи на спрагу.

**Водно-сольовий обмін (В.С.О.)** - процеси надходження, розподілу води та іонів солей (електролітів) у внутрішньому середовищі організму і виведення їх із нього. Основна роль В.-С.О. в організмі — підтримання гомеостазу (сталості внутрішнього середовища) організму. В організмі людини 22–23% води знаходиться в позаклітинній, 40–45% — у внутрішньоклітинній і 1–3% — у трансцелюлярній фазах. *Розрізняють вільну, зв'язану і конституційну воду.*

**Об'єм рідкої частини крові – плазми можна обрахувати за формулою:**

$$\text{Об'єм плазми (л)} = \text{маса тіла (кг)} \times 0,043.$$

*Організм дитини* містить більше води, ніж організм дорослої дитини, в літньому та похилому віці кількість води зменшується. Добова потреба у воді *для дорослої людини* становить 40 г/кг маси тіла. 85% води, що міститься в організмі, надходить із продуктами харчування (екзогенна вода), а 10–15% утворюється в організмі (ендогенна вода). Ендогенна вода утворюється при **окисненні** білків (41,3 г на 100 г), вуглеводів (55,6 г на 100 г), ліпідів (101,7 г на

100 г). Із кожних 100 г продуктів утворюється 12 г води, тобто при енергетичній цінності 1450 кДж на добу утворюється 350–400 г води.

Головним чинником, що визначає кількість води в організмі і який підтримує необхідну рівновагу між позаклітинним і внутрішньоклітинним обсягами рідини, є осмотичний тиск крові, що відіграє винятково важливу роль у забезпеченні метаболічного гомеостазу і рівня АТ. Близько **72% води** організму міститься в клітині, а 28% — у позаклітинному просторі.

**Позаклітинна вода (8–10%)** знаходиться у вільному стані (кров, лімфа, ліквор); вона мобільна має властивості розчинника. Кількість води (близько 4%) зв'язана у складі гідратних оболонок біополімерів (структурована вода).

Основним компонентом, що підтримує осмотичний тиск у позаклітинній рідині, є натрій ( $\text{Na}^+$ ). Баланс  $\text{Na}^+$  тісно пов'язаний з обміном іонів калію ( $\text{K}^+$ ), а також деяких інших іонів. У позаклітинній рідині переважає  $\text{Na}^+$ , у внутрішньоклітинній —  $\text{K}^+$ , тому процеси осморегуляції та регуляції співвідношення  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  взаємозалежні.

Водно-селевий обмін (ВСО). тісно пов'язаний з іншими видами обміну речовин, крово- та лімфообігом, функціональним станом нирок, ШКТ, легень, шкіри. У регуляції ВСО найбільш активну участь беруть вегетативна нервова система (особливо її симпатичний відділ), ренін-ангіотензинова система, альдостерон, антидіуретичний гормон (вазопресин), натрійуретичний гормон, паратгормон, кальцитонін, дофамін, простагландини, кініни. Стан ВСО значною мірою залежить від рівня вживання мінеральних солей та рідини. Усі розлади сольового обміну нерозривно пов'язані з обміном загальної, позаклітинної та внутрішньоклітинної води. Порушення ВСО порушується при багатьох захворюваннях і патологічних станах (недостатність кровообігу, артеріальна гіпертензія, гіпофункція кори надниркової залози, гіпофункція задньої частки гіпофіза, кишкові інфекції, інтоксикації, перегрівання тощо). У дітей порушення ВСО виникає у зв'язку з недостатньою зрілістю механізмів його регуляції

Для визначення загальної кількості води в організмі використовують речовини, що рівномірно розподіляються між рідинними фазами, напр. антипирин і з'єднання ізотопів водню (**дейтерій, тритій**).

**Об'єм позаклітинної рідини** визначають за концентрацією розчинів речовин, що слабо проникають або взагалі не проникають у клітини і швидко зникають із крові. До них належать інулін, сахароза, маніт, тіоціонат, тіосульфат, броміди, радіоактивний  $\text{Na}^+$  або хлор ( $\text{Cl}^-$ ).

Про кількість **внутрішньоклітинної води** судять за різницею кількості загальної води і позаклітинної рідини, а про кількість інтерстиційної (міжтканинної) рідини — за різницею кількості позаклітинної води і плазми крові. Об'єм плазми крові вимірюють за допомогою речовин, що довго циркулюють у кров'яному руслі: барвників Еванса блакитного або альбуміну. Концентрацію  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  визначають переважно методами фотометрії полум'ям і атомно-абсорбційної спектрофотометрії (останній дозволяє визначити, крім катіонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ , низку мікроелементів). На В.-С.О. впливає багато ЛП, особливо діуретики, препарати солей натрію, калію, магнію, кальцію, кровозамінники, вазоактивні препарати, препарати гормонів та їх антагоністів.

### Список використаної літератури.

1. Багров Я.Ю. Водно-солевой гомеостаз при недостаточности кровообращения. — Львов, 1984 340 с.
2. Здоровье матери и ребенка: Энциклопедия / Под ред. акад. Е.М. Лукьяновой. Киев : Наукова думка, 1993. С. 67 -71.
3. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены. / Е.Г. Гончарук, , Ю.И. Кундиев, В.Г. Бардов и др. – К.: Вища школа, 2000 – С. 345-364, 418-423.
4. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. – К.: Здоров'я, 1999. – С. 150-190.
5. Загальна гігієна. Посібник для практичних занять. / І.І.Даценко, О.Б. Денисюк, С.Л.Долошицький та ін. / За ред. І.І. Даценко. – Львів, 1992 – С. 248-252.
6. Вовканич Л.С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л.С.Вовканич, Д.І.Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.
7. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр": у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л.: ЛДУФК, 2011. – Ч. 1. – 344 с.
8. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БаК, 2002. –784 с.
9. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.
10. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.

11. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. К.: Здоров'я, 1994. – 608 с.
12. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.
13. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Львів. : ЛДУФК, 2013. – 208 с.
14. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків– Львів.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с. 15.
16. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Белан [та ін.]; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.
17. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.

### **Інформаційні ресурси:**

1. Офіційне Інтернет - представництво Президента України <http://www.president.gov.ua/>.
2. Верховна Рада України <http://www.rada.gov.ua/>.
3. Кабінет Міністрів України <http://www.kmu.gov.ua/>.
4. Міністерство охорони здоров'я України <http://moz.gov.ua/ua/portal/>.
5. Міністерство освіти і науки України <http://www.mon.gov.ua/>.
6. Міністерство екології та природних ресурсів України <http://www.menr.gov.ua/>.
7. Державна служба України з надзвичайних ситуацій <http://www.dsns.gov.ua/>.
8. Державна служба України з питань праці <http://dsp.gov.ua/>.
9. Всесвітня організація охорони здоров'я <http://www.who.int/en/>.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 7.**

**Тема. Визначення об'єму води, який необхідний для забезпечення життєдіяльності людини.**

Вода при нормальних умовах ( $P=760$  мм.рт.ст.,  $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$ ) – це рідина; хімічна формула молекули води - ( $\text{H}_2\text{O}$ ); маса  $1\text{г.моль } \text{H}_2\text{O} = 18\text{г}$ . Вода універсальний розчинник мінеральних речовин. Потреба організму людини у воді визначається за емпіричною формулою:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = (0,001(\text{л/кг}) \cdot M_{\text{T}} \cdot K_{\text{ФРА}} \cdot T \quad (7.1)$$

де  $V(H_2O)$  - об'єм води (л);  $0,001\text{л/кг}$  - емпіричний коефіцієнт;  $Mт$  - маса тіла людини (кг);  $KФРА$  – емпіричний коефіцієнт фізичної і розумової активності людини  $KФРА \in (1 - 10)$ ;  $T$  - час (год).

Виходячи з (7.1), для підтримки життєздатності людини масою **70кг**, в умовах відносного спокою ( $KФРА=1$ ) протягом доби (**24 год**), у нормальних умовах, ( $P=760$  мм.рт.ст.,  $T^\circ = 20^\circ\text{C}$ ) *мінімальний* об'єм питної води дорівнює:

$$V_{\min}(H_2O) = 0,001\text{л/кг} \cdot 70 \text{ кг} \cdot 24 \text{ год} \cdot 1 = 1,7 \text{ л.} \quad (7.2)$$

Виходячи з формули (2) добова потреба у воді дорослої здорової людини при фізичних навантаженнях ( $KФРА=2$ ) при вазі **70 кг** за добу складає близько 3,4 л для *чоловіків* і 2,7 л для *жінок*.

Відомо, що **один літр поту** містить від **1 до 3 г. NaCl**, тобто нестача солі організм може відчувати, лише виділяючи понад **5 літрів поту** на добу. Тільки в цьому випадку варто говорити про *додатковий* прийом солей з напоями, або з продуктами харчування (з розрахунку **4 л поту – 3-4 г солей на добу, 5 л – близько 10 г, 6 л – близько 15 г**).

Експериментально було встановлено, що при нормальних умовах і відносного фізичного спокою, середній *добовий* об'єм води (**100%**), який виводиться із організму людини розподіляється таким чином: через нирки з сечею (**55,6%**); легені з видихаємим повітрям (**14,8%**); кишечник з каловими масами (**7,4%**); потові залози шкіри (**22,4%**).

**Механізм утворення і виділення сечі. Сечоутворення** – це складний процес, який згідно з сучасної фільтраційно-реабсорбційної теорії складається з 2 фаз – фільтрації і реабсорбції. На сьогодні вважають також, що у виділенні окремих речовин задіяні процеси секреції. У *нирках* в порожнину капсули Шумлянського-Боумена проходить практично безбілкова плазма крові із всіма розчиненими солями. Цей фільтрат називається *первинною сечею*. У людини з кожного літра плазми крові утворюється **190-200 мл** первинної сечі, що складає 150- 180 л плазми крові, яка циркулює через нирки за добу. У той же час кінцевий об'єм сечі становить **1-1,5 л**, тобто переважна частина рідини реабсорбується у ниркових каналцях. Отже, нирки людини виконують різноманітні функції, основною з яких є підтримання параметрів гомеостазу. Кінцевим продуктом діяльності нирок є сеча, яка утворюється завдяки процесам клубочкової фільтрації, каналцевої реабсорбції та каналцевої секреції.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.

### **Завдання 7.1.**

Визначити **об'єм води** (л), необхідний для забезпечення життєдіяльності студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг), при таких умовах:

- **сидячи** спокійно на практичних заняттях протягом **90 хв**, **КФРА = 1,7**;
  - **стоячи** у процесі роботи протягом **60 хв**, **КФРА = 2,0 (ч) і 1,8 (ж)**;
- (ч)-чоловіки, (ж)- жінки,

### **Завдання 7.2.**

Визначити **об'єм води** (л), необхідний для забезпечення життєдіяльності студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) при таких умовах:

- **прогулянки** повільно протягом **120 хв**, **КФРА = 2,8 (ч) і 3,0 (ж)**;
- **бігу** повільно (**1 1,2 км/год**) протягом **30 хв**, **КФРА=3,5 (ч) і 3,6 (ж)**.

(ч) -чоловіки, (ж) - жінки,

### **Завдання 7.3.**

Визначити **об'єм води** (л), необхідний для забезпечення життєдіяльності студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) при таких умовах:

- під час **сну** протягом **T = 8 годин**, при **КФРА=1**;
- під час **роботи** **T=8 годин**, при **КФРА=3,1 (ч) і 2,8 (ж)**,

(ч) -чоловіки, (ж) – жінки

### **Завдання 7.4.**

Визначити **об'єм води** (л), необхідний для забезпечення життєдіяльності студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) при таких умовах:

- роботи за **комп'ютером** сидячи протягом **120 хв**, **КФРА=1,7(ч) і 1,6(ж)**;
- під час *лабораторної роботи* протягом **4 год**, **КФРА=2,7 (ч) і 2,6 (ж)**;

### **Завдання 7.5.**

Визначити **об'єм води** (л), необхідний для забезпечення життєдіяльності студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_\_ (кг) **протягом доби** при таких умовах:

- під час **сну** протягом **T = 8 годин**, при **КФРА=1**;
- під час **роботи** за **комп'ютером** **T=5 годин**, при **КФРА=2,1 (ч) і 1,8 (ж)**;
- під час **прогулянки** повільно протягом **3 години**, **КФРА = 2,8 (ч) і 3,0 (ж)**;
- під час заняття **спортом** **2 години**, **КФРА = 4,8 (ч) і 5,0 (ж)**;
- під час приготування **їжі** **2 години**, **КФРА = 2,3 (ч) і 2,5 (ж)**;
- під час **прибирання** приміщення проживання **2 години**, **КФРА = 2,5 (ч) і 2,7(ж)**;
- під час перегляду **телепередачі** протягом **2 годин**, **КФРА = 1,6 (ч) і 1,7(ж)**;

(ч) -чоловіки, (ж) – жінки

### **Завдання 7.6.**

Визначити **площу поверхні шкіри** студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) та сумарну кількість на шкірі рецепторів. В середньому *шкіра містить до 50 рецепторів/см<sup>2</sup>*. При рішенні завдання скористайтеся формулами (3) і (4).

#### **Завдання 7.7.**

Визначити **абсолютний об'єм води** (л), що видаляється з організму студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **8 годин** у процесі **сну (КФРА=1)** та об'єми води (л), що видаляється через: **нирки (55,6%); легені** з видихаємим повітрям (**14,8%**); При рішенні завдання скористайтеся формулою (1)

#### **Завдання 7.8.**

Визначити **абсолютний об'єм води** (л), що видаляється з організму студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **8 годин** у процесі **сну (КФРА=1)** та об'єми води (л), що видаляється через: **кишечник** з каловими масами (**7,4%**); **потові залози шкіри (22,4%)**. При рішенні завдання скористайтеся формулою (1)

#### **Завдання 7.9.**

Визначити **абсолютний об'єм води** (л), що видаляється з організму студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **доби (КФРА=2,5)** та об'єми води (л), що видаляється через: **нирки (55,6%); легені** з видихаємим повітрям (**14,8%**); При рішенні завдання скористайтеся формулою (1)

#### **Завдання 7.10.**

Визначити **абсолютний об'єм води** (л), що видаляється з організму студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **доби (КФРА=2,5)** та об'єми води (л), що видаляється через: **кишечник** з каловими масами (**7,4%**); **потові залози шкіри (22,4%)**. При рішенні завдання скористайтеся формулою (1)

#### **Завдання 7.11.**

Визначити, скільки грам **NaCl** видаляється через потові залози студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **доби** при (**КФРА=2,5**). При рішенні завдання скористайтеся співвідношенням: **1 л поту – 1,5 г NaCl**.

#### **Завдання 7.12.**

Визначити, скільки грам **NaCl** видаляється через потові залози студента(ки) \_\_\_\_\_ масою тіла \_\_\_\_ (кг) протягом **доби** при (**КФРА=1,8**). При рішенні завдання скористайтеся співвідношенням: **1 л поту – 1,5 г NaCl**.

## ТЕМА 4. БУДОВА І ФУНКЦІЇ ШКІРИ ЛЮДИНИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ І ПОТОВИДІЛЕННЯ ЛЮДИНИ ПРИ РІЗНИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ СТАНАХ ТА В УМОВАХ ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.

1. Будова та функції шкіри людини.
2. Будова і функції екзокринних залоз шкіри людини
3. Участь шкіри у терморегуляції тіла людини
4. Термічне та психогенне потовиділення людини.
5. Кількісні та якісні порушення потовиділення.

**Шкіра** – це найбільший за масою та об'ємом орган людини. Утворює зовнішній покрив тіла людини. Шкіра складається з трьох шарів:

- Епідерміс (зовнішній шар)
- Дерма (власне шкіра – середній)
- Підшкірна жирова клітковина (внутрішня) (малюнок 1).



**Малюнок 1. Схема будови шкіри людини.**

**1. Епідерміс** (надшкірі) **0,07-2,5 мм** – представлений багат шаровим плоским ороговілим епітелієм. Його глибокі шари складаються з клітин, які розмножуються і називаються паростковим епітелієм. Наближаючись до поверхні шкіри, клітини стають плоскими, рогачаються, лущиться і відпадають

(**ороговілий шар**). Саме **роговий шар** захищає шкіру від механічних, хімічних ушкоджень, проникнення води та мікроорганізмів усередину тіла (мозолі – потовщений роговий шар), забезпечує регенерацію шкіри та очищення шкіри.

У **паростковому шарі** міститься пігмент меланін, який надає фарбуванню шкіри та поглинає ультрафіолетові промені, захищаючи цим організм. Цей шар бере участь у синтезі вітаміну D. В епідермісі містяться чутливі нервові закінчення.

**2. Дерма** (власне шкіра) – щільна сполучна тканина завтовшки 4 мм. У ній виділяють сосочковий та сітчастий шари.

**Сосочковий шар** складається з пухкої сполучної тканини і утворює сосочки, що встромляються в епідерміс. Відповідно їм на поверхні шкіри утворюється рельєфний малюнок з ліній різної конфігурації. Їх форма та розташування індивідуальні (дерматогліфіка). Цим широко використовуються в криміналістиці та судово-медичній практиці (дактилоскопія). Сполучна тканина цього шару крім клітин містить галогенові та еластичні волокна, що зумовлюють міцність та пружність шкіри. Шар пронизаний кровоносними та лімфатичними судинами, нервовими волокнами та закінченнями. Тут розташовані клітини з пігментом, клітини м'язів. Вони беруть участь у підйомі волосся, у виділенні секретів шкірних залоз, підтримують пружність шкіри. Сосочковий шар живить епідерміс, у якому немає кровоносних капілярів.

**Сітчастий шар** – еластичні та колагенові волокна, що створюють переплетення. Завдяки своїй еластичності шкіра не перешкоджає рухам людини. У цьому шарі залягають сальні та потові залози, волосяні сумки, рецептори.

**3. Підшкірна жирова клітковина (гіподерма)** - це найглибший шар шкіри, розташований під дермою, що складається переважно з жирової тканини, яка накопичує енергію і воду, забезпечує теплоізоляцію, захист від забитих місць і рухливість шкіри, виконуючи важливі функції терморегуляції та енергетичного запасу.

**Основні характеристики та функції жирової тканини:**

- Знаходиться під дермою, над м'язами та кістками.
- **Склад:** пухка сполучна тканина, що містить жирові клітини (адипоцити), що запасують жир.
- **Енергетичний запас:** служить основним резервуаром енергії (у вигляді жиру) та води для організму.
- **Теплоізоляція:** жировий шар запобігає втраті тепла, допомагаючи підтримувати постійну температуру тіла.

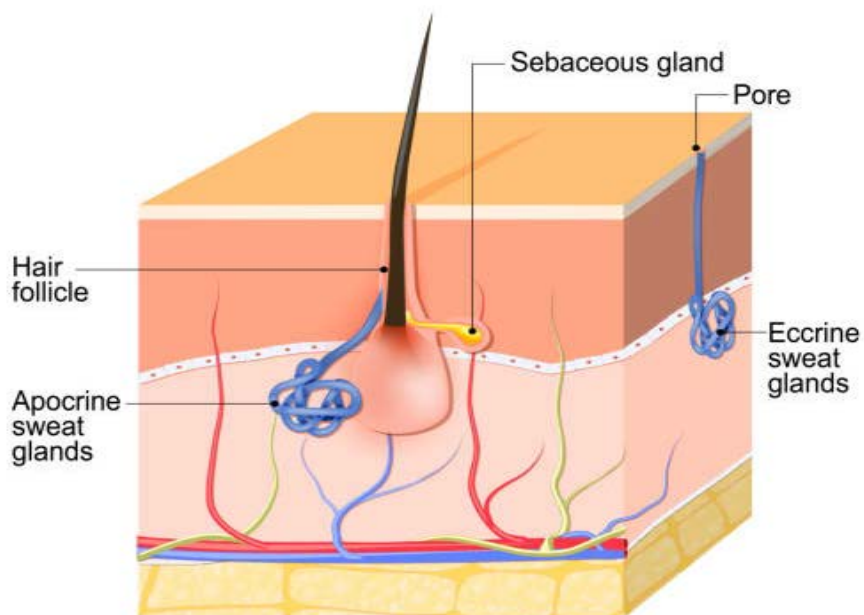
- **Захист:** амортизує тіло, захищаючи внутрішні органи від механічних пошкоджень.
- **Рухливість:** забезпечує відносну рухливість шкіри щодо підлеглих тканин. Ця важлива тканина виконує енергетичну, захисну та регуляторну функції.

#### **Функції шкіри:**

- **бар'єр** між зовнішнім середовищем та внутрішнім середовищем організму;
- **захищає** організм від *інфекції, механічних та фізичних ушкоджень* та втрати води. У шкірі ще є потові та сальні залози, які виділяють піт та жир, у яких містяться кислоти, що служать хімічними засобами захисту від грибів та бактерій;
- **регулює температуру тіла** (звуження та розширення кровоносних судин, виділення поту, на шкірі росте волосся, що створює захист від холоду);
- **орган чуття** (фізичні рецептори, що сприймають тиск, біль, холод, тепло);
- **орган виділення** (з потім видаляються продукти розщеплення білків, вода, солі);
- **депонування** енергетичного матеріалу – жирів, а за певних умов – води, мінеральних солей, вітамінів (особливо вітаміну **D<sub>3</sub>**, який тут утворюється);
- **дихальна функція** (шкірне дихання становить 1% загального газообміну)
- **захищає** від бактерій, регулює температуру тіла та водний баланс.
- **депонування крові.** Близько 1 літра крові знаходиться в поверхневих та судинних сплетіннях дерми;
- **дихальна** (поглинання кисню та виділення вуглекислого газу).

## **2. Будова і функції екзокринних залоз шкіри (Glandulae exocrinae)**

**Екзокринні залози шкіри** - це *сальні і потові* залози, що виділяють свої секрети (шкірне сало і піт) на поверхню шкіри через протоки (**малюнок 2**).



**Малюнок 2. Схема будови та розташування екзокринних залоз шкіри.**

Сальні залози захищають і звожують волосся та шкіру, а потові залози відповідають за терморегуляцію та виведення продуктів обміну. Існують також інші типи, такі як молочні (у ссавців), які є модифікованими сальними, та церумінальні (у вухах), що виробляють вухову сірку.

### **Основні типи екзокринних залоз шкіри.**

**Сальні залози.** Сальні залози - це маленькі залози в шкірі, що виробляють шкірне сало (**себум**), змащувальне, звожуюче і захищає шкіру і волосся жирна речовина, роблячи його м'яким і еластичним. Ці залози найбільш активні під час статевого дозрівання і пов'язані з волоссяними фолікулами, виділяючи себум. Вони відіграють ключову роль у формуванні захисного ліпідного бар'єру шкіри, запобігаючи зневодненню та володіючи антибактеріальними властивостями.

#### **Функції сальних залоз:**

- **Змащування та зволоження.** Виробляють шкірне сало (**себум**). Себум – жирна речовина, яка змащує волосся, створює водонепроникний бар'єр,

запобігаючи втраті води. запобігає висиханню та має антибактеріальні властивості.

- **Захист.** Має антибактеріальні властивості, захищає від УФ-випромінювання.
- **Пластичність.** Підтримує шкіру гнучкою, запобігаючи її сухості та тріщинам.
- **Розташування.** Найбільш концентровані на обличчі (особливо у Т-зоні), шкірі голови, грудях, спині. Прикріплені до волосяних фолікулів, відсутні на ладонях та підошвах.
- **Регуляція роботи.** Робота залоз контролюється переважно гормональною системою:

1. Андрогени (чоловічі гормони): Стимулюють вироблення себуму. Саме тому в період статевого дозрівання шкіра стає жирнішою.

2. Естрогени (жіночі гормони): Трохи пригнічують секрецію.

- **Тип секреції.** Тип секреції сальних залоз **голокриновий**, ще означає, що клітини залози (себоцити) повністю руйнуються, вивільняючи свій вміст (шкірне сало та фрагменти зруйнованих клітин) у просвіт вивідної протоки, при цьому на їх місці утворюються нові клітини. Це забезпечує безперервне виробництво жирової речовини (ліпідів) для змащування шкіри та волосся.

**Потові залози (glandulae sudoriferae).** Потові залози – це трубчасті залози в шкірі, що виробляють піт (переважно воду і солі) для терморегуляції (охолодження тіла), виведення продуктів обміну та зволоження шкіри.

**Будова потових залоз.** Кожна потова залоза складається з **секреторного** відділу — звивистого клубочка, розташованого на межі сітчастого шару шкіри та підшкірної клітковини, в якому утворюється піт, та **вивідної протоки**, що відкривається на поверхню шкіри або у волосяну сумку (мішечок). Піт піднімається по вивідному протоку на поверхню шкіри і виходить назовні через маленький отвір - **потову пору**. Потові залози поділяють на **еккринові** (по всьому тілу) і **апокринові** (пахви, пах), з різним складом поту, а їх порушення проявляються **гіпергідрозом** (надмірне потовиділення) або **осмідозом** (неприємний запах).

#### **Функції потових залоз:**

- **Терморегуляція.** Охолоджують тіло людини під час випаровування поту в нормі та в процесі фізичного навантаження.
- **Виведення речовин.** Виводять воду, мінеральні солі, сечовину та інші продукти метаболізму (переважно продуктів катаболізму).
- **Зволоження.** Зберігають вологу шкіри. Склад поту: близько **98%** - вода, солі, та продукти катаболізму: сечовина, аміак, молочна кислота.

## Типи потових залоз визначають за типами їх вивідних проток

- **Еккрінові (мероккрінові).** Прості трубочки, що відкриваються безпосередньо на поверхню шкіри. Найбільш поширені, розташовані по всьому тілу, виробляють рідкий піт; найбільше їх на долонях та стопах.
- **Апокрінові.** Відкриваються у волосяні фолікули, більш активні в пахвових западинах і пахвинній ділянці, відповідальні за специфічний запах тіла, що обумовлений процесом бактеріального розкладання вмісту секрету поту. **Апокрінові залози** - це екзокринні залози, клітини яких у ході секреції накопичують матеріал на своїх *апикальних кінцях*. Виділення секрету відбувається з частковим руйнуванням апікальної поверхні гландулоцитів (назва терміна походить від грец. **ἀρεχ** – верхівка та грецьк. **κρίνο** – виділяю). Цей матеріал потім відходить від клітин, утворюючи позаклітинні везикули. Тому секреторні клітини втрачають частину цитоплазми у процесі секреції. Приклад справжніх апокрінових залоз є **молочні залози**, відповідальні за секрецію грудного молока. Апокрінові залози також знаходяться в аногенітальній ділянці та пахвових западинах. Апокрінова секреція менш шкідлива для залози, ніж голокрінова секреція (що руйнує клітину), але більш шкідлива, ніж мероккрінова секреція (екзоцитоз).

Апокрінові залози розташовані в ділянках тіла з великою концентрацією волосяних фолікулів, зокрема в пахвових западинах, навколо пупка, на шкірі зовнішніх статевих органів, промежини, навколо заднього проходу, а також у молочних залозах і повіках, відкриваючи свої протоки на волосяні фолікули.

### Основні місця розташування на поверхні тіла людини:

- **Пахви та пах.** Це найбільш відомі місця активності цих залоз, де вони виробляють піт з білковими сполуками, що викликає специфічний запах.
- **Статеві органи та промежина.** Також багаті на апокринні залози.
- **Ареоли сосків.** У цих ділянках розташовані спеціалізовані апокринні залози.
- **Повіки.** Це залози Молля, є модифікованими апокринними залозами.

Апокрінові залози стають активними лише під час статевого дозрівання під впливом гормонів, на відміну від еккрінових залоз, що функціонують від народження для терморегуляції.

### Інші екзокринні залози шкіри.

- **Молочні залози:** Є модифікованими сальними залозами, які виробляють молоко у ссавців.
- **Церумінальні залози.** Знаходяться у вухах, виробляють вушну сірку (віск). Ці залози є частиною екзокринної системи організму, виділяючи секрети через

протоки назовні або в порожнині тіла, на відміну від ендокринних залоз, що виділяють гормони безпосередньо в кров.

### 3. Участь шкіри у терморегуляції тіла людини.

**Терморегуляція** гомойотермних тварин і людини – це фізіологічний процес, що забезпечує постійну температуру тіла незалежно від температури оточуючого середовища. Але тепло в організмі людини не утворюється в результаті розумової діяльності. Температура тіла може змінюватися залежно від вживання їжі, а також інтенсивності виконання м'язової роботи. Температуру тіла контролюють **терморцептори**. За місцем розташування їх підрозділяють на периферичні й центральні. Розміщені в **шкірі периферичні рецептори** мають два типи рецепторів — **теплові й холодіві**. Центральні рецептори містяться у гіпоталамусі переважно в передній преоптичній ділянці. Ці клітини здатні розрізняти різницю температури крові, що тече через **мозок**, у **0,011 °С**. Деяка кількість термочутливих клітин знаходиться у шийно-грудному відділі спинного мозку, м'язах, абдомінальній ділянці. Ці рецептори відіграють основну роль у регуляції теплообміну, оскільки контролюють температуру ядра.

Так, у спортсмена після двогодинного інтенсивного бігу (після подолання марафонської дистанції) температура **ядра** тіла може збільшуватися до **40—41 °С**. Температура "**ядра**" тіла людини не залежить від температури навколишнього середовища. Температура "**оболонки**" тіла людини залежить від температури навколишнього середовища. Найбільш низька температура тіла здорової людини спостерігається на **5-ту годину ранку**. Головна умова підтримання постійної температури тіла — досягнення стійкої рівноваги між теплопродукуванням і тепловіддачею. Підвищення активності обмінних процесів, інтенсивності **м'язових локомоцій** належить до основних механізмів активізації теплопродукування. Серед різних локомоцій необхідно виділити особливу їх форму — **тремтіння**. Під час максимальної м'язового тремтіння теплопродукція збільшується в 4-5 разів. При тремтінні скорочення м'язових волокон повністю спрямовані на збільшення **теплотворення**, тоді як при звичайних локомоціях частина енергії витрачається на переміщення відповідної кінцівки й частина — на термогенез. При кімнатній температурі в роздягненої людини близько **60 % тепла** віддається у зовнішнє середовище за рахунок радіації, близько **12—15 %** — конвекції повітря і **2—5 %** шляхом проведення. У хімічній терморегуляції значну роль відіграють: м'язи, печінка, нирки. Повні

люди легше переносять зниження температури ніж схудлі, що пояснюється низькою теплопровідністю жирової тканини.

**Випарювання поту.** При кімнатній температурі в оголеної людини близько **20 %** тепла віддається за рахунок випарювання поту. Охолодженню шкіри сприяє те, що для випарювання **1 мл поту** витрачається **0,58 ккал**. Потовиділення з поверхні тіла відноситься до механізмів **фізичної терморегуляції**. Холодова м'язове тремтіння відноситься до механізмів **хімічної терморегуляції**

Взаємодія вищої нервової системи з органами опорно-рухового апарату забезпечує залучення в процес утворення тепла— скелетних м'язів. Можна виділити *три типи м'язових скорочень*, які сприяють підвищенню теплотворення: *теплорегуляційний тонус, тремтіння і довільні скорочення*.

Температуру тіла людини контролюють терморекцептори. За місцем розташування їх класифікують на *периферійні й центральні*. Периферичні рецептори, що розміщені в шкірі, мають два типи рецепторів — *теплові й холодкові*.

Під час фізичної роботи відбувається підвищення температури тіла, що збуджує внутрішні теплові рецептори. Запускаються процеси усунення надлишку тепла за рахунок розширення кровоносних судин та *потовиділення*. Для створення відчуття температурного комфорту дорослої людини в легкому одязі та спокійному положенні сидячи необхідні: однакова температура стін і повітря, на рівні **25 - 26°C**, і **50 % вологості**.

При підвищенні температури зовнішнього середовища для виділення тепла застосовується механізм значного *потовиділення*. При цьому з потом може втрачатися велика кількість **NaCl**. Встановлено, що у неакліматизованої людини за цих умов з *потом* виводиться **NaCl 15—30 г/л**, то в акліматизованого — лише **3—5 г/л**.

## Потовиділення

*Потовиділення* – це процес виділення рідкого секрету (поту) *трубчастими* потовими залозами на поверхню шкіри. Пот є безбарвною, злегка опалесцентною рідиною, солоного кольору, що більш ніж на 98 % складається з води.

У процесі потовиділення з організму видаляються (екскретуються) не тільки вода, але й різні продукти *катаболізму* (сечовина, сечова кислота, креатинін, аміак, деякі амінокислоти, мила, леткі жирні кислоти, холестерин та ін). Слід зазначити, що склад поту неоднаковий на різних ділянках шкіри людини і залежить від стану організму, типу харчування, температури, вологості навколишнього середовища, тривалості та інтенсивності фізичних навантажень.

#### 4. Термічне та психогенне потовиділення людини.

*Термічне потовиділення* викликається впливом на організм високої температури та є у людини основним засобом терморегуляції (Терморегуляція). На інтенсивність термічного потовиділення впливають численні фактори: температура навколишнього середовища, вологість та швидкість руху повітря, фізична та психічна напруга, тепло- та пароізоляційні властивості одягу. Близько **20%** тепловіддачі організму людини в умовах нейтральної температури (**18 -20°C**) здійснюється за рахунок випаровування поту з поверхні тіла. При цьому тепловіддача шляхом потовиділення відбувається навіть при вологості навколишнього повітря, що становить 100%. Величина потовиділення в умовах комфорту зазвичай становить (**0,5 - 0,8**)л поту на добу (**0,021 - 0,033**л/год). При інтенсивному фізичному навантаженні (**КФА $\approx$  7 - 10**) та в умовах підвищеної зовнішньої температури (**37 -38°C**), може досягати (**10 12**)л на добу (**0,42 – 0,50**)л/год. Тривале потовиділення супроводжується підвищенням концентрації солей у поті (в основному, солей натрію), що призводить до припинення потовиділення та *формування відчуття спраги*. Заповнення нестачі рідини в організмі людини знижує осмотичний тиск рідких середовищ організму та відновлює нормальне потовиділення. Для забезпечення оптимального рівня потовиділення, особливо в умовах високих зовнішніх температур, необхідно дотримуватись правильного питного режиму. Потовиділення має рефлекторну природу Початковою ланкою *термічного* рефлексу потовиділення є терморцептори шкіри, внутрішніх органів і м'язів. Адекватним подразненням для яких служить висока температура повітря, прийом гарячої та гострої їжі або рідини, підвищена теплопродукція при фізичних навантаженнях, лихоманці або емоційному напрузі.

*Психогенне потовиділення* виникає в результаті емоційного або психічного напруження і не пов'язане з необхідністю охолодження організму. *Психогенне* потовиділення виникає в результаті емоційних переживань, розумового

напруження. Психогенне потовиділення за відсутності термічного спостерігається тільки на долонях рук і підшвах ніг. Психічна напруга сприяє потовиділенню не тільки в спекотну, але й холодну пору року. Встановлено, що емоційна та психічна напруга може супроводжуватися потовиділенням різної інтенсивності на всій поверхні тіла або лише на окремих його ділянках. Потовиділення, що виникає *при фізичній роботі*, поєднує у собі **термічний** (внаслідок підвищення теплопродукції при м'язовій роботі) та **психічний** (емоційні зміни, викликані цією роботою) компоненти. На відміну від термічного потовиділення, для розвитку якого необхідно кілька хвилин, для виникнення *психогенного* потовиділення (при переляку, больовому подразненні та дії інших психогенних подразників), достатньо приблизно двох секунд. Практично викид поту при цих психогенних подразниках починається одночасно з початком їх сприйняття, а інтенсивність потовиділення відповідає ступеню подразнення, продовжується весь період дії подразника та припиняється відразу після закінчення його дії.

Потовиділення є **постійним процесом** і в умовах спокою та комфортної температури зовнішнього середовища, інтенсивність потовиділення становить **500-800 мл за добу**. В умовах підвищення температури оточуючого середовища, м'язової роботи, емоційного напруження інтенсивність потовиділення значно зростає. Так, у чоловіків під час руху із швидкістю **5 км/год** із вантажем **10 кг** за температури повітря **32-34°C** за **1 годину** виділяється **1100-1700мл** поту. Під час **марафонського** бігу, без додаткового навантаження, швидкість потовиділення може досягати **1200-1500 мл/год**. Під час забігу марафонці можуть втрачати до **6л води** з потом, втрачаючи **13-14%** води організму.

Регуляція потовиділення здійснюється **нервовим та гуморальним шляхом**. Іннервуються потові залози нервами симпатичної нервової системи, закінчення яких, виділяють **медіатор ацетилхолін**. **Еферентні** нерви, що іннервують потові залози, відносяться до симпатичної нервової системи, але мають холінергічну природу: секреція поту посилюється під дією ацетилхоліну, а також холіноміметичних речовин (пілокарпіну, мускарину, фізостигміну) і пригнічується атропіном.

Дія адреналіну часом викликає тривале потовиділення.: це дає підстави вважати, що іннервація потових залоз здійснюється також адренергічними нервовими волокнами. Нейрони, що безпосередньо іннервують потові залози, розташовані у вузлах симпатичного стовбура. Прегангліонарні нейрони знаходяться в бічних стовпах поперекової та грудної частини спинного мозку.

Аксони цих нейронів виходять із спинного мозку у складі передніх корінців і закінчуються на клітинах симпатичних вузлів.

Рефлексне потовиділення при тепловому роздратуванні замикається у вищих відділах Ц.Н.С. В області гіпоталамуса виділяють так званий центр тепловіддачі, стимуляція якого викликає потовиділення, і має також представництво в корі головного мозку, зокрема у премоторній зоні (поле 6 за Бродманном).

Особливості загального потовиділення вивчаються **шляхом встановлення втрати маси тіла за певні проміжки часу, абсорбції поту з поверхні шкіри або спеціальних камерах різними поглиначами.** Регіонарні розлади потовиділення виявляються при зовнішньому огляді, пальпації, вивчаються за допомогою електрометричних методів, заснованих на реєстрації поверхневого опору шкіри, що змінюється в залежності від інтенсивності потовиділення. Топографію інтенсивності потовиділення досліджують також за допомогою **колориметричних методів,** заснованих на зміні ступеня і характеру забарвлення різних хімічних речовин. Використовують йодокрахмальний метод Мінору, нінгідриновий метод Моберга.

## 5. Кількісні та якісні порушення потовиділення

Порушення потовиділення можуть бути пов'язані з різними ураженнями нервової системи. Виділяють **кількісні та якісні** порушення потовиділення. Поряд з абсолютною втратою потовиділення (**ангідрозом**) зустрічається зниження (**гіпогадроз**) або підвищення (**гіпергідроз**) його інтенсивності.

**Якісні** розлади потовиділення пов'язані зі зміною складу і кольору поту, що виділяється. Пот може бути **кров'яним** (так званий синдром кривавого поту, або гематидроз), що спостерігається іноді при **істерії,** або **жирним** (стеатогідроз) за рахунок значної домішки секрету сальних залоз.

Потовиділення важливо для регулювання температури тіла, але також може бути основним джерелом втрати води та розчинених речовин. Тепловтрати можуть бути досить значними, оскільки на кожен **1** мл випарованої води припадає втрата **0,58 ккал.**

*Максимальна швидкість* потовиділення до **50 мл/хв** або 2000 мл/год у акліматизованої дорослої людини. Цей показник не може бути тривалим, але втрати до 25% загальної кількості води в організмі можливі при сильному стресі: це може призвести до летального результату. Людина має приблизно **2 мільйони** потових залоз. Середня доросла людина з кожним **літром** поту

**втрачає 540 калорій.** Чоловіки пітніють приблизно на **40%** більше ніж жінки. У разі помірного клімату на добу випаровується близько 900 мл поту, за умов сильної спеки – до **10-12 л.**

### **Список використаної літератури.**

1. Анатомія людини: навчальний посібник: у 3-х ч. / В. С. Чорно, Ю. К. Хілько, О. М. Слободян, В. В. Кошарний та ін. – Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили. -. ISBN 978-617-534-480-4 (заг.): ч. 2: Спланхнологія. Залози внутрішньої секреції. – 2020. – 180 с. ISBN 978-966-336-414-8 (С.10,19,152-153)
2. Головацький О. С., Черкасов В. Г., Сапін М. Г., Федонюк Я. І. Анатомія людини: підручник: у 3 т. – Вінниця: Нова книга, 2019. – Т. 2. – 456 с. (С. 345-395, 403-414)
3. Луцик О. Д., Іванова А. І., Кобак К. С. Гістологія людини. – Київ: Книга плюс, 2003. – 593 с. (С.493-537)
4. Людина. / Навч. посібник з анатомії та фізіології. – Львів. 2002. – 240 с.
5. Вільям Ф. Ганонг. Фізіологія людини. Львів. 2002. С.257 – 290.
6. Учбові завдання для студентів з нормальної фізіології людини. Вінниця – 1985. (Ситуаційні задачі). – 89 с.
7. Посібник з фізіології /за ред. В.Г. Шевчука. Вінниця: Нова Книга, 2005.-576 с.
8. Фізіологія людини [для студ. вищих фармацевтичних закладів освіти та фармацевтичних факультетів вищих медичних закладів освіти III - IV рівнів акредитації] / [Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С. та ін.]. – Київ : Книга плюс, 2005. – 495 с.
9. Слинько П.П. Потовиділення та проникність шкіри людини. Київ : КМІ, 1973. 120 с.
10. Клінічна фізіологія: підручник/В.І. Філімонов, Д.І. Маракушин, К.В. Тарасова та ін.– Київ: ВСВ «Медицина», 2022. – 776 с. ISBN: 978-617-505-870-1
11. Малоштан Л.М., Рядних О.К., Жегунова Г.П., Петренко І.Г., Ситник Є.Г. Фізіологія із основами анатомії людини: Підручник. для студ. вищ. навч. закладів (PDF) Харків: НФаУ "Золоті сторінки".2003. З. 343, 393-395 ISBN 966-615-193-6.
12. Українська радянська енциклопедія: о 12 т./гл. ред. М. П. Бажан; редкол.: О. К. Антонов та ін. - 2-ге вид. – Київ. : Головна редакція УРЕ , 1974-1985. Том 8.
13. Юлевич О.І., Крамаренко С.С., Пшиченко В.В. Фізіологія тварин. Київ, Наукова книга, 2021. - 296 с.

14. Філімонов В.І., Сухомлінова. І. Є, Тихоновська М. А., Бессараб Г.І., Кірсанова Е.В., Єршоміна А.К. Терморегуляція: навчально-методичний посібник, Запоріжжя, 2015 - 75 с.
15. Нормальна фізіологія / За ред. В.І. Філімонова. – Київ: Здоров'я, 1994.- С. 428 - 440.
16. Фізіологія людини / За ред. Г.І. Косицького. Медицина, 1984. С. 396 - 403
17. Учбові завдання для студентів з нормальної фізіології людини. Вінниця – 1985. (Ситуаційні задачі).
18. Фізіологія людини [для студ. вищих фармацевтичних закладів освіти та фармацевтичних факультетів вищих медичних закладів освіти III - IV рівнів акредитації] / [Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С. та ін.]. – Київ : Книга плюс, 2005. – 495 с.
19. Костиленко Ю.П., Девяткин Е.А., Солдатов И.М. Противоточные теплообменники в теле человека /Український медичний альманах, 1998., №.2. – С. 114–115.
20. Палайчук С.П. Экспериментальное исследование эффективности применения фармакологических средств защиты организма человека при сочетанной тепловой и физической нагрузках. Журнал АМН України, 2000, №.4. С. 824–835.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 8.

**Тема. Визначити: площу поверхності шкіри студента;  
кількість рецепторів і потових залоз; об'єм випарованого поту.**

**Шкіра є найбільшим за площею органом.** Площа шкіри у дорослої людини досягає **1,5 - 2,3 м<sup>2</sup>**, маса **4-6%**, а разом із підшкірною клітковиною (гіподермою) **16-17%** від загальної маси тіла. У фізіології та медицині використовується такий фізіологічний показник, як **площа поверхні тіла (ППТ, англ. BSA)**, що застосовується для стандартизації різних фізіологічних вимірювань, а також визначення фармакологічних та фізичних впливів (наприклад при розрахунку дози рентгенівського опромінення)

Розрахунок площі поверхні тіла (шкіри) часто проводиться за поширеною емпіричною формулою **Мостеллера (3)**.

$$BSA = \frac{\sqrt{m \cdot h}}{60} = 0,0167 \cdot \sqrt{m \cdot h} \quad (8.1)$$

- **BSA** - площа поверхні тіла в квадратних метрах;
- **m** – маса тіла людини в *кілограмах*;
- **h** — висота людини в *сантиметрах*.

**Формула Маттара** для визначення ППТ (**BSA**) зручна тим, що немає необхідності ізв'язати корінь із добутку чисел. Ця формула подається у вигляді:

$$BSA = (h + m - 60) : 100 \quad (8.2)$$

В середньому *шкіра містить до 50 рецепторів/см<sup>2</sup>*, язик **200** на **1см<sup>2</sup>**, рука від 200 до 300 на **1см<sup>2</sup>**. *Випаровування* води з поверхні шкіри є частиною механізму *терморегуляції* організму людини. У нормі за кімнатної температури через шкіру випаровується **0,5-0,6 л** рідини за добу, або **(5-6) мл/см<sup>2</sup> площі шкіри за 1 секунду**.

**Видільні функції шкіри.** Видільна функція нирок може доповнюватись видільними процесами, що відбуваються у **потових залозах (малюнок)**. Піт містить 97-99% води, солі (хлориди, фосфати, сульфати), ряд органічних сполук (аміак, сечовина, креатинін, сечова та молочна кислота). Їх робота взаємодоповнююча та часом взаємозмінна. Одним із таких випадків є інтенсивна фізична робота. Розрізняють два типи потовиділення – термічне та емоціональне. Термічне потовиділення спостерігається по всій поверхні тіла, за винятком долонь та підошовної сторони стопи.

Найбільше потових залоз у людини на долонях – до **500/ см<sup>2</sup>**. Людський піт має характерний запах, який може бути різким. Вчені сперечаються про зв'язок між сприйняттям запаху поту та сексуальною збудженістю особами протилежної статі. Кисла реакція поту сприяє бактерицидності шкіри, захищаючи її від проникнення багатьох мікробів. У багатьох ссавців піт відіграє роль комунікативного засобу. З потом переносяться феромони та біологічно активні речовини.

**Втрати тепла організму людини (Q<sub>вип. диф.</sub>)** шляхом випаровування дифузійної вологи з поверхні шкіри можуть бути визначені за **емпіричним** рівнянням:

$$Q_{\text{вип. диф.}} = [3,1 * S * (200 + T_{\text{ш}}) - 1400] \cdot t \cdot \text{КФА}, \text{ Вт} \quad (8.3)$$

де **S** – площа поверхні тіла людини, **м<sup>2</sup>**; **T<sub>ш</sub>** – температура шкіри, **36<sup>0</sup>С**;  
**t** – години; **КФА** – коефіцієнт фізичної активності. **1вт = 0,86 ккал.**

Процес випаровування води вимагає значної енергії для зміни агрегатного стану, що ефективно охолоджує тіло, причому нормальна межа становить близько **250 мл на годину**.

**Формула витрати енергії (ккал) = (Об'єм поту в мл) × 0.6 ккал/мл (8.4)**

**Емпірична формула визначення об'єму потовиділення з поверхні шкіри організму людини :  $V \text{ поту (мл)} = k \cdot S \cdot T \cdot \text{КФА}$  (8.5)**

$k_1 = 0,011 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$  – в нормальних умовах життєдіяльності людини;

$k_2 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$  – в умовах фізичної активності людини;

$S$  - площа поверхні тіла людини,  $\text{м}^2$ ;

$T$  – години фізичної активності;

**КФА** – коефіцієнт фізичної активності людини.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання 8.1.**

**Визначити площу поверхності шкіри (S) студента (ки) \_\_\_\_\_ висотою  $h$  \_\_\_\_\_ см, масою тіла  $m$  \_\_\_\_\_ кг. Використовуйте формулу **Матгара**.**

**Завдання 8.2.**

**Визначити кількість рецепторів (Nr) на поверхні шкіри студента (ки) \_\_\_\_\_ якщо  $1\text{см}^2$  поверхні шкіри містить **55** різних за функціями рецепторів.**

**Завдання 8.3.**

**Визначити сумарну кількість потових залоз ( $\Sigma N_{пз}$ ) на долонях лівої та правої руки студента (ки) \_\_\_\_\_, якщо концентрація потових залоз на долонях складає до **500/  $\text{см}^2$** .**

**Завдання 8.4.**

**Визначити втрати тепла ( $Q_{\text{вип. диф.}}$ , у вт, ккал) шляхом випаровування дифузійної вологи з поверхні шкіри організму студента (ки) \_\_\_\_\_, при таких умовах:  $t = 24 \text{ год.}$ ; **КФА = 2,3**. Скористайтеся формулою **8.3**.**

**Завдання 8.5.**

**Визначити втрати тепла ( $Q_{\text{вип. диф.}}$ , у вт, ккал) шляхом випаровування дифузійної вологи з поверхні шкіри організму людини при таких умовах:  $S = 2.1 \text{ м}^2$ ,  $t = 4 \text{ год.}$ ; **КФА = 6,3**. Скористайтеся формулою **8.3**.**

**Завдання 8.6.**

**Визначити об'єм випарованого поту ( $V \text{ поту}$ , мл) з поверхні шкіри організму студента (ки) \_\_\_\_\_ при таких умовах:  $k_2 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $T = 4 \text{ год.}$ ; **КФА = 6,3**. Скористайтеся формулою **8.5**.**

### Завдання 8.7.

**Визначити** витрати енергії на випаровування поту з поверхні шкіри організму студента (ки) \_\_\_\_\_ при таких умовах:  $k_2 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $T = 4 \text{ год.}$ ;  $KFA = 6,3$ . Скористайтеся формулою 8.4.

### Завдання 8.8.

**Визначити** витрати енергії на випаровування поту з поверхні шкіри організму людини при таких умовах:  $k_2 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $T = 6 \text{ год.}$ ;  $KFA = 5,3$ ;  $S = 2,2 \text{ м}^2$ . Скористайтеся формулами 8.4 та 8.5.

### Завдання 8.9.

**Визначити** скільки (г)  $NaCl$  виводиться з *потом* на поверхню шкіри організму акліматизованого студента (ки) \_\_\_\_\_ протягом **доби** при таких умовах:  $k_1 = 0,011 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $KFA = 2,3$ ;  $m NaCl = 4,5 \text{ г/л}$ .

### Завдання 8.10.

**Визначити** скільки (г)  $NaCl$  виводиться з *потом* на поверхню шкіри організму акліматизованого студента (ки) \_\_\_\_\_ протягом **4-х годин** в умовах фізичного навантаження при таких умовах:  $k_1 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $KFA = 4,6$ ;  $m NaCl = 4,5 \text{ г/л}$ .

### Завдання 8.11.

**Визначити** скільки (г)  $NaCl$  виводиться з *потом* на поверхню шкіри організму неакліматизованого студента (ки) \_\_\_\_\_ протягом **4-х годин** в умовах фізичного навантаження при таких умовах:  $k_1 = 0,015 \text{ мл/м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $KFA = 4,6$ ;  $m NaCl = 7,5 \text{ г/л}$ .

## ТЕМА 5. ПОТРЕБА ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ У ВУГЛЕВОДАХ В НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ.

Вступ. Нутриціологія, нутрієнти.

1. Вуглеводи. Моноцукри. Поліцукри.
2. Резервні поліцукри. Структурні поліцукри.
3. Добова потреба у вуглеводах людини.
4. Запитання для самостійного контролю знань.

**Вступ.** **Нутриціологія** (лат. nutritio - харчування, дав.-гр. λόγος - вчення) — це наука про їжу та харчування, про харчові продукти, харчові речовини та інші компоненти, що містяться в цих продуктах. Про їхню дію і взаємодію, про їхнє

споживання, засвоєння у ферментативних метаболічних процесах та, про роль в підтримці здоров'я, рухової активності або виникненні захворювань

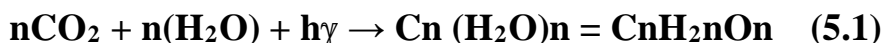
**Нутрієнти** – це поживні речовини, які містяться в харчових продуктах.

**Макронутрієнти** – це *вуглеводи, жири, білки і вода*;

**Мікронутрієнти** – *мінерали, вітаміни та фітонутрієнти*. На відміну від вуглеводів, білків і жирів, потреба в мікронутрієнтах вимірюється в *сотих частках грама*. Добова потреба в нутрієнтах залежить від рівня *фізичної активності*, статі, віку і ваги тіла конкретної людини.

### 1. Вуглеводи: визначення, загальна хімічна будова

**Вуглеводи = сахариди = сахарози** - це біоорганічні сполуки до складу яких входять три елементи: карбон (С), водень (Н) і кисень (О). В природі вуглеводи утворюються у зелених частинах рослин листях. Цей складний ферментативний процес відбувається за участю внутріклітинних органел хлорофілу з оксиду вуглецю (СО<sub>2</sub>) повітря і води (Н<sub>2</sub>О) під дією сонячної енергії (hγ)



До складу молекул сахаридів входять: спиртова група (-ОН)  $n \geq 5$  і альдегідна група (-СН = О), яка розміщена в кінці молекул сахаридів.

#### Класифікація простих вуглеводів за хімічним складом

У залежності від кількості молекул моноцукру в вуглеводах, вони поділяються: прості (моносахариди, дисахариди, трисахариди) і складні (полісахариди).

**Моносахариди = моноцукри**. По числу атомів С у молекулі вуглеводів розрізняють: **диози (С<sub>2</sub>)**, **триози (С<sub>3</sub>)**, **тетрози (С<sub>4</sub>)**: **пентози (С<sub>5</sub>)**, **гексози (С<sub>6</sub>)** і **гептози (С<sub>7</sub>)**. Моносахариди (С<sub>≥5</sub>) у воді і набувають кільцеву структуру.

- **Моноцукри пентози (С<sub>5</sub>)**: рибоза, дезоксирибоза – складові частини **нуклеїнових кислот** та **АТФ** – високоенергетичної субстанції, яка утворюється в *мітохондріях* та використовується в клітинах для ферментативних процесах для синтезу біоорганічних речовин.

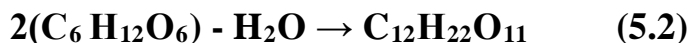
- **Моноцукри гексози (С<sub>6</sub>)**: глюкоза, фруктоза, галактоза. У водному середовищі вони утворюють **кільцеві структури (реакція мутаротації)**.

**Глюкоза (Г) С<sub>6</sub>Н<sub>12</sub>О<sub>6</sub>** - джерело біологічної енергії у клітинах рослинних і тваринних організмів. З неї синтезується інші біоорганічні сполуки. У вільному стані глюкоза міститься у фруктах, меду, входить до складу молекул **лактози** (молочний цукор), **мальтози** (солодовий цукор), **крохмалю** і **глікогену**.

**Фруктоза (Ф) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>** - міститься в фруктах, меду, топінамбурі, цикорію і входить до складу дисахарози (**цукор**) і полісукрози **інуліну**.

**Галактоза (Гл) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>** - є складовою частиною дисахарози **лактози**, полісукрози **пектину**, його похідних та **агар-агару**.

- **Дисахариди = дисахарози** - це біоорганічні сполуки, молекула яких складається з двох залишків молекул моноцукрів гексозів. Загальна формула дисахаридів: C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> Дисахариди утворюються в процесі ферментативного гідролізу двох молекул моноцукрів



До дисахаридів відносяться: (Г+Г), (Ф+Ф), (Г л+Гл), (Г+Ф), (Гл+Ф), (Г+Гл).

**Сахароза (С)** - дисахарид, який містить залишки **В-глюкози** + **Д- фруктози**: С = (Г + Ф). С міститься у цукрових буряках, динях, кісточкових плодах.

**Мальтоза (М)** - це дисахарид, який містить два залишки **Д- глюкози**: М = (Г + Г). Мальтоза - солодовий цукор, який міститься у патоці, солоді.

**Лактоза (Л)** - дисахарид, який містить залишки **Д-галактози** + **Д-глюкози**. Л = (Г + Гл). Міститься тільки у молоці.

-**Трисахариди = трисахарози** - це біоорганічні сполуки, молекула яких складається з трьох залишків моноцукрів **гексозів**.

**Рафіноза (Р)**- трисахарид, який містить залишки: **Д-фруктози** + **Д-глюкози** + **Д-галактози**. Р = (Ф + Г + Гл). Рафіноза у невеликій кількості міститься у цукрових буряках, сої, горосі,

**Мелецитоза (Мл)** - трисахарид, містить залишки **Д- глюкози** + **Д фруктози** + **Д -глюкози**. Формула: Мл = (Г + Ф + Г). Міститься у соці хвойних дерев.

### **Класифікація складних вуглеводів за хімічним складом**

**Полісукри = полісахариди = глікани** це високомолекулярні біоорганічні сполуки, структурною одиницею яких є **моноцукри гексози**. В залежності від кількості залишків моноцукрів в молекулі складних вуглеводів, вони поділяються на **олігосахариди (3<n<10)** та **полісахариди (n >10)**. Загальна формула молекули полісукрів: (C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>O<sub>n</sub>) де n>10

**Полісахариди** утворюються в процесі ферментативного гідролізу молекул моноцукрів

$$n (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - n/2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n-2} \text{O}_n \quad (5.3)$$

До полісахаридів відносяться: *крохмаль, глікоген, клітковина, пектин, ропектин, амілопектин* тощо. Полісукри відрізняються один від одного природою моносахаридних одиниць, з яких вони складаються. Розрізняють:

**гомополісахариди** - складаються з моносахаридної одиниці одного типу; **гетерополісахариди** – містять моносахаридні одиниці двох або декількох типів.

**Гомополісахариди** -це **крохмаль** (рослинні організми) і **глікоген** (тваринні організми). Гомополісахариди складаються з **D-** глюкозних одиниць.

**Гетерополісахариди.** Наприклад, **гіалуронова кислота** складається з залишків **D-**глюкуронової кислоти і **N-ацетил-D-**глюкозаміну.

## 2. Резервні полісахариди рослинного і тваринного походження

Поліцукри поділяються на дві групи: **резервні** та **структурні**.

**Резервні поліцукри** відкладаються у цитоплазмі клітин рослин (*зерна крохмалю*) і клітин тварин (печінка, скелетні м'язи, серце) - зерна глікогену.

**Крохмаль** - резервний рослинний поліцукрид, який існує у двох формах: ( **$\alpha$ -амілози** і **амілопектину**). Під дією фермента  **$\alpha$ -амілази** крохмаль ( **$\alpha$ -амілоза**) розщеплюється (гідролізується) на фрагменти - **олігосахариди= декстрини**. Цей фермент знаходиться у слині і секретах підшлункової залози, приймає участь у

перетравленні крохмалю у шлунково-кишковому тракті. Під дією фермента  **$\beta$ -амілази** **олігосахариди** розщеплюються до молекул **мальтози**. У подальшому, молекула мальтози під дією фермента *мальтази* розщеплюється на дві молекули **глюкози**. Крохмаль (амілопектин) під дією цих ферментів розщеплюється на молекули глюкози та мальтози, яка у подальшому розщеплюється на дві молекули глюкози. Слід зауважити, що фермент  **$\alpha$ -амілаза** міститься в слині.

**Глікоген** ~ резервний полісахарид, міститься у цитоплазмі тваринних клітин. Глікоген гідролізується ферментами  **$\alpha$ -і  $\beta$ -амілазами** на глюкозу і мальтозу.

**Декстрани** - резервні полісахариди *дріжджів і бактерій*. Складаються з залишків **D-**глюкози.

**Фруктани і левани** -полісахариди рослин. Складаються з залишків **D-**фруктози.

**Інулін** - резервний рослинний гомополісахарид, складається з залишків **D-**фруктози. Міститься в артишоках, коренях цикорію, бульбах топінамбуру.

**Структурні полісахариди.** Приймають участь у будові клітинних стінок рослин: целюлоза, геміцелюлоза, пектин, агар, пропектин, камеді, тощо.

**Целюлоза** - найбільш поширений структурний полісахарид рослинного світу. До складу целюлози (клітковини) входить **до 50% всього органічного вуглецю**

планети. Деревина складається на **50%** з целюлози, **бавовник**  $\approx$  **100%**. При гідролізі целюлози *ферментом целюлазою* утворюється **D-глюкоза**. Волокна целюлози цементуються у клітинній оболонці матриксом, в склад якого входять геміцелюлоза, пектин.

**Пектин** - полімер, що складається з молекул **D-галактуроніанта**. Багато пектину міститься в **яблуках, айві, абрикосах, сливах**, тощо.

**Агар** - *структурний* компонент клітинних стінок морських водоростей. Структурний елемент агару - залишки **D-**, і **L-**галактози.

**Камеді** - *неструктурні* полісахариди, до складу яких входять залишки **D** - глюкози, **D** -глюкуронової кислоти, залишки арабінози, рамнози.

Слід зазначити, що зовнішні **рецептори оболонки** клітин тварин містять у своєму складі вуглеводний компонент - олігосахаридні ланцюги.

**Солодкість**  $\sim$  це *органолептичний* показник, що характеризує *смак продуктів* харчування. Солодкість сахарози прийнята за **100 у.о.** Солодкість **фруктози - 173, глюкози — 74, мальтози - 32, лактози - 16.**

#### **Біологічні і фізіологічні функції вуглеводів в організмі людини**

Вуглеводи є життєво необхідним компонентом харчового раціону людини.

**Екзогенні вуглеводи** (рослинні та тваринні) при потраплянні в органи травної системи виконують такі основні функції:

- **покращують** смакові властивості ти;
- є **носіями** легкозасвоюваних цукрів;
- володіють **енергетичною** цінністю;
- є **субстратом** для живлення корисної мікрофлори кишечника (харчові волокна, пектини тощо).

**Ендогенні вуглеводи** (клітинні та тканинні) в організмі людини виконують такі основні функції:

- **енергетичний субстрат** для життєдіяльності клітин. При окисленні ендогенних вуглеводів в *мітохондріях* тваринних клітин утворюється *теплова* та біологічна *енергія* (АТФ) - **4 ккал/г**;
- **пластичний компонент**. Вуглеводи разом з білками та ліпідами утворюють мембранні органи клітин, гормони, біологічно активні речовини;
- **глікоген та ліпіди** є енергетичним субстратом для функціонування м'язових тканин (серцевого та скелетних м'язів);
- **вуглеводи** є джерелом внутрішньоклітинної води;
- є **депо** енергетичних та пластичних компонентів клітин;

- приймають участь у ферментативних процесах утворення *замінних* жирних кислот, амінокислот тощо;

- **олігосахаридні ланцюги** у складі *глікопротеїнів* клітинної оболонки виконують функції *поверхневих рецепторів*, які *аналізують* фізико-хімічні «сигнали» від мікрооточення клітин;

- **глікозоаміноглікани та гліколіпіди** входять в склад міжклітинної аморфної речовини сполучних тканин і зумовлюють її консистенцію та функціональні властивості;

- **протеоглікани** заповнюють міжклітинний простір в *хрящовій* тканині, *сухожиллях*. Протеоглікани є домінуючим компонентом синовіальної рідини суглобів тварин і людини;

- **глікозаміноглікан гепарин** вистилає стінки артерій і є інгібітором згортання крові у порожнині судин.

### 3. Добова потреба людини у вуглеводах та їх засвоюваність

Добова потреба для дорослої людини (70 кг) складає:

- **мінімальна** потреба - **4г/кг** маси тіла;

- **оптимальна** потреба - **5г/кг** маси тіла (при *помірній фізичній і інтелектуальній* активності людини **КФРА≈1,6**);

- **максимальна** потреба – **6 - 7г/кг** маси тіла (при великому фізичному і інтелектуальному навантаженні) і залежить від величини середньодобового коефіцієнта фізичної і розумової активності (**КФРА**).

**Емпірична** формула для визначення добової потреби людини в вуглеводах:

$$M_v \approx 3,5 \text{ г/кг} \cdot M_t \cdot \text{КФРА} \quad (5.4)$$

Де **M<sub>v</sub>** – маса вуглеводів (г); **M<sub>t</sub>** – маса тіла людини

**Оптимальне співвідношення вуглеводів у добовому раціоні харчування дорослої людини: 100%** вуглеводів = **30%** (моно-, дисахариди) + **60%** (крохмаль + глікоген) + **10%** (харчові волокна = целюлоза + геміцелюлоза + пектинові речовини)

### 4. Запитання для самостійного контролю знань

1. Фізіолого-гігієнічне значення тваринних вуглеводів продуктів харчування.
2. Хімічний склад тваринних вуглеводів.
3. Фізіолого-гігієнічне значення рослинних вуглеводів продуктів харчування..
4. Хімічний склад рослинних вуглеводів.
5. Ендогенні вуглеводи в організмі людини та їх біологічні функції.

6. Добова потреба у вуглеводах людини та їх засвоюваність.
7. Олігосахаридні ланцюги клітинної оболонки та їх функції.
8. Дайте визначення терміну «солодкість» та його одиниці виміру. Наведіть приклади солодкості засвоюваних вуглеводів.
9. Структурні полісахариди та їх функціональні властивості.
10. Гомополісахариди: їх будова та функції. Навести приклади засвоюваних гомополісахаридів.
11. Гетерополісахариди: їх будова та функції. Навести приклади засвоюваних гетерополісахаридів.
12. Резервні поліцукриди: визначення, фізіологічні властивості, приклади.
13. Вуглеводи: визначення, загальна хімічна будова. Приклади засвоюваних та незасвоюваних вуглеводів.
14. Класифікація простих вуглеводів за хімічним складом.
15. Глікоген: хімічна будова, фізіологічні енергетична цінність.
16. Крохмаль: хімічна будова, фізіологічні енергетична цінність.
17. Глюкоза: хімічна будова, джерела, біологічні та фізіологічні функції.
18. Дисахариди: хімічна будова, джерела, фізіологічні функції. Навести приклади дисахаридів.
19. Трисахариди: хімічна будова, джерела, фізіологічні функції. Приклади.
20. Оптимальне співвідношення вуглеводів у добовому раціоні харчування дорослої людини.

### Список використаної літератури.

1. Вибрані питання нутріціології: навч. посіб. / Л. Андріюк, О. Зав'ялова, С. Федяєва, В. Яцюк, С. Ломейко, Є. Глебова; Львів. нац. мед. ун-т ім. Данила Галицького. — Львів: Коло, 2015. — 118 с.
2. Теоретичні та практичні аспекти нутріціології: навч. посіб. / Л. В. Андріюк, Т. П. Гарник, В. М. Яцюк, С. І. Федяєва; Львів. нац. мед. ун-т ім. Д. Галицького. — Львів: Посвіт, 2016. — 126 с. — Бібліогр.: с. 123—126.
3. Медико-біологічні технології підвищення працездатності спортсменів: навч.-метод. посібник / укл. Ю. Г. Циба, А. Д. Молдован, П. І. Горюк. — Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. — 132 с.
4. Основи фізіології та гігієни харчування: / підручник Н. В. Дуденко [та ін.] — Суми: Університетська книга, 2009. — 555 с.
5. Гігієна харчування з основами нутріціології / За ред. проф. В. І. Ципріяна. 1 том., Київ: Медицина, 2007. — 528 с.

6. Гігієна харчування з основами нутріціології/ За ред. проф.В.І. Ципріяна. 2 том., Київ: Медицина, 2007. - 560 с.
7. Димань Т. М., Барановський М. М., Білявський Г. О. та ін.. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування. Навчальний посібник. Редактор Т. М. Димань, – К.: Лібра, 2006. – 304 с.
8. Мікроелементи та здоров'я. / Методичний посібник для роботи в лабораторії/ [О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. –ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 40 с.
9. Павлоцька Л.Ф., Дуденко Н.В., Дмитрієвич Л.Р. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.- 441 с.
10. М.І.Кручаниця, С.О.Михайлович, Н.В.Розумик. Основи оздоровчого харчування. Навчальний посібник для ВНЗ фізичного виховання і спорту, 2004.
11. Методика оцінки харчового статусу людини та адекватності індивідуального харчування. Навчально-методичний посібник. В.І. Ципріян, Н.В. Велика, В.Г. Яковенко, Київ, 1999, 60 с.
12. Яцула Г.С., Слободкін В.І., Береза В.Я. Санітарно-гігієнічні методи дослідження харчових продуктів і води, К.: Здоров'я, 1991. 288с.
13. А.Н. Мартинчик, И.В. Маев, А.Б. Петухов. Питание человека (основы нутрициологии). - М.: ГОУ ВУНМЦ, 2002. - 576 с.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 9**

**Тема. Визначити вміст вуглеводів в продуктах харчування. Визначити добові потреби людини в углеводах.**

### **Завдання 9.1**

У **100г** меду з **акації** містяться (%). глюкоза (**36**), фруктоза (**40**), сахароза (**5**), мальтоза (**5**), вода (**14**). **Визначити:** скільки цих речовин міститься у **75г** меду; який **%** від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ **кг** в цих речовинах міститься у **75г** меду; визначити співвідношення фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду з акації.

### **Завдання 9.2**

У **100г** **липового** меду містяться (%): глюкоза (**36**), фруктоза (**38**), сахароза (**7**), мальтоза (**6**), вода (**15**). **Визначити,** скільки цих речовин міститься у **75г** меду. Який **%** від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ **кг** в цих речовинах міститься у **75г** меду; визначити співвідношення кількості фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду липового.

### **Завдання 9.3.**

У **100г гречаного меду** містяться (%): глюкоза (**38**), фруктоза (**40**), сахароза (**4**), мальтоза (**7**), вода (**13**). **Визначити**, скільки цих речовин міститься у **75г** меду. Який % від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг в цих речовинах міститься у **75г** меду; визначити співвідношення кількості фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду гречаного.

#### **Завдання 9.4**

У **100г соняшникового меду** містяться (%): глюкоза (**38**), фруктоза (**40**), сахароза (**5,4**), мальтоза (**7**), вода (**14**). **Визначити**: скільки цих речовин міститься у **75г** меду; який % від *оптимальної* добової потреби студента (ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг в цих речовинах міститься у **75г** меду; визначити співвідношення фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду соняшникового.

#### **Завдання 9.5.**

У **100г квіткового меду** містяться (%): глюкоза (**38**), фруктоза (**40**), сахароза (**5,4**), мальтоза (**7,6**), вода (**18**). **Визначити**, скільки цих речовин міститься у **75г** меду. Який % від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг в цих речовинах міститься у **75г** квіткового меду; визначити співвідношення кількості фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду.

#### **Завдання 9.6.**

У **100г квіткового нектару** містяться (%): глюкоза (**2,8**), фруктоза (**1,6**), сахароза (**15**), мальтоза (**0,6**), вода (**80**). **Визначити**: скільки цих речовин міститься у **75г** нектару; калорійність **75г** квіткового нектару. Який % від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг в цих речовинах міститься у **75г** меду; визначити співвідношення фруктози до глюкози; калорійність **75г** меду.

#### **Завдання 9.6.**

У **100г какао боби** містяться (%): вода (**12**), крохмаль (**8**), клітковина (**3,5**). **Визначити**, скільки цих речовин міститься у **270г** какао боби. Який % від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у цих речовинах міститься у **270г** какао боби.

#### **Завдання 9.7**

У **100г молока** містяться (%): вода (**87**), вуглевод лактоза (**4,6**) **Визначити**, скільки цих речовин (г) міститься в **450г** молока. Який % від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг цих речовин міститься в **450г** молока.

#### **Завдання 9.8**

У 100г пшениці містяться (%): моно- і дисахариди (0,9), крохмаль (54), клітковина (2,3), вода (14). У 100г ячменя містяться (%): моно- і дисахариди (1,0), крохмаль (48,1), клітковина (4,3), вода (14).

**Визначити**, скільки цих речовин (г) міститься у 370г цих рослинних культур. Який % від мінімальної та оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у цих речовинах міститься у 370г рослинних культур.

#### **Завдання 9.9.**

У 100г гречки містяться (%): моно- і дисахариди (0,9), крохмаль (54), клітковина (10,8), вода (14). У 100г сої містяться (%): моно- і дисахариди (5,7), крохмаль (3,5), клітковина (4,3), вода (12).

**Визначити**, скільки цих речовин (г) міститься у 270г цих рослинних культур. Який % від мінімальної та оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у цих речовинах міститься у 270г рослинних культур.

#### **Завдання 9.10**

У 100г паляниці Української міститься (%): моно- і дисахариди (0,8), крохмаль (49,5), клітковина (0,2), вода (35,8). **Визначити**, скільки цих речовин міститься у 400г паляниці. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у цих речовинах міститься у 400г паляниці.

#### **Завдання 9.11**

**Визначити оптимальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг

у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 2,2**.

**Визначити** в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.

#### **Завдання 9.12**

**Визначити оптимальні** добові потреби людини масою 67 кг у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 2,4**.

**Визначити** в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.

#### **Завдання 9.13**

**Визначити оптимальні** добові потреби людини масою **88 кг** у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 2,8**.

**Визначити в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.**

#### **Завдання 9.14**

**Визначити максимальні** добові потреби людини масою **76кг** у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 3,6**.

**Визначити в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.**

#### **Завдання 9.15**

**Визначити максимальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 4,2**.

**Визначити в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.**

#### **Завдання 9.16**

**Визначити мінімальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 1,5**.

**Визначити в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.**

#### **Завдання 9.17**

**Визначити оптимальні** добові потреби людини масою **49 кг** у тваринних та рослинних вуглеводах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 1,8**.

**Визначити в (г) співвідношення (тваринні : рослинні) вуглеводи.**

## **ТЕМА 6. ПОТРЕБА ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ У ЛІПДАХ В НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ.**

1. Жири: визначення, хімічна будова.
2. Класифікації жирів за походженням та хімічним складом ЖК.
3. Тваринні і рослинні жири та їх склад.
4. Фізичні та хімічні властивості жирів. Штучні жири.
5. Функції жирів в організмі людини.
6. Фізіологічна і біологічна цінність жирів.

7. Добова потреба в жирах та їх засвоюваність.

### 1. Жири: визначення, хімічна будова.

При вивченні даної теми, слід звернути увагу на те, що ліпіди об'єднують велику групу різних за хімічною природою речовин, які мають деякі спільні фізико-хімічні властивості. Ліпіди разом з білками, вуглеводами є обов'язковою складовою частиною кожної клітини і утворюють основну масу органічних речовин живих організмів.

**Жири** (олії) - це ефір-гліцериди, що складаються з гліцерину (5-10%) і різних за хімічним складом жирних (органічних) кислот (90-95%).

Будова молекули гліцерину:



Загальна формула жирних кислот:



**R-** органічний радикал різної хімічної будови.

**Принципова схема хімічної будови простих жирів.** Вони складаються з: молекули гліцерину та **1-3** молекул жирних кислот (**ЖК**).

**Класифікують** прості ліпіди в залежності від кількості органічних радикалів **R-** жирних кислот.

- **Моногліцериди:**  $\text{H}_5 \text{C}_3 \text{R}_1 (\text{OH})_2$

- **Дигліцериди:**  $\text{H}_5 \text{C}_3 \text{R}_1 \text{R}_2 (\text{OH})$

- **Тригліцериди:**  $\text{H}_5 \text{C}_3 \text{R}_1 \text{R}_2 \text{R}_3$

**Прості** тригліцериди ~ жири (олії), до складу яких входять **ЖК** однакової хімічної будови ( $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3$ ).

**Змішані** тригліцериди — жири (олії), в склад яких входять гліцерин та **ЖК** різної хімічної будови ( $\text{R}_1 \neq \text{R}_2 \neq \text{R}_3$ ).

У залежності від місця розташування жирних кислот ( $\text{R}_1 \neq \text{R}_2 \neq \text{R}_3$ ), в молекулі гліцерину, існує **18 ізомерів молекул** змішаних тригліцеридів. Більшість жирів природного походження є суміші простих та змішаних тригліцеридів. Фізико-хімічні властивості жирів залежать від складу і виду жирних кислот.

### Класифікації жирів за походженням та хімічним складом ЖК

За походженням:

° рослинні;

° тваринні;

° штучні (синтезовані).

**За кількістю атомів карбону в молекулі ЖК:**

- низькомолекулярні ЖК C(3-10)-COOH;
- середньомолекулярні ЖК C(11-16)-COOH;
- високомолекулярні ЖК C(>16) - COOH.

При нормальних умовах олії з низько-молекулярними ЖК- леткі (рідкі) речовини: олії з середньо молекулярними ЖК - в`язкі рідки речовини; жири з високомолекулярному ЖК - тверді речовини.

До низькомолекулярних ЖК відносяться: масляна (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-COOH; капронова (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-COOH; каприлова (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub> -COOH; капринова (CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub> - COOH.

У більшості природних жирів до складу тригліцеридів входять високомолекулярні ЖК.

За наявності та кількості в молекулі ЖК подвійних зв'язків між атомами карбону (-C=C-), їх поділяють на три групи.

**Насичені ЖК.** В молекулах ЖК немає подвійних зв'язків між атомами карбону:

- миристинова ЖК CH<sub>3</sub> -(CH<sub>2</sub>)<sub>12</sub> -COOH;
- пальмитинова ЖК CH<sub>3</sub> -(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>-COOH;
- стеаринова ЖК CH<sub>3</sub> -(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub> -COOH

**Мононенасичені ЖК.** В молекулах ЖК один подвійний зв'язок між атомами карбону (-C=C-):

- акрилова CH<sub>2</sub> =CH-COOH; - олеїнова C<sub>17</sub> H<sub>33</sub> COOH

**Поліненасичені ЖК.** В молекулах ЖК два і більше подвійних зв'язків між атомами карбону. **Ейкозалантенаєнова- 5(-C=C-).**

**Ненасичені ЖК** не утворюються в організмі людини, вони потрапляють до шлунково-кишкового тракту (ШКТ) разом з **рослинною їжею** і тому отримали назву «**есенціальні - незамінні**»

У теперішній час для характеристики хімічної будови ненасичених ЖК використовують такий короткий запис у дужках: спочатку пишуть кількість атомів вуглецю у молекулі ЖК, потім двокрапка, далі число подвійних зв'язків між атомами вуглецю в молекулі ЖК, після цього ставлять кому і пишуть слово “**омега**” або знак - “**ω**”, далі тире і цифрами - розміщення у молекулі ЖК подвійних зв'язків відносно **ω** - C атома вуглецю, який з'єднаний з молекулою гліцерину. Наприклад:

- олеїнова ЖК (18 : 1, ω - 9) - 1 (C=C) між 9-10 атомами вуглецю;

- ліолева ЖК (18 : 2,  $\omega$  - 9, 12) - 2 (C=C) між 9-10 і 12-13 атомами вуглецю;
- ліоленова ЖК (18 : 3,  $\omega$  - 9,12, 15) - 3 (C=C) зв'язки;
- арахідонова ЖК (20 : 4,  $\omega$  - 5, 8, 11, 14) -4 (C=C) зв'язки;
- ейкозалантаснова (20 : 5,  $\omega$  -3, 5, 8, 11, 14) - 5 (C=C) зв'язків.

**Складні жири** - біоорганічні сполуки за таким складом: гліцерин, високомолекулярні ЖК, до яких приєднуються інші хімічні сполуки.

- **Фосфоліпіди.** Біоорганічні речовини до складу яких входять ліпіди й частки фосфорної кислоти. Фосфоліпіди знаходяться в клітинних мембранах і внутріклітинних структурах. Багато їх у нервовій тканині. У рафінованих оліях фосфоліпіди вилучені. Окрім фосфоліпідів, до складних жирів відносяться: - ліпопротеїди; - ліпонуклеїди; - гліколіпіди, тощо.

#### **Тваринні жири та їх склад:**

- **яловичий жир:** 50% насичені ЖК (пальмитинова + стеаринова); 45% олеїнова ЖК; 5% лінолсва ЖК;
- **баранячий жир:** 55% насичені ЖК (пальмитинова + стеаринова); 40% олеїнова ЖК; 5 % ліолева ЖК;
- **свинячий жир:** 41% насичені ЖК (пальмитинова + стеаринова); 41% олеїнова ЖК; 9% ліолева ЖК; 9% арахідонова ЖК;
- **кістковий жир:** 40% насичені ЖК (пальмитинова + стеаринова); 50% олеїнова; 10% арахідонова ЖК.

Високомолекулярні **насичені** (нейтральні) жирні кислоти  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{n>16} - \text{COOH}$  утворюють **тверді** тваринні жири: стеарин, бджолинний віск, ланолин (вовна), спермацет (кити) тощо.

#### **Рослинні олії (жири) та їх склад:**

- **оливкова олія** містить одну ЖК - олеїнову;
- **касторова олія** з насіння рицитини, містить одну ЖК – рицинолеву;
- **лляна олія** містить: 30% ліолева ЖК; 60% ліоленова; 10% насичені ЖК;
- **конопляна олія** містить: 66% ліолева, 28% ліоленова, 6% насичені ЖК;
- **соняшникова олія** містить: 64% ліолева, 25% олеїнова, 11% насичені ЖК;
- **кукурудзяна олія** містить: 56% ліолева, 24% олеїнова, 20% насичені ЖК;
- **масло какао** містить: 35% олеїнова, 2% ліоленова, 60% насичені ЖК;
- **масло кокосове** містить: 15% олеїнова, 2,6% ліоленова, 76% насичені ЖК.

Високомолекулярні насичені ЖК утворюють рослинний віск, який покриває поверхню листя і плодів.

**Ненасичені ЖК**, що присутні в продуктах харчування у складі жирів (олії), мають у своїй будові від одного до п'яти подвійних зв'язків між атомами карбону

### **Фізичні та хімічні властивості жирів. Штучні жири.**

#### **Фізичні властивості:**

- **жири** -рідини або тверді речовини не мають смаку, запаху, кольору;
- **жири** майже не розчинні у воді та добре розчиняються у етиловому і петролейному ефірах (естерах);
- **кислотне число** - це кількість мг **КОН**, яка витрачається для нейтралізації вільних ЖК, що містяться в **1 г жиру**;
- **число омилення** - це кількість мг **КОН**, яка потрібна для омилення **1 г жиру** (утворення солей ЖК - тверда речовина, мило).
- **йодне число (Іч)** - це показник, що характеризує наявність в олії (жиру) ненасичених ЖК і залежить від сумарної кількості подвійних зв'язків між атомами вуглецю. Два атома йоду здатні приєднатися за місцем локалізації подвійного зв'язка між атомами вуглецю у молекулі ЖК. **Йодне число** визначає, скільки (**г**) **йоду** приєднується до **100 г** олії (жиру). Більшість рослинних і тваринних жирів мають у своєму складі ненасичені ЖК з різною кількістю подвійних зв'язків. Тому йодне число визначається за формулою:

$$Iч = [I \text{ г.моль (I)} / 1 \text{ г.моль (ЖК)}] \cdot 2n \cdot 100 \text{ г}$$

де: **n** — кількість (-C=C-) в молекулі ЖК.

#### **Хімічні властивості.**

**Гідроліз жирів** - розщеплення жирів за наявності води (її приєднання) на гліцерин і вільні жирні кислоти: Цей процес в організмі людини відбувається за участю ферментів **ліпаз**. Далі відбувається процес окислення (+O<sub>2</sub>) ЖК та гліцерину ферментами, що знаходяться у мітохондріях клітин до CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O з утворенням енергії АТФ. Калорійність жирів складає **9 ккал/г**.

**Гідрування гліцеридів** - це приєднання водня (+H) під час нагрівання (+200<sup>0</sup> C) до молекул ненасичених ЖК. В результаті гідрування утворюється **саломас**.

**Окиснення жирів** - процес окиснення ненасичених ЖК киснем (O<sub>2</sub>) повітря. В результаті окиснення жирів утворюються вторинні продукти: **альдегіди**, **кетони** тощо. В результаті окиснення жири набувають неприємного смаку і запаху, знижується біологічна цінність, зменшується вміст жиророзчинних вітамінів А і Е.

**Штучні жири** - синтезовані у промислових умовах жири: маргарини і спреди. Сировиною для приготування маргаринів є **саломас** - гідрогенізовані

ненасичені рослинні жири. Якщо змішати гідрогенізований жир - саломас з **молоком, жовтком яєць, вітамінними добавками** - утворюється продукт - **маргарин**. **Спред** - це харчовий продукт (емульсія типу “вода в жирі”), який складається з молочного та рослинного жиру з масовою часткою загального жиру від **50%** до **85%**. Масова частка води ( $H_2O$ ) не більш як **50%**, частка кухонної солі  $\approx$  **1,5%**.

### **Функції жирів в організмі людини.**

Жири належать до життєво необхідних компонентів харчового раціону людини.

**Екзогенні жири** (рослинні та тваринні) при потраплянні в органи травної системи виконують такі основні функції: **покращують** смакові властивості їжі; є **носіями** незамінних ЖК; **розчинники** і носії жиророзчинних вітамінів (**A, D, E, K**); володіють **енергетичною** цінністю; є розчинниками і **носіями** різних біологічно активних речовин.

**Ендогенні жири** (клітинні та тканинні) в організмі людини виконують такі основні функції: **енергетичний субстрат** для життєдіяльності клітин організму людини. При окисленні **ендогенних жирів** в **мітохондріях** клітин утворюється теплова та біологічна енергія - **9 ккал/г**; **пластичний компонент**. Жири разом з білками та вуглеводами утворюють органели клітин, гормони, біологічно активні речовини; **транспортують в крові** жиророзчинні вітаміни, фосфоліпіди, поліненасичені ЖК тощо; є **джерелом** внутрішньоклітинної води, яка утворюється в результаті окислення **ендогенних жирів** в **мітохондріях** клітин; є **депо** енергетичних та пластичних компонентів клітин; **приймають участь** в утворенні жирової тканини; **резервний жир** захищає організм від впливу тепла та холоду; **резервний жир** забезпечує естетичну форму тіла; **резервний жир** захищає організм від механічних, теплових та електромагнітних ушкоджень.

### **Біологічна і фізіологічна цінність жирів їжі**

**Біологічна цінність** жирів обумовлена тим, що вони є складовою частиною простих і складних ліпідів організму людини і виконують у ньому такі функції:

- структурні **компоненти біомембран** і органел клітин;
- депонують жиророзчинні вітаміни (**A, D, E, K**);
- є високо енергетичним біологічним “паливом” для метаболічних ферментативних процесів. **1г** жиру при ферментативному розщепленні і окисленні утворює **9ккал** енергії, яка в організмі людини проявляється у формі

**тепловій** енергії та біологічній - накопичується в макроергах (~) молекулах **АТФ** - макроергічних хімічних зв'язках. Жири дають до **40%** добової калорійності харчового раціону людини;

- є **попередником** багатьох вітамінів і стероїдних гормонів (статевих);

- жири депонують і тому є джерелом живильних речовин, особливо **вітамінів**. В клітинах жирової тканини депонуються (накопичуються) жиророзчинні вітаміни: **A, D, K, F**.

- **виконують** функції теплозахисту організму і входять до складу шкіри.

- є **джерелом** утворення **ендогенної води**. Отже, жирова тканина в організмі людини є своєрідним депо енергії та води. Жирові депо становлять **10 – 25%** маси тіла здорової людини. Їхнє поповнення відбувається в результаті прийому їжі. Якщо надходження енергії, що міститься в їжі, переважає над витратою енергії, маса жирової тканини в організмі збільшується

- розвивається **ожиріння**. Фізіологічне депонування нейтральних жирів виконують **ліпоцити** - клітини жирової тканини. Вони накопичуючи їх у підшкірній жировій клітковині, сальнику, жирових капсулах різних органів.

Враховуючи, що у **дорослої жінки** частка жирової тканини в організмі становить у середньому **20 – 25%** маси тіла – майже вдвічі більше, ніж у чоловіка (відповідно **12 - 14%**), слід вважати, що жир виконує в жіночому організмі ще й специфічні функції. Зокрема, жирова тканина забезпечує жінці резерв енергії, необхідний для виношування плода та грудного вигодовування дитини.

**Фізіологічна та біохімічна цінність** харчових жирів обумовлена наявністю у їх складі есенціальних (**незамінних**) **ненасичених** жирних кислот. **Дефіцит незамінних жирних кислот** у їжі призводить до уповільнення росту та розвитку організму, зниження репродуктивної функції та різних уражень шкіри. Постійний рівень жирних кислот у **крові** підтримується за рахунок екзогенних тригліцеридів, які у складі хіломікронів надходять у жирову тканину і там гідролізуються. Найбільш високою здатністю до асиміляції жирних кислот відрізняється **печінка** (жирні кислоти в печінці використовуються для синтезу тригліцеридів та фосфоліпідів, які виводяться з гепатоцитів у кров у складі транспортних форм); меншу здатність до асиміляції жирних кислот мають скелетні **м'язи** та **міокард**.

Важливе **біохімічне та фізіологічне** значення мають **незамінні** складні жири – **фосфатиди** та **стерини**. За їхньої обов'язкової участі підтримується сталість складу цитоплазми нервових клітин, синтезуються статеві гормони та

гормони кіркової речовини надниркових залоз, деякі вітаміни (наприклад, **вітамін D**). До класу **стеринів** відноситься **холестерол**, що включає також стероїдні гормони, вітамін **D** та жовчні кислоти. Загальний пул холестеролу формується з **екзогенного** холестеролу, що надходить з їжею (**400 мг на добу**), та **ендогенного**, синтезованого в самому організмі (**1000 мг на добу**). З них **500 мг** утворюється в **печінці**: в ній відбувається його розщеплення з утворенням жовчних кислот, що виділяються в складі жовчі в кишечник. **Холестерол** є важливим складовим компонентом **клітинних мембран**. **Його виявили лише у тварин**. Підвищений рівень холестеролу є причиною розвитку **атеросклерозу** та його ускладнень.

### **Добова потреба людини у ліпідах та їх засвоюваність.**

**Добова потреба в жирах (г) дорослої людини складає:**

- *мінімальна* кількість (в стані відносного спокою при **КФРА = 1**) складає **1,2г /кг** маси тіла людини за **1 добу (0,05 г/год)**;
- *оптимальна* кількість при помірному фізичному і розумовому навантаженні (КФРА= 1,4 – 1,5), складає **1,2г х КФРА (1,4 - 1,5) = (1,7 – 1,8) г/1кг** маси тіла;
- *максимальна* залежить від цифрових значень середньодобового коефіцієнта фізичної і розумової активності людини (КФРА).

**Емпірична формула добової потреби дорослої людини в ліпідах:**

$$\mathbf{Mл \approx 1,3г/кг \cdot Mт \cdot КФРА} \quad \mathbf{(6.5)}$$

Де **Mл** – маса ліпідів (г); **Mт** – маса тіла людини (кг)

**Оптимальне співвідношення (тваринні: рослинні) жири** у раціоні харчування дорослої людини складає **(1 : 1)**.

**Засвоюваність жирів.** Коефіцієнт засвоюваності жирів (**КЗЖ, %**) - це співвідношення кількості (г) засвоєного жиру (олії) організмом людини до його (її) спожитої кількості з продуктами харчування, визначається за формулою:

$$\mathbf{КЗЖ (\%) = [m ж (з) / m ж(с)] \cdot 100\%} \quad \mathbf{(6.6)}$$

де: **m ж (з)** - маса (г) засвоєного (з) жиру (олії) в організмі людини;

**m ж (с)** - маса (г) спожитого (с) жиру (олії) з продуктами харчування.

**Засвоюваність нейтральних насичених тваринних і рослинних жирів** складає **72 - 83%**. **Рослинні олії**, що містять не менш, ніж **40% ненасичених ЖК**, мають **КЗЖ  $\approx$  99%**. Засвоюваність **тваринних жирів** на прикладі свинячого жиру, складає **93 - 96% або (0.93-0.96)**.

**Запитання для самостійного контролю знань**

1. Фізіологічне значення *тваринних* жирів продуктів харчування.
2. Хімічний склад тваринних жирів.
3. Фізіологічне значення *рослинних* жирів продуктів харчування.
4. Хімічний склад *рослинних* жирів.
5. Функції *ендогенних* жирів в організмі людини.
6. Функції *екзогенних* жирів в організмі людини.
7. Принципова схема хімічної будови жирів.
8. Хімічна будова *простих* жирів.
9. Хімічна будова *складних* жирів.
10. Штучні жири, їх виробництво та використання.
11. Біологічна функція ендогенних та екзогенних жирів.
12. Фізіологічна функція ендогенних та екзогенних жирів.
13. Класифікація жирних кислот за кількістю атомів карбону.
14. Класифікація жирних кислот за кількістю подвійних зв'язків між атомами карбону.
15. Особливості гідролізу жирів за участю клітинних ферментів.
16. Особливості окислення жирів за участю клітинних ферментів.
17. Засвоюваність тваринних жирів.
18. Засвоюваність рослинних жирів.
19. Добова потреба людини у рослинних жирах.
20. Добова потреба людини у тваринних жирах.
21. Енергетична цінність жирів.
22. Фізіологічне значення *ненасичених* жирних кислот.
23. Продукт *саломас* та його використання у складі маргаринів.
24. *Спреди* та їх *структурна* організація.
25. Продукти окислення *ендогенних* жирів в *мітохондріях*.
26. Ізомерія молекул ліпідів.
27. *Пластична* функція *ендогенних* жирів в організмі людини.
28. *Транспортна* функція *ендогенних* жирів в організмі.
29. *Резервна* функція *ендогенних* жирів в організмі людини.
30. *Йодне* число та його використання для аналізу жирів.
31. *Кислотне* число та його використання для аналізу жирів.
32. Фізіологічне значення *незамінних* жирних кислот.
33. Засвоюваність рослинних та тваринних жириів.

### Список використаної літератури.

1. Боярська З.О. Біохімія та фізіологія харчування. Полтава, ПУЕТ, 2012 – 97 с.
2. Богдан Шиян. Теорія і методика фізичного виховання школярів. Частина 1. Тернопіль: Навчальна книга. – Богдан, 2008. – 277 с.
3. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту К.: Олімпійська література, 2003. – 655 с.
4. Гольберг Н. Д., Дондуковская Р. Р. Питание юных спортсменов. Київ: Олімпійська література, 2007. 240 с.
5. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Полтава, 2014 – 134 с.
6. Загоруйко Г.Є. Харчові та дієтичні добавки. Полтава, ПУЕТ, 2014 -120 с.
7. Зубар Н. М., Руть Ю. В., Булгакова М. К. Фізіологія харчування: практикум: навч. посіб. Київ: Центр учб. літ., 2013. 208 с.
8. Калинин М.И. Питание. Здоровье. Двигательная активность– Київ: Наукова думка, 1990. – 176 с.
9. Колчинская А.З. Кислород. Физическое состояние. Работоспособность Київ: Наукова думка, 1991. – 208 с.
10. Мелвин Уильямс. Эргогенные средства в системе спортивной тренировки. Киев: Олимпийская литература, 1997. - 255 с.
11. Моногарова В. Д., Булатовой М. М. Питание в системе подготовки спортсменов /под ред. Смутьского В. Л. Киев: Олимп. лит., 1996. - 217 с.
12. Мухін В.Н. Фізична реабілітація. Київ: Олімпійська література, 2000. – 423 с.
13. Плахтій П.Д., Босенко А.І., Макаренко А.В. Фізіологія фізичних вправ. Підручник. Кам'янець-Подільський, 2015 – 268 с.
14. Платонов В.Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение Киев: Олимпийская литература, 2013. – 624 с.
15. Плахтій П.Д. Фізіологія людини. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності: навчальний посібник. Київ: ВД Професіонал, 2007- 464 с.
16. Полищук Д. А. Питание спортсменов. Киев: Олимп. лит., 1996. 144 с.
17. Смоляр В. И. Рациональное питание. Киев: Наук. думка, 1991. 380 с.
18. Фізіологія людини. / За ред. В.І. Філімонова, -К.: Здоров'я, 1994. – 607 с.
19. Шемета О. О., Дожук К. М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя. Київ: Нац. мед. ун-т ім. О. О. Бо-гомольця, 2015. 25 с.
20. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія. – Львів, Сполом, 2006. - 159 с.
21. Яремко Є.О. Фізіологія спорту та фізичних вправ. – Львів, ЛП, 2010. - 180 с.
31. Ялович В., Ялович А., Собчук Д. Використання спеціалізованого харчування спортсменами у видах спорту, які потребують витривалості. Рівне: РВЦ МЕРУ ім. акад. С. Дем'янчука, 2018. № 2 (20). С. 264–269.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 10

### Тема. Визначити добові потреби студентів в жирах.

#### Завдання 10.1

**Визначити оптимальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг

у тваринних та рослинних жирах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 2,2**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **77 %**, а тваринних жирів складає **93%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.2

**Визначити оптимальні** добові потреби людини масою **67 кг** у тваринних та рослинних жирах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 2,4**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **74 %**, а тваринних жирів складає **91%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.3

**Визначити мінімальні** добові потреби людини масою **88 кг** у тваринних та рослинних ліпідах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 1,5**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **72 %**, а тваринних жирів складає **92%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.4

**Визначити максимальні** добові потреби людини масою **76кг** у тваринних та рослинних жирах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 3,6**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **73 %**, а тваринних жирів складає **90%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.5

**Визначити максимальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у тваринних та рослинних ліпідах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 4,2**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **74 %**, а тваринних жирів складає **91%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.6

**Визначити мінімальні** добові потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у тваринних та рослинних ліпідах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 1,5**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **76 %**, а тваринних жирів складає **93%**. Скористайтеся формулою **6.5**.

#### Завдання 10.7

**Визначити** *оптимальні* добові потреби людини масою **49 кг** у тваринних та рослинних ліпідах при середньодобовому коефіцієнті фізичної і розумової активності **КФРА = 1,8**, якщо засвоюваність рослинних жирів складає **76 %**, а тваринних жирів складає **93%**. Скористайтесь формулою **6.5**.

#### **Завдання 10.8**

**Визначити**, скільки (г) насичених і ненасичених ЖК міститься у **150 г жиру свинячого** (дивись п. **6.3**). Яке їх співвідношення? Скільки (мл) **O<sub>2</sub>** необхідно організму людини для забезпечення процесів окислення цієї кількості свинячого жиру та скільки (мл) **CO<sub>2</sub>** при цьому утворюється? Який **%** від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг міститься у **150 г свинячого жиру?** (**КЗЖ = 93 %**)

#### **Завдання 10.9**

**Визначити**, скільки (г) насичених і ненасичених ЖК міститься у **85 г жиру яловичого** (дивись п. **6.3**), яке їх співвідношення? Скільки (мл) **O<sub>2</sub>** необхідно організму людини для забезпечення процесів окислення цієї кількості яловичого жиру та скільки (мл) **CO<sub>2</sub>** при цьому утворюється? Який **%** від *максимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг міститься у **85 г яловичого жиру?** (**КЗЖ = 83 %**)

#### **Завдання 10.10**

**Визначити**, скільки (г) насичених і ненасичених ЖК міститься у **115 г кукурудзяної олії** (дивись п. **6.4**). Яке їх співвідношення? Скільки (мл) **O<sub>2</sub>** необхідно організму людини для забезпечення процесів окислення цієї кількості кукурудзяної олії та скільки (мл) **CO<sub>2</sub>** при цьому утворюється? Який **%** від *оптимальної* добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг міститься у **115 г кукурудзяної олії?** (**КЗЖ = 93 %**)

#### **Завдання 10.11**

**Визначити**, скільки (г) насичених і ненасичених ЖК міститься у **75 г масло кокосове** (дивись п. **6.4**), яке їх співвідношення? Скільки (мл) **O<sub>2</sub>** необхідно студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг для забезпечення процесів окислення цієї кількості масло кокосове та скільки (мл) **CO<sub>2</sub>** при цьому утворюється? Який **%** від *максимальної* добової потреби міститься у **75 г масла** (**КЗЖ = 88 %**).

#### **Завдання 10.12**

**Визначити**, скільки (г) насичених і ненасичених ЖК міститься у **65 г соняшникової олії** (дивись п. **6.4**), яке їх співвідношення? Скільки (мл) **O<sub>2</sub>**

необхідно студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_ кг для забезпечення окислення цієї кількості соняшникової олії та скільки (мл)  $\text{CO}_2$  при цьому утворюється? Який % від *максимальної* добової потреби міститься у 75 г олії (КЗЖ = 92 %).

## ТЕМА 7. ПОТРЕБА ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ У БІЛКАХ В НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ.

«У всіх рослинах і тваринах присутня якась речовина, яка без сумніву є найбільш важливим з усіх відомих речовин живої природи і без якої життя на нашій планеті була б неможлива». *Жерар Мюльдер (1838 г)*

Вступ.

1. Білки: визначення, історія відкриття.
2. Амінокислоти: визначення, класифікація, функції.
3. Структурна організація та класифікація білків.
4. Будова, властивості та функціональна класифікація білків- ферментів.
5. Біологічні функції білків в організмі людини.
6. Біологічна та фізіологічна цінність білків у складі продуктів харчування.

**Вступ.** При вивченні даної теми, слід звернути увагу на те, що білки у продуктах харчування є основним джерелом постачання азотовмісних речовин - амінокислот, які потрібні для синтезу ендогенних структурних білків в клітинах організму людини. Слід зазначити, що організм людини *позбавлений резервів білка*. Єдиним джерелом амінокислот для синтезу ендогенних білків в організмі є білки *рослинних та тваринних* продуктів харчування.

### 1. Білки: визначення, історія відкриття

**Білки** - це високомолекулярні біоорганічні сполуки, які побудовані з великої кількості залишків різних  $\alpha$  — амінокислот, з'єднаних у лінійну послідовність за допомогою *пептидних зв'язків (-CO-NH-)*. Крім пептидного зв'язку, існує ще один зв'язок між амінокислотами у складі білків - *дисульфідний місток (-S-S-)*, який поєднує між собою цистеїнові амінокислоти. Цей хімічний зв'язок з'єднує поліпептидні ланцюжки або утворює внутрішньо ланцюжковий зв'язок між цистеїновими амінокислотами. Білки відносяться до азотовмісних нерегулярних біополімерів. Свою назву «білки», азотовмісні біополімери отримали у **1747 році** від французького фізіолога *Ф. Кене*.

Пізніше, у 1838 році, дослідником Н. Мульдером білки були названі «протеїнами» від (грецького protos — перший, найважливіший). На протязі XIX – XX ст., було встановлено, що практично всі життєві процеси рослинних та тваринних організмів, у тому числі: зародження, рост, обмін речовин, скорочення м'язів, мислення тощо, тісно пов'язані з білковими речовинами. Кожен живий організм на Землі має свої специфічні за хімічною будовою білки. Тому білки належать до *незамінних (есенціальних)* біополімерів. **Білки** - біоорганічні полімери, що побудовані з різних за хімічною будовою  $\alpha$ -амінокислот. Встановлено, що до **50% маси** сухого залишку тіл всіх організмів становлять білки. У *вірусів* вміст білків коливається від **45%** до **95%**.

## 2. Амінокислоти: визначення, класифікація, функції

**Амінокислоти (АК).** До складу рослинних і тваринних білків входять « $\alpha$ -АК». АК –це органічні речовини, до складу яких входять три компоненти: аміногрупа ( $-\text{NH}_2$ -), кислотна група ( $-\text{COOH}$ ) і органічний радикал ( $-\text{R}$ ). Аміногрупа ( $-\text{NH}_2$ -) приєднується до атому вуглецю (C), який розташований після кислотної групи ( $-\text{COOH}$ ). Амінокислоти такої хімічної будови отримали назву « $\alpha$  -АК». Таким чином  $\alpha$ -АК відрізняються хімічною будовою тільки органічного радикалу ( $-\text{R}$ ).

**Класифікація  $\alpha$  -АК.** У складі клітин мікро-, макроорганізмів виявлено більше 100 різних за хімічною будовою  $\alpha$  -АК. Але тільки **23** з них в *різній послідовності* та кількості формують біоорганічні полімери - білки. Ці  $\alpha$  -АК поділяють на дві групи: замінні й незамінні.

**Замінні  $\alpha$ -АК.** Вони синтезуються в клітинах організму людини в біохімічних реакціях *переамінування* амінокислот, або *приєднання* аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ) до різних органічних кислот. Реакції *переамінування* об'єднують шляхи вуглеводного й амінокислотного обміну. *Розщеплення*  $\alpha$  -АК на аміак ( $\text{NH}_3$ ), оксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) і воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ) відбувається у *мітохондріях*. В *печінці* з аміаку синтезується нетоксична речовина - *сечовина*  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ .

**Незамінні (есенціальні)  $\alpha$  -АК.** Вони *не синтезуються* в організмі людини і надходять разом з продуктами харчування. Таких  $\alpha$  -АК **8**: *валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін*. Добова потреба у *незамінних*  $\alpha$  -АК (г) дорослої людини: *валін - 3- 4; метіонін – 2- 4; ізолейцин - 3— 4; треонін - 2-3; лейцин - 4- 6;-триптофан - 1; лізин - 3 5; фенілаланін- 2- 4.*

Кожна -  $\alpha$  АК виконує в організмі людини певні функції. *Гістидин* - бере участь в утворенні *гемоглобіну крові*. *Валін* -входить до складу білків *нервової тканини* і впливає на координацію рухів, чутливість шкіри, апетит. При нестачі його виникає хвороблива чутливість шкіри, знижується апетит. *Лізин* – входить до складу білків *кровотворної та кісткової тканин, еритроцитів*. При його нестачі виникають хвороби печінки, легень, атрофуються м'язи. *Метіонін* - попереджає ожиріння печінки, бере участь у синтезі *адреналіну*. *Триптофан* - бере участь у синтезі *гемоглобіну й вітаміну РР*. *Фенілаланін* - необхідний для нормального функціонування *щитовидної та надниркових залоз*.

### 3. Структурна організація білків та класифікація білків

**Структурна організація білків.** Функціональні властивості білків визначаються послідовністю  $\alpha$  -АК у полімерному ланцюгу і просторовою укладкою макромолекули білка. Розрізняють чотири рівні структурної організації білків: первинна, вторинна, третинна та четвертинна.

*Первична* структура характеризує: якісний і кількісний склад  $\alpha$  -АК, послідовність їх розміщення в поліпептидному ланцюгу.

*Вторинна* структура визначає просторову конфігурацію поліпептидного ланцюга. Відомо три види вторинної структури:  $\alpha$  -*спіральна*,  $\beta$  -*складчаста*, і  $\gamma$  -*колагенова спіраль*.  $\alpha$  –*спіраль* - поліпептидний ланцюг закручений у формі «*правого гвинта*»;  $\beta$  -*складчаста* структура ланцюгу у формі «*піли*»;  $\gamma$  -*колагенова спіраль* складається з *трьох спіральних* ланцюгів, які закручуються один навколо одного й утворюють *суперспіраль*.

*Третинна* структура характеризує особливості упаковки  $\alpha$  -спіралі або  $\beta$  -*складчастої* структури у *глобулі*, або іншу просторову форму.

*Четвертинна* структура білкової молекули. Це просторова агрегація кількох однакових або різних за складом поліпептидних ланцюгів (наприклад, поєднання *кількох глобул*), Поліпептидні ланцюги з'єднуються за допомогою дисульфідних містків (-S-S-).

**Класифікація білків.** Основними ознаками, на яких ґрунтується класифікація білків є їх походження, фізико-хімічні властивості (розчинність), форма молекул, функції. *За походженням*. Рослинні білки отримали назву *глютеліни*, тваринні білки - *протеїни*. *За розчинністю: нерозчинні у воді (склеропропротеїни) – кератини (волосся) колагени (шкіра). Розчинні у воді: альбуміни, глобуліни, ферменти, білкові гормони тощо.*

**За хімічним складом. Прості білки** (протеїни). Утворені однією або декількома поліпептидними ланцюгами. Прості білки *рослинного* походження: *глютеліни* і *проламіни*. **Складні білки** (протеїди). Містять крім білкової молекули *небілковий* компонент. У складі протеїдів небілкові компоненти отримали назву *простетичні* групи. Основні простетичні групи у складі протеїдів такі: *нуклеїнові кислоти, ліпіди, вуглеводи, вітаміни, мікроелементи*. Назва складних білків складається від назви простетичної групи з додаванням «протеїд». *Ліпопротеїди* у своєму складі містять за простетичну групу ліпіди (*холестерол, жири, фосфатиди* тощо). *Хромопротеїди* - складні білки, утворені простим білком разом з *мікроелементом* (наприклад гем, до складу якого входить **Fe**). *Фосфопротеїди* містять залишки *фосфатної* кислоти. *Глікопротеїди* – *вуглевод* приєднується до білкові молекули (*антибіотики, ферменти, гормони* тощо). *Нуклеопротеїди* містять у своєму складі залишки **РНК-**, **ДНК-** кислот. *Нуклеопротеїди* знаходяться у *ядрі* клітин. Залежно від просторової структури, всі білки поділяють на дві основні групи: - *глобулярні* (*сферопротеїни*) і *фібрилярні*. *Глобулярні* білки мають *кулеподібну, еліпсоїдну* або *овальну* форму (*альбуміни, глобуліни, проламіни, глютеліни*); - *фібрилярні* (*склеропротеїни*). Мають *волокнисту* структуру волокон (*колаген, еластин*). Вони не розчиняються у воді, а при тривалому кип'ятінні утворюють *холодці*.

#### **4. Будова, властивості та функціональна класифікація білків-ферментів.**

**Ферменти** - біоорганічні каталізатори (прискорювачі) біохімічних процесів в клітинах живих організмів. Ферменти синтезуються в клітинах і за природою – високомолекулярні сполуки, віносяться до простих або складних білків. В клітинах організму ферменти прискорюють хімічні реакції в  $10^6$  - $10^{12}$  разів швидше, ніж у водному середовищі при нормальних умовах. Прості білки-ферменти утворені поліпептидними ланцюгами. Більшість *простих ферментів* каталізують *реакції гідролізу* (розщеплення) речовин. Це *пепсин, трипсин, рибонуклеаза, естераза*. *Складні білки-ферменти* складаються з білка і небілкової частини - простетичної групи. Білкова частина ферментів отримала назву *апофермент*, а простетична - *кофермент* (*кофактор*). В молекулах ферментів кофактором є **вітаміни**, різні за будовою та функціями мікроелементи, вітаміноподібні речовини.

#### **Основні властивості ферментів.**

- Висока *специфічність*. Кожний фермент каталізує певну хімічну реакцію.
- Здійснюють складні *послідовні реакції*.
- Не утворюють побічних токсичних продуктів.
- Забезпечують *ступенчатість* (послідовність) ферментативних перетворень.
- Забезпечують «*порціонне*» витрачення біологічної енергії молекул АТФ для синтеза біополімерів.

### **Функціональна класифікація ферментів.**

Сучасна класифікація ферментів та їх нумерація (ідентифікація), номенклатура, засновані на природі хімічного перетворення речовини-субстрату. Всі відомі нині ферменти поділяють на шість головних класів.

**1. Оксидоредуктази.** Ці ферменти приймають участь в окисних та відновних реакціях. Це дегідрогенази ( $-\text{H}_2\text{O}$ ), оксидази ( $+\text{O}_2$ ).

**2. Синтетази (лігази).** Прискорюють реакції біосинтезу з залучення біологічної енергії ( $+\text{АТФ}$ ). Класифікують за природою зв'язків, що знову утворюються в процесі ферментативного синтезу:  $-\text{C}-\text{C}$ -лігази,  $-\text{C}-\text{O}$ -лігази,  $-\text{C}-\text{H}$ -лігази,  $-\text{C}-\text{N}$ -лігази.

**3. Ліази.** Ферменти, які сприяють розриву зв'язків між атомами в молекулах білків:  $-\text{C}-\text{C}$ -ліази,  $\text{C}-\text{O}$ -ліази,  $\text{C}-\text{H}$ -ліази,  $\text{C}-\text{N}$ -ліази.

**4. Ізомерази.** Ферменти, що сприяють різним ізомерним перетворенням молекули.

**5. Гідролази:** а) розщеплюють складні речовини на прості, що супроводжується приєднанням води ( $+\text{H}_2\text{O}$ ); б) прискорюють синтез речовин, що пов'язані з виділенням води ( $-\text{H}_2\text{O}$ ).

**6. Трансферази.** Ферменти, що сприяють перенесенню окремих атомів або груп атомів з однієї молекули на іншу або в межах самих молекул. У залежності від назви групи атомів, які переносяться, розрізняють такі ферменти: фосфо-, метил-, аміно-, форміл-, глікозил-трансферази.

## **5. Біологічні функції білків в організмі людини**

**1. Ферментативна** — білки приймають участь у всіх біохімічних процесах в клітинах.

**2. Транспортна** - такі білки, як: *гемоглобін* транспортує  $\text{O}_2$  у кровоносному руслі; *міоглобін* -  $\text{O}_2$  у м'язових волокнах; *альбумін* транспортує жирні кислоти у крові; *глобулін* – залізо ( $\text{Fe}$ ) у крові; *церулоплазмін* – мідь ( $\text{Cu}$ ) у крові тощо.

3. *Механічна* - білки міозин і актин формують міофібрили - скоротливий компонент скелетних і міокардіальних м'язів.
4. *Захисна* - білки крові формують *антитіла*, які інактивують чужорідні білки (антигени), що утворюються патогенними мікроорганізмами.
5. *Гормональна* - білки гормони регулюють функції клітин. *Інсулін* регулює обмін *глюкози*, гормон росту – стимулює розвиток кісткової тканини;
6. *Структурна* - білки входять до складу кісткової тканини та формують опорно-руховий апарат (кістки, сухожилля, хрящ); є компонентами клітинної і ядерної мембран, мембранних органел: мітохондрій, лізосом, гранулярної та агранулярної ендоплазматичної сітки.
7. *Спадкова* - білки нуклеопротейіни приймають участь у збереженні і передачі спадкових властивостей тваринних і рослинних організмів.
8. *Енергетична* — білки (у процесі ферментативного розпаду і окислення) є джерелом теплової і хімічної енергії для організму. За рахунок білків організм людини одержує **10-15%** енергії, яка утворюється при гідролізі білків та окисленні амінокислот під впливом травних ферментів.

#### **6. Біологічна та фізіологічна цінність білків обумовлена:**

- наявністю у їх складі незамінних  $\alpha$  -АК; є оптимальним співвідношенням - незамінні /замінні”  $\alpha$  -АК;

- ступенем засвоюваності білків у шлунково-кишковому тракті (**80-90%**).

**Фізіологічна цінність білків**, що входять до складу продуктів харчування, визначається вмістом у них незамінних амінокислот. Встановлено, що хронічна відсутність в їжі хоча б однієї незамінної  $\alpha$  -АК викликає негативний *нітрогенний* баланс, порушення діяльності ЦНС, зупинку росту організму, важкі клінічні наслідки для здоров'я.

**Азотистий баланс (АБ)** - це таке співвідношення, у *чисельнику* якого кількість азоту ( $\mathbf{r}$ ), що надійшло до організму з їжею, а у *знаменнику* - кількість азоту ( $\mathbf{r}$ ), яка виведена з організму (з сечею, калом, потом, волоссям, нігтями), визначається за формулою:

$$\mathbf{AB} = (\mathbf{mN})\mathbf{H} / (\mathbf{mN})\mathbf{B} \quad (6.1)$$

де:  $(\mathbf{mN})\mathbf{H}$  - маса азоту у складі білків їжі;  $(\mathbf{mN})\mathbf{B}$  - маса азоту в продуктах *дисиміляції білків*, які виведені з організму з *сечею*, тощо.

$\mathbf{AB} = 1$  — азотиста *рівновага*, характерна для дорослої людини;

$\mathbf{AB} > 1$  — *позитивний* азотистий баланс, характерний для дитячого організму.

Це обумовлено ростом маси тіла.

$AB < 1$  — *негативний* азотистий баланс відбувається в організмі людей похилого віку і обумовлений розвитком атрофічних процесів.

*Стандартний (еталонний) білок* — це білок молока *казеїн*, в **1 г** якого містяться всі **8** незамінних амінокислот у кількості (**мг**): валін - 50, лізин - 55, ізолейцин - 40, лейцин - 70, (метіонін, цистеїн) - 35, треонін - 40, триптофан ~ 10, (фанілаланін, тирозин) - 60.

Засвоюваність стандартних білків в організмі людини дорівнює **100%**.

Оптимальне співвідношення «*незамінні / замінні*» амінокислоти в еталонному білку дорівнює **0,56**.

*Амінокислотне число (Ач)* - це співвідношення, у *чисельнику* якого кількість (**мг**) досліджуваної амінокислоти  $\alpha$ -АК(д) в **1г** білка їжі; у *знаменнику* - кількість (**мг**) цієї амінокислоти у **1г** стандартного білка (**с**), визначається за формулою:

$$Ач = \text{мг } \alpha\text{-АК (д)} / \text{мг } \alpha\text{-АК (с)} \quad (6.2)$$

Амінокислотний Скор (АКС) - це амінокислотне число (Ач), яке виражене у відсотках (%):  $АКС = Ач \times 100\%$

**Амінокислотна збалансованість білків (АЗБ)** - Це відношення вмісту (**г, мг**) загальної кількості *незамінних* амінокислот АК(н) до замінних АК(з) (**г, мг**) у досліджуваному білку їжі, визначається за формулою:  $АЗБ = АК(н) / АК(з)$   
*АЗБ казеїну = 0,56; АЗБ тваринних білків є (0,43 - 0,52); АЗБ для рослинних білків є (0,32 - 0,45).*

**Анаболічна ефективність білка (АЕБ)** - показник, який визначає збільшення маси тіла (**г**) при вживанні білків їжі (**г**) за певний період часу, визначається за формулою:

$$АЕБ = \Delta M_T / \sum m(c) \quad (6.3)$$

де:  $\Delta M_T$  - *приріст* маси тіла (**г**) за певний період часу (тиждень, місяць);  $\sum m(c)$  - сумарна кількість спожитого (**с**) білка їжі (**г**) за той самий період часу.

Для білків основних продуктів харчування АЕБ є (**0,4 - 2,6**). Наприклад: АЕБ (сої) = 0,4; АЕБ (яєць) = 2,6.

У середньому білки містять **50% (С), 7% (Н), 23% (О), 16% (N), 1,5-2% (S)**. По кількості **азоту (г)** у сечі розраховують масу окислених білків в організмі людини. **100 г** харчових білків містять **16 г азоту**. Тому **1г азоту** сечі утворюється при окисленні **6,25г** білків. В умовах повного спокою ( $KФРА=1,0$ ) і *безбілкової* дієти в організмі дорослої людини за **1добу** утворюється **100 мг азоту сечі** на кожний **кг** маси тіла. Ця кількість азоту сечі утворюється при ферментативному гідролізі **0,70г** білків організму людини. Тому, для підтримки

азотистого балансу, мінімальне споживання білка дорослою людиною дорівнює **1 г/кг** маси тіла.

При нагріванні нативних білків ( $T > 50^{\circ}\text{C}$ ) відбувається їх денатурація (різкий перехід у нерозчинну форму). Результатом денатурації є втрата *фізіологічної активності білків*. Денатуровані білки краще засвоюються в організмі людини.

**Коефіцієнт засвоєння білка їжі (КЗБ)** - це співвідношення кількості засвоєного білка (з) до його спожитої (с) кількості в умовних одиницях, або у %, визначається за формулою:

$$\text{КЗБ} = [\text{мб (з)} / \text{мб (с)}] \times 100\% \quad (6.4)$$

де **100%=1 у.о.** Для основних продуктів харчування КЗБ є **(40 - 98) %**. КЗБ (сої) = 40% (0,4); КЗБ (яєць) = 98%. КЗБ для тваринних білків в середньому дорівнює **85% (0,85)**, - рослинних білків - **75% (0,75)**, - білків змішаної їжі - **80% (0,8)**.

**Добова потреба у стандартних білках (г) дорослої людини:**

- *мінімальна* у білках ~ **0,5г** на **1кг** маси тіла людини у стані спокою при (**КФРА=1,0**);

~ *оптимальна* у білках - **0,75г** на **1кг** маси тіла людини при помірному середньодобовому навантаженні (**КФРА=1,4**);

- *максимальна* у білках залежить від фізичної активності людини (**КФРА**).

**Добова потреба у тваринних білках (г) при КЗБ = 85% (0.85)** для дорослої людини складає:

- *мінімальна* - **0,5 г : 0,85 = 0,59 г** на **1 кг** маси тіла людини;

- *оптимальна* - **0,75 г : 0,85 = 0,88 г** на **1 кг** маси тіла людини;

- *максимальна* - у білках залежить від фізичної і розумової активності людини (**КФРА**).

**Добова потреба у рослинних білках (г) при КЗБ = 75%** для дорослої людини складає:

- *мінімальна* - **0,5 г : 0,75 = 0,67 г** на **1 кг** маси тіла людини;

- *оптимальна* - **0,75 г : 0,75 = 1,0 г** на **1 кг** маси тіла людини;

- *максимальна* - у білках залежить від фізичної і розумової активності людини (**КФРА**).

Співвідношення *тваринні / рослинні* білки у добовому раціоні харчування становить **1 : 1**.

- *сумарна мінімальна* кількість (тваринних + рослинних) білків дорівнює:

$$0,59\text{г} + 0,67\text{г} = 1,26\text{г/кг маси тіла};$$

- *сумарна оптимальна* кількість (тваринних + рослинних) білків дорівнює:

$$0,88\text{г} + 1,0\text{г} = 1,88\text{г/кг маси тіла};$$

- сумарна максимальна - у білках залежить від фізичної і розумової активності людини і дорівнює: **1,26г/кг маси тіла · КФРА.**

**Співвідношення у раціоні Б:Ж:В** у (г) для забезпечення *добового* раціону харчування з урахуванням середньодобового коефіцієнта фізичної і розумової діяльності (**КФРА**) у перерахунку на **1кг** маси тіла :

$$(Б : Ж : В) = (1,26 : 1,38 : 4,6) \text{ г} \cdot \text{КФРА} \quad (6.5)$$

**Калорійність білків** звичайно прирівнюється до теплоти їх згорання і утворення  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ . Вона дорівнює *4ккал/г білка* або **17 кДж/г**.

**Енергетична цінність** продуктів харчування – це кількість енергії, що виділяється при ферментативному окисленні **1 г** біоорганічних речовин (**ккал**): білків – **4**; жирів – **9**; цукрів (моно- і дисахаридів) – **3,71(≈4)**; крохмалю – **4,1**; органічних кислот (**2,5-3,6**); етилового спирту – **7**.

**Біологічна цінність** продуктів харчування - це кількість (**г**) засвоюваних білків, жирів, вуглеводів міститься у **100г** продуктів харчування.

---

### Запитання для самостійного контролю знань

1. Фізіолого-гігієнічне значення білків продуктів харчування.
2. Функціональна класифікація білків-ферментів.
3. Участь амінокислот у біохімічних реакціях.
4. Структура і функції α-амінокислот.
5. Добова потреба людини в рослинних білках. Засвоюваність рослинних білків.
6. Добова потреба людини в тваринних білках. Засвоюваність тваринних білків.
7. Азотистий баланс та його визначення. Азотистий баланс дитячого, дорослого організму та людей похилого віку.
8. Класифікація α-амінокислот, їх фізіологічні функції.
9. Біологічні функції білків в організмі людини.
10. Основні властивості білків-ферментів.
11. Стандартний (еталонний) білок, його фізіологічні властивості. Приклади тваринних стандартних білків.
12. Добова потреба у стандартних білках дорослої людини.
13. Рівні структурної організації білків.
14. Фізіологічна цінність білків.
15. Амінокислотний скор` та його визначення.
16. Біологічна цінність білків продуктів харчування.
17. Наведіть приклади транспортної функції білків.

18. Класифікація білків за хімічним складом.
19. Назвіть незамінні (есенціальні) ц-АК.
20. Назвіть основні структурні компоненти а-АК, їх функціональні властивості.
21. Основні властивості білків-ферментів.
22. Назвіть класифікацію білків продуктів харчування у залежності від їх біологічної цінності.
23. Наслідки дефіциту білків у раціоні харчування.
24. Фізіолого-гігієнічна значимість незамінних а-АК.
25. Фізіолого-гігієнічна значимість замінних а-АК.
26. Наслідки дефіциту білків у раціоні дітей.
27. Реакції переамінування, біологічне значення

### **Список використаної літератури.**

1. Вибрані питання нутриціології: навч. посіб. / Л. Андріюк, О. Зав'ялова, С. Федяєва, В. Яцюк, С. Ломейко, Є. Глебова; Львів. нац. мед. ун-т ім. Данила Галицького. — Львів: Коло, 2015. — 118 с.
2. Теоретичні та практичні аспекти нутриціології: навч. посіб. / Л. В. Андріюк, Т. П. Гарник, В. М. Яцюк, С. І. Федяєва; Львів. нац. мед. ун-т ім. Д. Галицького. — Львів: Посвіт, 2016. — 126 с. — Бібліогр.: с. 123—126.
3. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Полтава, 2014 – 134 с.
4. Основи фізіології та гігієни харчування: / підручник Н. В. Дуденко [та ін.] – Суми: Університетська книга, 2009. – 555 с.
5. Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. проф.В.І. Ципріяна/. 1 том., Київ: Медицина, 2007. - 528 с.
6. Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. проф. В.І. Ципріяна /. 2 том., Київ: Медицина, 2007. - 560 с.
7. Димань Т. М., Барановський М. М., Білявський Г. О. та ін. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування. Київ: Лібра, 2006. – 304 с.
8. Мікроелементи та здоров'я. / Методичний посібник для роботи в лабораторії/ [О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. –ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 40 с.
9. Павлоцька Л.Ф. Дуденко Н.В., Димитрієвич Л.Р. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: навчальний посібник. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. - 441 с.

**10.** Методика оцінки харчового статусу людини та адекватності індивідуального харчування. Навчально-методичний посібник. В.І. Ципріян, Н.В. Велика, В.Г. Яковенко, Київ, 1999, 60 с.

**11.** Яцула Г.С., Слободкін В.І., Береза В.Я. Санітарно-гігієнічні методи дослідження харчових продуктів і води, Київ: Здоров'я, 1991. 288с.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 11**

**Тема. Визначити добові потреби студентів в білках.**

**Визначити скільки засвоюваних білків та жирів міститься у різних продуктах харчування.**

### **Завдання 11.1**

У **100 г м'яса свиняче** містяться: білки - 17 %, жири - 21 %, волога - 61 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса свиняче, якщо КЗБ = 85 %, КЗЖ = 90 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса свиняче. Визначити енергетичну цінність 350 г м'яса свиняче.

### **Завдання 11.2**

У **100 г м'яса яловичини** містяться: білки - 19 %, жири - 18 %, волога - 62 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса яловичини, якщо КЗБ = 85 %, КЗЖ = 85 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса яловичини. Визначити енергетичну цінність 350 г м'яса яловичини.

### **Завдання 11.3**

У **100 г м'яса баранини** містяться: білки - 16 %, жири - 26 %, волога - 57 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса баранини, якщо КЗБ = 85 %, КЗЖ = 80 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса баранини. Визначити енергетичну цінність 350 г м'яса баранини.

### **Завдання 11.4**

У **100 г м'яса куряче** містяться: білки - 20 %, жири - 5 %, волога - 74 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса куряче, якщо КЗБ = 85 %, КЗЖ = 90 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса куряче. **Визначити** енергетичну цінність 350 г м'яса куряче.

#### **Завдання 11.5**

У **100 г м'яса індиче** містяться: білки - 24 %, жири - 8 %, волога - 66 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса індиче, якщо КЗБ = 90 %, КЗЖ = 90 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса індиче. **Визначити** енергетичну цінність 350 г м'яса індиче.

#### **Завдання 11.6**

У **100 г м'яса гусяче** містяться: білки - 16 %, жири - 29 %, волога - 53 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г м'яса гусяче, якщо КЗБ = 90 %, КЗЖ = 92 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г м'яса гусяче. **Визначити** енергетичну цінність 350 г м'яса гусяче.

#### **Завдання 11.7**

У **100 г м'яса язика яловичого** містяться: білки - 17 %, жири - 12 %, волога - 65 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г язика яловичого, якщо КЗБ = 85 %, КЗЖ = 90 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках і жирах міститься в 350 г язика яловичого. **Визначити** енергетичну цінність 350 г м'яса язика яловичого.

#### **Завдання 11.8**

**Порівняти отримані дані завдань (11.1 – 11.7) і зробити висновки.**

#### **Завдання 11.9**

У **100 г пшениці** містяться: білки - 13 %, жири – 2,5 %, волога - 14 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г пшениці, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г пшениці. **Визначити** енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г пшениці.

#### **Завдання 11.10**

У **100 г ячміню** містяться: білки – 10,3 %, жири – 2,4 %, волога - 14 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г

ячміню, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г ячміню. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г ячміню.

#### **Завдання 11.11**

У 100 г кукурудзи містяться: білки – 10,3 %, жири – 4,9 %, волога - 14 %. **Визначити**, скільки засвоєваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г кукурудзи, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г кукурудзи. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г кукурудзи.

#### **Завдання 11.12**

У 100 г гречки містяться: білки – 10,8 %, жири – 3,2 %, волога - 14 %. **Визначити**, скільки засвоєваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г гречки, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г гречки. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г гречки.

#### **Завдання 11.13**

У 100 г сої містяться: білки – 34,9 %, жири – 17,3 %, волога - 12 %. **Визначити**, скільки засвоєваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г сої, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г сої. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г сої.

#### **Завдання 11.14**

У 100 г гороху містяться: білки – 20,5 %, жири – 2,0 %, волога - 14 %. **Визначити**, скільки засвоєваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г гороху, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г гороху. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г гороху.

#### **Завдання 11.15**

У 100 г паляниці Українська містяться: білки – 7,9 %, жири – 0,9 %, волога – 35,8 %. **Визначити**, скільки засвоєваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г паляниці, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г паляниці. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г паляниці.

#### **Завдання 11.16**

У **100 г житного хліба** містяться: білки – 4,7 %, жири – 1,0 %, волога – 42,8 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г житного хліба, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г житного. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г житного хліба.

#### **Завдання 11.17**

У **100 г горчичного батону** містяться: білки – 8,1 %, жири – 2,8 %, волога – 41,7 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г нарізного батону, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г нарізного батону. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г горчичному батоні.

#### **Завдання 11.18**

У **100 г нарізного батону** містяться: білки – 7,9 %, жири – 2,7 %, волога – 42,7 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г нарізного батону, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г нарізного батону. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г нарізного батону.

#### **Завдання 11.19**

У **100 г дорожнього батону** містяться: білки – 8,1 %, жири – 2,8 %, волога – 42,7 %. **Визначити**, скільки засвоюваних білків і жирів та вологи міститься в 350 г нарізного батону, якщо КЗБ = 75 %, КЗЖ = 73 %. Який % від оптимальної добової потреби студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у білках (Б) і жирах (Ж) міститься в 350 г нарізного батону. Визначити енергетичну цінність (Б + Ж) у 350 г нарізного батону.

**Порівняти отримані дані завдань (11.9 – 11.19) і зробити висновки.**

## **ТЕМА 8. ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ ВІТАМІНІВ В НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ЛЮДИНИ.**

1. Визначення
2. Функції вітамінів
3. Класифікація вітамінів.
4. Жиророзчинні вітаміни
5. Високоспецифічні функції вітамінів
6. Стан організму при нестачі та надлишку вітамінів
7. Джерела природних вітамінів

**1. Визначення. Вітаміни** — це органічні низькомолекулярні сполуки, що надходять з їжею або синтезуються в організмі. Вітаміни є пластичним матеріалом і **беруть участь безпосередньо в утворенні ферментів**, у енергетичному обміні. Разом про те функції їх різноманітні, а недолік чи надлишок вітамінів призводить до серйозних порушень метаболізму. Вітаміни – це незамінні харчові речовини, які мають бути в їжі ще до того, як наш організм зможе активно використовувати те, що ми споживаємо. Хоча вітаміни не мають ніяких енергокалорій, але без них не можуть відбуватись «енергетичні реакції» нашого організму.

Тисячі ферментних реакцій у клітинах організму залежать від одного чи більше спеціальних вітамінів, наприклад окислення глюкози в мітохондріях клітини відбувається за допомогою **вітаміну В<sub>1</sub>**. Вітаміни відіграють дуже важливу роль у багатьох біохімічних реакціях організму та процесах засвоєння нутрієнтів. Велика частина вітамінів **надходить з їжею**. Ряд вітамінів синтезується в людини **мікрофлорою** товстої кишки (**В<sub>12</sub>, К**) і всмоктуються в кров.

**Натуральні (природні) L- форми вітамінів – біоорганічні** з'єднання, що складаються з вуглецю, кисню, водню та інших атомів, які з'єднані між собою за допомогою хімічних енергетичних зв'язків, що утворюють таку молекулярну структуру, котра визначає специфічну хімічну й фізіологічну дію певного вітаміну. Хоча енергія, що є зв'язком, не може використовуватись у вигляді «палива» для життєвої діяльності, вітаміни тим самим є **коензимами** (помічниками), які допомагають організму вивільняти енергію з вуглеводів, жирів і білків. Природний вітамін становить цілісний біологічний комплекс. Він має особливу структуру й природно пов'язаний з іншими речовинами. Природні отримують із рослинної маси, переробляючи до **10 кг** і більше добротного рослинного сирцю, щоб отримати **1 г** біологічно активного матеріалу. Звідси –

висока ціна на такі вітаміни. Відповідно, їх вплив на здоров'я дуже високий, порівняно з подібними багатими на вітаміни речовинами.

**Штучні (синтетичні) D-форми вітамінів** – це речовини, що отримані у процесі синтезу. Це суміш **L- і D-форм** молекул вітамінів. Зазвичай, у кращому разі лише невелика кількість штучного вітаміну набуває природної структури натурального. Властивості штучного кристалічного вітаміну відрізняються від природного. **Залишок та надлишок вітаміну** тривалий час циркулює, осідає на стінках судин, що призводить до їх ушкодження. Штучні вітаміни дешеві.

**Отже, вітаміни:** низькомолекулярні сполуки, деякі (жиророзчинні) депонуються в організмі; майже не синтезуються в організмі, а надходять з їжею;

не мають енергетичних і пластичних властивостей; проявляють біологічну дію в дуже малих дозах; діють на організм самостійно або у складі коферментів, забезпечуючи важливі обмінні процеси.

## 2. Функції вітамінів

Вітаміни в організмі виконують багато важливих функцій. Без вітамінів організм людини не може використовувати інші поживні речовини; вони впливають на розмноження, ріст і кровотворення; діють на різні процеси обміну речовин; впливають на регуляцію та функціональний стан органів і систем організму; вони потрібні для виділення енергії; зміцнюють імунну систему організму.

Вітаміни регулюють всі види обміну речовин, клітинне дихання, беруть участь у синтезі жирних кислот, гормонів, нуклеїнових кислот; беруть участь у процесах обміну кальцію та фосфору; регулюють окисно-відновні реакції, беруть участь у процесах згортання крові.

## 3. Класифікація вітамінів

Вітаміни поділяються на водо- та жиророзчинні. Водорозчинні вітаміни **метаболізуються** в організмі протягом 24- 48 годин, жиророзчинні — **запасуються** (депонуються) в жировій тканині (**таблиця 1**).

**Таблиця 1**

**Назва природних водо- та жиророзчинних вітамінів**

Водорозчинні вітаміни		Жиророзчинні вітаміни	
B <sub>1</sub>	Тіамін	A, β-каротин	Ретинол
B <sub>2</sub>	Рибофлавін	E (α-, β-, γ-, δ-форми)	Токоферол
H	Біотин	D	Кальциферол
C	Аскорбінова кислота	D <sub>2</sub>	ергокальциферол

Водорозчинні вітаміни		Жиророзчинні вітаміни	
B <sub>3</sub>	Пантотенова кислота	D <sub>3</sub>	холекальциферол
B <sub>6</sub>	Піридоксин	K	Філохінон
PP, B <sub>5</sub>	Ніацин, нікотинова кислота, нікотинамід	K <sub>1</sub>	філохінон
B <sub>12</sub>	Ціанкобаламін	K <sub>2</sub>	менахінон
B <sub>9</sub>	Фолацин, фолат, фоліева кислота	K <sub>3</sub>	менадіон
Вітаміноподібні сполуки			
B <sub>4</sub>	Холін	P	Біофлавоноїди
B <sub>8</sub>	Інозит	N	Ліпоева кислота
B <sub>13</sub>	Оротова кислота	B т	Карнітин
B <sub>15</sub>	Пангамова кислота	U	Метилметіонін-сульфоній

Висока біологічна **активність вітамінів** обумовлена участю їх в утворенні **коферментів** і **простенічних груп ферментів**. Відомо більше **100 ферментів**, до складу яких входять вітаміни. Усі ці ферменти беруть участь у різних видах обміну речовин: енергетичному, біосинтезі та перетворенню амінокислот, жирних кислот, пуринових та піримідинових основ, утворенні багатьох фізіологічно активних сполук та забезпеченні інших функцій організму.

#### 4. Жиророзчинні вітаміни

Це вітаміни **A, D, E, K**. Вони містяться в тваринних жиророзчинних продуктах, рослинних оліях і листі овочів. Вітаміни **A і K** виконують функцію **коферментів**, входять до складу мембранних структур, забезпечують їх оптимальне функціонування. Характер дії жиророзчинних вітамінів ближчий до тканинних гормонів.

## **Вітамін А (ретинол)**

**Фізіологічні функції.** Вітамін А визначає нормальне зростання клітин тканин, розвиток зубів, ясен та волосся, нормальний зір (бере участь в утворенні зорових пігментів).

**Джерела надходження.** Нестача вітаміну А в організмі може компенсуватися шляхом надходження як вітаміну А, так і його попередників – каротиноїдів. У рослинах міститься провітамін А (пігмент каротин), який в організмі перетворюється на ретинол. Ретинол міститься в харчових продуктах тваринного походження – у печінці тварин і риб, у риб'ячому жирі та жирі морських тварин, а також у м'ясі, молоці, яєчному жовтку.

### **Добова потреба 1,5 мг (5000 МЕ)**

**Синдром дефіциту.** Однією з ранніх ознак відсутності в організмі вітаміну А є уповільнена адаптація зору до темряви, так звана куряча сліпота, світлобоязнь. Спостерігаються блідість і сухість шкіри, лущення, утворення вугрів, гнійничкові ураження шкіри, сухість, тьмяність і ламкість волосся, запалення слизової оболонки повік, зроговіння та пошкодження рогівки очей.

## **Вітаміни групи D (кальцифероли)**

**Фізіологічні функції.** Вітамін D бере участь у мінеральному обміні, утворенні кісткової тканини, особливо зубів; в організмі, що росте, регулює співвідношення кальцію і фосфору в тканинах. Кальциферол обумовлює всмоктування фосфору та кальцію в тонкій кишці та перенесення кальцію з крові в кісткову тканину. У організмі вітамін D регулює засвоєння кальцію тканинами. **Вітаміни D2, D3:** регулюють фосфорно-кальцієвий обмін, забезпечують міцність кісток — протирахітний фактор; беруть участь в окисно-відновних процесах (прискорюють засвоєння Са і Р через активацію фосфатази); стимулюють ріст організму; прискорюють окостеніння скелету та загоєння переломів кісток; прискорюють виведення свинцю з організму.

**При гіповітамінозі (D3)** у дітей розвивається рахіт, знижується опірність організму до інфекції, легко відбуваються переломи кісток.

**При гіпервітамінозі (D3) вітамін D** діє як отрута, порушується жировий обмін, відбувається втрата маси тіла, різко **підвищується вміст Са і Р** в крові та надлишкове відкладення їх у кістках, нирках, кровоносних судинах, серці.

**Джерела надходження.** Синтез активної форми вітаміну D в організмі відбувається при опроміненні ультрафіолетовими променями сонця з провітаміну, що знаходиться в шкірі і утворюється з холестеролу. Зі шкіри вітамін D переноситься кров'ю, концентруючись головним чином у печінці та

плазмі крові. Вітамін **D** міститься в яйцях, вершковому маслі, маргарині, рибі, ікрі.

**Добова потреба 2,5 мкг (100 МЕ).**

**Синдром дефіциту.** Найяскравіший прояв гіповітамінозу у дітей – рахіт. Він супроводжується загальною слабкістю, підвищеною дратівливістю, пітливістю, блідістю шкірних покривів, зміною кісткової тканини, запізненим прорізуванням зубів, зниженням імунітету – схильністю до простудних захворювань. У дорослих при нестачі вітаміну **D** відзначаються загальна млявість та підвищена стомлюваність; руйнуються зуби, емаль зубів чорніє, з'являються болі в суглобах (особливо кісток тазу) та у м'язах.

**Вітамін E (токоферол).**

**Фізіологічні функції.** Вітамін E : бере участь в обміні речовин у м'язовій тканині, синтезі креатинфосфату, регуляції продукції статевих гормонів; забезпечує нормальну репродуктивну функцію; позитивно впливає на стан та функції мембран і кровоносних судин; стимулює м'язову діяльність; сприяє нагромадженню **ретинолу** (вітамін A) у внутрішніх органах.

**Джерела надходження.** Вітамін E міститься в рослинних оліях, зеленому листі овочів, яйцях.

**Добова потреба 10 – 12 мг.**

**Синдром дефіциту вітаміну E**

**При гіповітамінозі (E)** характерні: мозкові крововиливи, запалення суглобів та шкіри; біль м'язового і нервового походження, м'язова слабкість; безплідність, порушення вагітності і дистрофія; знижується утворення сперми, втрачається статевий інстинкт; оксидативний стрес; прискорене старіння.

**Гіпервітаміноз (E)** не виявлено.

**Філохінон (вітамін K).**

**Фізіологічні функції.** Фактор згортання крові. Необхідний для синтезу протромбіну в печінці, тому його називають фактором згортання крові. Нормалізує процеси руйнування червоних кров'яних тілець. Учасник енергетичних процесів. Посилює біосинтез шлунково-кишкових ферментів.

**Джерела надходження.** Вітамін **K** міститься в рослинах - шпинаті, капусті, томатах, а також м'ясі і особливо в печінці. Синтезується також мікрофлорою товстої кишки.

**Добова потреба 0,2 – 0,3 мг.**

Синтезується мікрофлорою кишечника. Для всмоктування цього вітаміну необхідна **жовч**.

**Синдром дефіциту.** При нестачі вітаміну **К** сповільнюється зсідання крові, характерна кровоточивість, недокрів'я, зниження активності низки ферментів, спостерігаються шлунково-кишкові кровотечі, підшкірні крововиливи.

**Гіпервітаміноз (К)** не виявлено.

## **5. Водорозчинні вітаміни (вітаміни групи В, С, Н, РР).**

Водорозчинні вітаміни найактивніше проявляють **каталітичну** активність в процесі якої відбувається **розпад** біологічних речовин.

### **ТАМІН (вітамін В1)**

**Фізіологічні функції.** Вітамін **В1** — антинеуритний фактор, регулятор діяльності нервової системи; регулює вуглеводний, білковий, жировий і мінеральний обміни; забезпечує енергетичні процеси; бере участь у передачі нервових імпульсів; нормалізує секреторну функцію шлунку; важливий при кровотворенні.

**При гіповітамінозі (В1)** розвивається: поліневрит (запалення нервів); втрата шкірної чутливості, параліч кінцівок; розлад рухової системи (болі в кінцівках, м'язова слабкість, судоми в литкових м'язах); схуднення організму; порушення серцево-судинної системи (задишка, серцебиття) та органів травної системи (стійкі закрепи, нудоти).

### **РИБОФЛАФІН (вітамін В2)**

**Фізіологічні функції.** Необхідний для росту організму; забезпечує енергетичні процеси в клітинах; нормалізує зір, стан шкіри; складова ферментів вуглеводного і білкового обмінів; сприяє загоєнню ран; забезпечує світловий і колірний зір; підсилює утворення гемоглобіну; запобігає легневим захворюванням.

**При гіповітамінозі (В2)** характерно: зниження апетиту, схуднення; головний біль, слабкість; різь в очах; тріщини і ранки в кутках рота, на пальцях, губах, обличчі й вухах; загальна м'язова слабкість і слабкість серцевого м'яза.

**Вітамін В2 синтезується мікрофлорою кишечника.**

### **ПАНТОТЕНОВА КИСЛОТА (вітамін В3).**

**Фізіологічні функції.** Це шкірний і зоровий фактор: бере участь у вуглеводному обміні; в утворенні ацетилхоліну; в окислюванні кінцевих продуктів розпаду білків, жирів, вуглеводів.

**При гіповітамінозі (В3)** розвивається: запалення шкіри (дерміти); запалення рогівки ока; припинення росту; розвиток виразки шлунку; захворювання серця, нирок; втрата координації рухів.

#### **ПРИДОКСИН (вітамін В6)**

**Фізіологічні функції.** Впливає на функції центральної нервової системи, шкіри; впливає на білковий обмін; бере участь у реакціях синтезу і розщеплення; впливає на функцію нервової системи (побудова нервових клітин), на роботу вестибулярного апарату; нормалізує стан шкіри, зубів; знижує рівень холестерину у крові; бере участь у реакціях синтезу і розщеплення, перетворенні глюкози на глікоген.

**При гіповітамінозі (В6)** спостерігається м'язова слабкість, судоми, уражається шкіра і слизові оболонки. **В6 — токсичний.** При тривалому надлишковому вживанні пошкоджує нервові клітини.

#### **КОБАЛАМІН (вітамін В12)**

**Фізіологічні функції.** Вітамін В12 - це антианемічний, ліпотропний фактор; входить до складу багатьох ферментів; бере участь в обміні нуклеїнових кислот; нормалізує вміст лейкоцитів, впливає на утворення еритроцитів; гальмує утворення холестерину; підтримує захисну функцію печінки; необхідний для обміну речовин у головному мозку; нормалізує нервову систему, жировий обмін у печінці (синтез холіну, лецитину); впливає на метаболізм вуглеводів і жирів; забезпечує нормальний ріст і розвиток організму.

**При гіповітамінозі (В12):** різко зменшується кількість еритроцитів і настає анемія (недокрів'я); порушення координації рухів; провали пам'яті, галюцинації; порушення зору, травлення; випадіння волосся.

**Вітамін В12 синтезується мікрофлорою кишечника, але його споживають стрічкові глисти, тому люди з гельмінтозом страждають ще і недокрів'ям.**

#### **ФОЛАЦИН (вітамін Вс).**

**Фізіологічні функції.** Це фактор кровотворення: стимулює утворення еритроцитів і лейкоцитів; знижує вміст холестерину в крові; стимулює процеси біосинтезу низки речовин, насамперед нуклеїнових кислот і білків, ферментів.

**При гіповітамінозі (Вс):** розвивається недокрів'я; порушується біосинтез ДНК; порушується діяльність травної системи; знижується функціональна здатність печінки і стійкість організму до шкідливих чинників.

#### **АСКОРБІНОВА КИСЛОТА. (вітамін С).**

**Фізіологічні функції.** Протицинготний фактор, антиокислювач: підтримує захисні механізми до інфекцій і стійкість до токсичних речовин; бере участь в окисно-відновних процесах, впливає на стан білкового обміну в м'язах, на утворення сполучних білків, на регуляцію обміну деяких амінокислот; покращує еластичність кровоносних судин; покращує засвоєння білків та Fe, підвищує процеси кровотворення та згортання крові; має позитивний регулюючий вплив на обмін холестерину; підтримує стійкість організму до стресів.

**При гіповітамінозі (С)** характерні: кровоточивість ясен, носові кровотечі, іноді кровотечі у ШКТ; підвищена стомлюваність, задишка, слабкість, набряк ніг; сонливість, дратівливість, запаморочення голови; зниження стійкості організму до холоду, схильність до простудних захворювань; порушення структури хрящової і кісткової тканин, набрякання ясен, випадіння зубів, цинга.

**При гіпервітамінозі (С)** проявляються: алергійні реакції у вигляді висипів на шкірі, безсоння, кровотечі через підвищення ламкості капілярів; великі дози сприяють утворенню адреналіну, що підвищує дратівливість, конфліктність особи; у мегадозах аскорбінова кислота перетворюється на щавелеву кислоту, що призводить до відкладання її солей і утворення каменів у нирках.

### **БІОТИН (вітамін Н).**

**Фізіологічні функції.** Це шкірний фактор: бере участь в обміні білків, жирів і вуглеводів; необхідний для дії ферментів, які забезпечують біосинтез жирних кислот, пуринових основ; бере участь у регуляції трофічної діяльності нервової системи.

**При гіповітамінозі (Н)** характерні: дерматити шкіри обличчя, рук, ніг, нігтів; випадіння волосся; в'ялість, сонливість, нудота, втрата апетиту; атрофія сосочків язика; біль у м'язах; недокрів'я.

### **НІАЦИН (вітамін РР).**

**Фізіологічні функції.** Це антипелагричний фактор: бере участь в анаеробному окисленні речовин і процесах біосинтезу; входить до складу коферментів, які забезпечують енергетичні процеси у клітинах та клітинне дихання; покращує кровотворення; нормалізує систему травлення; судинорозширювач.

**При гіповітамінозі (РР)** характерні: слабкість, апатія, безсоння, запаморочення; втрата апетиту, атрофія сосочків язика; порушення секреторної та рухової функції ШКТ; розвивається пелагра.

**Вітаміноподібні речовини** – це окрема група біоорганічних сполук, виділяють: біологічно активні речовини, які синтезуються в організмі (ліпоєва кислота, оротова кислота, карнітин); біологічно активні речовини їжі (біофлавоноїди, вітамін U, пангамова кислота); незамінні нутрієнти переважно з пластичною і ліпотропною діями (холін, інозит).

**ВІТАМІН F** - *вітаміноподібна речовина*, складається з поліненасичених жирних кислот - ПНЖК. Це фактор росту організму й обміну кальцію.

**ХОЛІН** — *вітаміноподібна речовина*, ліпотропний, антисклеротичний фактор: регулює обмін жирів, білків; структурний елемент лецитину і ацетилхоліну; запобігає жировому переродженню печінки; впливає на кровотворення.

**ІНОЗИТ** — *вітаміноподібна речовина*, ліпотропний та антисклеротичний фактор: нормалізує обмін жирів, холестерину, знижує його рівень у крові; нормалізує стан нервової системи; стимулює рухову функцію травного тракту.

**ЛІПОЄВА КИСЛОТА** — *вітаміноподібна речовина*, ліпотропний, антисклеротичний фактор та фактор росту: учасник процесів окислення; виконує *коферментні* функції; регулює ліпідний обмін, знижує рівень холестерину в крові; має ростові властивості; сприяє виведенню токсичних речовин; антиоксидант вітаміну С.

**БОФЛАВНОЇДИ (Р)** — *вітаміноподібні речовини*, протицинготний, капілярозміцнюючий фактор: зміцнює кровоносні судини, захищає від крововиливів; забезпечує тканинне дихання; сприяє нагромадженню вітаміну С; знижує артеріальний тиск; сприяє жовчовиділенню.

**ПАНГАМОВА КИСЛОТА** — *вітаміноподібна речовина*, ліпотропний, антисклеротичний, антиоксидантний фактор: учасник біосинтезу холіну; запобігає жировому переродженню печінки; стимулює обмін ліпідів і білків; покращує тканинне дихання; підсилює регенеративні процеси в печінці; підвищує кількість *креатину в міокарді*.

**МЕТИЛМЕТІОНІНСУЛЬФОНІЙ (вітамін U)** — *вітаміноподібна речовина*, антивиразковий фактор: стимулює процеси регенерації слизової оболонки шлунково-кишкового тракту; проявляє знеболюючу дію.

**КАРНІТИН** — *вітаміноподібна речовина*: підсилює метаболізм протеїну, сприяє окисленню жирних кислот, транспортує жирні кислоти з довгими ланцюгами в мітохондрії; регулює концентрацію аміаку в крові.

### **Високоспецифічні функції вітамінів**

Вони беруть участь у регуляції метаболізму та клітинного дихання (вітаміни групи В та нікотинова кислота), у синтезі жирних кислот, гормонів стероїдної природи (пантотенова кислота) та нуклеїнових кислот (фолієва кислота, ціанокобаламін), у регуляції процесів фоторецепції та ф (кальцифероли), у багатьох окислювально-відновних процесах (аскорбінова кислота, токофероли), у гемопоезі та синтезі факторів згортання крові (філлохінони), а також забезпечують антиоксидантну дію на мембрани (**вітаміни А, С, Е**), що особливо необхідно при екстремальних навантаженнях.

**Антиоксидантна дія вітамінів** зумовлена їхньою здатністю інактивувати токсичні продукти перетворення в організмі кисню, або так звані вільні радикали, що містять у зовнішній орбіті один непарний електрон.

Підвищений прийом вітамінів, зокрема **А, С та Е**, рекомендується для збереження здоров'я в осіб, схильних до стресів, а також до серцево-судинних та онкологічних захворювань, у розвитку яких радикали відіграють велику роль.

Так, відносно високий прийом citrusових та овочів, що містять значну кількість аскорбінової кислоти (**вітаміну С**), може захищати людину від розвитку раку шлунка. У популяціях, що характеризуються високим прийомом каротинів (**провітаміну А**), знижений ризик розвитку раку легенів та органів травлення. Споживання **вітаміну Е**, що у 6 – 7 разів перевищує зазвичай рекомендовану норму, може призвести до зниження смертності від ішемічної хвороби серця на **40%** порівняно з показниками, характерними для людей з низьким прийомом **вітаміну Е**.

### **Основні джерела та фізіологічна потреба у вітамінах**

Потреба у вітамінах залежить від віку, стану здоров'я, характеру діяльності, сезону, рухової активності людини. Потреба у вітамінах істотно залежить від калорійності добового раціону і співвідношення в ньому окремих компонентів. Потреба у вітамінах зростає з підвищенням калорійності їжі та споживання білків.

Засвоюваність продуктів харчування залежить від якісного та кількісного складу їжі, функціональної активності органів шлунково-кишкового тракту, умов приймання їжі. Якісно кращою визнається змішана їжа (рослинна + тваринна), що в одному прийомі забезпечує організм усіма необхідними нутрієнтами (таблиця 2).

**Таблиця 2**

**Джерела природних вітамінів та їх добова потреба для людини**

Вітаміни	Джерело	Добова норма (жінки-чоловіки)
Біотин (H)	Печінка яловича (98 мкг), яйця (20,2), геркулес (20,0), кури (10), серце (8), сир (5,1), вершки, суниці (4,0)	0,15–0,3 мг
Аскорбіно- ва кислота (C)	Шипшина (1200 мг), перець солодкий (250), чорна смородина (200), зелень петрушки (150), кріп (100), суниці, апельсини (60), шпинат (55), капуста, лимони (45)	70–90 мг
Холін	Жовток яйця (800 мг), печінка (635), нирки (320), яйця (251), сметана (124), геркулес (94), рис (78), м'ясо (70)	250–600 мг
Фолацин	Печінка (240 мкг), гриби сухі (140), часник, шпинат (80), сир (35), гречка (32), хліб житній (30), геркулес (29)	0,2–0,25 мг
Пантотено- ва кислота	Печінка (6,8 мг), серце (2,5), яйця (1,3), геркулес (0,9), кури 1 кат. (0,76), качки 1 кат. (0,6), хліб житній (0,6)	5–10 мг

### Запитання для самостійного контролю знань

1. Фізіолого-гігієнічне значення вітамінів.
2. Класифікація природних вітамінів.
3. Фізіолого-гігієнічне значення вітамінів, участь у біохімічних процесах та фізіологічних функціях.
4. Фізіолого-гігієнічне значення водорозчинних вітамінів.
5. Фізіолого-гігієнічне значення жиророзчинних вітамінів.
6. Фізіолого-гігієнічне значення вітаміноподібних речовин.
7. Причини виникнення гіпо-, гіпервітамінозів, авітамінозів.

8. Дії антивітамінів та інших антивітамінних чинників.
9. Джерела та рівні потреби у вітамінах.
10. Шляхи забезпечення організму вітамінами.
11. Рослинні джерела вітамінів для забезпечення потреб людини.

### Список використанні літератури.

1. Вибрані питання нутриціології: навч. посіб. / Л. Андріюк, О. Зав'ялова, С. Федяєва, В. Яцюк, С. Ломейко, Є. Глебова; Львів. нац. мед. ун-т ім. Данила Галицького. — Львів: Коло, 2015. — 118 с.
2. Теоретичні та практичні аспекти нутриціології: навч. посіб. / Л. В. Андріюк, Т. П. Гарник, В. М. Яцюк, С. І. Федяєва; Львів. нац. мед. ун-т ім. Д. Галицького. — Львів: Посвіт, 2016. — 126 с. — Бібліогр.: с. 123—126.
3. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Полтава, 2014 – 134 с.
4. Основи фізіології та гігієни харчування: / підручник Н. В. Дуденко [та ін.] – Суми: Університетська книга, 2009. – 555 с.
5. Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. проф.В.І. Ципріяна/. 1 том., Київ: Медицина, 2007. - 528 с.
6. Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. проф. В.І. Ципріяна / . 2 том., Київ: Медицина, 2007. - 560 с.
7. Димань Т. М., Барановський М. М., Білявський Г. О. та ін. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування. Київ: Лібра, 2006. – 304 с.
8. Мікроелементи та здоров'я. / Методичний посібник для роботи в лабораторії/ [О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. –ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 40 с.
9. Павлоцька Л.Ф. Дуденко Н.В., Димитрієвич Л.Р. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: навчальний посібник. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. - 441 с.
10. Методика оцінки харчового статусу людини та адекватності індивідуального харчування. Навчально-методичний посібник. В.І. Ципріян, Н.В. Велика, В.Г. Яковенко, Київ, 1999, 60 с.
11. Яцула Г.С., Слободкін В.І., Береза В.Я. Санітарно-гігієнічні методи дослідження харчових продуктів і води, Київ: Здоров'я, 1991. 288с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 12.

### Тема. Визначити добові потреби студентів в вітамінах, що містяться в різних продуктах харчування.

Фізична активність людини підвищує потребу в багатьох вітамінах, особливо в **В**-комплексі (енергія), **С** (відновлення), **Д** –комплексі (м'язи та кістки), **Е** (антиоксидант) та **К** (здоров'я суглобів). Спортсменам добова норма вітамінів може збільшуватись у **1,5-2 рази**, оскільки вони необхідні для енергетичного обміну, прискорення відновлення м'язів, підтримки імунітету та зниження ризику травм. Всім відомо, що фізична активність та спорт – це запорука здоров'я та довголіття. Проте за цим поняттям ховається один неочевидний факт – регулярне інтенсивне фізичне навантаження піддає людський організм виснаженню, зносу хрящової тканини, активному окисленню, витраті енергії та поживних речовин, розривам м'язової тканини. Тяжка тривала фізична праця негативно впливає на здоров'я людини. Отже, добова потреба у вітамінах безпосередньо залежить від значення середньодового коефіцієнта фізичної та розумової активності (**КФРА**) дорослої людини.

Додаткове споживання вітамінів необхідне у наступних життєвих ситуаціях.

- 1. Вагітність та годування груддю.** Жінкам у цей період потрібні додаткові вітаміни, такі як фолієва кислота (вітамін **В9**) для підтримки здоров'я плода. Також рекомендується додаткове споживання вітаміну **Д** для забезпечення нормального зростання та розвитку дитини.
- 2. Вегетаріанство та веганство.** Відмова від продуктів тваринного походження може призвести до недостатнього споживання деяких вітамінів, зокрема, вітаміну **В12**, який знаходиться у м'ясі та молочних продуктах. І тут рекомендується додаткове споживання вітаміну **В12** як препаратів.
- 3. Дефіцит вітамінів.** У деяких випадках, наприклад, при поганому харчуванні або хронічних хворобах, може виникнути дефіцит вітамінів. У разі лікар може рекомендувати додаткове споживання вітамінних препаратів підтримки здоров'я організму.

#### Переваги прийому вітамінів спортсменами

- 1. Підвищення витривалості та енергії:** вітаміни групи **В**, **с** та **е** сприяють перетворенню їжі на енергію, що веде до покращення спортивних результатів.

**2. Зміцнення імунітету:** вітаміни А, С і D допомагають організму боротися з інфекціями та вірусами, що важливо для запобігання застудам та іншим захворюванням.

**3. Відновлення м'язів:** вітаміни С, Е та К сприяють загоєнню розривів м'язів після тренувань, зменшують біль та їх запалення.

**4. Підтримка здоров'я кісток:** вітаміни D і К важливі для здоров'я кісток, хрящів та суглобів, що особливо актуально для спортсменів, які піддають свій опорно-руховий апарат значним навантаженням.

**5. Зменшення ризику травм:** вітаміни С, Е та К допомагають зміцнювати зв'язки та суглоби, що знижує ризик отримання травм під час тренувань.

### Практична частина.

**Емпірична** формула для визначення добової потреби у вітаміні має такий вигляд:

$$M(v) = \Delta m_v \cdot P \cdot KФРА$$

Де: **M(v)** – маса вітаміну, (мг);  $\Delta m_v$  - маса вітаміну розрахована на 1 кг маси тіла людини (мг/кг); **P** - маса тіла людини (кг); **KФРА** - середньодобовий коефіцієнт фізичної та розумової активності людини.

#### Завдання 12.1

**Визначити**, у якій кількості (г) **ягід та фруктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_ кг у вітаміні **C**,  $\Delta m_c = 1,285$  мг/кг; **KФРА** = 2,1.  
Шипшина суха – 800 мг%; яблука = 165 мг%.

#### Завдання 12.2

**Визначити**, у якій кількості (г) **ягід та фруктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_ кг у вітаміні **B<sub>1</sub>**,  $\Delta m_b = 0,023$  мг/кг; **KФРА** = 2,1.

Шипшина суха – 0,07 мг%; яблука = 0,03 мг%.

#### Завдання 12.3

**Визначити**, у якій кількості (г) **овочів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_ кг у вітаміні **PP**, якщо  $\Delta m_{pp} = 0,29$  мг/кг; середньодобовий **KФРА** = 2,1.

Капуста біла – 0,74 мг%; огірки = 0,20 мг%.

#### Завдання 12.4

**Визначити**, у якій кількості (г) **птиці і яйцях** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **РР**, якщо  $\Delta m_{pp} = 0,29$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Індичка 1 категорії – 5,60 мг%;

яйця курячи = 0,19 мг%.

### **Завдання 12.5**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **А**, якщо  $\Delta m_a = 0,021$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Печінка яловича – 3,83 мг%;

яйця курячи = 0,35 мг%.

### **Завдання 12.6**

**Визначити**, у якій кількості (г) **твердих сирів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **А**, якщо  $\Delta m_a = 0,021$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Сир «Пошехонський» – 0,23 мг%;

Сир «Голандський» = 0,21 мг%.

### **Завдання 12.7**

**Визначити**, у якій кількості (г) **олій** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **Е**, якщо  $\Delta m_E = 0,17$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Олія соняшникова – 44,0 мг%;

олія оліvkова = 14,0 мг%.

### **Завдання 12.8**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **В<sub>2</sub>**, якщо  $\Delta m_{B_2} = 0,03$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Печінка яловича – 2,19 мг%;

котлета м'ясна = 0,12 мг%.

### **Завдання 12.9**

**Визначити**, у якій кількості (г) **молочних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **В<sub>2</sub>**, якщо  $\Delta m_{B_2} = 0,03$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Кефір жирний – 0,17 мг%;

ряженка 6% жирності = 0,13 мг%.

### **Завдання 12.10**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рибних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **В<sub>2</sub>**, якщо  $\Delta m_{B_2} = 0,03$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Камбала чорноморська – 0,11 мг%;

короп = 0,13 мг%.

### **Завдання 12.11**

**Визначити**, у якій кількості (г) **молочних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **РР**, якщо  $\Delta m_{PP} = 0,29$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.  
Масо вершкове – 0,10 мг%; маргарин Екстра = 0,02 мг%.

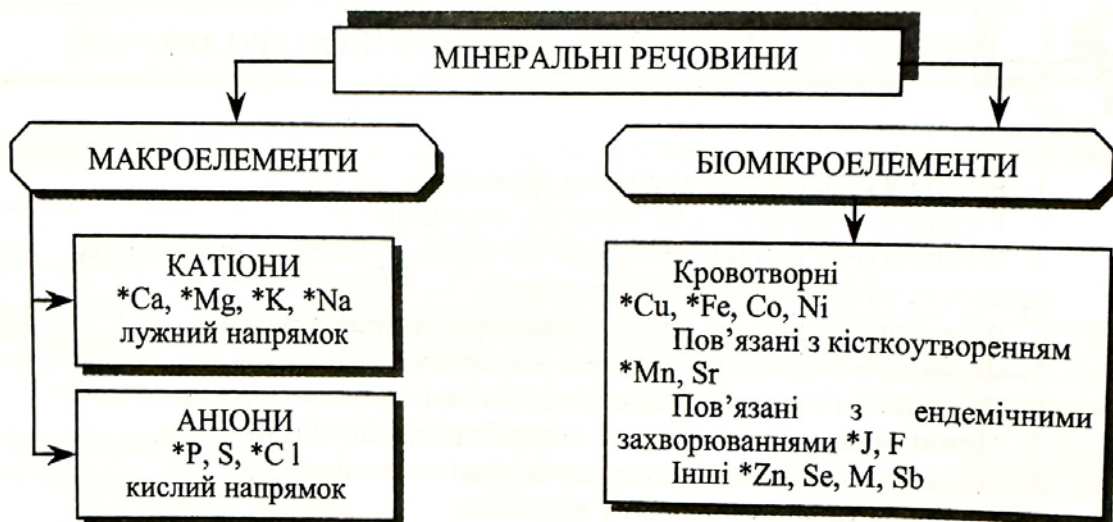
## **ТЕМА 9. ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН В НОРМІ ТА В УМОВАХ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ЛЮДИНИ.**

В організмі людини за допомогою сучасних методів дослідження виявлено близько **70** хімічних елементів. Ці елементи залежно від їхнього біологічного значення умовно поділені на три групи:

- 1. Незамінні** елементи, що входять до складу ферментів, гормонів, вітамінів **O, K, H, Ca, P, C, S, Cl, Na, Mg, Zn, Fe, Cu, I, Mn, V, Mo, Co, Se**
- 2.** Елементи, що постійно присутні в рослинних та тваринних організмах, але їх значення вивчено ще недостатньо. Це такі елементи: **Sr, Cd, F, Br, B, Si, Cr, Be, Li, Ni, Cs, Sn, Al, Ba, Rb, Ti, Ag, Ga, Ge, As, Hg, Pb, Ti, Bi, Sb, U, Th, Ra.**
- 3.** Елементи, що присутні в тканинах органів рослинних та тваринних організмів але немає даних про їх кількісний вміст та фізіологічні функції: **Ti, Nb, La, Pr, Sm, Tb, W, Re, Au.**

Мінеральні речовини (**рис. 1**) залежно від вмісту в організмі та харчових продуктах поділяються на дві групи.

- 1. Макроелементи** (містяться у тваринних і рослинних тканинах від цілих відсотків до їх сотих часток (0,01)).
- 2. Біомікроелементи** (містяться у тваринних і рослинних тканинах менше тисячних часток відсотка (<0,001)).



**Рисунок 1. Класифікація мінеральних речовин, що містяться в клітинах тваринних організмів**

При порушенні співвідношення мікроелементів в організмі людини блокуються відповідні процеси обміну і можуть розвинути клінічні симптоми, головним чином пов'язані з порушенням функцій ферментів, до складу яких вони входять, або їх активують.

На сучасному етапі актуальність проблеми мікроелементів зросла у зв'язку із забрудненням навколишнього середовища такими хімічними елементами, як свинець, фтор, миш'як, кадмій, ртуть, марганець, молібден, цинк та ін. **Токсичні** речовини у процесі технологічної переробки потрапляють з газоподібними, рідкими і твердими промисловими відходами до атмосфери повітря, воду і ґрунт. Це сприяє формуванню в містах та промислових комплексах так званих штучних біогеохімічних провінцій. У зв'язку з цим зростає вміст багатьох хімічних елементів у повітрі, ґрунті, природних водах, організмі тварин і рослин, які використовуються населенням як продукти харчування.

### **Фізіологічна роль макроелементів**

#### **КАЛЬЦІЙ (Ca)**

**Фізіологічні функції:** пластичний матеріал для кісток (~ 99 % Ca міститься у кістках, 1 % - у крові і тканинах); фактор зсідання крові; підтримує збудливість нервової тканини та скорочення скелетних м'язів; нормалізує діяльність міокарда шлуночків та передсердь серця; входить в склад ядра і

мембран клітин, клітинних і тканинних рідин; підтримує функції клітинних мембран; активізує низку ферментів і гормонів; зменшує процеси гниття і бродіння у шлунково-кишковому тракті; підвищує опір організму до негативного впливу.

**Надлишок** кальцію призводить до: кальцинозу судин і тканин; утворення каміння у нирках; передчасного зрощення джерельця у немовлят.

### **МАГНІЙ (Mg)**

**Фізіологічні функції:** антиспастик, судинорозширювач; учасник усіх ферментативних процесів (входить до складу молекул ферментів); забезпечує передачу нервових імпульсів; знижує збудливість нервової і м'язової систем; розширює просвіт судини і знижує артеріальний тиск; стимулює моторику кишечника і жовчовиділення: учасник білкового, вуглеводного і фосфорного обмінів; знижує кількість холестерину у крові.

**Дефіцит** магнію призводить до: підвищення серцево-судинної захворюваності (при постійному використанні м'якої води); хронічної ниркової недостатності; квашіоркору у немовлят; розвитку хронічного алкоголізму.

### **ФОСФОР (P).**

**Фізіологічні функції:** учасник усіх процесів життєдіяльності організму; особливо важлива роль у діяльності головного мозку, скелетних і серцевих м'язів, потових залоз; забезпечує генетичну функцію (входить до складу молекул РНК, ДНК); бере участь в метаболізмі білків і жирів; має антихолестеринову дію; утворює кістковий скелет у сполуках з Ca і Mg.

### **СІРКА (S).**

**Фізіологічні функції.** Входить до складу: амінокислот (метіоніну, цистину); вітамінів (B1, H); гормонів (інсулін); жовчних кислот; нервової тканини, шкіри, кісток, волосся; володіє антитоксичною дією.

### **ХЛОР (Cl).**

**Фізіологічні функції:** утворює HCl у шлунку; нормалізує водний обмін в організмі; підтримує осмотичний тиск у клітинах і тканинах; активує функції пепсиногену і сприяє перетравленню білків у тонкому кишечнику і всмоктуванню Fe; знижує потовиділення, забезпечує солоний смак їжі.

**Надлишок кухонної солі в їжі:** підвищує артеріальний тиск (збільшується кількість тканинної рідини і плазми крові); підвищується осмотичний тиск; збільшується кількість вологи в тканинах; уражаються нирки, серце і судини; порушується баланс між Na і K у бік першого.

## Фізіологічне значення біомікроелементів

Залежно від кількості надходження, мікроелементи проявляють фізіологічну або фармакологічну дію.

Так, при надходженні мікроелементів у **мікрокількості**, які характерні для організму людини, мікроелементи включаються у біохімічні структури і утворюють високоактивні речовини, які стимулюють життєво важливі процеси організму (**фізіологічна дія**)

При надходженні мікроелементів у **макрокількості** дозованих фармакологічно, відбувається збудження захисної функції бар'єрів організму (**фармакологічна дія**).

При надмірно підвищених концентраціях проявляється **токсична дія**.

### Взаємозв'язок між мікроелементами і вітамінами

Процеси **кровотворення** в організмі людини регулюють вітамін **B12** та **біомікроелементи Fe, Cu, Co, Ni**.

#### **ЗАЛІЗО (Fe).**

Залізо переважно знаходиться у крові - **55.%**, у скелетних м'язах- **24 %**, у печінці -**21 %**. Залізо входить до складу гемоглобіну і метемоглобіну

**Фізіологічні функції:** виконує функцію кровотворення; прискорює регенерацію крові та підвищує в ній вміст гемоглобіну і еритроцитів; запобігає розвитку ендемічним гіпохромним анеміям; підвищує загальний опір організму; володіє антирадіаційною дією; зберігає аскорбінову кислоту від руйнування і виведення з організму.

**Залізо (Fe).** входить до складу багатьох ферментів (цитохрому, пероксидази, цитохромооксидази) і виконує каталітичну функцію; бере участь у живленні та диханні різних клітин тканин; підтримує ріст окремих органів і організму в цілому; підвищує опір організму до дії **фізичних навантажень**; бере участь у **детоксикації** «кров'яних» отрут (бензол, анілін, тощо).

Внаслідок **дефіциту** заліза у раціоні харчуванні людини розвивається **анемія**.

При самолікуванні анемії або неконтрольованому штучному введенні легкозасвоюваного заліза (у фармзасобах, при переливанні крові) є ризик розвитку **гіпермікроелементозу заліза**: шкіра набуває землистого кольору; темніє емаль зубів.

Причини **дефіциту заліза** в організмі людини раціон з недостатнім вмістом Fe; мала абсорбція Fe після проведення гастроектомії; хворобах тонкого

кишечнику; збільшення втрат заліза при надлишкових менструальних втратах, хронічній втраті крові (носові кровотечі, виразкова хвороба); збільшенні кількості гемоглобіну у сечі; операціях та травмах; паразитарній інфекції (малярія);

Збільшення потреби організму у **Fe** відбувається при вагітності, лактації, зрісту і розвитку дитини. **Постійний дефіцит** заліза у раціоні харчування людини може спричинити: цироз або жирове переродження печінки; зниження опіру організму при дії негативних факторів середовища; скорочення тривалості життя.

#### **МІДЬ (Cu).**

**Фізіологічні функції.** Мідь виконує функцію кровотворення: бере участь у синтезі гемоглобіну; учасник процесу перетворення заліза на органічно зв'язану форму; сприяє перенесенню заліза у кістковий мозок і утворенню еритроцитів; бере участь у знешкодженні токсичних речовин; підвищує стійкість організму до негативного впливу вірусів і бактерій; входить до складу ферментів (цирулоплазміну, тирозинази, аскорбіноксидази, лактази) і виконує каталітичну та гормональну функції; бере участь у диханні тканин; в іонній формі каталізує окислення жирних кислот; бере участь в обміні гормонів щитоподібної залози; запобігає адреналінової гіперглікемії, яка пов'язана з дефіцитом інсуліну.

**Дефіцит міді** спричинює зміни складу крові, уражується скелет та серце.

**Надлишок міді** є токсичним, гальмує умовно-рефлекторну діяльність.

#### **КОБАЛЬТ (Co).**

**Фізіологічні функції.** Кобальт входить до складу вітаміну B12. Його фізіологічна роль проявляється тільки у цій формі; стимулює утворення гемоглобіну й еритроцитів; пригнічує тканинне дихання, особливо в пухлинній тканині; бере участь в утворенні інсуліну; активує кісткову та кишкову фосфатазу.

**Процеси кісткоутворення** в організмі людини регулюють **вітамін D** і такі мікроелементи: **F, Ca, Cr, Mn**; **вуглеводний обмін** — **вітамін B**, та **Mn**.

#### **ФТОР (F).**

**Фізіологічні функції.** Бере участь у кісткоутворенні та формуванні дентину й емалі зубів; нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін; сприяє нормальному розвитку ембріону і народженої дитини; прискорює загоєння кісткових переломів.

#### **МАРГАНЕЦЬ (Mn).**

**Фізіологічні функції:** антиокислювач; бере участь в осифікації та у формуванні стану кісток; підсилює білковий обмін; активує аеробне окислення вуглеводів; знижує кількість недоокислених продуктів у тканинах; стимулює утворення крові; підсилює накопичення аскорбінової кислоти в клітинах тканин; марганець запобігає накопиченню жиру у печінці; нормалізує репродуктивну функцію, діючи на ендокринні органи; пов'язаний з обміном вітамінів: **B, C, D.**

#### **СЕЛЕН (Se).**

**Фізіологічні функції:** внутрішньоклітинний антиокислювач; є структурним елементом внутрішньоклітинного антиоксидантного фактора; захищає внутрішні мембрани клітин від пероксидного окислення ліпідів; запобігає розвитку некрозу печінки; в оптимальних кількостях запобігає розвитку пухлин статевих органів та клітин; запобігає руйнуванню клітин серцевого м'язу. **Дефіцит селену** викликає ризик серцево-судинних, онкологічних та інфекційних захворювань.

#### **ЦИНК (Zn).**

**Фізіологічні функції.** Каталітична та гормональна функції: входить до складу **інсуліну**; ферменту алкогольдегідрогенази печінки; ферментів, які забезпечують процеси дихання; бере участь в утворенні фермента карбогідрози і сприяє виведенню оксиду вуглецю з організму; бере участь у синтезі триптофану;

забезпечує нормальні темпи статевого розвитку організму, особливо юнаків, та сприяє активності репродуктивної функції.

**Кровотворна функція Zn:** входить до складу фермента карбогідрози, що міститься в еритроцитах.

**Ліпотропна функція Zn:** запобігає жировому переродженню печінки; запобігає алкоголізму та його наслідкам (частково).

**Інші фізіологічні функції Zn:** прискорює всмоктування амінокислот; сприяє швидкому загоєнню ран; знижує рН шлункового соку.

**При дефіциті цинку** (гіпоцинкозі) розвивається захворювання на гіпоцинкоз та хвороба Праседа. Проявляється: нічна сліпота; зниження апетиту; погане і тривале загоєння ран; осередкове облісіння; погіршення навчання та затримка психічного розвитку дітей; затримка росту і статевого дозрівання; запалення шкіри кінцівок та слизових оболонок порожнини рота, статевих органів.

**При хворобі Прасада** спостерігається: затримка росту і статевого дозрівання людини; відсутність вторинних статевих ознак; низька маса тіла; сухість шкіри;

зниження апетиту, неправильні відчуття сприйняття смаку та запаху; збільшення маси печінки та селезінки.

### **ЙОД (J).**

**Фізіологічне значення J** обумовлено тим, що він структурний елемент гормонів щитоподібної залози і забезпечує її нормальну функцію. **Тиреоїдні гормони:** забезпечують нормальний психічний розвиток та емоційний статус людини; **сприяють фізичному розвитку** людини; беруть участь у синтезі білків; забезпечують водно-сольовий обмін; підвищують споживання кисню тканинами; беруть участь у процесах поділу та диференціюванні всіх клітин організму; забезпечують зв'язки між гіпофізом та статевими залозами; підтримують нормальну діяльність серцево-судинної системи, печінки; забезпечують імунно-біологічну реактивність організму.

*Надлишок* органічної форми йоду у складі харчових продуктів не викликає розвиток патології. Надлишок тиреоїдних гормонів нейтралізується печінкою.

Стан «**йодизму**» (неприйняття йоду) розвивається при штучному передозуванні неорганічної (йонної або елементарної) форм йоду переважно неаліментарним шляхом.

### **Список використаної літератури.**

1. Габі Гаубер-Швенк, Міхаель-Швенк. Харчування. -Київ: Знання, 2004. -183 с.
2. Гігієна харчування з основами нутриціології. Підручник. Під ред. проф. В.І. Ципріяна. -Київ: КНТЕУ-2007. Т1. -528 с; Т.2. - 544 с.
3. Евдокимов Н.М., Большаков О.В., Сорокин А.А. Лечебное питание. Киев : Вектор-2011.-160 с.
4. Ефремов О.В. Осторожно: вредные продукты. Новейшие данные, актуальные исследования. Киев: Вектор.-2011-160 с.
5. Зубар Н.М. Основи фізіології та гігієни харчування. Київ: ЦУЛ.-2010.-336 с.
6. Зубар Н.М., Руть Ю.В., Булгакова Н.М. Фізіологія харчування. Практикум. Київ: ЦУЛ.-2013-208 с.
7. Іванова О.В., Капліна Т.В. Санітарія і гігієна ресторанного господарства. Суми: Університетська книга. 2012.-399 с.
8. Козакевич А.В. Сучасна енциклопедія корисного харчування: 7000 практичних рекомендацій і рецептів здоров'я.-Донецьк: ТОВ ВКФ "БАО" - 2005.-384 с.
9. Корзун В.Н. Гігієна харчування. Київ: КДТЕУ. -2003.-236 с.
10. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. - Львів: Центр Європи. - 2009. - 836с.

11. Ленинджер А. Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клетки / Под ред. акад. А.А. Баева.-Киев: Наукова думка.-2001. -956 с.
12. Орлова Н.Я. Фізіологія і біохімія харчування. Київ: 2008. -249 с.
13. Осипова Л.А., Капрельянц Л.В., Бурдо О.Г. Функциональные напитки. - Одесса: Друк. - 2007. - 288 с.
14. Пономарьов П.Х., Донцова І.В. Генетично модифікована продовольча сировина і харчові продукти, вироблені з її використанням. Київ, 2009. - 124с.
15. Сирохман І.В., Завгородня В.М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Київ: ЦУЛ. -2009. 544 с.
16. Сирохман І.В., Задорожний І.М., Пономарьов П.Х. Товарознавство продовольчих товарів. Підручник. Київ: Лібра. 2008.-600 с.
17. Справочник по диетологии /Под ред. акад. А.А. Покровского, М.А. Самсонова. -Киев: Медицина. 2002. -704 с.
18. Тищенко С.В., Пономарьов П.Х. Харчові жири. Київ: КНГЕУ-2005. -227 с.
19. Филимонов В.И. Физиология человека. Киев: Медицина. -2008. -814 с.
20. Эрл М., Эрл Р., Андерсон А. Разработка пищевых продуктов. Пер. с англ. - Львов: Професионал. - 2008. - 382 с.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 13**

### **Вміст макромікроелементів в продуктах харчування**

#### **Теоретична частина**

**Мінеральні речовини** - це хімічні сполуки, до складу яких входять атоми металів поєднаних з різними групами неорганічних та органічних сполук. Багато хімічних елементів у вигляді мінеральних солей, комплексних сполук, наорганічних та органічних кислот входять до складу живої матерії і є незамінними нутрієнтами, які виконують різноманітні фізіологічні функції в організмі людини. Тому мінеральні сполуки необхідно щоденно вживати з їжею. Мінеральні речовини, що входять до складу організму людини утворюють переважно, солі лужних металів, органічних та неорганічних кислот:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ .

Мінеральні речовини є життєво важливими хімічними сполуками, які входять до складу: кісткової тканини; крові, лімфи, тканинної рідини; секретів слинних залоз, травних соків шлунка, кишечника; металозв'язувальних білків, у тому числі білків- ферментів. Важливу роль в організмі відіграють також мінеральні елементи, які засвоюються з продуктів харчування. Серед неорганічних сполук близько 20 є необхідними для людини. Мінеральні

елементи повинні становити до **4%** добового раціону. Залежно від добової потреби організму неорганічні сполуки поділяють на макроелементи (потреба становить >100 мг/добу) та мікроелементи (добова потреба — декілька міліграм або мікрограм).

До макроелементів належить **Na, K, Ca, Cl та Mg**. Основна маса мікроелементів в організмі міститься у формі іонів та мінеральних солей.

До мікроелементів відносять **Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, I, F, Se, Co, Cr**. Мікроелементи в тканинах знаходяться здебільшого у складі комплексних сполук з білками чи іншими органічними молекулами.

**Основні функції мінеральних речовин і організмі людини:** утворюють разом з органічним матриксом тверді тканини: кісткову, емаль, денгін; беруть участь у фізіологічних процесах скорочення м'язових волокон попереково-смугастої і гладенької м'язових тканин та серцевого м'яза (міокарду); активують дію білків-ферментів; забезпечують осмотичний тиск клітин та тканин; беруть участь у процесах кровотворення, транспорту кисню та діоксиду вуглецю (еритроцити) і згортанні крові; активують дію гормонів та вітамінів; беруть участь в утворенні біологічної енергії, яка зосереджені в молекулах АТФ, які утворюються в мітохондріях клітин тощо.

### Практична частина.

**Емпірична** формула для визначення добової потреби у мінеральних речовинах має такий вигляд:

$$M(m) = \Delta m_v \cdot P \cdot KФРА$$

Де:  $M(m)$  – маса мінеральної речовини, (мг або мкг);  $\Delta m_m$  - маса мінеральної речовини розрахована на **1 кг** маси тіла людини (мг/кг або мкг/кг);  $P$  - маса тіла людини (кг); **КФРА** - середньодобовий коефіцієнт фізичної та розумової активності людини.

#### Завдання 13.1

**Визначити**, у якій кількості (г) **молочних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Ca**, якщо  $\Delta m_{Ca} = 17,14$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Сир кисломолочний вміст Ca (200 мг%);

творог (180 мг%).

#### Завдання 13.2

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у вітаміні **Ca**, якщо  $\Delta m_{\text{в}} = 17,14$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,4.

Капуста білоголова вміст Ca (75 мг%); шпинат вміст Ca (130 мг%).

### **Завдання 13.3**

**Визначити**, у якій кількості (г) **молочних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Ca**, якщо  $\Delta m_{\text{Ca}} = 17,14$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,3.

Сир твердий вміст Ca (1050 мг%); творог вміст Ca (140 мг%).

### **Завдання 13.4**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **K**, якщо  $\Delta m_{\text{pp}} = 2,7$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Квасоля вміст K (1144 мг%); картопля вміст K (429 мг%).

### **Завдання 13.5**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **K**, якщо  $\Delta m_{\text{pp}} = 2,7$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,4.

Абрикоси вміст K (305 мг%); родзинки вміст K (860 мг%).

### **Завдання 13.6**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **K**, якщо  $\Delta m_{\text{pp}} = 2,7$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,3.

Урюк вміст K (1781 мг%); чорнослив вміст K (648 мг%).

### **Завдання 13.7**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **P**, якщо  $\Delta m_{\text{pp}} = 17,14$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,1.

Квасоля вміст P (541 мг%); горох вміст P (329 мг%).

### **Завдання 13.8**

**Визначити**, у якій кількості (г) **молочних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **P**, якщо  $\Delta m_{\text{pp}} = 17,14$  мг/кг; середньодобовий КФРА = 2,4.

Твердий сир вміст P (580 мг%); творог вміст P (129 мг%).

### **Завдання 13.9**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Mg**, якщо  $\Delta m_{Mg} = 5,0 \text{ мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,1.

Кавуни вміст Mg (224 мг%);

квасоля вміст Mg (103 мг%).

### **Завдання 13.10**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Mg**, якщо  $\Delta m_{Mg} = 5,0 \text{ мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,4.

Горох вміст Mg (107 мг%);

гречка вміст Mg (98 мг%).

### **Завдання 13.11**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Fe**, якщо  $\Delta m_{Fe} = 0,29 \text{ мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,1.

Печінка свиняча вміст Fe (20,2 мг%);

печінка яловичав міст Fe (6,9 мг%).

### **Завдання 13.12**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Fe**, якщо  $\Delta m_{Fe} = 0,29 \text{ мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,4.

Нирки вміст Fe (6,9 мг%);

серце вміст Fe (4,8 мг%).

### **Завдання 13.13**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Fe**, якщо  $\Delta m_{Fe} = 0,29 \text{ мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,3.

Яблука вміст Fe (2,0 мг%);

кавуни вміст Fe (1,2 мг%).

### **Завдання 13.14**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **J**, якщо  $\Delta m_j = 4,3 \text{ мкг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,1.

Морські водорості вміст J (135 мкг%);

щавель вміст J (39 мкг%).

### **Завдання 13.15**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **J**, якщо  $\Delta m_j = 4,3 \text{ мкг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,4.

Яйця вміст J (60 мкг%);

печінка вміст J (35 мкг%).

### **Завдання 13.16**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Zn**, якщо  $\Delta m_{Zn} = 0,36\text{мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,1.

Печінка вміст Zn (0,32 мг%);

нирки вміст Zn (0,15 мг%).

### **Завдання 13.17**

**Визначити**, у якій кількості (г) **тваринних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Zn**, якщо  $\Delta m_{Zn} = 0,36\text{мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,4.

Яловичина м'ясо вміст Zn (0,17 мг%);

яйця вміст Zn (0,17 мг%).

### **Завдання 13.18**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Mn**, якщо  $\Delta m_{Mn} = 0,043\text{мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,1.

Хліб житний вміст Mn (1,5 мг%);

хліб пшеничний вміст Mn (1,2 мг%).

### **Завдання 13.19**

**Визначити**, у якій кількості (г) **рослинних продуктів** міститься добова потреба студента(ки) \_\_\_\_\_ масою \_\_\_\_\_ кг у **Mn**, якщо  $\Delta m_{Mn} = 0,043\text{мг/кг}$ ; середньодобовий КФРА = 2,4.

Квасоля вміст Mn (1,4 мг%);

горох вміст Mn (1,3 мг%).

## **ТЕМА 10. МЕТАБОЛІЗМ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ. ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ НА РІЗНІ ВИДИ ФІЗИЧНОЇ І РОЗУМОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.**

Вступ.

1. Метаболізм організму людини та його складові частини.
2. Чинники регуляції метаболізму в організмі людини.
3. Енергія основного обміну ( $E_{oo}$ ) організму людини.
4. Енергія специфічно-динамічної дії їжі ( $E_{сдд}$ ).
5. Некеровані добові витрати біологічної енергії ( $E_n$ ).
6. Керовані енергетичні витрати ( $E_k$ ).
7. Енергетична цінність продуктів харчування

**Вступ.** Сукупність біохімічних реакцій, що відбуваються в клітинах живих ів отримала назву метаболізм. Метаболізм організму людини поділяється на дві гілки:

**1. Катаболізм** (процеси дисиміляції), що охоплює реакції розщеплення складних органічних речовин до простіших, яке супроводжується їх окисненням ( $+O_2$ ) і виділенням корисної енергії (**теплової** + яка накопичується в макроергічних хімічних зв'язків (~) молекул **АТФ**).

**2. Анаболізм** (процеси асиміляція) - реакції синтезу необхідних клітині речовин, що відбуваються за допомогою енергії (**+ АТФ**), яка отримана в результаті катаболічних реакцій.. В організмі людини майже всі метаболічні процеси відбуваються та пришвиджуються у багато разів при  $T^\circ$  (36 - 38) $^\circ C$  за допомогою численних ферментами — біокаталізаторів білкової природи.

Ферменти не тільки роблять можливим швидке протікання у клітинах великої кількості біохімічних реакцій, що за інших умов потребують високих температур або/і тиску, а й дозволяють регулювати їх за потреби. Реакції, що каталізовані ферментами часто об'єднуються у послідовності, де продукт однієї реакції стає субстратом для наступної. Такі серії ферментативних реакцій називаються *метаболічними шляхами*. Метаболічні шляхи, у свою чергу, поєднуються між собою, утворюючи складні розгалужені сітки.

Важливою властивістю основних метаболічних шляхів та їх складових є те, що вони *спільні* для більшості живих організмів, а це свідчить про еволюційну єдність походження представників живої природи. Проте певні особливості метаболізму має не лише кожен вид представників живої природи, а й окремі особини в межах одного виду.

### **1. Метаболізм організму людини та його складові частини**

**Метаболізм** – це складний комплекс фізико-хімічних, біохімічних і фізіологічних процесів, який спрямований на *перетравлення* складних біоорганічних і мінеральних сполук їжі, на відносно прості для забезпечення процесів росту, розвитку, фізичної і інтелектуальної діяльності людини.

**Складові метаболізму (СМ):** *катаболізм* (дисиміляція) + *анаболізм* (асиміляція). Така послідовність складних біологічних процесів забезпечує життєдіяльність людини. Зараз така спрямована послідовність біохімічних процесів в клітинах організму людини має такий вигляд:

**Метаболізм = катаболізм (1) + анаболізм + катаболізм (2).**

**Катаболізм (1)** - процес поглинання з їжею організмом людини із зовнішнього середовища складних біоорганічних сполук рослинного і тваринного походження та їх **ферментативного розщеплення** в порожнині

органів травної системи до простих речовин: білків до амінокислот, жирів до жирних кислот +гліцерину, полісахаридів до моносахаридів, тощо. Цей процес супроводжується виділенням **теплової енергії**, яка підтримує *температурний гомеостаз* організму людини (стала температура +36,6°C).

**Катаболізм (1)** відбувається у *два етапи*. На **першому** етапі ферментативне розщеплення компонентів їжі відбувається в *порожнині* органів травлення. Екзокринні залози виділяють травні ферменти у ротову порожнину, шлунок та тонкий кишечник. **Другий** етап отримав назву *присінне* травлення. На мікрорівнях внутрішньої слизової оболонки тонкого кишечника локалізуються численні ферменти, за допомогою яких відбувається остаточне розщеплення фрагментів рослинних та тваринних білків їжі до *амінокислот*, а ліпідів до окремих жирних кислот. Отримані амінокислоти та жирні кислоти всмоктуються клітинами слизової оболонки і потрапляють в кров.

**Анаболізм** - процес *всмоктування* (поглинання) з шлунково - кишкового тракту відносно *простих* хімічних сполук, їх *транспортування* по кровоносній системі, *поглинання* з крові клітинами організму і подальший *біосинтез* за допомогою внутрішньоклітинних ферментів власних складних біоорганічних речовин. Цей процес супроводжується **використанням хімічної енергії**, що була

акумуляована в макроергах (~) молекул **АТФ**, що утворюються у численних мітохондріях. Зрештою, анаболічні процеси в клітинах організму забезпечують **рост, розвиток, фізичну та інтелектуальну діяльність** людини на протязі життя.

**Катаболізм (2)** - процес *ферментативного розщеплення в лізосомах* клітин власних складних біоорганічних сполук до відносно простих органічних молекул. Останні потрапляють у *мітохондрії* де відбувається їх *окислення* (+O<sub>2</sub>) та утворення простих хімічних сполук: **двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>)**, **води (H<sub>2</sub>O)**, **аміаку (NH<sub>3</sub>)**, **сечовини (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>**. Вода, аміак та сечовина видаляються з організму через **нирки**, а вуглекислий газ та певна кількість води – через органи **дихальної системи** у навколишнє середовище.

Безліч утворених в мітохондріях молекул **ΣАТФ** (потенційна біологічна енергія) в організмі людини витрачаються на:

- **основний обмін;**
- **перетравлення і засвоєння їжі;**
- **ріст організму,**
- **фізичну і розумову діяльність;**
- **духовний розвиток людини.**

## 2. Чинники регуляції метаболізму в організмі людини.

*Чинники регуляції метаболізму* в організмі людини поділяються на дві групи.

1. Чинники, які *не піддаються корекції* з боку людини, отримали назву **статичні** (відносно постійні). Це спадковість, стать, тип статури тіла, нервові й ендокринні впливи регуляторних систем організму тощо. Статичні чинники, що впливають на метаболічні процеси в організмі людини, діють безперервно (24/7) на протязі життєвого циклу організму від «**а** до **ω**» - від народження до смерті.

З віком, інтенсивність обмінних процесів в організмі людини знижується на 7 - 10 % кожні десять років, досягаючи в старості свого *мінімуму*. Протягом життя такі періодичні явища, як простуда чи травми активізують протягом деякого часу обмінні процеси. Після одужання, обмінні процеси в організмі людини приходять в норму. Метаболізм у чоловіків у середньому на 10 - 20 % вищий, ніж у жінок, оскільки у них відсоткова частка м'язів є більшою відносно маси тіла. Високий рівень обміну речовин у дитячому віці пояснюється високою активністю метаболічних процесів, високою руховою активністю дитини і посиленням ростом маси її тіла в цілому. У похилому віці поряд із зниженням вмісту води, зниженням тотальної кількості клітин, знижується і м'язова активність органів опорно-рухового апарату людини.

### 2. Чинники регуляції метаболізму, які людина може змінювати.

Такі чинники отримали назву *динамічними*. До динамічних чинників відносяться: *раціон і режим харчування, маса тіла, фізична активність, хронічні хвороби, психоемоційний стан, сон*.

Важливим впливом на загальний обмін речовин володіє їжа, її кількість та склад. Разом із генетичними чинниками та способом життя саме їжа визначає стан здоров'я кожної конкретної людини. Недарма існують приказки «ми є те, що ми їмо», «свою хворобу шукай на дні своєї тарілки».

Приймання їжі підвищує інтенсивність обміну речовин, що триває протягом (5 - 6) годин. Такий вплив їжі на рівень обміну речовин та енергії називається специфічною **динамічною дією їжі**. Механізм такої дії їжі більшість дослідників пояснюють впливом на клітини організму людини

продуктів ферментативного розщеплення, проміжного обміну, активізацією перистальтики кишечника і посиленням роботи травних залоз.

### 3. Енергія основного обміну ( $E_{oo}$ ) організму людини.

**Енергія основного обміну** – це кількість енергії молекул АТФ, яка витрачається за **1 добу** для забезпечення життєздатності організму людини у стані відносного спокою ( $KФРА = 1$ ) при нормальних умовах ( $P = 760$  мм. рт ст,  $T = 20^0$  С). У **стані спокою** ця енергія витрачається на фізіологічну роботу серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної систем, нирок, екзокринних залоз, підтримання сталості температури тіла, м'язового тонуусу та інших постійних фізіологічних функцій, що разом забезпечують життєздатність організму людини протягом 24 годин.

Енергія основного обміну визначається за **формулою**:

$$E_{oo} = \Delta E_{oo} \cdot M_t \cdot T \quad (1)$$

Де:  $\Delta E_{oo}$  - кількість біологічної енергії, що витрачається організмом на підтримку життєздатності **1 кг маси тіла** людини на протязі **1 год.**, при  $KФРА = 1$ ;  $M_t$  – маса тіла людини;  $T = 24$  години.

$$\Delta E_{oo} = \text{const} = 1 \text{ ккал} : (1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ год}). \quad (2)$$

Показник  $\Delta E_{oo}$  отримав назву **величина основного обміну (ВОО)**. Виходячи з формул (1) і (2), людина масою тіла ( $M_t = 70$  кг) у стані відносного спокою ( $KФРА = 1$ ) витрачає для забезпечення своєї життєздатності за добу (**24 години**) кількість біологічної енергії, яка дорівнює:

$$E_{oo} = \Delta E_{oo} \cdot 70 \text{ кг} \cdot 24 \text{ год} = 1680 \text{ ккал.}$$

### 4. Енергія специфічно-динамічної дії їжі (Есдд).

**Енергія специфічно-динамічної дії їжі** —це кількість біологічної енергії (**ккал**), що витрачається організмом в процесі *перетравлення і засвоєння їжі*. Ця енергія витрачається на забезпечення роботи органів ротової порожнини та шлунково-кишкового тракту, які перетравлюють їжу і забезпечують всмоктування ферментативно розщеплених речовин необхідних для життєдіяльності людини. Есдд витрачається на процеси **катаболізму (1)**, які тривають в організмі людини на *протязі доби* після прийому їжі. Встановлено, що при змішаному харчуванні (рослинна + тваринна їжа) та оптимальному співвідношенні у раціоні харчування людини білків, жирів, вуглеводів, затрати біологічної енергії на перетравлення і засвоєння їжі становлять в середньому  $\approx 15\%$  від  $E_{oo}$ , тому:  $E_{сдд} = E_{oo} \cdot 0,15.$  (3)

Отже, за одну добу (24 год) людина, масою тіла 70 кг, витрачає на перетравлення і засвоєння їжі кількість енергії, яка дорівнює:

$$E_{сдд} = 0,15 \cdot \Delta E_{оо} \cdot M_{т} \cdot 24 = 252 \text{ ккал.} \quad (4)$$

### 5. Некеровані добові витрати біологічної енергії (Eн).

Некеровані добові витрати біологічної енергії (Eн) - це сумарні *добові* витрати енергії основного обміну (Eоо) + специфічно-динамічної дії їжі (Eсдд). Некеровані добові витрати Eн визначаються за формулою:

$$E_{н} = E_{оо} + E_{сдд} = 1,15 \cdot E_{оо} = 1,15 \cdot \Delta E_{оо} \cdot M_{т} \cdot T \quad (5)$$

Людина, масою тіла 70 кг, витрачає за *добу* кількість некерованої біологічної енергії, яка дорівнює: 1680 ккал + 252 ккал = 1932 ккал.

Енергетичні витрати на ріст маси тіла людини (Eмт) - це кількість біологічної енергії (ккал), що витрачається на процеси *проліферації* (розмноження) і фізіологічної *гіпертрофії* (ріст маси) клітин організму людини за певний період часу (T). Eмт забезпечує процеси *анаболізму* і визначається за формулою:

$$E_{мт} = \Delta m_{т} \cdot 1,15 \cdot \Delta E_{оо} \cdot M_{т} \cdot T \quad (6)$$

де  $\Delta m_{т}$  - *приріст* маси тіла (кг) людини за певний період часу T (тиждень, місяць у перерахунку на години!).

### 6. Керовані енергетичні витрати людини (Eк).

Керовані енергетичні витрати (Eк) забезпечують фізичну (м'язову) діяльність людини і визначаються за формулою:

$$E_{к} = 1,15 \cdot E_{оо} \cdot K_{ФА} = 1,15 \cdot \Delta E_{оо} \cdot M_{т} \cdot T \cdot K_{ФА} \quad (7)$$

де KФА - коефіцієнт фізичної активності при різних видах спортивної та робочої м'язової діяльності людини. В залежності від фізичного навантаження на організм KФА є (1 - 10); T - період часу (год), упродовж якого виконується фізичне навантаження. Наприклад: під час сну KФА= 1; під час *греблі* з максимальною швидкістю спортсмена KФА=10.

Керовані енергетичні витрати, що забезпечують *розумову* (*інтелектуальну*) діяльність людини (Eр), визначаються за формулою:

$$E_{р} = 1,15 \cdot E_{оо} \cdot K_{РА} = 1,15 \cdot \Delta E_{оо} \cdot M_{т} \cdot T \cdot K_{РА} \quad (8)$$

де KРА - коефіцієнт розумової (інтелектуальна + емоційна + творча) активності людини. Проведені дослідниками експерименти свідчать про те, що KРА є (1,3-1,5) у разі тільки інтелектуальної діяльності (читання книги, наукових статей, тощо); KРА є (1,6 — 2,0) - у разі інтелектуальної і емоційної діяльності (науково-дослідна робота, виступ вченого на конференції, артиста на

евтраді тощо); **КРА** є (2,0 - 2,5) - у разі розумової діяльності, яка супроводжується руховою (фізичною) активністю людини; **T** - період часу (год), упродовж якого виконується розумова діяльність людини.

**Загальні добові витрати біологічної енергії людини (Eз)** – це витрати енергії, що забезпечують життєдіяльність дорослої людини на протязі *добу* і визначаються за формулою 
$$E_z = E_k + E_n + E_p \quad (9)$$

**Середньодобовий коефіцієнт фізичної і розумової активності людини (КФРА)** - це показник, що характеризує *середню інтенсивність* праці (фізичного навантаження) людини на *протязі доби*.

У залежності від *середньодобових* цифрових значень **КФРА**, трудове населення України поділене на **4 групи** інтенсивності праці:

- **1 група, КФРА = 1,4** - працівники, переважно розумової праці;
- **2 група, КФРА = 1,6** - працівники легкої фізичної праці;
- **3 група, КФРА = 1,9** - працівники середньої фізичної праці;
- **4 група, КФРА = 2,3** - працівники важкої фізичної праці.

Для жінок, що працюють в умовах важкої фізичної праці **КФРА = 2,2**.

### **Джерела енергії для виконання фізичного навантаження різної потужності.**

У якості джерела енергії для виконання людиною фізичного навантаження різної потужності та інтенсивності використовуються вуглеводи та ліпіди, вміст яких в клітинах організму до кінця роботи помітно знижується. Безпосереднім джерелом енергії для скорочення (і розслаблення) усіх типів м'язів є **АТФ**. При цьому відбувається реакція розпаду молекул АТФ за участі ферменту скорочувального білка міозину – **АТФази**, який активується іонами кальцію:

$Ca^{2+} - \text{АТФаза} \text{ АТФ} + \text{H}_2\text{O}, \text{ АДФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \Delta Q, (\Delta Q = -7,3 \text{ ккал, або } 30 \text{ кДж})$

Вміст АТФ у скелетних м'язах відносно невеликий і вичерпується протягом 1-1,5 с напруженої роботи (3-5 сильних скорочень). Тому для підтримання м'язової діяльності повинен постійно відбуватися процес ресинтезу АТФ. *Ресинтез АТФ* здійснюється в реакціях, які проходять без участі кисню (анаеробні механізми) або за участі кисню (аеробний механізм). У звичайних умовах ресинтез АТФ відбувається переважно аеробно, а при напруженій м'язовій роботі, коли надходження кисню до м'язів ускладнене, в тканинах посилюються і анаеробні механізми ресинтезу АТФ. У скелетних м'язах людини виявлені три види анаеробних і один аеробний шлях ресинтезу АТФ. Порівняно

з іншими тканинами м'язи запасують більший рівень макроергічних сполук, що має значення для дуже швидкого переходу скелетних м'язів від стану спокою до максимальної активності, коли потреба в АТФ зростає у 20-200 разів.

*Тривала м'язова робота невеликої потужності* викликає плавне зниження концентрації глікогену у скелетних м'язах. У цьому випадку розпад глікогену протікає аеробно, зі споживанням кисню (+O<sub>2</sub>). Кінцеві продукти такого розпаду – вуглекислий газ і вода – видаляються з м'язових клітин в кров. Тому після виконання роботи помірної потужності у м'язах виявляється зменшення вмісту глікогену без накопичення лактату.

*На початку роботи* концентрація **цукру** у крові підвищується, але надалі, у міру вичерпання вуглеводних ресурсів **печінки**, знижується. До **40-50 хв.** роботи вміст цукру у крові повертається до рівня спокою. Але, якщо робота відбувається *довше цього періоду*, може знизитися нижче рівня.

При *високому емоційному порушенні* в організмі більш тренуваних спортсменів спостерігається ще більш виражене зниження рівня цукру. Така значна *гіпоглікемія* негативно позначається на функціонуванні нервової системи і може супроводжуватися появою *непритомного* стану. Причиною *гіпоглікемічного стану* є неповне зникнення вуглеводних запасів, розвиток охоронного гальмування центральної нервової системи і зниження секреції гормонів наднирковими залозами, що супроводжується різким пригніченням процесів розщеплення глікогену, який залишився в організмі, до глюкози. Стимуляція розпаду глікогену введенням в організм адреналіну без приймання їжі може підвищити рівень цукру, що знизився у крові, до норми.

З використанням **ліпідів** як джерела енергії при виконанні фізичного навантаження, зв'язане підвищення вмісту у крові проміжних продуктів ліпідного обміну: вільних жирних кислот, ацетоуксусної кислоти, β - оксималяної кислоти, ацетону.

Висока інтенсивність обміну речовин в організмі спортсменів, що виконують роботу *помірної потужності*, підвищує температуру тіла до **39,5°C** і супроводжується більшими втратами води та мінеральних речовин. Останнє є однією з важливих причин стомлення при бігу на довгі та наддовгі дистанції. Тому бігуни на довгі і наддовгі дистанції та представники інших видів спорту, що відносяться до цієї зони потужності, потребують підвищеного споживання солей **Na, K**, фосфорної кислоти і деяких інших мінеральних речовин.

*При тривалій роботі* відбуваються істотні зміни в *білковому обміні*: знижується вміст структурних білків, білків ферментів, хромопротеїдів

(гемоглобіну, міоглобіну), нуклеопротейдів та ін. Причина цього - неузгодженість процесів розпаду і синтезу білка. Перші при роботі не тільки тривають, але й підсилюються внаслідок високої інтенсивності обміну речовин, великого функціонального навантаження, що падає при роботі на структурні та інші білки. Другі, що вимагають для свого протікання енергії АТФ, при роботі припиняються через дефіцит АТФ, що використовується при процесах енергетичного забезпечення роботи.

Отже, знання біохімії конче потрібні; вони корисні для більш адаптивної організації тренувального процесу, здійснення контролю за функціональним станом спортсменів, допомагають цілеспрямовано використовувати ергогенні засоби, які підвищують працездатність та прискорюють відновлювальні процеси, можуть бути корисними для організації раціонального харчування спортсменів. *Біохімічні процеси відіграють важливу роль в адаптації організму до фізичних навантажень*, у пошуках і розробці адаптивних засобів і методів підвищення працездатності, в оцінці рівня тренуваності, розробці шляхів реабілітації після фізичної перевтоми або спортивних травм.

## 7. Енергетична цінність продуктів харчування

**Енергетична цінність продуктів харчування** - це кількість біологічної енергії, що *утворюється* в процесі ферментативного окислення біоорганічних речовин, які містяться в продуктах харчування і оцінюється в “ккал”, або “кдж” (1 ккал=4,18 кдж).

**Коефіцієнт енергетичної цінності** продуктів харчування – це кількість енергії, що виділяється при ферментативному окисленні 1 г біоорганічних речовин (ккал): білків - 4; жирів - 9; цукрів (моно- і дисахаридів) -3,71(≈4); крохмалю- 4,1; органічних кислот (2, 5- 3,6); *етилового спирту*- 7.

Інші речовини продуктів харчування не є джерелами енергії. Чим більше у продукті енерговмістних речовин, то вища його енергетична цінність.

**Калоричний еквівалент кисню (КЕК, ккал/л)** – це показник, що визначає скільки енергії виділяється при споживанні організмом 1л кисню (O<sub>2</sub>). Для білків КЕК<sub>б</sub> = 4,5 ккал/л; жирів КЕК<sub>ж</sub> = 4,75 ккал/л; вуглеводів КЕК<sub>в</sub> = 5,1 ккал/л.

**Вологоутворююча здатність** продуктів харчування - це показник, що визначає скільки води утворюється при ферментативному окисленні 100г біоорганічних сполук. При окисленні 100г макронутрієнтів утворюється: білків

- 41г води; жирів - 107г води; крохмалю - 55г води; моно-і дисахаридів- 60г води і органічних кислот- 46г води.

### **Особливості метаболізму в організмі жінок.**

Метаболізм у жінок відрізняється нижчою базовою швидкістю порівняно з чоловіками через меншу м'язову масу та гормональні особливості. Жіночий організм ефективніше окислює жири. *Жінка швидше* накопичує жир, оскільки за своєю природою він необхідний їй для сприятливого перебігу вагітності та виношування дитини. Жіночий жир в основному підшкірний, розташовується на стегнах і сідницях. Жінки виробляють гормони, що здатні пригнічувати апетит і покращувати чутливість до інсуліну. *Жіночий метаболізм* залежить від менструального циклу. Він більш активний в перші *десять днів* після закінчення менструації і сповільнюється за тиждень до начала наступного циклу.

**Енергозабезпечення.** При фізичних навантаженнях жінки краще використовують жири та глюкозу, що знижує стомлюваність, при цьому підшкірний жир часто накопичується на стегнах та сідницях.

**Вікові зміни.** Після 30-40 років метаболізм уповільнюється через втрату м'язової маси (~1% на рік) та зниження рівня естрогену, що призводить до більш швидкого набору ваги.

**Реакція на стрес.** Жіночий метаболізм більш чутливий до стресу, що призводить до падіння рівня тестостерону, зменшення м'язової маси та уповільнення обміну речовин.

### **Список використаної літератури.**

1. Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О. Органічна хімія. Київ : Ірпінь, ВТФ «Перун», 2002. – 544 с.
2. Вибрані питання нутриціології: навч. посіб. / Л. Андріюк, О. Зав'ялова, С. Федяєва, В. Яцюк, С. Ломейко, Є. Глебова; Львів. нац. мед. ун-т ім. Данила Галицького. — Львів: Коло, 2015. — 118 с.
3. Волков Н. И., Несен Э. Н., Осипенко А. А., Корсун С. Н. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
4. Гігієна харчування з основами нутриціології. За ред. проф.В.І. Ципріяна Київ: Медицина, 2007. Т1. - 528 с.

5. Гігієна харчування з основами нутриціології. За ред. проф. В.І. Ципріяна. Київ: Медицина, 2007, Т.2 - 560 с.
5. Димань Т. М., Барановський М. М., Білявський Г. О. та ін. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування. Київ: Лібра, 2006. – 304 с.
7. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В. Харчова хімія. Київ : Кондор, 2012. – 248 с.
8. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Навчальні завдання. Полтава, ПУЕТ, 2014 – 134 с.
9. Загоруйко Г.Є. Організація лікувально-профілактичного і дієтичного харчування. Навчальні завдання. Полтава, ПУЕТ, 2012 – 87 с.
10. Зубар Н.М., Руть Ю.В., Булгакова М.К. Фізіологія харчування. Практикум. Київ : Центр учбової літератури, 2013 – 208 с.
11. Корсун С. М. Основи біохімії м'язової діяльності. Харків, 2003. – 105 с.
12. Мікроелементи та здоров'я. / Методичний посібник для роботи в лабораторії/ [О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. –ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 40 с.
13. Мохан Р., Глессо М., Гринхафф П. Л. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. Пер. с англ. В.Л. Смутьского. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 230 с.
14. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії. МОЗ України. Наказ № 272 від 18.11.1999 р.
15. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності– Київ : НУФВСУ «Олімпійська література», 2007. – 194 с.
16. Основи фізіології та гігієни харчування: / підручник Н. В. Дуденко [та ін.] – Суми: Університетська книга, 2009. – 555 с.
17. Павлоцька Л.Ф. Дуденко Н.В., Димитрієвич Л.Р. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.- 441 с.
18. Самохвалов В.Г., Булыгина О.Д., Сокол Е.Н. Физиология обмена веществ и энергии. Терморегуляция. Харьков : ХМИ, 2005. – 282 с.
19. Теоретичні та практичні аспекти нутриціології: навч. посіб. / Л. В. Андріюк, Т. П. Гарник, В. М. Яцюк, С. І. Федяєва; Львів. нац. мед. ун-т ім. Д. Галицького. — Львів: Посвіт, 2016. — 126 с. — Бібліогр.: с. 123—126.
20. Фабрі З. Й., Чернов В. Д. Біохімічні основи фізичної культури і спорту. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичної культури і спорту. Ужгород-2014- 95 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 14.

**Тема. Визначити метаболізм організму людини в нормі та при різних видах фізичної і розумової діяльності.**

**Метаболізм** – це складний комплекс фізико-хімічних, біохімічних і фізіологічних процесів, який спрямований на *перетравлення* складних біоорганічних і мінеральних сполук їжі, на відносно прості для забезпечення процесів росту, розвитку, фізичної і інтелектуальної діяльності людини.

**Складові метаболізму (СМ):** *катаболізм* (дисиміляція) + *анаболізм* (асиміляція). Зараз така спрямована послідовність біохімічних процесів в клітинах організму людини має такий вигляд:

**Метаболізм = катаболізм (1) + анаболізм + катаболізм (2).**

**Катаболізм (1)** - процес поглинання з їжею організмом людини із зовнішнього середовища складних біоорганічних сполук рослинного і тваринного походження та їх **ферментативного розщеплення** в порожнині органів травної системи до простих речовин: білків до амінокислот, жирів до жирних кислот + гліцерину, полісахаридів до моносахаридів, тощо. Цей процес супроводжується виділенням **теплової енергії**, яка підтримує *температурний гомеостаз* організму людини (стала температура +36,6°C).

**Анаболізм** - процес *всмоктування* (поглинання) з шлунково - кишкового тракту відносно *простих* хімічних сполук, їх *транспортування* по кровоносній системі, *поглинання* з крові клітинами організму і подальший *біосинтез* за допомогою внутрішньоклітинних ферментів власних складних біоорганічних речовин. Анаболічні процеси в клітинах організму забезпечують рост, розвиток, фізичну та інтелектуальну діяльність людини на протязі життя.

**Катаболізм (2)** - процес *ферментативного розщеплення в лізосомах* клітин власних складних біоорганічних сполук до відносно простих органічних молекул.

**Енергія основного обміну** – це кількість енергії молекул АТФ, яка витрачається за **1 добу** для забезпечення життєздатності організму людини у стані відносного спокою (**КФРА = 1**) при нормальних умовах (**P= 760 мм. рт ст, T= 20° C**). У стані спокою ця енергія витрачається на фізіологічну роботу серцево-судинної, дихальної, нервової, ендокринної систем, нирок, екзокринних залоз, підтримання сталості температури тіла, м'язового тонусу та інших

постійних фізіологічних функцій, що разом забезпечують життєздатність організму людини протягом 24 годин.

Енергія основного обміну визначається за **формулою**:

$$E_{oo} = \Delta E_{oo} \cdot M_t \cdot T \quad (1)$$

Де:  $\Delta E_{oo}$  - кількість біологічної енергії, що витрачається організмом на підтримку життєздатності **1 кг маси тіла** людини на протязі **1 год.**, при КФРА = 1;  $M_t$  – маса тіла людини;  $T = 24$  години.

$$\Delta E_{oo} = \text{const} = 1 \text{ ккал} : (1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ год}). \quad (2)$$

Показник  $\Delta E_{oo}$  отримав назву **величина основного обміну (ВОО)**. Виходячи з формул (1) і (2), людина масою тіла ( $M_t = 70$  кг) у стані відносного спокою (КФРА = 1) витрачає для забезпечення своєї життєздатності за добу (**24 години**) кількість біологічної енергії, яка дорівнює:

$$E_{oo} = \Delta E_{oo} \cdot 70 \text{ кг} \cdot 24 \text{ год} = 1680 \text{ ккал.}$$

**Загальні добові витрати біологічної енергії людини ( $E_z$ )** – це витрати енергії, що забезпечують життєдіяльність дорослої людини на протязі *добу* і визначаються за формулою  $E_z = E_k + E_n + E_r \quad (3)$

**Середньодобовий коефіцієнт фізичної і розумової активності людини (КФРА)** - це показник, що характеризує *середню інтенсивність* праці (фізичного навантаження) людини на *протязі доби*.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.

**Визначити поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування студента (ки) \_\_\_\_\_ масою тіла (кг) \_\_\_\_\_ віком \_\_\_\_\_**

1. Визначити **некеровані** енерговитрати для забезпечення добового основного обміну ( $E_{oo}$ ) організму студента(ки).
2. Визначити **некеровані** енерговитрати для забезпечення добової функції специфічно - динамічної дії їжі ( $E_{сдд}$ ) студента(ки).
3. Визначити **сумарні** некеровані добові енерговитрати ( $E_n$ ) студента (ки)..
4. Визначити **некеровані** енерговитрати організму на протязі **8 год** сну.
5. Визначити **керовані** енерговитрати на *професійну* діяльність ( $T = 8$  год).

6. Визначити **керовані** енерговитрати на *навчальну* діяльність (T=4 год).
  7. Визначити **керовані** енерговитрати на *заняття спортом* (T=2 год).
  8. Визначити **керовані** енерговитрати на *відпочинок* (T=2 год).
  9. Визначити **сумарні** добові енерговитрати на різні види діяльності.
  10. Визначити *середньодобовий* коефіцієнт фізичної і розумової діяльності.
  11. Визначити, до якої **групи** працездатного населення відноситься студент(ка)?
  12. Визначити **скільки (г)** білків, жирів, вуглеводів повинно міститися у добовому раціоні харчування студента(ки)\_\_\_\_\_ при таких умовах: кількість білків **1,1 г/кг** маси тіла; співвідношення у раціоні харчування **білки : жири : вуглеводи (1 : 1,1 : 4,1) г**.
  13. **Розрахувати вміст (г)** моно-, дисахаридів, крохмалю і рослинних волокон у добовому раціоні харчування при **КФРА** \_\_\_\_\_
  14. Визначити **енергетичну** цінність добового раціону харчування
  15. Визначити **об'єм кисню (л)**, який потрібен для окислення жирів, вуглеводів і білків добового раціону харчування студента(ки)\_\_\_\_\_.
  16. Визначити **об'єм двоокису вуглецю (л)**, який утворюється при окисленні жирів, вуглеводів і білків добового раціону харчування студента(ки).
  17. Визначити кількість **азоту (г)**, що входить до складу азотовмісних речовин міститься у добовій сечі студента (ки)\_\_\_\_\_.
  18. Визначити *окрему і загальну* вологоутворюючу здатність білків, жирів, вуглеводів, які входять до складу добового раціону харчування студента
- Увага! При рішенні завдання 14 використовуйте дані таблиці 1. Самостійно оберайте види професійної діяльності та спорту.**

Таблиця 1

**КОЕФІЦІЄНТ ФІЗИЧНОЇ І РОЗУМОВОЇ АКТИВНОСТІ (КФРА)  
ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ**

№ пор.	Вид діяльності	Показник КФРА	
		у чоловіків	у жінок
<b>1</b>	<b>НАВЧАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ</b>		
<b>1.1</b>	<b>Практичні заняття:</b>		
	лабораторні	2,7	2,6
	семінарські	1,9	1,8
	семінарсько-лабораторні	2,4	2,3
	на практичних об'єктах	2,8	2,7
<b>1.2</b>	<b>Навчально-дослідна робота</b>	2,6	2,5
	Прибирання робочих місць	2,2	2,0
<b>1.3</b>	<b>Робота за комп'ютером сидячи</b>	1,7	1,6
	Робота за комп'ютером стоячи	2,7	2,6
<b>1.4</b>	<b>Лекції, доповіді</b>	2,0	1,9
<b>1.5</b>	<b>Підготовка до занять:</b>		
	Читання навчальної літератури	1,6	1,6
	перегляд наукової літератури	1,8	1,7
	реферування наукової літератури	2,0	1,9
<b>2</b>	<b>ОСОБИСТА ГІГІЄНА, САМООБСЛУГОВУВАННЯ</b>		
	Умивання	1,6	1,5
	Душ	1,8	1,7
	Одягання, роздягання, взування	1,9	1,8
	Приймання їжі сидячи	1,5	1,3
	Приймання їжі стоячи	1,7	1,6
<b>3</b>	<b>ВЕДЕННЯ ДОМАШНЬОГО ГОСПОДАРСТВА</b>		
	Легке прибирання	2,7	2,7
	Прибирання з помірним навантаж.	3,3	3,7
	Підмітання будинку	3,5	3,5
	Підмітання подвір'я	3,1	3,0

Продовження таблиці 1

	Вид діяльності	Показник КФРА	
		У чоловіків	у жінок
	Прання одягу, білизни	2,5	3,3-4,4
	Миття посуду	1,6	1,5
	Догляд за дітьми	2,2	2,7
	Приготування їжі	1,8	2,2
	Рубання дров	4,1	-
	Придбання продуктів, товарів	3,0-3,5	4,0-4,5
	Миття підлоги, стін, вікон	3,3	3,7
<b>4</b>	<b>ПЕРЕМІЩЕННЯ</b>		
	Ходіння по дому	2,5	2,4
	Прогулянка повільно	2,8	3,0
	Прогулянка у звичайному темпі	3,2	3,4
	Прогулянка з тягарем у 10 кг	3,5	4,6
	Прогулянка вгору повільно	4,7	-
	Прогулянка вгору в звичайному	5,7	4,6
	Прогулянка вгору швидко	7,5	6,6
	Ходіння під гору повільно	2,8	2,3
	Ходіння під гору в звичайному темпі	3,1	3,0
	Ходіння під гору швидко	3,6	3,4
	Ходіння по сходах	6,2	6,1
	Їзда в транспорті	1,7	1,5
<b>5</b>	<b>ВЕДЕННЯ ПІДСОБНОГО ГОСПОДАРСТВА</b>		
	Робота лопатою	5,7	4,6
	Саджання дерев	4,1	4,3
	Обрізання гілок дерев	7,3	-
	Робота сапою, прополовання	2,5-5,0	2,9
	Садження коренеплодів	3,7	3,9
<b>6</b>	<b>БУДІВЕЛЬНА РОБОТА</b>		
	Тяжка робота	5,2	-
	Укладання цегли	3,3	-

**Продовження таблиці 1**

№ пор.	Вид діяльності	Показник КФРА	
		у чоловіків	у жінок
	Теслярська робота	3,2	-
	Малярна робота, обклеювання шпалерами	2,8	3,0
7	<b>РУКОДІЛЛЯ</b>		
	Шиття	1,5-3,0	1,9-3,0
	Ткацтво	2Д	2,2
	Вишивання	1,5	1,5
	В'язання	1,9	2,0
8	<b>ЗАНЯТТЯ СПОРТОМ</b>		
	Гра в шашки, шахи	2,2	2,1
	Гра в більярд, кеглі, гольф	2,2-2,4	2,2-2,4
	Аеробні танці низької інтенсивності	3,1	3,2
	Аеробіка високої інтенсивності	7,3	7,2
	Бадмінтон у помірному темпі	3,7	3,7
	Бадмінтон у напруженому темпі	7,3	7,1
	Баскетбол на стандартній площадці	5,5	5,6
	Волейбол	3,6	3,8
	Гандбол	7,0	7,1
	Ранкова гімнастика	2,3	2,2
	Легка гімнастика	3,5	3,5
	Напружена гімнастика	7,0	6,6
	Біг (11,2 км/год)	7,0	7,1
	Біг (16 км/год)	11,0	11,0
	Верхова їзда	4,5	4,6
	Гребля (два весла, 4 км/год)	3,0	3,1
	Гребля (одиначка з максимальною швидкістю)	10,2	10,5
	Гребля на каное (4 км/год)	2,6	2,7

**Продовження таблиці 1**

№ пор.	Вид діяльності	Показник КФРА	
		у чоловіків	у жінок
	Плавання (0,4 км/год)	2,9	3,0
	Плавання (2,4 км/год)	6,6	6,6
	Плавання швидким кролем	8,4	8,3
	Настільний теніс	3,0-4,0	3,0-3,9
	Хокей на траві	7,2	7,2
	Фехтування	3,1	3,1
	Футбол	6,8	6,6
	Туризм пішки (вага ноші 9 кг, швидкість — 3,2 км/год)	2,2	2,2
	Туризм швидкий (вага ноші 9 кг, швидкість — 6,4 км/год)	3,4	3,5
	Альпінізм	6,8	6,6
	Катання на ковзанах	3,5	3,7
	Швидкий біг на ковзанах	11,0	10,3
	Катання на лижах	3,9	4,0
	Швидкий спуск на лижах	3,8	3,9
	Водне поло	8,8	8,8
	Водні лижі	3,3	3,3
	Заняття силовим тренуванням На тренажерах	8,0	7,6
	Важка атлетика	6,0-10,0	6,0-8,8
9	<b>ВІДПОЧИНОК</b>		
	Спокійно сидячи	1,2	1,4
	Перегляд телепередач	1,2	1,4
	Танці в ритмі диско	6,0	5,8
	Сучасні танці	3,7	3,5
	Спів	1,6	1,6
	Читання художньої літератури	1,7	1,7
	Сон	1,0	1,0

**ТЕМА 11. ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО**

## ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ.

Вступ.

1. Фізіологічні функції їжі та фактори їх забезпечення.
2. Середня добова потреба спортсменів в углеводах.
4. Середня добова потреба спортсменів в ліпідах.
5. Середня добова потреба спортсменів в білках.

**Вступ.**

У спортсменів, що регулярно та інтенсивно займаються різними силовими видами спорту, суттєво зростають фізичні навантаження на організм. Це призводить до певних функціональних змін органів різних систем організму спортсменів. У висококваліфікованих спортсменів інтенсивні м'язові навантаження викликають мобілізацію фізичних і психологічних властивостей організму, що призводить до розвитку значного психоемоційного напруження. Це засвідчує актуальність питання щодо відновлення організму спортсменів після виконання значних фізичних навантажень. Отже, розробка науково обґрунтованих відновлювальних заходів у тренувальному процесі, гарантує підготовку спортсменів високого класу. У теперішній час встановлено, що виконання фізичних навантажень у різних видах спорту обумовлюється затратою енерговитрат організмом спортсменів від **5000** до **8000** ккал/ добу. Це спонукає вчених до розробки спеціальних продуктів харчування та раціонів харчування спортсменів адаптованих до різних видів спорту. Встановлено, що спортсмени, які виконують великі фізичні навантаження, щоденно затрачують у 2–3 рази більше калорій, порівняно з тими людьми, котрі ведуть малорухливий спосіб життя. В наш час вчені розробляють спортивне харчування, яке не лише адекватно поповнює енергозатрати, але й покращує внутрішні процеси організму людини. Отже, спортивне харчування набуває важливого значення в тренувальному процесі спортсменів усіх видів спорту.

### **1. Фізіологічні функції їжі при фізичному навантаженні.**

Основне значення харчування полягає в забезпеченні **енергетичного** та **пластичного** матеріалу для поповнення витрат енергії, побудови тканин й органів. Їжа – це комплекс тваринних і рослинних продуктів, які містять білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні солі й воду. Важливо знати, що добова

потреба в їжі повинна відповідати добовим затратам енергії. Тому добова потреба в їжі має встановлюватися залежно від добової затрати енергії, характеру й величини фізичного навантаження.

## **2. Середня добова потреба спортсменів в углеводах.**

Добове споживання дорослою людиною **вуглеводів** залежить від енерговитрат організму і становить 300–400 г. Спортсмени можуть потребувати вуглеводів у 1,5– 2 рази більше. У видах спорту на витривалість під час інтенсивних тренувань та у першу добу після них рекомендують споживати 10 г вуглеводів на 1 кг маси тіла на добу, а у силових і швидко-силових – 7 г на 1 кг маси тіла.

Основним джерелом енергії під час інтенсивної м'язової роботи є вуглеводи. Від їх запасів у скелетних м'язах і печінці опосередковано залежить тривалість аеробної фізичної роботи та висока витривалість, а також час настання втоми. Вуглеводи містяться, в основному, в продуктах рослинного походження (хліб, крупи, макарони, картопля, цукор, овочі та фрукти) у вигляді моно-, ди- і полісахаридів. Ди- і полісахариди їжі в системі травлення піддаються ферментативному гідролізу і перетворюються переважно в глюкозу.

Швидкість відновлення запасів глікогену в м'язах і печінці після фізичних навантажень залежить від швидкості надходжень вуглеводів в організм, типу вуглеводів, вибору часу для прийому вуглеводів та періоду відпочинку. Для повного відновлення запасів глікогену в м'язах після інтенсивних фізичних навантажень при споживанні їжі, багаті на вуглеводи, потрібно близько 20 годин, а при нераціональному харчуванні – ще більше. Правильний вибір часу прийому вуглеводів з їжею після змагань чи напруженого тренування сприяє більш ефективному відновленню запасів глікогену. Більш швидкий ресинтез глікогену м'язів відбувається при вживанні глюкози та сахарози (але не фруктози) за умови споживання продуктів з високим гліколітичним індексом.

## **3. Середня добова потреба спортсменів в ліпідах.**

**Жири** – обов'язкова складова збалансованого харчування. Вони, як і вуглеводи, є енергетичними субстратами під час інтенсивної роботи, але на противагу останнім **практично невичерпні**. При згорянні 1 г жиру утворюється 9,3 ккал. Жири також беруть участь у пластичному обміні, є важливою складовою клітин і тканин, особливо нервової тканини, а також джерелом ненасичених жирних кислот, що не синтезуються в організмі. Добова потреба

дорослої людини у жирах – 80–100 г, тобто 30–35 % від загальної калорійності їжі. З них тваринні жири становлять 70 %, рослинні – 30% (25–45 г залежно від інтенсивності роботи). Жири в процесі ліполізу розпадаються на гліцерин і вільні жирні кислоти, що відразу попадають у систему кровообігу і транспортуються до різних тканин. При виконанні м'язової роботи вільні жирні кислоти інтенсивно надходять у скелетні м'язи і служать ефективним енергетичним субстратом для їхньої роботи. Жири інтенсивно використовуються для енергозабезпечення скелетних м'язів і серця, переважно при аеробних режимах фізичної роботи, тобто у видах спорту на витривалість. У процесі адаптації організму до таких навантажень ліпіди для працюючих м'язів стають більш важливим джерелом енергії в порівнянні з вуглеводами.

#### 4. Середня добова потреба спортсменів в білках.

##### 5.

Потреби в **білках** у спортсменів вищі, ніж у тих осіб, які не тренуються (відповідно 2–2,5 г і 1,5 г на 1 кг ваги). Представникам тих видів спорту, для яких

властиві короткотривалий прояв максимальної потужності, швидка реакція та висока концентрація уваги (метальники, важкоатлети, борці тощо), слід збільшувати споживання білків. Цим спортсменам необхідні білки високої біологічної цінності, багаті на незамінні амінокислоти.

**Білки їжі** в процесі травлення розпадаються на 20 амінокислот, що надходять у кров, транспортуються в тканини, де використовуються для утворення нових індивідуальних білків організму людини чи в інших процесах. До складу білків входять **8 незамінних амінокислот**, які дуже потрібні організму, оскільки не можуть бути ним синтезовані. Біологічна цінність білків їжі визначається двома

параметрами: амінокислотним складом і засвоюваністю білка. Якщо в білку їжі є всі незамінні амінокислоти, тобто він повноцінний, і легко піддається ферментативному гідролізу в кишечнику, то біологічна цінність такого білка є максимальною. Високу біологічну цінність мають білки тваринного походження – м'ясо, яйця, риба, в яких біологічна цінність прийнята за 100 одиниць, тоді як білки продуктів рослинного походження – картоплі, кукурудзи, білого хліба й овочів – мають більш низьку біологічну цінність: 67, 36 і 30 одиниць відповідно.

Для спортсменів, що спеціалізуються у видах спорту **на витривалість**, потреба в білках складає **1-1,8г/кг на добу**. Згідно з окремими даними, при тривалій м'язовій діяльності потреба в білках не повинна **бути нижче 1,5 г/кг** на добу, оскільки тільки в такому випадку підтримується позитивний азотистий баланс в організмі спортсмена. У спортсменів, що спеціалізуються у видах спорту на витривалість, при незначних за обсягом й інтенсивністю фізичних навантаженнях в залежності від енерговитрат складає 1,3-1,8 г/кг/добу, при великих тренувальних навантаженнях – 2 г/кг добу, а для важкоатлетів та пауерліфтерів – 3 г/кг/добу, культуристів 3-4 г/кг/добу.

### **Контрольні запитання та завдання.**

1. Розкрийте функції вуглеводів.
2. Методика розробки режиму вуглеводного забезпечення в обраному виді спорту.
3. Які вуглеводи потрібно вживати до під час і після тренування?
4. Складіть раціон уживання вуглеводів для потреб свого організму.
5. Фактори впливу, що сприяють відновленню глікогену.
6. Вплив споживання вуглеводів на відновлення функціонального стану організму.
7. Розкрийте значення білків для організму людини?
8. Роль амінокислот у відновленні функцій організму.
9. Розробіть раціон споживання продуктів харчування з необхідною кількістю білків для свого організму?
10. Класифікація жирів.
11. Роль жирів у підвищення працездатності у різних видах спорту з проявом витривалості.
12. Охарактеризуйте роль мінералів у спортивній діяльності.
13. Розробіть раціон продуктів харчування з умістом кальцію.
14. Розробіть раціон продуктів харчування з умістом заліза.
15. Функції вітамінів для організму людини.
16. Значення продуктів підвищеної біологічної цінності в спортивній діяльності.
17. Роль біологічних добавок у спорті.
18. Які продукти бджільництва найдоцільніше використовувати у вибраному виді спорту?

19. Складіть схему прийому спортивних напоїв у тренувальному процесі.
20. Охарактеризуйте субстратні харчові добавки.

### **Список використаної літератури.**

1. Аванесов В. У., Подгорнова В. И., Мирзоев О. М. Средства восстановления в системе подготовки легкоатлетов высокого класса. Тематический сборник науч. трудов «Педагогические аспекты спортивной тренировки». Баку, Азерб.: ГИФК, 1987. С.55–66.
2. Ванханен В. В., Смолянский Б. Л. Рациональное питание спортсменов. Днепропетровск, 1994. 64 с.
3. Вілмор Джек Х., Костілл Девід Л. Фізіологія спорту. Київ: Олімп. літ., 2003. 634 с.
4. Виноградов В. Е. Стимуляция работоспособности и восстановительных процессов внутренировочными средствами в подготовке спортсменов высокого класса. Физическое воспитание студентов. 2011. № 5. С. 16–21.
5. Виноградов В. Е., Лысенко Е. Н., Черторыжская А. В. Применение внутренировочных средств мобилизационного типа в зависимости от индивидуальных особенностей спортсменов. Спортивная медицина. 2005. № 5. С.51–60.
6. Волков В. М. Восстановительные процессы в спорте. Москва: Физкультура и спорт, 1977. 144 с.
7. Горчакова Н. А., Гудивок Я. С., Гунина Л. М. и др. Фармакология спорта/ Киев: Олимп. лит., 2010. - 640 с.
8. Гольберг Н. Д., Дондуковская Р. Р. Питание юных спортсменов. Киев: Олимп. лит., 2007. 240 с.
9. Дрюков В. О., Містулова Т. Є. Науково-методичне та медичне забезпечення спортсменів у спорті найвищих досягнень: монографія. Київ: Наук. світ, 2004. 278 с.
10. Друзь В. А. Спортивная подготовка и организм. Киев: Здоровья, 1980. 128 с.
11. Дубровський В. И. Реабилитация в спорте. Киев: Олимп. лит., 1991. - 203 с.
12. Загоруйко Г.Є. Основи фізіології та гігієни харчування. Полтава:ПУЕТ, 134 с.
13. Зубар Н. М., Руль Ю. В., Булгакова М. К. Фізіологія харчування: практикум: навч. посіб. Київ: Центр учб. літ., 2013. 208 с.
14. Коровников К. А. Медико-биологическое обоснование создания высокоуглеводных смесей для питания спортсменов. Вопросы питания. 1991. № 5. С. 41–45.

15. Кулиненко О. С. Фармакологическая помощь спортсмену: коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат. Киев: Спорт. лит. 2006. 240 с.
16. Макаров Г. А. Регидрационные напитки в системе коррекции функционального состояния организма спортсменов. Теория и практика физической культуры. 1999. № 3. С. 3–9.
17. Марков Г. В., Романов В. И., Гладков В. Н. Система восстановления и повышения физической работоспособности в спорте высших достижений: метод. пособие. Киев: Спорт. лит. 2006. 51 с.
18. Медико-біологічні технології підвищення працездатності спортсменів: навч.-метод. посібник / укл. Ю. Г. Циба, А. Д. Молдован, П. І. Горюк. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. – 132 с.
19. Мітлашевська Ю. Б. Споживані властивості драгледодібних харчових продуктів для спортсменів: дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2015. 204 с.
20. Мирзоев О. М. Восстановительные средства в системе подготовки спортсменов. Киев: Олимп. лит., 2005. 220 с.
21. Павлова Ю., Виноградський Б. Відновлення у спорті: монографія. Львів: ЛДУФК, 2011. 204 с.
22. Питание в системе подготовки спортсменов/под ред. Смуль-ского В. Л., Моногарова В. Д., Булатовой М. М. Киев: Олимп. лит., 1996. 217 с.
23. Полиевский С. А. Основы индивидуального и коллективного питания спортсменов. Киев: Олимп. лит., 2005. 384 с.
24. Платонов В. М. Система підготовки спортсменів в олімпійському спорті. Загальна теорія і її практичні застосування: підручник [для тренерів]: в 2 кн. Київ: Олімп. літ., 2015. Книга 1. 2015. 680 с. Книга 2. 2015. 752 с.
25. Пути повышения спортивной работоспособности / под ред. Профессора В. С. Разводовского. Киев: Спорт. лит. 1982. 151 с.
26. Полищук Д. А. Питание спортсменов. Киев: Олимп. лит., 1996. 144 с.
27. Смоляр В. И. Рациональное питание. Киев: Наук. думка, 1991. 380 с.
28. Шемета О. О., Дожук К. М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя. Київ: Нац. мед. ун-т ім. О. О. Богомольця, 2015. 25 с.
29. Ялович В. Т. Медико-біологічні засоби відновлення та підвищення працездатності спортсменів. Луцьк: РВВ «Вежа» Волинський держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 128 с.
30. Ялович В. Т. Медико-біологічні й педагогічні засоби відновлення та підвищення працездатності спортсменів: метод. розробка. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2010. 184 с.

31. Яловик В. Т., Яловик А. В. Теорія і методика відновлення працездатності: підручник. Луцьк: Вежа-друк, 2017. 216 с.
32. Яловик В., Яловик А., Собчук Д. Використання спеціалізованого харчування спортсменами у різних видах спорту, які потребують витривалості. Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ: Рівне: РВЦ МЕНУ ім. акад. С. Дем'янчука, 2018. № 2 (20). С. 264–269.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 15.**

### **Розрахувати поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування спортсменів.**

#### **Завдання 15.1.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **68 кг**, *середньодобового КФРА=1,46*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

#### **Завдання 15.2.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **75 кг**, *середньодобового КФРА=1,66*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

#### **Завдання 15.3.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **79 кг**, *середньодобового КФРА=1,76*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

#### **Завдання 15.4.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **68 кг**, *середньодобового КФРА=1,77*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

#### **Завдання 15.5.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **83 кг**, *середньодобового КФРА=2,60*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини

### **Завдання 15.6.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **72 кг**, *середньодобового КФРА=1,67*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.7.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **84 кг**, *середньодобового КФРА=1,93*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.8.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **58 кг**, *середньодобового КФРА=2,23*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.9.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **63 кг**, *середньодобового КФРА=1,46*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.10.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла **79 кг**, *середньодобового КФРА=1,76*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.11.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла (МТ) **68 кг**, *середньодобового КФРА=3,10*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.12.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування **дорослого спортсмена**, масою тіла (МТ) **58 кг**, *середньодобового КФРА=2,70*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного *добового* раціону харчування цієї людини.

### **Завдання 15.13.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **53 кг**, *середньодобового КФРА=3,20*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

**Завдання 15.14.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **49 кг**, *середньодобового КФРА=2,40*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

**Завдання 15.15.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **57 кг**, *середньодобового КФРА=3,30*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

**Завдання 15.16.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **66 кг**, *середньодобового КФРА=3,50*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

**Завдання 15.17.**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **68 кг**, *середньодобового КФРА=3,60*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

### **Приклад рішення і оформлення домашніх завдань**

#### **Завдання**

**Розрахувати** поживну і енергетичну цінність добового раціону харчування дорослого спортсмена, масою тіла (МТ) **78 кг**, *середньодобового КФРА=1,86*. **Визначити** кількість (г) білків, жирів і вуглеводів для забезпечення адекватного добового раціону харчування цієї людини.

#### **Рішення**

**1.** *Визначаємо* кількість (г) білків у добовому раціоні харчування за формулою:  $тб = МТ \times 0,88 \text{ г} \times \text{КФРА}$ . Рішення:  $78 \text{ кг} \times 0,88 \text{ г/кг} \times 1,86 = 127,7 \text{ г}$ .

**2** *Визначаємо* кількість (г) жирів у добовому раціоні харчування. Використовуємо формулу  $(Б : Ж : В) = (1,26 : 1,38 : 4,6) \text{ г} \cdot \text{КФРА}$ .

$mж = МТ \times 1,38 \times КФРА. mв = 78 \times 1,38 \times 1,86 = 200 г.$

**3.** *Визначаємо* кількість (г) *вуглеводів* у добовому раціоні харчування. Використовуємо формулу  $(Б : Ж : В) = (1,26 : 1,38 : 4,6) г \cdot КФРА.$

$mв = МТ \times 4,6 \times КФРА. mж = 78 \times 4,6 \times 1,86 = 667 г.$

**4.** *Визначаємо енергетичну цінність (ЕЦ) добового раціону харчування. ЕЦ білків* =  $127,7г \times 4 \text{ ккал} = 511 \text{ ккал. ЕЦ жирів} = 200г \times 9 \text{ ккал} = 1800 \text{ ккал. ЕЦ вуглеводів} = 667 г \times 3,71 \text{ ккал} = 2475 \text{ ккал. Сумарна ЕЦ добового раціону харчування} = \mathbf{4786 \text{ ккал}}$

## **ТЕМА 12. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГІПЕРТРОФІЇ І ВТОМИ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ.**

Вступ

1. Робоча гіпертрофія скелетних м'язів.
2. Типи м'язових волокон.
3. Гіпертрофія скелетних м'язів при заняттях атлетичною гімнастикою.
4. Фізіологічні основи розвитку втоми при фізичній діяльності

**Вступ.** Скелетні м'язи – одна із найважливіших тканин тіла людини, що займає **40-50%** від маси тіла і виконують широкий спектр функцій, серед яких найважливішими є *рухи та дихання*, відповідають за енергетичний метаболізм та ендокринну функцію. М'язова маса є важливим чинником як фізичних якостей людини, що лежать в основі її *спортивних досягнень*, так і показником здоров'я, тривалості та якості життя. Кількість м'язових волокон, їх склад, рівень гіпертрофії м'язової маси – це внутрішньом'язові фактори, від яких залежить одна з найважливіших фізичних якостей – *сила* – здатність долати опір або протидіяти йому за рахунок *м'язової діяльності*.

### **1. Робоча гіпертрофія скелетних м'язів**

Наслідком систематичних фізичних тренувань є збільшення анатомічного поперечника м'язів – *робоча гіпертрофія* (від грець, «трофос» – живлення, збільшене живлення). *Вона розвивається в основному за рахунок потовщення існуючих м'язових волокон (від 10 до 100 мкм).* Вчені допускають також можливість «клітинного ділення» (розщеплення) товстого м'язового волокна з утворенням двох тонких. Розрізняють три основних типи робочої гіпертрофії м'язів: саркоплазматичний, міофібрилярний і змішаний.

*Саркоплазматична гіпертрофія* відбувається переважно за рахунок збільшення об'єму нескоротливої частини м'язового волокна -*саркоплазми*. При цьому типі гіпертрофії спостерігається суттєве підвищення метаболічних резервів м'яза (збільшення вмісту креатинфосфату, глікогену, міоглобіну тощо), збільшення числа функціонуючих капілярів. Найбільш схильні до гіпертрофії повільні (*тип I*) і швидкі окислювальні (*тип ІІА*) м'язові волокна. Саркоплазматична гіпертрофія мало впливає на ріст сили м'язів, в більшості випадків вона не змінюється або несуттєво знижується (Я.М.Коц, 1986). Основним наслідком саркоплазматичної гіпертрофії є значне зростання витривалості організму людини.

*Міофібрилярна гіпертрофія* розвивається переважно за рахунок збільшення числа і об'єму міофібрил, збільшення щільності їх укладки в м'язовому волокні. Даний тип гіпертрофії м'язів сприяє значному збільшенню сили м'язів. Найбільш схильні до міофібрилярної гіпертрофії швидкі (*тип ІІВ*) м'язові волокна.

*Змішана (саркоплазматична + міофібрилярна) гіпертрофія* у людини розвивається в залежності від професійної діяльності, першого або другого типу. У спортсменів направленість гіпертрофії визначається характером тренувань. *Саркоплазматична гіпертрофія* розвивається при виконанні великого обсягу динамічних вправ, *міофібрилярна* – при виконанні вправ з великими м'язовими напруженнями (більше 70% від максимальної довільної сили м'язів). При тренуванні сили гіпертрофуються переважно швидкі м'язові волокна, а при тренуванні витривалості – повільні (Принс і ін., 1976). Таким чином, високий відсоток швидких волокон у м'язах – важлива передумова розвитку м'язової сили, а високий вміст у м'язах повільних волокон – свідчення великих потенційних можливостей розвитку витривалості. Сила, швидкість скорочень і витривалість повільних і швидких м'язових волокон різні, що зумовлено їх морфологічними і біохімічними особливостями.

## 2. Типи м'язових волокон.

**Повільні м'язові волокна** («червоні» м'язи) мають багато капілярів, міоглобіну і мітохондрій. Вони повільно стомлюються, забезпечуючи довготривалі м'язові скорочення порівняно невеликої сили (стаєрський і марафонський біг, лижні гонки, велосипедний спорт тощо). Чим більше генетично обумовлених повільних волокон, тим вищий спадковий показник максимального споживання кисню. Робоча гіпертрофія повільних волокон лежить в основі розвитку витривалості.

**Швидкі м'язові волокна (тип II)** називаються *гліколітичними*, це – «білі» м'язи. На відміну від повільних окислювальних волокон вони працюють в безкисневому (анаеробному) режимі. Розвиваючи велику силу статичних і динамічних скорочень швидкі м'язові волокна зумовлюють «вибухову» силу і високу швидкість рухів (спринтерський біг, стрибки, підняття штанги).

В процесі спортивних тренувань на витривалість можна досягнути перетворення частини швидких чисто гліколітичних анаеробних білих волокон (тип II) у другу частину швидких волокон – у волокна окислювально-гліколітичного ж типу (IIA), які можуть скорочуватись сильно, інтенсивно на протязі тривалого часу в аеробних і анаеробних умовах повільно стомлюючись (табл.5). Такі перетворення можливі тільки в межах II типу м'язових волокон. Таким чином, поруч з поділом волокна на I і II типи вчені стали розрізняти м'язові волокна двох видів типу II: підтип – II A і підтип II B. Волокна підтипу IIA за своїми властивостями наближаються до повільних волокон типу I. Вони окисно-гліколітичні, тобто мають можливість працювати як волокна типу I (повільні) і як волокна типу II B (швидкі). Волокна підтипу II A здатні функціонувати не тільки в анаеробних, а й в аеробних умовах, пристосовуючись до виконання довготривалих фізичних вправ великої сили і великої швидкості.

. Перетворення повільних волокон типу I у швидкі волокна типу II (підтип II A чи в підтип II B) і, навпаки, перетворення волокон типу II у волокна типу I при будь – яких тренуваннях не можливе, оскільки співвідношення волокон типів I і II має генетичне походження. Дослідженнями вчених встановлено, що спринтери відрізняються від стайерів кількістю швидких (білих) м'язових волокон. У спринтерів – **80-85%** швидких і: **20-15%** повільних червоних) волокон, а у стайерів **80-90%** повільних і **10-15%** швидких волокон. Отже, на короткі дистанції (швидкісно – силова робота) доцільно спеціалізувати осіб, у м'язах яких міститься не більше **30%** м'язових волокон **типу I**, а на довгі дистанції (робота на витривалість) – спортсменів, м'язи яких містять **60%** і більше м'язових волокон цього типу. Доведено, що спортсмени, в м'язах яких переважають повільні м'язові волокна, не можуть досягнути значних результатів у *спринті*, тому що кількісне співвідношення волокон **типу I** і волокон **типу II** не змінюється в процесі фізичних тренувань. Цей факт необхідно враховувати в практиці фізичного виховання, зокрема при вирішенні питань спортивної орієнтації школярів. Важлива роль у розвитку гіпертрофії м'язів належить чоловічим статевим гормонам – андрогенам, які у чоловіків виробляються статевими залозами (сім'яниками) і корою наднирників, у жінок

– лише наднирниками. Андрогени посилюють синтез міофібрилярних білків, поліпшують координацію рухів, підвищують «агресивність» спортсмена в боротьбі за високі спортивні досягнення на змаганнях. Саме низьким вмістом андрогенних гормонів в організмі жінок можна пояснити значно меншу силу їхніх м'язів (приблизно на **20%** у порівнянні з силою м'язів чоловіків). Адже збільшення секреції андрогенів наднирниками у жінок з підвищеним обміном речовин завжди приводить до збільшення у них м'язової маси і сили. Введення тестостерону в організм чоловіків, які тренують силу, сприяє прискореному розвитку міофібрилярної гіпертрофії з одночасним зростанням м'язової сили.

### **3. Гіпертрофії скелетних м'язів при заняттях атлетичною гімнастикою**

Класичним прикладом суттєвого *росту об'єму і маси скелетних м'язів* людини є заняття *атлетичною гімнастикою і бодибілдінгом*. Ці системи фізичних вправ спрямовані на пропорційний розвиток скелетних м'язів, що досягається завдяки їхній *гіпертрофії* і водночас зменшенню *жирової* тканини тіла. Гіпертрофія м'язів забезпечується систематичними *тренуваннями*, що полягають у виконанні різноманітних вправ з обтяженнями (тренажери, штанги, *гантелі*, гирі тощо), та *відповідним харчуванням*, що стимулює нарощування м'язів, дає можливість мати невисокий процент підшкірного жиру і удосконалення будови тіла і статури.

*Медицина* визнає, що плуралізм з приводу множинності методів нарощування мускулатури не завжди обґрунтований і може бути шкідливий для здоров'я. М'язи різних людей відрізняються за співвідношенням «червоних» і «білих» м'язових волокон. Загальна кількість волокон в одному м'язі різних людей *неоднакова*. Це суттєво впливає на їх розвиток, бо *біцепс*, наприклад (оскільки в ньому більше білих м'язових волокон) треба тренувати з великою (12-15) кількістю повторень при виконанні вправи, а *трицепс*, навпаки, у силовому (7-9) стилі. Щоб накачати м'язи преса а також, м'язи шії, передпліччя, литки та трапеції їх треба навантажувати у великому обсязі та у незвичному для них стилі. До цього всього треба враховувати і особливості статури. Конституційна будова людини спадкова. Відсутня загальноприйнята єдина класифікація конституційних типів людини. У практиці фізичної культури поширена класифікація на підставі співвідношення пропорцій тіла, на базі яких виділяють три основних типи статури людини: нормостенічний, гіперстенічний і астенічний.

*Нормостенічний тип статури (мезоморф)* характеризується анатомічними

параметрами, що наближені до середніх вікових і статевих стандартів, пропорційною будовою, середнім розвитком м'язів, середнім прошарком підшкірного жиру, середньою шириною кісток, для якого характерні широкі плечі і грудна клітка, міцна м'язова структура.

*Гіперстенічний тип статури (ендоморф)* характеризується значним прошарком підшкірного жиру, широкими кістками, значною м'язовою масою, має великі кулясті форми, великий живіт, широку грудну клітку і торс, значні

жирові відкладення на стегнах, грудях, талії і сідницях.

*Астенічний тип статури (ектоморф)* характеризується відносно довгими кінцівками, незначною і слабо розвиненою м'язовою масою, тонким прошарком підшкірного жиру, вузькими кістками.

Програми тренування і харчування осіб різних типів статури докорінно відрізняються. Хоча м'язи з *білими волокнами* нарощувати масу легше і швидше, адже ефективність їхньої роботи залежить від їхньої товщини (числа скорочувальних білків), а у *червоних волокон* — від інших чинників (наприклад, кількість мітохондрій у м'язовому волокні).

*Білки.* Білок є головним будівельним матеріалом організму, необхідним для росту м'язових волокон і їхнього відновлення, а тому його вживанню культуристи приділяють особливу увагу. Культуристові потрібно більше білка, ніж звичайній людині. За різними оцінками йому необхідно вживати **1,5-2** і більше грамів білка на кілограм ваги, при цьому на білок має припадати до **25-30 %** від загальної калорійності харчування. Основними джерелами білка для культуристів продукти з високим вмістом білка, а також деякі горіхи та бобові. Крім цього, багато культуристів доповнюють свій раціон різними білковими добавками.

*Вуглеводи.* Загальну енергетичну цінність раціону підраховують, складаючи разом енергетичні компоненти *білків, вуглеводів і жирів*. Енергетична цінність 1 грама *білків* — 4 ккал, *вуглеводів* — 4 ккал, *жирів* — 9 ккал. Білки для організму в першу чергу будівельний матеріал. Головними джерелами енергії для організму залишаються *вуглеводи та жири*. В залежності від виду *фізичної активності* організм більшу перевагу віддає або жирам, або вуглеводам. Що ж до **бодибілдінгу**, то тут безконкурентним джерелом енергії є **вуглеводи**. Саме вони зумовлюють загальний фізіологічний тонус культуриста і в підсумку успішність його тренувань. *Систематичні фізичні навантаження спричиняють структурну перебудову м'язів, їх морфологічні зміни* —

гіпертрофію. Зміни структурної організації м'язів відбуваються на субклітинному, клітинному і органному рівнях. Відбувається як загальне збільшення об'єму і ваги м'язів, так і збільшення довжини і товщини їх клітинних елементів. Розмір і якість гіпертрофії м'язів обумовлені структурною будовою м'язів індивіда.

#### 4. Фізіологічні основи розвитку втоми при фізичній діяльності.

При тривалій та інтенсивній фізичній діяльності виникає стан втоми, прямим наслідком якого є дискоординація функцій і тимчасове зниження працездатності. Фізіологічним втома, що не переходить певних меж, корисна для організму.

Втома відображає перебудову регуляторних функцій від оптимального режиму роботи до екстремального, який визначає мобілізацію наявних фізіологічних резервів організму для підтримання певного рівня працездатності. Зовнішні об'єктивні ознаки втоми при фізичній роботі проявляються порушенням координації рухів, задишкою, надмірною пітливістю, почервонінням шкіри, зниженням продуктивності роботи тощо. Вираженість цих ознак втоми в значній мірі залежить від умов довкілля, індивідуальних особливостей людини, характеру фізичної діяльності. об'єктивні і суб'єктивні ознаки втоми (табл. 1).

**Таблиця 1.**

**Об'єктивні і суб'єктивні ознаки втоми**

Ознака втоми	Невелика (фізіологічна) втома	Значна втома (гостра перевтома)	Виражена перевтома
Колір шкіри	Невелике почервоніння	Значне почервоніння	Різке почервоніння, поблідніння і синюшність
Пітливість	Невелика	Велика	Надмірна(особливо нижче пояса). Вихід солей на поверхню шкіри
Дихання (дихальних циклів за 1 хвилину)	до 20-26 дихань за 1 хв., при підніманні в гору до 36 дихань за 1 хв.	38-46 дихань за 1хв., поверхневе	Різке (більше 50-60 дихань за 1хв.), поверхне-ве, ротове, аритмічне
Рух	Бадьора хода	Невпевнена хода, легке похитування, відставання від групи	Різке похитування, поява некоординованих рухів. Відмова від подальшого руху
Загальний вигляд	Звичайний	втомлений вираз лиця, постава (сутулість, опущені плечі)	Знесилений вираз лиця, апатія, різке порушення постави

Увага	Добре, безпомилкове виконання вказівок	Неточність у виконанні вказівок, помилки при зміні напрямку руху	Сповільнене, невірне виконання команд. Сприймаються лише гучні команди
Самопочуття	Ніяких скарг, крім почуття легкої втоми	Скарги на виражену втому, біль в ногах, серцебиття, задуха	Скарги на різку слабкість, сильне серцебиття, головний біль, нудота
ЧСС (ск/хв.)	110-150	160-180	180-200 і більше

*Стан втоми* проявляється і суб'єктивними відчуттями болю, що локалізуються в області працюючих м'язів. Формування цих відчуттів зумовлене всезростаючою за силою і тривалістю аферентної імпульсацією, яка виникає внаслідок *гіпоксії* та збільшенням у м'язах і крові недоокислених продуктів обміну (іншими зрушеннями у м'язах), значних напружень діяльності вегетативних систем, які відповідають за енергозабезпечення працюючих органів, за підтримання постійності внутрішнього середовища (температури, осмотичного і онкотичного тисків тощо).

## 6. Фізіологічні механізми виникнення втоми.

Однією з причин втоми є *виснаження енергозапасів*. Виснаження внутрішньо-м'язових запасів фосфагенів (АТФ і КрФ) відіграє важливу роль у розвитку м'язової втоми при виконанні *анаеробних вправ*. В кінці інтенсивних анаеробних навантажень вміст АТФ в м'язах знижується на **30-50%**, КрФ – на **80-90%**. Важливим фактором втоми при виконанні анаеробних вправ є виснаження запасів **глікогену** в м'язах та печінці і *глюкози в крові*, яка відіграє важливу роль в енергозабезпеченні нервових клітин.

Втома може бути спричинена надмірним нагромадженням в м'язах продуктів *анаеробного обміну*, зокрема молочної кислоти (**лактациду**). Високий вміст молочної кислоти у внутрішньому середовищі організму може призвести до зміни постійності складу крові і міжклітинної рідини (зрушення рН в кислу сторону), що, в свою чергу, погіршуючи умови для нормального функціонування нервової системи, знижує скоротливу здатність м'язів, порушує функціонування вегетативних органів. *Надмірне нагромадження* лактициду в працюючих м'язах є суттєвим фактором втоми при виконанні вправ *субмаксимальної і великої потужності*. Згідно з центрально-нервовою теорією втоми, розробленою І.М. Сеченовим, процеси, що зумовлюють втому, безпосередньо зв'язані з розвитком гальмування в рухових центрах кори

великих півкуль. Розвиваючи вчення І.М.Сеченова про втому, І.П.Павлов показав, що *втома* відповідних рухових нервових центрів є проявом позамежного гальмування, яке виникає в інтенсивно працюючих нервових клітинах внаслідок інтенсивної *пропріорецептивної* імпульсації від працюючих м'язів. Сучасні уявлення про втому базуються на положенні про багатосистемність змін функцій при роботі. Втома є наслідком змін не в якому-небудь одному органі або системі органів, а в багатьох із них. *Ніяких спільних для усіх випадків механізмів втоми не існує*. В залежності від конкретної ситуації головна роль в розвитку втоми може належати різним фізіологічним системам. Втома може бути зумовлена змінами функціонального стану регулюючих систем (нервової і гуморальної), систем вегетативного забезпечення діяльності, або ж змінами в самому руховому апараті (зміни скоротливої функції міофібрил, порушення електромеханічного зв'язку м'язових волокон, погіршення проведення імпульсів в нервово-м'язових синапсах тощо).

#### **6. Особливості розвитку втоми м'язів при фізичному навантаженні.**

Загальновідомо, що швидкість настання втоми залежить від специфіки фізичних вправ. Значно швидше вона настає при виконанні статичної роботи менш втомлива динамічна робота. В цілому ж механізми розвитку втоми завжди конкретні для даних умов рухової діяльності. Розвиток великих статичних м'язових напружень пов'язаний з активністю великої кількості спинальних мотонейронів, до яких від рухових центрів кори мозку надходять збуджуючі високочастотні імпульси. Проте інтенсивна "кіркова команда" може підтримуватись всього декілька секунд, що і визначає швидкий розвиток втоми. Причиною *втоми при тривалих напруженнях* тетанічного характеру є також *порушенні капілярного кровообігу*, спричинене підвищенні внутрішньом'язовим тиском. При цьому різко зменшується надходження до м'язових волокон кисню внаслідок активізації анаеробних процесів енергозабезпечення в м'язах нагромаджується надмірна кількість кислих продуктів обміну. Картина втоми при динамічній роботі визначається насамперед її потужністю. При *циклічній роботі* анаеробної потужності головною причиною втоми і розвиток позамежного гальмування в рухових центрах кори мозку, зумовленого високою пропріорецептивною імпульсацією. Другою, не менш важливою, причиною втоми в даній зоні потужності є *вичирпання запасів енергії фосфатної енергосистеми*.

*Виникнення втоми в зоні субмаксимальної потужності* зумовлене, по-перше, вираженими змінам діяльності ЦНС (з причин високої імпульсації від пропріо- і хеморецепторів працюючих м'язів), *по-друге*, недостатністю вегетативного забезпечення працюючих систем організму, що приводить до зміни постійності внутрішнього середовища (високий кий кисневий борг, гіпоксемія, висока концентрація молочної кислоти) і, *по-третє*, функціональними змінами в периферичному нервово-м'язовому апараті (погіршення засвоєння ритму доцентрових імпульсів, порушення діяльності нервово-м'язових синапсів тощо). Головною причиною втоми, що розвивається при виконанні вправ великої потужності, є зміна постійності внутрішнього середовища (зниження рН, недостатнє забезпечення м'язів киснем протягом тривалого часу) з наступним розвитком захисного гальмування в ЦНС. Знижуючи лабільність нервових центрів, тривала гіпоксемія приводить до дискоординації вегетативних і рухових функцій.

**Втому** при (роботі в зоні помірної потужності), вчені пов'язують з монотонністю роботи, з погіршенням функції наднирників, із значним зниженням рівня глюкози в крові, з великими витратами жирів, доокислені продукти розпаду яких можуть викликає зміни гомеостазу внутрішнього середовища. При конанні вправ помірної потужності значно зростає навантаження на систему транспорту кисню, необ хідного для окислення глікогену і глюкози. Таким чином, основними причинами втоми при виконанні фізичних вправ тривалістю більше **30-40 хв.** є *виснаження запасів глікогену*, депонованого у працюючих м'язах і печінці, порушення терморегуляції (надмірне підвищення температури тіла), а також перевитрати глюкози, зниження концентрації якої в крові приводить до порушення функції ЦНС.

## **7.Фазовий характер розвитку втоми організму при динамічній роботі.**

В розвитку втоми організму спортсменів при виконанні динамічної роботи виділяють 3 фази

**Перша фаза втоми.** Це *фаза компенсованої втоми.* її характерною ознакою є зменшення довжини кроків при збільшенні їх частоти. Підтримання високої працездатності спортсмена (швидкість бігу) досягається вольовим зусиллям. Оскільки робота виконується із збільшеними енерговитратами, економність рухової діяльності знижується.

**Друга фаза втоми.** Подальше виконання роботи приводить до розвитку другої, *некомпенсованої фази* втоми. Зменшення довжини кроків бігуна в цій фазі не компенсується зростанням частоти, швидкість бігу при цьому знижується.

**Третя фаза втоми – фаза виснаження.** Це найбільш глибока ступінь втоми. Вона характеризується вираженим зниженням швидкості бігу внаслідок вираженого зниження і частоти, і довжини кроків. Спортсмени із недостатньо розвиненими вольовими якостями, спортсмени-початківці, в період цієї фази втоми часто сходять з дистанції. Компенсованій і некомпенсованій фазам втоми відповідають дві фази втоми– *переборювальна, непереборювальна*. Підтримання постійного рівня працездатності в першій фазі втоми досягається всезростаючим збудженням відповідних рухових центрів кори мозку. *Коефіцієнт корисної дії при цьому знижується.*

При подальшому продовженні роботи настає друга фаза втоми з розвитком захисного гальмування і з зниженням працездатності аж до припинення роботи. Для цієї фази втоми характерна більш виражена дискоординація рухових і вегетативних функцій організму, знижується ефективність роботи, погіршується прояв рухових здібностей (порушується точність і координованість рухів, падає швидкість бігу). Загальна картина розвитку втоми і її зовнішні прояви в різні фази переборювальної і непереборювальної втоми подана в **таблиці 2**. В науковій літературі є дані про виділення більшої кількості фаз втоми при м'язовій роботі. Так, В.І.Медведев (1968) в розвитку м'язової втоми виділяє *фази компенсації, субкомпенсації, перенапруження і можливого кінцевого пориву*. А.П.Сорокіна і ін. (1970) виділяють шість фаз втоми: мобілізація, пошук стійкої працездатності, дискоординація, динамічна компенсація, декомпенсація і некерована компенсація.

**Таблиця 2.**

**Характеристика фаз втоми при виконанні динамічної роботи (за Ю.І.Данько, 1974).**

Фаза втоми	Руховий апарат	ЦНС	Вегетативні системи
Фаза переборювальної втоми	Збереження ефективності рухів	Посилення домінантного збудження (вольове зусилля, поява індукційного гальмування)	Максимальне посилення функцій і зниження ККД

Фаза непереборювальної втоми	Порушення біомеханіки рухів	Виражений розвиток захисного гальмування	Дискоординація функцій і можливе їх послаблення
------------------------------	-----------------------------	--	---

## 8. Втома і розвиток фізичної натренованості. Перевтома.

Спортивна діяльність, як правило, проходить на фоні великої втоми. Більше **30%** тренувального часу спортсмени проводять на фоні переборювальної втоми (при тренуванні марафонців цей процент значно більший). Фізіологічний смисл даного явища полягає в тому, що тренування на фоні вираженої втоми забезпечують адаптацію нервової та інших систем організму до підвищених тренувальних навантажень, до несприятливих (змінених) умов внутрішнього середовища. Сприяючи мобілізації адаптивних механізмів організму, втома, таким чином, стає визначальним фактором підвищення його функціональних можливостей і працездатності. Повторення тренувань на фоні переборювальної втоми приводить до морфологічних і функціональних змін в організмі і, як наслідок, до зростання фізіологічних резервів спортсмена. Якщо ж тренувальні навантаження припиняються до початку втоми, розвиток натренованості сповільнюється або зовсім припиняється. Порушення постійності внутрішнього середовища, яке виникає при вираженій втомі, може носити риси дисстресу з його негативними наслідками. Біологічне значення втоми в цьому випадку полягає у своєчасному захисті організму і, перш за все, його нервової системи від виснаження і руйнування. Це досягається включенням механізмів захисного гальмування нервових волокон.

*При інтенсивних фізичних навантаженнях, що не відповідають рівню натренованості організму, при недостатньому за часом відпочинку між окремими тренуваннями, можливий розвиток перевтоми. Розрізняють гостру і хронічну перевтому.*

*Гостра перевтома частіше розвивається при одноразових фізичних перевантаженнях зокрема при проведенні тренувань в умовах високої температури і вологості повітря, коли швидко посилюється потовиділення і компенсаторні механізми неспроможні забезпечити підтримання постійності внутрішнього середовища (зміни рН крові, надмірне зростання температури тіла). При цьому різко зростає величина кисневого боргу, в тканинах і крові нагромаджується значна кількість продуктів анаеробного обміну.*

*Хронічна перевтома.* При частому повторенні тренувань в умовах неповного відновлення функцій організму розвивається стан *хронічної втоми*. Характерними ознаками цього стану є прогресуюче зниження загальної працездатності, порушення координації рухів, погіршення загального самопочуття (втрата апетиту, безсоння). Хронічна перевтома – головна причина розвитку стану перенатренованості. Природно, що розвиток натренованості при таких умовах припиняється.

**Висновки.** Гіпертрофія скелетних м'язів, як прояв їх пластичності, залежить як від спадкових чинників, так і від впливу факторів зовнішнього середовища, а саме фізичних навантажень та харчування. Обидві групи факторів реалізують свою дію на молекулярно-генетичному рівні. Схильність до розвитку гіпер-трофії, збільшеної безжирової маси тіла обумовлюється сукупністю генетичних поліморфізмів, до яких належать одонуклеотидні поліморфізми, інсерція/ делеція та тандемні повтори різних ділянок ДНК. До переліку молекулярно-генетичних маркерів, що асоційовані з показниками безжирової м'язової маси та гіпертрофії належать поліморфізми генів структурних білків саркомерів, міогенних регуляторних факторів, генів білків, учасників сигнальних шляхів, генів епігенетичних факторів. Вплив фізичних вправ на скелетні м'язи та розвиток гіпертрофії опосередковані епігенетичними механізмами та дією некодуєчих РНК (miRNA та lncRNA), які забезпечують також механізми м'язової пам'яті.

#### **атрофія м'язів від бездіяльності.**

*Атрофія* – це часткова смерть протоплазми м'язової клітини у ще живому організмі. При атрофії спостерігається зменшення товщини м'язових волокон, у них зменшується вміст скоротливих білків, енергетичних речовин, в серцевому м'язі з'являються ділянки некрозу, в шлунку – виразки. Атрофія часто розвивається у людей, що тривалий час хворіють і знаходяться на постільному режимі, у людей з травмованими нервами, перерізними сухожилками або з гіпсовими пов'язками. Прямим наслідком атрофії є зменшення маси м'язів і зниження їх працездатності. При своєчасному відновленні рухової активності наслідки атрофії поступово зникають

**Атрофія м'язів** виникає в результаті захворювання на деякі тяжкі хвороби, включаючи рак, СНІД, застійну серцеву недостатність, хронічне обструктивне захворювання легень, ниркову недостатність, тяжкі опіки тощо. Голодування з часом призводить до **атрофії м'язів**.

- Атрофія м'язів супроводжує млявим паралічів, зокрема, що виникають при паралітичної формі поліомієліту. Також м'язова атрофія розвивається поступово при спадкових дегенеративних захворюваннях м'язової системи; хронічно протікають інфекціях; порушеннях метаболічних процесів; розладах трофічних функцій нервової системи; тривалому застосуванні глюкокортикоїдів та ін.

Локальна м'язова атрофія формується при тривалій знерухомлених, пов'язаної із захворюваннями суглобів, пошкодженнях сухожилів, нервів або самих м'язів.

Атрофія м'язів - це оборотне або необоротне порушення трофіки м'язів з явищами стоншування і переродження м'язових волокон, значним зменшенням маси м'язів, ослабленням або зникненням їх скорочувальної здатності.

М'язові контрактури- часто виникають при захворюваннях суглобів і зачіпають прилеглі до суглоба м'язи, найчастіше згиначі.

Зниження м'язової сили

М'язова слабкість в проксимальних відділах кінцівок більш характерна для миопатій. У дистальних відділах - для полиневропатій, а також для миотонической дистрофії, дистальної м'язової дистрофії. Наростання слабкості після фізичного навантаження свідчить про розлад нервово-м'язової передачі або метаболічної міопатії (при порушенні утилізації глюкози або ліпідного обміну). З ендокринних захворювань м'язову слабкість найчастіше викликають гіпокортицизм, тиреотоксикоз, гіперпаратиреоз, акромегалія. Загальне зниження м'язової сили виникає при важких виснажують захворюваннях легенів, серцевої, печінкової і хронічної ниркової недостатності.

ОСНОВНІ захворюваннях, що супроводжуються

### **Вроджені аномалії м'язів**

Найбільш поширена вроджена аномалія м'язів - недорозвинення грудинно-ключично-соскоподібного м'яза, що приводить до кривошиєві. Часто виникають аномалії будови діафрагми з утворенням гриж. Недорозвинення або відсутність великого грудного або дельтовидного м'язів призводить до розвитку деформацій плечового пояса.

Паралічі (парези) - це стани, при яких руху м'язів відсутні або обмежені, відбувається втрата (зниження) здатності м'язів довільно скорочуватися внаслідок ураження нервової системи. Розрізняють центральні і периферичні паралічі (парези).

Центральні (спастичні) паралічі і парези характеризуються: м'язовим гіпертонусом, клонусов, гіперкінезією жовчовивідних (тривалим ритмічним скороченням і сіпанням м'язів), мимовільними, неконтрольованими

скороченнями м'язів обличчя, тулуба і кінцівок. М'язи стають ущільненими, напруженими, чітко контурируються, пасивні рухи утруднені і обмежені.

Периферичні (мляві) паралічі і парезихарактерізуються зниженою силою і слабким тонусом м'язів, їх атрофією. Мишці стають в'ялими, млявими, а пасивні рухи в суглобах надлишковими.

Міопатії - узагальнена назва гетерогенної групи захворювань м'язової системи (головним чином, скелетної мускулатури), обумовлених порушенням скорочувальної здатності м'язових волокон і що виявляються м'язовою слабкістю, зменшенням обсягу активних рухів, зниженням тонусу, атрофією, іноді псевдогіпертрофією. Виділяють первинні (м'язова дистрофія) і вторинні (запальні, токсичні, метаболічні і т.п.) міопатії.

- М'язові дистрофії - спадкові міопатії, що характеризуються прогресуючою м'язовою слабкістю, викликані деструкцією м'язових волокон. Оновлення м'язової тканини при цьому сильно порушено. При хвороби Дюшенна і східних захворюваннях порушується синтез дистрофіна, що призводить до порушення зв'язків цитоскелета з міжклітинним матриксом. М'язові волокна втрачають структурну цілісність і гинуть, при цьому м'язова тканина заміщається жировою.

- До групи запальних міопатій відносять такі захворювання.

- Захворювання інфекційної етіології:

- бактеріальні (стрептококовий некротичний міозит, газова гангрена);

- вірусні (грип, краснуха, ентеровірусна інфекція, ВІЛ-інфекція);

- паразитарні (токсоплазмоз, цистицеркоз, трихінельоз);

- спірохетозні (Лаймська хвороба).

- **Идиопатические** аутоімунні захворювання (дермато- і поліоміозит, ВКВ, ювенільний поліартрит і ін.).

- **Лікарські міопатії** виникають при прийомі різних лікарських препаратів: циметидина, пеницилламіна, прокаїнамідю (новокаїнамідю), хлорохіна, колхіцину, циклоспорину, глюкокортикоїдів, пропранололу та ін.

Міотонія - стан, при якому після скорочення м'язів виникає тонічна ригідність тривалістю в кілька секунд. Міотонія характерна для миотонической дистрофії, вродженої міотонії (хвороба Томсена), а також вродженої параміотонія, при якій ригідність м'язів провокується охолодженням.

**Міастенія** - захворювання, що характеризується наростаючою м'язовою слабкістю і патологічною стомлюваністю скелетних м'язів, що зумовлена

порушенням нервово-м'язової передачі. В основі міастенії найчастіше лежить імунне ураження (утворення антитіл до ацетилхолінових рецепторів постсинаптичної мембрани нервово-м'язового синапсу). Міастенія виникає у дітей в будь-якому віці і проявляється птозом, двоїнням в очах, бульбарними симптомами, наростаючою слабкістю м'язів.

- неонатальна міастенія розвивається у дитини грудного віку не пізніше 2 місяців після народження внаслідок пасивного перенесення антитіл трансплацентарно від матері, яка страждає на міастенію, плоду.
- Вроджена міастенія - захворювання, що характеризується птозом, зовнішньої офтальмоплегией, підвищеною стомлюваністю. Вона зумовлена генетичним дефектом нервово-м'язових синапсів з розвитком стійкості до інгібіторів холінерастери. Захворювання може розвинути внаслідок внутрішньоутробно, в період новонародженості або протягом перших років життя.

### **Список використаної літератури.**

1. Александрова А. Путеводитель по оздоровительным методикам для женщин. Традиционные и современные технологии стройности, здоровья красоты и хорошего настроения. – Киев: Астрель: АСТ, 2007. – 319 с.
2. Бодибилдинг. Баланс красоты и здоровья. Киев.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. 176 с.
3. Бодибилдинг для начинающих. – Киев: ФАИР-ПРЕСС, 2000. – 192 с.
4. Менхин А. В. Оздоровительная гимнастика: Теория и методика / А.В. Менхин, Ю. В. Менхин. – Киев: Феникс, 2002. – 384 с.
5. Національна доктрина розвитку ФК і С. – Київ, 2004.
6. Теорія і методика фізичного виховання / під ред. Т. Ю. Круцевич – Київ: Олімпійська література, 2008. – Т.1. – 424 с.; - Т. 2. – 392 с.
7. Платонов В. М. Система підготовки спортсменів в олімпійському спорті. Загальна теорія і її практичні застосування: підручник [для тренерів]: в 2 кн. Київ: Олімп. літ., 2015. Книга 1. 2015. 680 с. Книга 2. 2015. 752 с.
8. Ялович В. Т. Медико-біологічні засоби відновлення та підвищення працездатності спортсменів. Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 128 с.
9. Aref'yev V. H. Osnovy teorii ta metodyky fizychnoho vykhovannya: pidruchnyk. - Kamyanets'-Podil's'kyu : PP Buynyts'kyu O. A.,2014. - 368 s.
10. Heorhiy Kas'yanov. Proekt. Kontseptsiya rozvytku osvity Ukrayiny na period 2015–2025 rokiv [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://www.mon.gov.ua/>

11. Osnovy sportyvnoyi pidhotovky: navchal'nyy posibnyk [za redaktsiyeyu V. H. Aref'yeva]. – K., 2016. – 176 s.
12. Pylypey L. P. Profesiyno-prykladna fizychna pidhotovka studentiv [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : [http://lapochuk.ucoz.ua/load/ehlektronnaja\\_biblioteka\\_po\\_fv/knigi/profesijno\\_prikladna\\_fizychna\\_pidgotovka\\_studentiv\\_pilipej\\_1\\_p\\_2009\\_312\\_s/17-1-0-98](http://lapochuk.ucoz.ua/load/ehlektronnaja_biblioteka_po_fv/knigi/profesijno_prikladna_fizychna_pidgotovka_studentiv_pilipej_1_p_2009_312_s/17-1-0-98)
13. Rayevs'kyu R. T. Profesiyno-prykladna fizychna pidhotovka studentiv vyshchikh navchal'nykh zakladiv : navch.–metod. posib. / R. T. Rayevs'kyu, S. M. Kanishevs'kyu : za zah. red. prof. R. T. Rayevs'koho. – O. : Nauka i tekhnika, 2010. – 380 s.
14. Rudnichenko M. M. Rukhova aktyvnist' i zdorov'ya // Medyko-biolohichni osnovy valeolohiyi. Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv VNZ / M. M. Rudnichenko, P. D. Plakhtiy. Pid zah. redaktsiyeyu P. D. Plakhtiya. – Kam"yanets'-Podil's'kyu. Kam"yanets'-Podil's'kyu derzhavnyy pedahohichnyy universytet, informatsiyno-vydavnychyu viddil, 2000. – S.309-327
15. Анатомія та фізіологія з патологією: підручник для студ. вищ. мед. закл. освіти I-II рівнів акредитації / Я. І. Федонюк [та ін.]; ред. Я. І. Федонюк [та ін.]; Тернопільська держ. медична академія ім. І.Я.Горбачевського. -Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. - 676 с.
16. Олешко, В. Г. Силові види спорту: підруч. для студ. вузів фіз. виховання і спорту / Олешко В. Г. – Київ : Олімпійська література, 1999. – 288 с.
17. Лапутин, А. Н. Атлетическая гимнастика / А. Н. Лапутин. - Изд. 2е, перераб. и доп. - иев.: Здоровья, 1990. - 172 с.
10. Кашуба, В. А. Биомеханика осанки / В.А. Кашуба. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – 280 с.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 16.**

**Визначити ступінь гіпертрофії скелетних м'язів після довготривалих занять атлетичною гімнастикою.**

### **Морфометричні показники скелетного м'яза**

- L<sub>0</sub>** – *обхват* скелетного м'яза на початку тренувань, *см*;
- L<sub>1</sub>** – *обхват* скелетного м'яза в кінці довготривалих тренувань, *см*;
- S<sub>0</sub>** – *площа* поперечника скелетного м'яза на початку тренувань, *см<sup>2</sup>*;
- S<sub>1</sub>** – *площа* поперечника скелетного м'яза в кінці довготривалих тренувань, *см<sup>2</sup>*;

$S_{s0}$  – відносна площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза на початку тренувань, %;

$S_{s1}$  - відносна площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза в кінці тренувань, %;

$S_{п0}$  - площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза на початку тренувань,  $см^2$

$S_{п1}$  - площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза в кінці довготривалих тренувань  $см^2$ ,

$N$  – кількість м'язових волокон у скелетному м'язі (  $\times 10^3$ );

$\Delta S_0$  – середня площа поперечного перерізу м'язового волокна на початку тренувань,  $мм^2$ ;

$\Delta S_1$  - середня площа поперечного перерізу м'язового волокна в кінці довготривалих тренувань,  $мм^2$ ;

$k = S_{п1} \setminus S_{п0}$  ступінь гіпертрофії скелетного м'яза (у.о.)

$k_1 = \Delta S_1 \setminus \Delta S_0$  ступінь гіпертрофії м'язових волокон (у.о.)

### Приклад рішення завдань.

#### Завдання.

Визначити значення  $S_{п0}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_0$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 12$  см,  $L_1 = 14$  см,  $S_{s0} = 80\%$ ,  $S_{s1} = 85\%$ ,  $N = 800$ .

**Рішення. 1.** *Визначаємо значення  $S_0$ .* Спочатку визначаємо  $R_0$  – радіус площі обхвату скелетного м'яза на початку тренувань за допомогою формули:

$L_0 = 2 \pi \times R_0$ .  $R_0 = L_0 / 2 \pi = 12 \text{ см} / 6,28 = 1,91$  см. Визначаємо значення  $S_0 = \pi R_0^2$ . Після розрахунків отримаємо  $S_0 = 3,14 \cdot (1,91 \text{ см})^2 = 11,46 \text{ см}^2$ .

**2.** *Визначаємо значення  $S_1$ .* Хід обчислень такий самий як для  $S_0$ . Після розрахунків отримаємо  $S_1 = 3,14 \cdot (2,23 \text{ см})^2 = 15,61 \text{ см}^2$ .

**3.** *Визначаємо значення  $S_{п0} = S_0 \times S_{s0} / 100\% = 11,46 \text{ см}^2 \times 0,8 = 9,17 \text{ см}^2$*

**4.** *Визначаємо значення  $S_{п1} = S_1 \times S_{s1} / 100\% = 15,61 \text{ см}^2 \times 0,85 = 13,27 \text{ см}^2$*

**5.** *Визначаємо значення ступеня гіпертрофії  $k = S_{п1} \setminus S_{п0} = 13,27 \text{ см}^2 / 9,17 \text{ см}^2 = 1,45$  у.о. (на 45% збільшилася площа паренхіми скелетного м'яза)*

**6.** *Визначаємо значення  $\Delta S_1$  за допомогою формули  $\Delta S_1 = S_{п1} : N$ . Після розрахунків отримаємо:  $13,27 \text{ см}^2 : 800 = 0,0166 \text{ см}^2 = 1,66 \text{ мм}^2$*

**7.** *Визначаємо значення  $\Delta S_0$ . Хід обчислень такий самий як для  $\Delta S_1$   
 $\Delta S_0 = 9,17 \text{ см}^2 : 800 = 0,0115 \text{ см}^2 = 1,15 \text{ мм}^2$*

**8.** *Визначаємо ступінь гіпертрофії  $k_1 = \Delta S_1 \setminus \Delta S_0 = 1,66 \text{ мм}^2 / 1,15 \text{ мм}^2 = 1,44$  у.о.*

### **Завдання 16.1**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 13$  см,  $L_1 = 14$  см,  $S_{\text{с0}} = 82\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 84\%$ ,  $N = 840$ .

### **Завдання 16.2**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 16$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{\text{с0}} = 79\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 86\%$ ,  $N = 950$ .

### **Завдання 16.3**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 20$  см,  $L_1 = 24$  см,  $S_{\text{с0}} = 82\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 88\%$ ,  $N = 1800$ .

### **Завдання 16.4**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 22$  см,  $L_1 = 25$  см,  $S_{\text{с0}} = 78\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 85\%$ ,  $N = 2800$ .

### **Завдання 16.5**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 15$  см,  $L_1 = 17$  см,  $S_{\text{с0}} = 80\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 85\%$ ,  $N = 900$ .

### **Завдання 16.6**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 26$  см,  $L_1 = 30$  см,  $S_{\text{с0}} = 80\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 87\%$ ,  $N = 3800$ .

### **Завдання 16.7**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 21$  см,  $L_1 = 23$  см,  $S_{\text{с0}} = 83\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 87\%$ ,  $N = 2300$ .

### **Завдання 16.8**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 22$  см,  $L_1 = 24$  см,  $S_{\text{с0}} = 81\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 86\%$ ,  $N = 2200$ .

### **Завдання 16.9**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k$  і  $k_1$  якщо:  $L_0 = 18$  см,  $L_1 = 21$  см,  $S_{\text{с0}} = 83\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 87\%$ ,  $N = 1600$ .

### **Завдання 16.10**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_0 = 23$  см,  $L_1 = 25$  см,  $S_{\text{с0}} = 80\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 82\%$ ,  $N = 3900$ .

### **Завдання 16.11**

Визначити значення  $S_{\text{по}}$ ,  $S_{\text{п1}}$ ,  $\Delta S_{\text{о}}$ ,  $\Delta S_{\text{1}}$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_0 = 25$  см,  $L_1 = 27$  см,  $S_{\text{с0}} = 78\%$ ,  $S_{\text{с1}} = 80\%$ ,  $N = 4100$ .

### **Завдання 16.12**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 27$  см,  $L_1 = 28$  см,  $S_{s_o} = 75\%$ ,  $S_{s_1} = 78\%$ ,  $N = 3000$ .

#### **Завдання 16.13**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 28$  см,  $L_1 = 29$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 82\%$ ,  $N = 3100$ .

#### **Завдання 16.14**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 29$  см,  $L_1 = 31$  см,  $S_{s_o} = 81\%$ ,  $S_{s_1} = 84\%$ ,  $N = 3250$ .

#### **Завдання 16.15**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 31$  см,  $L_1 = 33$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 85\%$ ,  $N = 3500$ .

#### **Завдання 16.16**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 30$  см,  $L_1 = 32$  см,  $S_{s_o} = 82\%$ ,  $S_{s_1} = 85\%$ ,  $N = 3600$ .

#### **Завдання 16.17**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 32$  см,  $L_1 = 34$  см,  $S_{s_o} = 77\%$ ,  $S_{s_1} = 80\%$ ,  $N = 3700$ .

#### **Завдання 16.18**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 33$  см,  $L_1 = 34$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 82\%$ ,  $N = 3800$ .

#### **Завдання 16.19**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 28$  см,  $L_1 = 31$  см,  $S_{s_o} = 81\%$ ,  $S_{s_1} = 82\%$ ,  $N = 2700$ .

#### **Завдання 16.20**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 31$  см,  $L_1 = 33$  см,  $S_{s_o} = 79\%$ ,  $S_{s_1} = 81\%$ ,  $N = 2900$ .

#### **Завдання 16.21**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  якщо:  $L_o = 32$  см,  $L_1 = 34$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 81\%$ ,  $N = 2800$ .

### **ТЕМА. 13. ВПЛИВ НЕВАГОМІСТІ ТА ФАКТОРІВ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ НА СТАН ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ.**

1. Поняття «атрофія і гіпертрофія м'язів».

2. Вплив невагомості на стан людського організму.
3. Космічна медицина та її зв'язок з земною медициною
4. Зміни в організмі в умовах гравітації
5. Що потрібно робити перед польотом у космос
6. Космічні тренування
7. Космічні тренажери
8. Адаптація до космічних польотів

## **Вступ**

Людське тіло чудово пристосоване до умов життя на поверхні Землі, де діє сила тяжіння. Однак якщо мріяє полетіти у космос або ж взяти участь в колонізації Марсу, кружляти по кабіні буде весело тільки на початку. Адже відсутність звичної гравітації під час космічних польотів спричиняє зміни у роботі майже усіх систем організму. І хоча більшість з них тимчасові, вони можуть викликати серйозні проблеми зі здоров'ям, якщо не вживати відповідних заходів.

Фізичні тренування є одним із головних засобів для протидії негативним змінам в організмі, які виникають під час тривалого перебування на космічних просторах. Які ж саме зміни в організмі людини викликає перебування в космосі? Як тренуються космонавти і яке обладнання використовують? Як і чому відбувається атрофія м'язів у космонавтів? Розглянемо ці питання детальніше в наступних розділах. Навіть якщо вам не дуже цікаві польоти в космос, або ж як відбувається пристосування людського організму до космічних умов, всеодно ця

інформація буде для вас корисною тому що за вікном 21 століття і хто знає як складеться наше життя через 20-30 років, можливо за цей короткий термін люди оселяться на якійсь з планет нашої сонячної системи, і потрібно розуміти з якими труднощами ми можемо зіткнутись відправившись в космічну подорож. Доречі саме питання «Пристосування людського організму до космічних умов» розглядається в такому розділі науки як «Космічна медицина» - в ній можна знайти дуже багато корисної інформації про людський організм під час перебування у космосі.

### **1. Поняття «атрофія і гіпертрофія м'язів».**

**Атрофія м'язів** - це зниження м'язової сили внаслідок зменшення м'язової маси, або кількості м'язових волокон. Атрофія може бути частковою або повною, різною за ступенем м'язової слабкості. Атрофія м'язів часто є наслідком таких захворювань, як рак, СНІД, застійна серцева недостатність, хронічна

обструктивна хвороба легень, ниркова недостатність та опіки. Голодування також може призвести до атрофії м'язів. Просте невикористання м'язів, або через малорухливий спосіб життя, або через постільний режим, також може спричинити атрофію м'язів.

Атрофія м'язів характерна в деякій мірі під час старіння. Атрофія з часом через старіння відома як саркопенія. Хоча це не зовсім зрозуміло, підозрюється, що причиною саркопенії є поєднання зниження супутникових клітин для регенерації клітин скелетних м'язових волокон, а також зниження чутливості або доступності гормонів, включаючи фактори росту, які стимулюють підтримку м'язів через регенерація клітин м'язового волокна з клітин-супутників.

Втрата м'язів не внаслідок атрофії або саркопенії свідчить про захворювання, що призводять до структурних дефектів м'язів (м'язова дистрофія) або аутоімунних реакцій, що погіршують структуру м'язів (міопатії).

**Гіпертрофія м'язів** - це збільшення розмірів м'язи за рахунок збільшення розмірів її складових клітин. Відрізняється від м'язової гіперплазії, яка є утворенням нових м'язових клітин. Залежно від типу тренування гіпертрофія може відбуватися через збільшення саркоплазматичного об'єму або збільшення скорочувальних білків.

Ряд подразників може збільшити обсяг м'язових клітин, включаючи силові тренування або анаеробні тренування. Ці зміни відбуваються як адаптивна реакція, яка служить для підвищення здатності генерувати силу або протистояти втомі в анаеробних умовах.

Кілька біологічних факторів, таких як вік і харчування, можуть вплинути на гіпертрофію м'язів. У період статевого дозрівання у чоловіків гіпертрофія протікає з підвищеною швидкістю. Природна гіпертрофія зазвичай зупиняється при повному зростанні в пізньому підлітковому віці. Адекватний запас амінокислот має важливе значення для вироблення гіпертрофії м'язів. Оскільки тестостерон є одним з основних гормонів росту організму, в середньому, чоловіки знайти гіпертрофію набагато легше досягти, ніж жінки. Приймаючи додатковий тестостерон, як і в Анаболічні стероїди, підвищить результати. Він також вважається препаратом, що підвищує продуктивність, використання якого може призвести до припинення або заборони конкурентів на змаганнях. Крім того, Тестостерон також є медично регульованою речовиною в більшості країн, що робить його незаконним володіти його без медичного призначення.

## **2. Вплив невагомості на стан людського організму.**

Невагомість – стан тіла, при якому воно рухається тільки під дією сили тяжіння.

Невагомість виникає тоді, коли в тілах, що вільно рухаються, зникають додаткові деформації і взаємний тиск, людина перестає відчувати рух і свою вагу. Це відбувається коли тіло рухається з прискоренням спрямованим вниз і чисельно рівним прискоренню вільного падіння.

Чи можна створити умови невагомості? Частково можливо дати стверджувальну відповідь. **Вага** – це сила, з якою тіло тисне на опору чи підвіс. Отже, немає опори – немає й ваги. *Короткочасний стан невагомості відчуваємо у момент опускання на гойдалці з верхньої точки, коли літак провалюється у «повітряну яму» у ліфті, що вільно падає.* У стані невагомості перебуває будь-яке тіло під час вільного, тобто безопірною падіння. Якщо за звичайних умов не брати до уваги опір повітря, то в невагомості перебуває спортсмен, який стрибає з вишки, або виконує вправи на батуті. **Найвідоміший приклад невагомості – невагомість в умовах космічного корабля.**

Причина невагомості на орбіті полягає в тому, що сила тяжіння надає тілу і його опорі однакове прискорення. Цей висновок істинний для всіх тіл, які рухаються тільки під дією сили тяжіння.

**Людина дуже добре адаптується до різних фізичних умов на Землі, але після тривалого часу перебування у стані невагомості фізіологічні системи людини починаються змінюватись.** У стані невагомості людина зазнає симптомів синдрому космічної адаптації (космічна хвороба), що проявляється нудотою, запамороченням, млявістю, сильним головним болем. Сильні головні болі в стані невагомості викликає явище мікроскопічної гравітації, оскільки порушується протікання крові в судинах мозку голови та зменшується доступ кисню. Кров під надмірним тиском надходить у голову і тим самим викликає приступи головного болю. Невагомість – пригнічує імунну систему. Зазвичай організм людини при появі певного типу вірусу, активує 99 генів, які в свою чергу, активують захисні Т-клітини – білі клітини крові, щоб знищити вірус. Однак в умовах невагомості активується тільки 8 генів з 99 і захисні функції організму ослаблюються.

#### **Найзначніші негативні впливи невагомості:**

- атрофія м'язів, зниження м'язової та кісткової маси;
- перерозподіл рідини в тілі ;
- уповільнення серцево-судинної системи;

- зменшення виробництва еритроцитів;
- порушення рівноваги та ослаблення імунної системи;
- виявлені деформації очного яблука, зорового нерва і гіпофіза.

Тривале перебування в стані невагомості за твердженням європейських біологів має серйозні наслідки також для живих істот. Найбільше відмічено порушення роботи генів, які відповідають за клітинні процеси – метаболізм, імунну реакцію, захист від грибків, реакцію на тепло. Отже, виходячи зі сказаного вище, можна зробити висновок про те, що людський організм зазнає досить суттєвих змін під час перебування в невагомості.

### **3. Космічна медицина та її зв'язок з земною медициною.**

Правду кажучи, вплив космічної медицини на земну поки є доволі незначним, і причини тут цілком прозаїчні. Сучасна біологія, як і фізика елементарних частинок, є галуззю, в якій крихітний піддослідний об'єкт мікро- і наноскопічного розміру вивчається за допомогою величезних агрегатів, що можуть займати цілі кімнати. Простий комплекс для підтримання життєдіяльності клітин *ex vivo* (фахівці називають це «культивуванням»), який складається з ламінарного бокса і CO<sub>2</sub>-інкубатора, важить пару тонн. Ясна річ, тягти його на орбіту надзвичайно ресурсозатратно і просто нерентабельно з огляду на можливий корисний вихід.

З іншого боку, медичні дослідження з «космічною перспективою» могли би провадитись і в земних лабораторіях, але тут ми стикаємось із іншою проблемою: геркулесовим здоров'ям космонавтів. Як сказав Сміт Джонстон, директор Клініки спеціальної і польотної медицини NASA, «аерокосмічна медицина — це коли ми беремо дуже здорових людей і поміщаємо їх у дуже специфічні умови». Можна сказати, що звичайна медицина спрямована на лікування різних патологій у будь-яких пацієнтів, а космічна вирішує більшість проблем шляхом відсіву усіх потенційних пацієнтів ще на початкових етапах. Це здебільшого превентивна галузь. На користь цієї тези свідчить і такий факт: криві виживаності Каплана-Меєра, побудовані на основі даних про 316 колишніх астронавтів зі США (включно з 45 вже померлими), співпадають із такою ж кривою для найбільш здорової частки від тотальної популяції — людьми, що не курять, не страждають на зайву вагу й регулярно займаються фізичними вправами.

**Космонавти також хворіють.** Історія космічних подорожей знає і випадок інфекції сечостатевого тракту під час виконання місії Apollo 13 (невдалої за всіма пунктами), і раптового прояву серцевої аритмії в одного з членів екіпажу

більш успішної Apollo 15, і виявлення ниркових каменів у радянського космонавта прямо на орбіті у 1982 році, і ще кілька десятків дрібних і середніх патологій, які сталися під час виконання завдань у космосі й які могли загрожувати їх успішному завершенню або навіть життю пілота. Проте у контексті нашої теми цікаво інше: середовище поза Землею є дуже незвичним і навіть ворожим для людського тіла — ймовірно, не менш ворожим, аніж руїни Чорнобильської АЕС чи дно Маріанської западини — й перебування у ньому викликає в організмі зміни не так патологічного, як адаптивного характеру. Непомітні у випадку короткої кількадечної орбітальної подорожі, вони можуть набути загрозливого масштабу під час тривалого (понад пів року) перебування на МКС або, й поготів, упродовж майбутньої місії на Марс, яка, ймовірно, розтягнеться на кілька років. Саме дослідження цих змін і розробка відповідних контрзаходів можуть найбільше прислужитися лікарській справі.

#### **4. Зміни в організмі в умовах гравітації.**

Ефекти, про які йдеться, стосуються насамперед мікрогравітації та її впливу на опорно-руховий апарат. Ще з ранніх часів пілотованих польотів стало відомо, що людина втрачає приблизно 20% м'язової маси всього лишень за 5-10 днів у невагомості. Найбільше страждають при цьому м'язи, які фахівці у цій галузі називають «антигравітаційними» і які в земних умовах відіграють важливу роль в утриманні постави: м'язи спини, шиї та деякі з м'язів ніг, насамперед литкові та чотириголові. Такі різючі зміни відображають виняткову здатність біологічних систем до самоналаштування; метафорично кажучи, їх можна назвати суцільними клубками зворотних зв'язків. Навіть «безробітні» сенсорні й моторні нервові закінчення, як відомо, упродовж 1-2 місяців відмирають у випадку ампутації кінцівки, яку вони іннервували, що становить чималу проблему при конструюванні сучасних типів протезів. У регуляції «тренованості» м'язів бере участь ціла мережа сигнальних молекул, які об'єднуються під загальною назвою «міокіни». Деякі з них — такі, як FDF-8, або міостатин — своєю активністю призводять до послаблення м'язів і використання їхніх скоротливих білкових елементів як будівельного матеріалу для інших процесів в організмі, тоді як FST (фолістатин) і подібні виконують зворотну задачу — укріплення — й змушують тіло жертвувати заради цього іншими тканинами, насамперед жировою. Динамічна рівновага між цими протилежними процесами порушується, коли космонавти потрапляють в умови мікрогравітації, через що на орбіті їм нині доводиться витратити майже 2,5

години щодня на тренажерах. Не виключено, що при наближенні омріяної всіма експедиції на Марс стратегію доведеться змінити. Тренажер — не панацея, а першопрохідців у кінці шляху чекатиме не турботлива команда медиків і тривалий реабілітаційний курс, а чужа планета з силою тяжіння у 0,4 g. Хтозна, чи не вирішить NASA або SpaceX цю проблему, подарувавши ледачому людству першу фармакологічну заміну спортзалу?

Щоб уникнути атрофії м'язів, члени екіпажу Міжнародної космічної станції щодня проводять більше двох годин на тренажерах.

А поки подібні ноу-хау залишаються справою хоч і недалекого, та все ж майбутнього, космічна медицина ще у 60-х зробила певний внесок у вирішення проблеми м'язової атрофії. Тут маємо зазначити, що існує чимало «наземних» патологій (травматичних, інфекційних, нейродегенеративних), одним із наслідків яких є часткове або повне знерухомлення пацієнта. Усім відомий випадок Стівена Гокінга, який страждав на латеральний аміотрофічний склероз — загадкову поки що хворобу, за якої з незрозумілих причин вибірково гинуть  $\alpha$ -мотонейрони, нервові клітини спинного мозку, які безпосередньо передають команди від моторної зони церебрального кортексу до скелетних м'язів. Подібні випадки можна розділити на дві категорії: незворотні порушення, за яких підтримка м'язів у нормальному стані може мати хіба що естетичний сенс, і зворотні зміни, за яких перешкоджання м'язовій атрофії дозволяє обійтися без тривалої, вартісної та неприємної реабілітації. Наприклад, саме з випадком такого штибу мають зараз справу фахівці «Українських генетичних технологій». Пацієнт, який більшу частину життя прожив за кордоном, повернувшись в Україну, був раптово паралізований нижче поперека. Застосування техніки масового паралельного секвенування дозволило встановити інфекційний характер ураження (що дає надію на його зворотність), проте постає питання як пригальмувати деградацію м'язової тканини, доки не вдасться вигнати патогенні бактерії з цереброспинальної рідини хворого і відновити його рухову активність. Один із підходів, розроблених на початку ери орбітальних подорожей, полягає в електричному стимулюванні рухових нервів, що дозволяє надавати функціональне навантаження м'язу навіть в умовах, коли передача сигналів із ЦНС заблокована. Методика примітивна, але проведення щоденних сеансів тривалістю приблизно 30 хвилин дозволяє досягати назагал непоганих результатів. І хоча ця технологія не знайшла значного застосування в аерокосмічній галузі (через певні неприємні відчуття, які супроводжують її

застосування), однак у звичайних клініках її досі використовують — наприклад, при відновленні пацієнтів після інсульту.

Не менш загрозливих змін у невагомості зазнає кісткова тканина. Хоча, на перший погляд, вона є утворенням стабільним, неорганічним і складеним переважно з карбонату кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), насправді будь-яка кістка теж перебуває у стані динамічної рівноваги. Як і у випадку з м'язовою тканиною, тут функціональний стан визначається балансом між процесами формування кістки, здійснюваним розсіяними по неорганічному матриксу клітинами під назвою «остеобласти», та її резорбції, визначальну роль у чому відіграють клітини-остеокласти. На сьогодні зібрано чимало даних стосовно змін у кістковій тканині (фахівці називають це «ремоделюванням») у піддослідних тварин, які попередньо перебували 30 і більше діб в умовах мікрогравітації на борту МКС. Зокрема, група проф. Мелісси Кайсени з Університету штату Індіана показала, що лише за місяць у експериментальних мишей загальна кісткова маса зменшилася на 13%, а щільність кісткової тканини — на 21%. Ба більше: дослідження з цієї проблематики проводилися і на людях — звісно, за допомогою неінвазивного методу МРТ. Група проф. Кейтлін Бургхарт з МІТ продемонструвала численні анатомо-морфологічні зміни у хребті шести астронавтів, які щойно повернулися з МКС, серед яких були потовщення міжхребцевих дисків і подовження хребта загалом. Уявіть лише, що було б, якби люди після року в невагомості прибули на Марс зі старечим остеопорозом і грижами міжхребцевих дисків.

Ця проблема змушує напружувати мізки й «земних» біологів. У статті Вея Сана з колегами з Китайського центру досліджень і тренування тайконавтів розсмоктування кісткової тканини за відсутності гравітаційного навантаження пов'язали з білком Piezo1. Ця нещодавно відкрита молекула нині вважається одним із основних «біологічних датчиків» механічної стимуляції в організмах вищих тварин. Її досліджують усюди: в чутливих нервових терміналях шкіри Piezo1 дозволяє відчувати дотик, у судинах — приводити їхню архітектуру у відповідність до потоку крові, а, наприклад, у київському Інституті фізіології ім. Богомольця її вивчають у зв'язку з роботою гладеньких м'язів, що зазнають розтягнення. Як було виявлено у праці д-р Вея Сана, «вимкнення» гена Piezo1 — стан, який можна порівняти з умовами нульової гравітації — призводить до катастрофічних наслідків при формуванні кісток у мишей. Щільні їхні частини виявляються потоншеними, а губчасті (у спеціальній термінології — «трабекулярні») майже не формуються. Втім, є й гарні новини: уже сьогодні

існують фармакологічні речовини, здатні активувати Piezo1 навіть за відсутності, власне, механічної стимуляції. Найперша зі створених речовин такого типу — Yoda1, названа на честь майстра Йоди з «Зоряних війн», який в одному з епізодів підняв космічний корабель X-Wing з болота без застосування фізичної сили. Наступні експерименти з подібними препаратами, натхненні, як і описане вище дослідження, проблемами життя в умовах мікрогравітації, можуть у подальшому прислужитись і в дальніх космічних місіях, і при лікуванні ламкості кісток у посполитих землян.

Ще однією проблемою, у розв'язанні якої космічна медицина може допомогти людству, є розлади сну. Космонавти на борту МКС зазвичай сплять 4-6 годин на добу, що, скажімо, пересічному студентові у розпал сесії могло би здатися розкішшю, але взагалі це не є нормою для здорової дорослої людини — тим паче, коли ціна помилки набагато більша, ніж перескладання заліку. Снодійні пігулки є одними з найуживаніших зі 150 препаратів, які постачаються на орбіту. Почасти, звісно, це пояснюється тим, що екіпаж станції бачить схід сонця 60 разів на добу і живе, за словами фахівця ESA Нори Петерсен, «у стані постійного джет-лагу». Методами, якими дотепер медики намагаються боротися з безсонням у космонавтів, є всілякі напівміри на кшталт «сонного навчання» та навіть написання спеціального софту, який контролює денний розпорядок пілотів.

Утім, написання зручного програмного забезпечення для «сонного тайм-менеджменту» є лише паліативним рішенням. Корінь проблеми — у фізіології головного мозку, і ключ до її розв'язання варто шукати там. Цікаву пропозицію нещодавно висунули науковці NASA, і вона вже знайшла своє втілення у застосунках для мобільних пристроїв: ідеться про те, як цикл сну/бадьорості модулюється спектральними характеристиками світла, що потрапляє в очі.

## **5. Що потрібно робити перед польотом у космос.**

Як показали дослідження, аби летіти у не дуже сприятливе для людського тіла космічне середовище, хороша фізична форма ще до польоту надзвичайно важлива. Адже вона щонайменше гарантує, що під час перебування у космосі фізичні параметри та процеси детренованості будуть меншими, а відновлення параметрів після повернення на Землю відбуватиметься швидше.

Кожна людина буде реагувати на мікрогравітацію та інші фактори космічного простору досить індивідуально. Однак вимоги до «майбутніх підкорювачів космосу» більш-менш універсальні: відсутність хронічних захворювань,

хороший стан серцево-судинної системи, достатня м'язова маса та щільність кісткової тканини. Саме тому тренування є частиною повсякденного розпорядку космонавта.

**Аеробні навантаження** на серцево-судинну систему створюються завдяки поєднанню бігу та їзди на велосипеді чи велотренажері. Саме ці активності в дещо адаптованих формах можна робити і на борту МКС.

**Силові тренування** проводять на спеціальному устаткуванні – багатofункційних тренажерах. Вони забезпечують підтримку м'язів у тонусі, а також зменшують втрату щільності кісток.

Крім того, час тренування забезпечує вкрай необхідний психологічний перепочинок, адже рівень інтенсивності роботи на МКС достатньо високий, і чимало факторів виснажують космонавтів психологічно.

## **6. Космічні тренування.**

Номінальна норма планової тривалості фізичних вправ для всіх людей, які перебувають на МКС, наразі становить 2,5 години на день разом із налаштуванням обладнання та особистою гігієною. Тож фактичний час, витрачений на фізичні вправи, становить приблизно 1,5 години на день.

*Європейські космонавти виконують фізичні вправи сім днів на тиждень, зокрема 6–7 силових та 4–7 «кардіо» тренувань. Щоденні вправи складаються з одного силового і одного кардіотренування (на біговій доріжці або на велоергометрі). Ці тренування можуть проводитися підряд або ж розділятися на дві окремі сесії, залежно від того, як зручніше членам екіпажу. Якщо це дозволяє графік, то спершу проходить силове тренування, а вже через 4–6 годин – аеробне, аби досягнути максимального ефекту для тренуваності м'язів. Оскільки м'язи та кістки нижніх кінцівок найбільш вразливі до негативного впливу мікрогравітації, основні силові вправи спрямовані саме на їхнє зміцнення: присідання, підняття навшпиньки, станова тяга. Ці вправи обов'язково виконуються під час кожного сеансу з незначними варіаціями (наприклад, присідання сумо).*

Присідання сумо – одна з варіацій присідань, яка передбачає широку постановку ніг і пальці, спрямовані назовні під кутом 45 градусів. Таке положення дозволяє дати максимальне навантаження на м'язи-аддуктори стегон і сідниці.).

А от для того, щоб забезпечити космонавтам комплексне пропрацювання всього тіла та певне тренувальне різноманіття, додається низка інших силових вправ:

жим лежачи, скручування, імітація гребного тренажера. Ці вправи неоднакові на різних тренуваннях. Залежно від протоколу, кількість повторень вправ також відрізняється і може коливатися від 6 до 15, а кількість сетів – від 2 до 5.

На Землі проводиться постійний моніторинг стану організму космонавтів, а також необхідний супровід тренувань, аби забезпечити корекцію і максимально допомогти їм перебувати у найкращій формі.

## **7. Космічні тренажери.**

Все обладнання, яке є на космічній станції, є дуже спеціалізованим і розробленим для тренування в умовах невагомості.

### **Бігові доріжки.**

Для підтримки в тонусі м'язів космонавтів, а також зменшення детренованості серцево-судинної системи використовують спеціальні бігові доріжки<sup>1</sup>, яких наразі три на МКС.

Найстарішою є бігова доріжка з системою віброізоляції та стабілізації (Treadmill Vibration Isolation System, TVIS), яка забезпечує швидкість до 16 км/год. Новіші моделі, американська бігова доріжка другого покоління (COLBERT або T2) та російська BD-2 забезпечують швидкості до 20,4 км/год і до 20 км/год відповідно. Цікаво, що сама тільки платформа COLBERT важить приблизно 997 кілограмів!

Особливості космічної бігової доріжки в тому, що для погашення коливань, які створюють космонавти під час бігу, існує спеціальна система віброізоляції. Крім того, для занять екіпажу доводиться надягати ремені, які притягують плечі і талію вниз, до полотна доріжки, аби людина не відлітала після кожного кроку в протилежний куток станції.

### **Велотренажери.**

Для серцево-судинних вправ є два велоергометри<sup>1</sup> (електромагнітні велотренажери): розроблений в США велоергометр з віброізоляцією та стабілізацією (SEVIS), що забезпечує навантаження від 25–350 Вт, та російський VELO (100–250 Вт). SEVIS подібний до стаціонарного механічного велотренажера, щоправда розташовується на спеціальній віброізоляційній системі та прикріплений до МКС системою фіксації.

Як і у випадку з біговою доріжкою, перед тренуванням на велоергометрі космонавти мають зафіксувати себе ремнями, а також одягнути спеціальне взуття, яке, подібно до контактних велотуфель, фіксує ноги на педалях. Можна

змінювати швидкість і силу, з якою потрібно тиснути на педалі, щоб максимізувати ефективність свого тренування.

**Велоергометр VELO** також можна використовувати для певних видів силових тренувань завдяки знімним педалям та прикріпленим паскам, що створюють додаткове силове навантаження до 30 кг.

### **Силовий тренажер.**

Першим силовим тренажером, який доставили на МКС у кінці 2000 року, був iRED – тимчасовий пристрій для силових вправ, який забезпечував навантаження від 5 до 136 кг. Втім, через складність із його встановленням, експлуатацією, а також недостатній рівень навантаження його використання не вплинуло суттєво на стан м'язів та кісток космонавтів, які ним користувалися, і забезпечувало не більший захист кісток, ніж пристрої, що використовувались у попередніх космічних програмах (наприклад, на станції «Мир»), де були доступні лише аеробні вправи на доріжці та велоергометрі.

Наприкінці 2008 року на МКС доставили ARED, вдосконалений пристрій для силових вправ (англ. advanced resistive exercise device), здатний забезпечувати навантаження від 2,2 до 276 кг. Цей тренажер виявився більш надійним та багатофункційним для виконання різноманітних вправ.

Після встановлення ARED на МКС відносна частка силових тренувань у космонавтів під час польоту збільшилася на 33–46%. А от аеробні тренування на бігових доріжках та велоергометрах, навпаки, зменшилися на 42–33% і 26–20% відповідно

## **8. Адаптація до космічних польотів.**

Важливу роль у процесі екологічної адаптації людини відіграє стан природних пристосувальних і захисних механізмів, складових біологічна спадщина людей. Досить демонстративно ця роль виявляється при переході місцеперебування з екстремальними умовами, які проявляються завдяки наявності на заселення території екологічного чинника або комбінації чинників, що роблять на здоров'я людини виражений несприятливий вплив. К.Е Ціоловський, розмірковуючи про перспективи міжпланетних польотів: «Техніка майбутнього дасть нам можливість здолати земну тяжість і подорожувати по всій Сонячній системі», - дійшов до висновку про можливий несприятливий вплив на космонавтів таких факторів, як змінена гравітація (перевантаження і невагомість), дефіцит кисню, харчових речовин, води, тощо, і про необхідність вивчення впливу факторів польоту на організм. Примітно, що міркування російського вченого носили не тільки умоглядний характер. Вони спонукали

його до проведення досліджень на самому собі: «Піддав і себе експериментам: по кілька днів нічого не їв і не пив. Позбавлення води міг витерпіти тільки протягом двох днів.

Після закінчення їх я на кілька хвилин втратив зір». Для підвищення адаптаційних можливостей людини К.Е. Ціоловський пропонував два, що не виключають один одного шляхи: добір і тренування в області космічної біології і медицина у зв'язку з перспективою польоту знову гостро постає проблема адаптації. Вивчення цієї проблеми, в тому числі її загальнотеоретичних аспектів, можна вважати традиційним. Які ж аспекти адаптації важливі для космічної біології і медицини?

Перш ніж відповісти на це питання, треба зупинитися на тому, чим займаються ці наукові напрями. Космічна біологія і авіакосмічна медицина вивчають вплив космічних факторів і особливості життєдіяльності організму людини при дії цих факторів з метою розробки засобів і методів збереження здоров'я і працездатності членів екіпажів космічних кораблів і станцій. Ці науки розробляють відповідні профілактичні заходи і способи захисту від їх шкідливих впливів; пропонують фізіологічні та гігієнічні обґрунтування вимог до систем життєзабезпечення, управління та до обладнання космічних літальних апаратів, а також засобів порятунку екіпажів в аварійних ситуаціях; розробляють клінічні та психофізіологічні методи та критерії відбору і підготовки космонавтів до польоту, контролю за екіпажем у польоті; вивчають профілактику і лікування захворювань у польоті. У зв'язку з цим космічна біологія і авіакосмічна медицина є єдиним комплексом різних розділів, таких як космічна фізіологія і психофізіологія, космічна гігієна, космічна радіобіологія, теоретична і клінічна медицина, лікарська експертиза.

### **9. Основні космічні фактори біологічного впливу.**

У космічному польоті на організм людини можуть впливати три основні групи факторів. Перша група: таких факторів характеризує космічний простір як середовище проживання: це високий ступінь розрідження газового середовища, іонізуюче космічне випромінювання, особливості теплопровідності, присутність метеорної речовини і т. д. Висока біологічна активність різних видів космічного випромінювання визначає їх вражаючу дію. У зв'язку з цим визначають допустимі дози променевого впливу, розробляють засоби і методи профілактики і захисту космонавтів від космічної радіації. Важливо визначити радіочутливість організму при тривалому перебуванні в умовах космічного польоту, оцінити реакцію опроміненого організму на дію інших факторів

космічного польоту. Перспектива використання ядерних джерел енергії на космічних кораблях і орбітальних станціях вимагає надійного захисту людини в радіаційних притулках, електромагнітної і електростатичного захисту, екранування найбільш чутливих органів і систем організму і т. д. Спеціальні дослідження присвячені біологічному ефекту радіовипромінювань, магнітних і електричних полів, що виникають у середовищі існування від бортової апаратури. Забезпечення радіаційної безпеки набуває особливого значення із збільшенням дальності і тривалості польотів. Очевидно, що в тривалих польотах забезпечити безпеку екіпажу за допомогою лише пасивного захисту жилих відсіків корабля неможливо. Вишукування біологічних методів захисту людини від проникаючих випромінювань є важливим напрямком досліджень у цій області.

Друга група: об'єднує чинники, пов'язані з динамікою польоту літальних апаратів: прискорення, вібрацію, шум, невагомість і ін. Серед усіх факторів космічного польоту унікальним і практично невідтворюваних в лабораторних експериментах є невагомість. Значення невагомості зростає із збільшенням тривалості польотів. Експериментальні дослідження при моделюванні деяких фізіологічних ефектів невагомості в земних умовах (гіпокінезія, водна іммерсія), досвід тривалих космічних польотів дозволили розробити загально-біологічні уявлення про генезі змін в організмі, обумовлених під впливом невагомості, та шляхи їх подолання. Доведено, що людина може існувати і активно функціонувати в умовах невагомості. Наслідки тривалого перебування в невагомості: детренованість. Серцево-судинної системи, втрата організмом солей кальцію, фосфору, азоту, натрію, калію і магнію. Ці втрати відносять за рахунок зменшення маси тканин внаслідок їх атрофії від бездіяльності і часткової деградації організму. Обумовлені невагомістю біофізичні та біохімічні зрушення в організмі (зміни гемодинаміки, водно-сольового балансу, опорно-рухового апарату тощо), виключаючи зміни на молекулярному рівні, спрямовані на пристосування організму до нових умов. Для попередження несприятливих реакцій організму людини в період невагомості і реадaptaції застосовується широкий комплекс профілактичних заходів та засобів (вологометр, бігова доріжка, тренувально-навантажувальні костюми і т. д.). Їх ефективність була переконливо продемонстрована в багато-добових польотах.

Нарешті третю групу складають фактори, пов'язані з перебуванням в герметичному приміщенні малого об'єму з штучним середовищем проживання: своєрідні газовий склад і температурний режим у приміщенні, гіпокінезія,

ізоляція, емоційне напруження, зміна біологічних ритмів і т. п. Розробка штучної газової атмосфери для жилих кабін літальних апаратів передбачає вивчення фізіологічних ефектів тривалого перебування в атмосфері різного газового складу, як еквівалентної земній атмосфері, так і при заміні азоту гелієм або моногазовою штучною атмосферою.

### **Висновок.**

Отже, після навіть нетривалого перебування у космосі м'язи усього тіла через недостатність рухів почнуть атрофуватись, що може бути небезпечним для здоров'я. Тому треба почати із абонементу до тренажерного залу та регулярних тренувань. Адже сильні м'язи та міцні кістки неодмінно стануть у пригоді!

### **Список використаної літератури.**

Сиротинін Н. Н. Вплив гравітаційних сил на організм у ранніх стадіях онтогенезу

Патол. Фізіологія. 1961. № 5. С. 18 – 26.

Генін А. М., Гуровський Н. Н., Ємельянов М. Д. та ін. Людина в космосі. Київ : Наука, , 1999 – 260 с.

Новіков ВС, Лустін С. І. Гіпобарична гіпоксія як метод корекції функціонального стану Авіакосміч. та екол. медицини. 1994. № 1С.23 - 28 .

Григор'єв А. І., Воложин А. І., Ступаков Г. П. Мінеральний обмін у людини в умовах зміненої гравітації Пробл. косміч. біології. 1994; Т. 74. С.16 -23.

Литовка І. Г. Дозована гіпоксія як фактор корекції остеопенії бездіяльності Космічна наука та технологія. 2002. Т. 8 № 4;

Оганов В. С. Кісткова система, невагомість та остеопороз. Київ: Медицина, 2003.

Кордюм Е.Л. Космическая биология в Украине: история и перспективы .

Наука и науковедение. – 2016. – № 1. – С. 87-110.

<https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/132223>

Розпорядженням КМУ від 30.03.2011 р. №238 схвалено Концепцію реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року. Відповідний План заходів щодо виконання цієї Концепції затверджено Розпорядженням КМУ від 25.01.2012 р № 48.

Савинова, П. А. Космическая биология: от животных к человеку / П. А. Савинова, Т. В. Ненашева. — Текст : непосредственный // Юный ученый. —

2018. — № 1.1 (15.1). — С. 69-71. — URL:  
<https://moluch.ru/young/archive/15/1167>.  
<https://yandex.ru/images> <https://history.nasa.gov/printFriendly/animals.html>  
<https://www.nasa.gov/ames/research/space-biosciences/space-biology-history>  
<https://www.nasa.gov/content/space-biology-program>  
<https://ru.wikipedia.org>  
<https://www.universetoday.com/31531/50th-anniversary-of-historic-space-monkey-flight/>

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 17.

**Визначити ступінь атрофії скелетних м'язів людини в умовах невагомості у космічному просторі.**

### Морфометричні показники скелетного м'яза

**L<sub>0</sub>** – обхват скелетного м'яза на початку космічного польоту, *см*;  
**L<sub>1</sub>** – обхват скелетного м'яза в кінці довготривалого стану невагомості, *см*;  
**S<sub>0</sub>** – площа поперечника скелетного м'яза на початку космічного польоту, *см<sup>2</sup>*;  
**S<sub>1</sub>** – площа поперечника скелетного м'яза в кінці довготривалого польоту, *см<sup>2</sup>*;  
**S<sub>s0</sub>** – відносна площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза на початку космічного польоту, %;  
**S<sub>s1</sub>** – відносна площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза в кінці довготривалого стану невагомості, %;  
**S<sub>п0</sub>** – площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза на початку космічного польоту, *см<sup>2</sup>*  
**S<sub>п1</sub>** – площа паренхіми (м'язових волокон) на поперечнику скелетного м'яза в кінці довготривалого стану невагомості, *см<sup>2</sup>*,  
**N** – кількість м'язових волокон у скелетному м'язі ( $\times 10^3$ );  
 **$\Delta S_0$**  – середня площа поперечного перерізу м'язового волокна на початку космічного польоту, *мм<sup>2</sup>*;  
 **$\Delta S_1$**  – середня площа поперечного перерізу м'язового волокна в кінці довготривалого стану невагомості, *мм<sup>2</sup>*;  
**k<sub>a</sub> = S<sub>п1</sub> \ S<sub>п0</sub>** ступінь атрофії скелетного м'яза (у.о.)  
**k<sub>1a</sub> =  $\Delta S_1$  \  $\Delta S_0$**  ступінь атрофії м'язових волокон (у.о.)

### Приклад рішення завдань

### **Завдання.**

**Визначити** значення  $S_{po}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 15$  см,  $L_1 = 13$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 75\%$ ,  $N = 960$ .

**Рішення. 1.** *Визначаємо значення  $S_o$ .* Спочатку визначаємо  $R_o$  – радіус площі обхвату скелетного м'яза на початку тренувань за допомогою формули:

$L_o = 2 \pi \times R_o$ .  $R_o = L_o / 2 \pi = 15 \text{ см} / 6,28 = 2,39$  см. Визначаємо значення  $S_o = \pi R_o^2$ . Після розрахунків отримуємо  $S_o = 3,14 \cdot (2,39 \text{ см})^2 = 17,92 \text{ см}^2$ .

**2.** *Визначаємо значення  $S_1$ .* Хід обчислень такий самий як для  $S_o$ . Після розрахунків отримуємо  $S_1 = 3,14 \cdot (2,07 \text{ см})^2 = 13,45 \text{ см}^2$ .

**3.** *Визначаємо значення  $S_{po} = S_o \times S_{s_o} / 100\% = 17,92 \text{ см}^2 \times 0,8 = 14,34 \text{ см}^2$*

**4.** *Визначаємо значення  $S_{п1} = S_1 \times S_{s_1} / 100\% = 13,45 \text{ см}^2 \times 0,75 = 10,09 \text{ см}^2$*

**5.** *Визначаємо значення ступеня гіпертрофії  $k_a = S_{п1} \setminus S_{po} = 10,09 \text{ см}^2 / 14,34 \text{ см}^2 = 0,70$  у.о. (на 30% зменшилася площа паренхіми скелетного м'яза)*

**6.** *Визначаємо значення  $\Delta S_1$  за допомогою формули  $\Delta S_1 = S_{п1} : N$ . Після розрахунків отримуємо:  $10,09 \text{ см}^2 : 960 = 0,0105 \text{ см}^2 = 1,05 \text{ мм}^2$*

**7.** *Визначаємо значення  $\Delta S_o$ . Хід обчислень такий самий як для  $\Delta S_1$   
 $\Delta S_o = 14,34 \text{ см}^2 : 960 = 0,0149 \text{ см}^2 = 1,49 \text{ мм}^2$*

**8.** *Визначаємо зступень гіпертрофії  $k_{1a} = \Delta S_1 \setminus \Delta S_o = 1,05 \text{ мм}^2 / 1,49 \text{ мм}^2 = 0,70$  у.о.*

### **Практичні завдання.**

#### **Завдання 17.1**

**Визначити** значення  $S_{po}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 14$  см,  $L_1 = 12,5$  см,  $S_{s_o} = 82\%$ ,  $S_{s_1} = 79\%$ ,  $N = 820$ .

#### **Завдання 17.2**

**Визначити** значення  $S_{po}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 15$  см,  $L_1 = 13,5$  см,  $S_{s_o} = 83\%$ ,  $S_{s_1} = 78\%$ ,  $N = 850$ .

#### **Завдання 17.3**

**Визначити** значення  $S_{po}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 21$  см,  $L_1 = 19$  см,  $S_{s_o} = 82\%$ ,  $S_{s_1} = 79\%$ ,  $N = 1800$ .

#### **Завдання 17.4**

**Визначити** значення  $S_{po}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 23$  см,  $L_1 = 21$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 75\%$ ,  $N = 2100$ .

#### **Завдання 17.5**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{sO} = 80\%$ ,  $S_{s1} = 77\%$ ,  $N = 1200$ .

#### **Завдання 17.6**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 23$  см,  $L_1 = 21$  см,  $S_{sO} = 84\%$ ,  $S_{s1} = 79\%$ ,  $N = 2200$ .

#### **Завдання 17.7**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_1$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 26$  см,  $L_1 = 24$  см,  $S_{sO} = 80\%$ ,  $S_{s1} = 77\%$ ,  $N = 2400$ .

#### **Завдання 17.8**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 16$  см,  $L_1 = 15$  см,  $S_{sO} = 82\%$ ,  $S_{s1} = 80\%$ ,  $N = 900$ .

#### **Завдання 17.9**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 17$  см,  $L_1 = 15$  см,  $S_{sO} = 83\%$ ,  $S_{s1} = 81\%$ ,  $N = 960$ .

#### **Завдання 17.10**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 17,5$  см,  $S_{sO} = 82\%$ ,  $S_{s1} = 79\%$ ,  $N = 1820$ .

#### **Завдання 17.11**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 17$  см,  $L_1 = 15,5$  см,  $S_{sO} = 81\%$ ,  $S_{s1} = 78\%$ ,  $N = 1050$ .

#### **Завдання 17.12**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 22$  см,  $L_1 = 20$  см,  $S_{sO} = 82\%$ ,  $S_{s1} = 79\%$ ,  $N = 1880$ .

#### **Завдання 17.13**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 24$  см,  $L_1 = 22$  см,  $S_{sO} = 81\%$ ,  $S_{s1} = 77\%$ ,  $N = 2150$ .

#### **Завдання 17.14**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 21$  см,  $L_1 = 19$  см,  $S_{sO} = 83\%$ ,  $S_{s1} = 79\%$ ,  $N = 1270$ .

#### **Завдання 17.15**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 25$  см,  $L_1 = 23$  см,  $S_{sO} = 84\%$ ,  $S_{s1} = 80\%$ ,  $N = 2300$ .

#### **Завдання 17.16**

Визначити значення  $S_{пo}$ ,  $S_{п1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_1$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 27$  см,  $L_1 = 25$  см,  $S_{sO} = 80\%$ ,  $S_{s1} = 79\%$ ,  $N = 2460$ .

#### **Завдання 17.17**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 17$  см,  $S_{s_o} = 82\%$ ,  $S_{s_1} = 80\%$ ,  $N = 1900$ .

#### **Завдання 17.18**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 22$  см,  $L_1 = 19$  см,  $S_{s_o} = 82\%$ ,  $S_{s_1} = 80\%$ ,  $N = 2960$ .

#### **Завдання 17.19**

Визначити значення  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 24$  см,  $L_1 = 21$  см,  $S_{s_o} = 81\%$ ,  $S_{s_1} = 70\%$ ,  $N = 1980$ .

#### **Завдання 17.20**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 1260$ .

#### **Завдання 17.21**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 2250$ .

#### **Завдання 17.22**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 3200$ .

#### **Завдання 17.23**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 3270$ .

#### **Завдання 17.24**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 2360$ .

#### **Завдання 17.25**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 2860$ .

#### **Завдання 17.26**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 3150$ .

#### **Завдання 17.27**

Визначити  $S_{po}$ ,  $S_{p1}$ ,  $\Delta S_o$ ,  $\Delta S_1$ ,  $k_a$  і  $k_{1a}$  до та після космічного польоту якщо:  $L_o = 19$  см,  $L_1 = 18$  см,  $S_{s_o} = 80\%$ ,  $S_{s_1} = 77\%$ ,  $N = 3680$ .

## **ПРОБЛЕМИ КОСМІЧНОЇ БІОЛОГІЇ І МЕДИЦИНИ.**

## Шевцов Василь Юхимович, к.т.н.

На зорі космічної ери Е.К.Ціолковський в розмові з іншими видатним вченим А.Л.Чижевським сказав, що людина в своєму земному вигляді не здатна освоїти космічний простір. Для існування людини під водою їй необхідно мати скафандр, для перебування в пустоті чи в атмосфері інших планет – також. Для перебування людини в умовах Землі, де все на собі відчуває невпинну дію надзвичайно агресивного хімічного елементу кисню (все «гниє і все ржавіє»), вона має свій «скафандр» -- біологічне тіло. Але це тіло не «годиться» для перебування людини в космосі і, тим більше, для життєдіяльності в ньому. За словами Ціолковського людина має «позбутися» свого біологічного тіла і «виростити» інше, придати для функціонування в умовах космосу та інших планет. З виходом людини за межі Землі, в позаземний простір, людство зштовхнулось з великою кількістю проблем, що впливають і впливатимуть на життєдіяльність людини і космосу, і які потребують ретельного і кропіткого дослідження. З деякими із цих проблем, шановний читачу, ти познайомишся нижче. Можливо якась із проблем зацікавить тебе особисто і ти захочеш дослідити якесь конкретне питання із вибраної тобою проблеми. Ми, в свою чергу, будемо раді співпрацювати з тобою в пошуку відповідей на поставлені питання.

**1. Проблема визначення життя і форм його існування.** У своїх визначеннях і дослідженнях тих чи інших явищ людина користується власним досвідом та досвідом напрацьованим людством за час його існування. Із досвіду людства відома лише одна форма життя, а саме – біологічна. В пошуках позаземних цивілізацій людина виходить із постулату пошуку собі подібних. Та чи дійсно життя існує лише в біологічній формі? Чи можливі інші форми життя та інші принципи його організації? **Задача.** Дати загальне визначення поняття життя і на цій основі зробити аналіз можливих форм його існування та організації життєдіяльності. **Орієнтири.** Живою можна вважати систему (об'єкт) організовану на потоках енергії, речовини і інформації, яка в процесі функціонування зберігає незмінними параметри, необхідні для підтримки власної життєдіяльності та виконання задачі існування і яка здатна самовідновлюватись і самовідбудовуватись в процесі рішення задачі у відповідності до її постановки. Відповідно з даним визначенням, до живих системних утворень можна віднести практично всі замкнуті по одному або по кількох параметрах системи, що функціонують на принципі обміну речовини і

інформації та за фрактальним принципом самовідтворюються в просторі і часі. При цьому необхідно мати на увазі, що обмін речовини і інформації відбувається в рамках контуру життєдіяльності, побудованому на постійному потоці енергії (потоці, що не змінюється впродовж часу виконання задачі). Прикладом може бути контур життєдіяльності біосфери на постійному потоці сонячної енергії, а на потоках біоенергії – контур життєдіяльності людини.

**2. Проблема впливу на живі об'єкти (системи) різних фізичних факторів, а саме: потоків фізичних параметрів і структур.** В кінці другого, на початку третього тисячоліть на все живе і, на людину в тому числі, почали діяти як відомі, звичні для людського організму фактори, але в значеннях, що далеко виходять за межі природних, так і нові, з якими організм ніколи не зустрічався. Як впливають нові фактори і нові умови життєдіяльності на подальший розвиток і еволюцію біосфери? Яких наслідків очікувати людству, чи не стануть вони катастрофічними? Задача. Дослідити вплив одного або декількох фізичних факторів на життєдіяльність рослин, комах, тварин, а при можливості і на людину. Спрогнозувати наслідки цього впливу на майбутнє біосфери. Орієнтири. В якості параметрів впливу можна розглядати електричні і магнітні поля; електричний струм різних параметрів і магнітні потоки (особливо змінні); обертовий і хвильовий рух, які завгодно нестаціонарні процеси поблизу об'єкта досліджень, хімічні з'єднання штучного походження; важкі і легкі хімічні елементи, електромагнітне випромінювання різних частот, теплові потоки та інше. В якості структур, що впливають на життєдіяльність можуть бути обрані геометричні (кулі, конуси, соти, отвори, піраміди, тори, пластинки різної конфігурації, наприклад, схожі на сніжинки чи на платівки; магнітні полюси, конденсатори і т.д.). Особливу увагу звернути на фактори притаманні космічному простору (вакуум, невагомість, потоки випромінювання) та умови на інших планетах.

**3. Проблема пристосування життя до умов життєдіяльності в космосі.** Головними, відмінними від земних, факторами життєдіяльності в космосі є вакуум, невагомість, дія сонячного і галактичного космічного випромінювання без захисної дії магнітосфери, іоносфери і атмосфери Землі. Під дією змінних факторів зовнішнього середовища, пристосовуючись, змінюються всі види земної біосфери. В якому напрямку ітимуть зміни в структурі будови рослин, комах, тварин і людини при постійному перебуванні протягом багатьох поколінь за межами сфери впливу Землі в космосі, чи в сферах дії інших планет? Задача. Відстежуючи зміни в структурі і функціях представників,

біосфери спробувати спрогнозувати вплив на життя космічних факторів та наслідки тривалого перебування людини в космічному просторі або в сферах дії інших планет. Орієнтири. За відсутності сили тяжіння змінюється склад крові космонавтів, перерозподіляється тиск крові в організмі, вимивається кальцій із кісток, втрачають працездатність м'язи і т.д. В невагомості неможливо «бігати» і «падати», бо найменший поштовх змінює траєкторію руху, як стінка-рух м'ячика. Ноги втрачають старі функції, ними краще «фіксувати» напрямок руху. В той же час руки все більше виконують функцію «плавання» в повітрі. Змінюються функції кістковоопорного апарату, більшості груп м'язів, органів збору і передачі інформації, органів травлення і кровообігу, інших систем життєзабезпечення організму. Все сказане відноситься в повній мірі до всіх об'єктів живої земної природи.

**4. Проблема організації контуру життєдіяльності людини в умовах космосу за відсутності необхідного зовнішнього функціонального середовища.** Кожна земна істота є лише ланкою замкнутого біоценозу. Наприклад, рибою, комарами та іншими комахами харчуються птахи, послід птахів удобрює озеро і в ньому розвивається одно-та багатоклітинні водорості, що служать їжею для личинок комарів; личинок поїдає риба, рибу птахи і все починається спочатку. Відсутність хоча б одної з ланок приведе до змін або загибелі біоценозу в цілому. Людина теж є складовою ланкою біоценозу на Землі, але для її виживання і тривалої життєдіяльності слід організувати хоча б один із найпростіших біоценозів в замкнутому просторі космічного поселення, чи космічного корабля. Задача. Придумати логічні структури можливих найпростіших біоценозів для організації контуру життєдіяльності людини в умовах космосу та розрахувати мінімально необхідні ресурси речовини (хімічних речовин – ґрунту, повітря, води), енергії, простору, а також кількісних і масових показників біопіраміди в ланках біоценозу. Орієнтири. Для простого короткочасового виживання космонавта в його раціон можна включити «перегнану» відфільтровану воду, відновлену суміш повітря, відновлюваний (наприклад хлорелою) запас вуглеводів, білків, жирів, вітамінів та мінеральних речовин. На жаль повітря, яким ми дихаємо на Землі, це не суміш гелію та кисню, вода не хаотичний набір молекул  $H_2O$ , а глибоко структурована земними факторами рідина (свого роду суп); а органічні речовини дуже різні за будовою, споживчою цінністю і за наслідками споживання для організму. Відомо також, що для виживання в кожній популяції має бути не менше

критичної для даного виду кількості істот. Це стосується і популяції людей в космосі при тривалій їх ізоляції від людства.

**5. Проблема пошуку, передачі, зберігання і використання необхідної для життя інформації в космосі.** Кожна біологічна істота має в своєму розпорядженні системи пошуку, зберігання, обробки інформації, а також систему обміну інформацією з іншими істотами. Якими каналами мажуть скористатись для вирішення окреслених питань живі істоти в космосі? Якими засобами і якими структурами може бути передана складова інформація від живого до живого як в просторі, так і від земної системи до зоряної, від планети до планети? Задача. Аналізуючи наявні в живому системи пошуку, збору, зберігання, обробки і використання інформації, системи обміну інформацією та передачі спадкової інформації, спробувати експролювати отримані результати на умови вакууму, газово-пилових та інших космічних об'єктів великих розмірів, метеоритних потоків та комет - «поштарів», на гравітаційні і електромагнітні поля з тим, щоб можна було спрогнозувати розвиток і будову інформаційних комунікацій живого Всесвіту. Орієнтири. Людина для пошуку і збору інформації користується 5-ма каналами: зором, слухом, нюхом, смаком, дотиком. Основний із них зір, за допомогою якого людина отримує до 80% всієї інформації; до 20% приходиться на слух, на інші канали близько 1%. Інші істоти користуються і іншими каналами, надаючи перевагу тому чи іншому. Для собаки велике значення має нюх, для орла – гострота зору, для кролика – слух, для кажана – ультразвук. В космічних умовах важливими можуть оказатись канали збору інформації від теплових потоків (як у змії), на зміну складу повітря, на космічне випромінювання, на реакції імпульсів руху і т.д. Відповідно до фізики параметрів інформаційних потоків змінюватимуться органи збору, обробки та обміну інформацією. Несподіваними можуть виявитись і засоби обміну спадковою інформацією, її зберігання (в космічних бібліотеках) і використання, особливо зважаючи на відстані між об'єктами взаємодії та на час доставки такої інформації в умовах космосу. Чим рідше істоти, що використовують необхідну інформацію, тим «густіші» повинні бути її потоки і довший час дії, а сама інформація менш залежною від умов космосу.

**6. Проблема: хвороби в космосі, симптоматика, профілактика, лікування.** Досвід тривалого перебування космонавтів у замкнутому просторі в невагомості свідчить про зниження рівня імунного захисту організму та появи нових хвороб від дії мікроорганізмів, що перейшли з нейтрального стану до патогенного. З якими хворобами зустрінеться людина в космосі, яка їх

симптоматика, чи можна їх попередити профілактичними засобами та як їх лікувати? Задача. Аналізуючи причини та перебіг відомих земних хвороб спробувати екстраполювати їх на умови життєдіяльності в космосі і спрогнозувати можливі наслідки. Розглянути також можливості перетворення типових представників мікрофлори в «кандидати» збудників хвороб. Орієнтири. Кожної миті людина зштовхується і взаємодіє з міриадами представників мікрофлори: бактеріями, мікробами, вірусами, грибками. В звичайних умовах дія кожного з представників мікрофлори компенсується як реакцією свого організму, так і рівновагою взаємодії між представниками мікрофлори. В обмеженому просторі космічного об'єму з неземними умовами існування (інший склад повітря, інша вода, відсутність фітонцидів та інших регулюючих факторів) деякі представники мікрофлори втрачають життєздатність, інші, навпаки отримують «небувалі» до того «безконкурентні» можливості. Змінюються умови життєдіяльності космонавтів: одні стають комфортнішими (постійна температура і вологість), інші створюють дискомфорт (невагомість, обмеженість життєвого простору і т.п.). До цих факторів додається постійна дія сонячної і галактичної радіації, підвищений рівень мутацій (особливо на мікрорівні), зниження можливостей імунного захисту організму.

**7. Проблема. Вплив природних і штучних ритмів на життєдіяльність людини.** Про вплив місячних, сезонних, сонячних циклів відомо і написано багато. Функціонування організму людини в умовах Землі нагадує звучання інструменту симфонічного оркестру, де кожний грає свою партію, але, в цілому, це єдина мелодія, плину якої підкорюються всі інструменти. І якщо на Землі всі процеси, в тому числі і в біосфері, поєднані в єдиному ритмі, то за межами сфери дії Землі функціонування живого може нагадувати гру оркестру без диригента і «першої скрипки». Як зміниться ритміка фізичних «природних» та біологічних процесів, як це вплине на взаємоіснування і спільну життєдіяльність космонавтів? На ці, та подібні питання відповіді, на даний момент, практично не існує. Задача. Змінюючи штучно періоди освітлення і затемнення рослин та інших біоістот, величину і періоди дії магнітного поля, тиск в атмосфері та теплові потоки, відносну вологість середовища, звукові потоки (особливо джазові і народні, або класичні), впливаючи періодичною дією радіаційних потоків, і порівнюючи результати з дією природних земних ритмів спрогнозувати космічні ритми і їх наслідки на життєдіяльність людини в космосі. Орієнтири. Відомо, що частота коливань кожного органа людини відрізняється від інших (наприклад, голова коливається з частотою  $\sim 40$ Гц, а

тулуб  $\sim 7$ Гц), але в цілому коливання всіх органів гармонійно поєднується в загальній системі організму. З організації процесів на мікрорівні (клітинному рівні) і до організації людства, як біологічної популяції, все підкоряється ритмам і циклам, що, в свою чергу, пов'язані з планетарними і космічними ритмами. Особливо великий вплив мають сонячні і місячні ритми. Ймовірно, що за межами Землі вплив земних ритмів має змінитись, а вплив місячних і сонячних буде зростати. Можливо також, що при перебуванні в сфері дії іншої іншої планети ритми життєдіяльності космонавта взагалі «перебудуються» під ритми планети дослідження.

**8. Проблема впливу фізичних параметрів середовища помешкання на загальний стан життєдіяльності людини.** В залежності від фізичних параметрів середовища помешкання останнє впливає на життєдіяльність позитивно, не впливає і впливає негативно. Вплив середовища помешкання на об'єкт (як і об'єкта на середовище) називається принципом Короленка-Кюрі. У відповідності з цим принципом при наявності двох структур одної фізичної природи одна переформує іншу під себе. Теж відбувається при взаємодії двох потоків одного характеру, а також при взаємодії потоку і середовища, потоку і об'єкта. Людина, що сформувалась в умовах земних структур, має відчувати вплив середовища космічного, накладеного на вплив земного середовища. **Задача.** Дослідити вплив штучних та природних структур на організм людини, на його функціонування, на ініціювання хворобливих станів і на їх лікування на рівнях біологічного, психологічного станів і стану свідомості. **Орієнтири.** Про вплив середовища на життєдіяльність живого відомо давно: патогенні і позитивні зони на поверхні землі, радонові ванни і грязі, перебування в соляних шахтах і в умовах соснового бору, морська вода та багато інших факторів впливають на здоров'я людини, підтримують її тонус, лікують. Обмеження простору, штучні стінки -- мембрани між природою і людиною, техногенні структури, наведені електричні і магнітні поля, вібрації, штучне освітлення, праця з електронними приладами – все це негативно діє на людину, погіршує її життєдіяльність. Далеко від живої природи Землі, в умовах космічних кораблів, станцій поселень необхідно створити в помешканні людини такі структури і такі конструкції, які б не тільки впливали позитивно на стан здоров'я, але й лікували, поліпшували працездатність і покращували умови життєдіяльності в цілому.

**9. Проблема подовження життя.** Середня тривалість життя людини становить в різних країнах 60-80 років. Біологи та лікарі – геронтологи

стверджують, що біологічний вік людини можна подовжити до 200-300 років. Чи залишається людина повноцінною фізично і психічно за межею середньостатистичної тривалості життя? Чи варто взагалі говорити про продовження віку людини? **Задача.** Зібрати літературні дані і шляхом аналізу дослідити фактори, що збільшують тривалість життя не лише людини, а й інших представників біосфери. Визначити та обґрунтувати оптимальний час повноцінної життєдіяльності людини. **Орієнтири.** Одним із принципів будови Всесвіту є принцип необхідної і достатньої тривалості життя: кожна система існує стільки, скільки необхідно для виконання задачі, під яку вона створена. Згідно з цим принципом тривалість життя людини, як біологічної істоти, вимірюється часом вирощування і виховання дітей і, для надійності, онуків. Подальше життя людини не лише втрачає сенс, але й мішає еволюції. До дії першого принципу слід додати принцип протилежної спрямованості: життя одноклітинного організму може подовжитись в багато разів в рамках «сумісного» існування багатоклітинного організму. Іншими словами тривалість життя людини має зростати із зростанням її ролі як «клітинки» суспільного організму. Ще одним напрямком подовження тривалості життя є набуття «критичної маси поламок» в організмі. Відомо, що більше всього збоїв, помилок, поламок відбувається в нестаціонарних процесах, що для людини отримали назву стресових. Чи є вірним ствердження: «Хочеш довше прожити – уникай стресів, прагни до життя, в якому б кожний день був схожий на попередній, як дві краплі води?». Необхідно звернути також увагу на те, що кожна система переживає стадії дитинства, юності, дорослого стану (зрілість) і старіння (захист). В кожній системі, що самовідтворюється, накопичуються помилки в спадковій інформації, що також веде до скорочення терміну життя кожного наступного покоління.

**10. Проблема «розбудови» людини в космічних умовах життя.** В залежності від задачі, що виконує людина, вона розбудовує себе до стану, в якому може вирішити поставлену задачу. В земних умовах конструкціями розбудови є об'єкти, що покращують фізичні можливості рук (лопата, верстат, ніж), ніг (колесо, крило...), очей (мікроскоп, телескоп, рентгенівський апарат, ультразвук ...), мозку (комп'ютер, книги...) і т.п. На інтелектуальному рівні людина розбудовує себе конкретними спеціалізованими знаннями, набутими в процесі навчання; в психологічному відношенні – за рахунок взаємовідносин з іншими людьми, істотами, оточуючим Всесвітом. Які задачі вирішуватиме людина постійно мешкаючи у Космосі чи на інших планетах і які перспективи

розвитку людства в майбутньому? **Задача.** Кожна добудова чи розбудова людини відповідає поставленій задачі. Необхідно зробити перелік можливих задач, що вирішуватимуться в Космосі за безпосередньої участі людини і відповідно до цього як буде вона «розбудовувати» себе під окреслені задачі життєдіяльності за межами Землі. **Орієнтири.** Людина пристосована під життєдіяльність в умовах Землі. Руки, ноги, очі, уші, опорно-кістковий апарат та т.п. – все це «пристосування» для існування в конкретних умовах. В умовах космічного простору та життєдіяльності на інших планетах деякі з частин тіла людини не матимуть, або отримають інші навантаження, тобто виникає стан деадаптації. В залежності від конкретної ситуації та тривалості перебування людства (декілька поколінь) в Космосі може змінитись зовнішність людини. Для перебудови і розбудови людини під космічні задачі має залишитись в якості «ядра» те, без чого людина перестає бути самодостатньою розумною істотою: це її розум, її свідомість, її світобачення. Все інше може замінюватись, добудовуватись, покращуватись, переналаджуватись.

**11. Проблема зміни свідомості і психотипу людини в умовах Космосу.** Відомо, що мозок людини, як і всього живого на планеті, працює на так званих  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$  частотах, на яких працює і магнітне поле Землі. Що станеться із свідомістю людини, яка в своєму космічному поступі вийде за межі дії магнітосфери Землі? Чи зможе мозок людини працювати «без проблем»? Чи буде людина психічно стійкою? Чи не почнеться розпад її свідомості, а за ним і фізіологічний розпад? Наскільки безпечна взагалі тривала життєдіяльність людини за межами сфери дії Землі? **Задача.** Шляхом ізоляції різних біоістот (рослин, комах, дрібних тварин) від дії магнітного поля Землі протягом кількох поколінь відстежити зміни що відбуваються в поведінці, в реакціях, в навичках-рефлексах піддослідних з можливою екстраполяцією результатів досліджень на людину. **Орієнтири.** Експерименти з тривалим перебуванням людей в барокамерах, імітуючих умови Космосу по обмеженості простору дії і перебуванню в ньому кількох осіб різного психотипу, показали, що у більшості піддослідних «збивається» тривалість дня і ночі. Той же ефект спостерігається і в дослідників, що протягом тривалого часу перебували в печерах за умов відсутності інформації з зовнішнього світу. Даний ефект спостерігався в сфері дії Землі. При переході до сфери дії Місяця (що сам знаходиться в сфері дії Землі) у астронавтів США, що приймали участь в програмі «Аполлон», спостерігались «дивні галюцинації»: деякі астронавти, ідучи по поверхні Місяця, водночас «спостерігали» за самими собою немов би згори, «бачили»

дивні літальні апарати за бортом космічного корабля і на Місяці. Деякі астронавти після повернення страждали порушенням психіки, інші починали шукати сенс буття в молитві і в побудові церков. Все це говорить про несподівані для людини наслідки перебування астронавтів за межами Землі, особливо при польотах до інших планет і є попередженням про небезпеку, що може чатувати на космонавтів за межами дії планети.

**12. Проблема життєзабезпечення людини в космічному просторі.** Коли мова заходить про життєзабезпечення людини, то більшість людей розуміє під цим питання забезпеченості повітрям, водою, продуктами харчування, гігієнічними можливостями. В дійсності для нормальної продуктивної життєдіяльності людині потрібно набагато більше. Це і наявність конкретних задач діяльності, і необхідні для їх рішення потік інформації, можливість спілкування з подібними собі і з живою природою, можливість нормального фізіологічного і психологічного функціонування, як на Землі, так і за її межами. Що необхідно мати на борту космічного об'єкта для продуктивної життєдіяльності людини? Задача. Розглянути всі складові, функціональні системи живих істот від вірусу до людини, прокласифікувати їх за призначенням і за наявністю в залежності від задач, що вирішуються тим чи іншим організмом в біосфері. Екстраполювати отримані дані на умови життєзабезпечення людини в космосі та її продуктивної життєдіяльності.

**Орієнтири.** В склад систем життєзабезпечення людини входять системи: 1) збору інформації (по п'яти каналах); 2) обробки інформації, керуванням дії всіх частин організму (мозок); 3) забезпечення організму енергією (система дихання); 4) транспортування необхідних речовин до кожної клітинки організму (кровоносна система); 5) захисту організму від зовнішніх чинників і ліквідація внутрішніх токсинів (імунна система); 6) підготовки матеріальних ресурсів до засвоєння організмом (система травлення) і 7) самовідтворення (система продовження роду). В залежності від того який, організм розглядається, (від вірусу до людини), склад перерахованих систем може змінюватись (наприклад, система травлення у павука відсутня, для цього він використовує оболонку своєї жертви); замінюватимуться механізми реалізації функцій кожної системи. При зміні середовища існування і складу чинників, що впливають на життєдіяльність людини, може змінитись як склад функціональних систем (зменшиться – збільшиться), так і механізми реалізації їх функцій.

**13. Проблема стабільності геному людини в умовах космічного простору.** За заявами вчених, у 2003 році розшифровані всі гени, що відповідають за

спадкову інформацію людини, тобто створено банк даних всіх генів людини. Їх, за даними різних лабораторій, близько 35 тис. замість очікуваних 120-140 тис. Якщо порівняти геном людини з геномом плодової мушки дрозофіли, то кількість генів не дуже відрізняється – 13 тис. генів. Більш того, приблизно 1/3 наших генів мають ознаки схожості з генами бактерій, особливо для генів, що забезпечують виконання повсякденних функцій. Цей „золотий запас генів” дуже повільно еволюціонує, оскільки забезпечує „непотоплюваність” живих клітин в різних ситуаціях. Чи буде змінюватись геном людини в умовах тривалого (впродовж декількох поколінь) перебування людини за межами Землі? **Задача.** Проаналізувати сучасні дані відносно геному людини та інших організмів, вплив космічних факторів на розвиток представників земної біосфери та можливість існування життя на інших планетах і зробити гіпотетичне припущення про стабільність-нестабільність геному людини за умов тривалого перебування за межами Землі. **Орієнтири. 1.** Приблизно 60-70% ДНК хромосом людини займають пустинні ділянки, що не несуть ніякої інформації і, так звані, тандемні повтори, що слідує один за одним на зразок велосипедів-тандемів. ДНК на цих ділянках називають паразитичною, але й досі неясно, навіщо природа створила такий нераціональний розподіл інформації в ДНК. **2.** В нашому геномі багато послідовностей, що залишилися нам як «спадщина» від ретровірусів. Ці віруси, до яких належать віруси раку та СНІДу, містять замість ДНК лише молекулу РНК, але вони за допомогою спеціальних механізмів спроможні встроюватися у ДНК людини. Таких ретровірусних послідовностей досить багато, але вони не проявляються – „мовчать”. Якщо вони „вириваються на волю”, то частіше за все у людини розвивається ракове захворювання. **3.** Нещодавно встановлено, що еволюційний шлях від мавпи до людини супроводжувався великою кількістю втрат. Деякі гени, що у шимпанзе працюють нормально, у людини виключені, перетворившись на мовчазні «псевдогени». Серед них гени, що пов’язані з нюхом та імунітетом. Гени нюху могли відключитись «за непотрібністю». **4.** Нові гени не народжуються із інформаційної пустоти і безглуздя. Частіше за все, нові "тексти" з’являються у надрах старовинних генів. Головні каталізатори інформаційної "новизни" і "псевдоінформації" - фрагменти генів ретровірусів, що зветься мобільними генами. Вони можуть розрізати ДНК на малі фрагменти, а потім знову зшити їх «у новому порядку». Тобто вони здатні тасувати гени як колоду карт.

**14. Проблема універсальності біологічного коду у космічному просторі.** Відомо, що передача спадкової інформації проходить у напрямку ДНК

→РНК→білок. В основі всіх цих процесів лежать принципи „комплементарності” (стеричної, або геометричної відповідності) та „колінеарності” – біологічної відповідності. Все живе на Землі закодовано послідовністю нуклеотидів у ДНК та РНК, а послідовність амінокислот в білкових структурах закодована послідовністю триплетів нуклеотидів. Отже, кожна амінокислота закодована трьома нуклеотидами. Це і є біологічний код. Він однаковий для всього живого на Землі – від вірусів до людини. Чи є такий принцип універсальним для Космосу, якщо представити собі, що на іншій планеті існує життя? Задача. Проаналізувати відомі принципи кодування та передачі інформації, провести порівняльний аналіз з принципами передачі біологічної інформації і запропонувати можливі моделі зберігання генетичної інформації на інших планетах. Чи можливо замінити біологічний код інформаційним? **Орієнтири. 1.** При з’ясуванні законів генетичного кодування живого на нашій планеті велике значення мали і мають різноманітні математичні та фізичні моделі. Наприклад, модель подвійної спіралі ДНК, що була запропонована в 1953 році Дж. Уотсоном та Ф. Кріком, розкривала можливість створення чітких наукових уявлень про механізм розподілу генетичного матеріалу у період розділення клітини, тобто в процесі реплікації ДНК. Як зазначав пізніше Дж. Уотсон, „існування двох переплетених ланцюгів з однаковою послідовністю основ не могло бути випадковим”, воно чітко відображало існуючі закони передачі та збереження генетичної інформації. **2.** Вперше гіпотезу про те, що певні сполучення з декількох нуклеотидів (3 або 4) в молекулах ДНК відповідають одній амінокислоті в молекулах білків було висунуто фізиком Георгієм Гамовим у 1954 році. Згідно математичним розрахункам він показав існування 64 різних комбінацій по 3 нуклеотиди, які можуть кодувати 20 амінокислот, що входять до складу всіх білків. Пізніше експерименти повністю підтвердили розрахункові моделі Гамова. **3.** В 2001 році було повідомлення про відкриття японських вчених-генетиків, що код ДНК людини можна представити як мелодію, а гени - як ноти. Це повідомлення було проілюстровано показом графічного відображення кодів генної мелодії і супроводжувалося її озвучуванням. Свою заяву вчені підтвердили демонстрацією запису такої мелодії ("геномузики") в вигляді потоку цифрових кодів, що були перекладені на ноти, а потім і озвучені. Геномузика, як кажуть японські вчені, відображає структуру і склад ДНК людини.

**15. Проблема контакту з іншими цивілізаціями.** Гіпотеза про існування позаземних цивілізацій з’явилася у XVII сторіччі після створення Галілеєм

телескопу. Завдяки цьому на Місяці були відкриті гори та долини і було зроблено припущення про існування там розумних істот – „селенітів”. Потім була висунута гіпотеза про існування марсіан. І хоча технічне забезпечення астрофізичних досліджень на сьогодні досягло надзвичайної чутливості і в пошук позаземного розуму включились вчені багатьох країн, все ж досі немає обґрунтованих доказів існування космічних цивілізацій. Задача. Проаналізувати можливість існування позаземних цивілізацій і запропонувати підходи до наведення контактів з космічним простором і космічним розумом. **Орієнтири.**

**1.** Гіпотеза про існування позаземних цивілізацій базується на теорії еволюції, згідно з якою людина і розум є природними явищами, що виникли закономірно в процесі розвитку життя на Землі. За сучасними уявленнями, такі процеси можуть мати місце у багатьох куточках Всесвіту. **2.** Якщо позаземні цивілізації існують, то, скоріше за все – біля інших зірок. Найближча до нас Зірка знаходиться від Землі на відстані близько  $4 \cdot 10^{13}$  км і сучасні космічні апарати будуть летіти до неї 40 000 років. Отже, пошук космічного розуму повинен проходити не за допомогою космічних кораблів, а іншим шляхом. **3.** Чому ми не бачимо ознак позаземних цивілізацій? Можливо, всі вони мають дуже високий рівень розвитку (надцивілізації), або існують в інших просторових вимірах, які є недоступними для нашого пошуку? **4.** Не всі вчені вважають доцільним контакт з космічними цивілізаціями. Є багато історичних прикладів, коли контакт різних за розвитком земних етносів мав негативні наслідки і приводив до зменшення популяції, а часто і до її загибелі.

Навчальне видання

ЗАГОРУЙКО Геннадій Євгенович  
МАРЦИНОВСЬКИЙ Віталій Петрович  
СЯСЬКА Інна Олексіївна

# ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ І БІОХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Підп. до др. 30.04.2026.  
Формат 60 x 84 1/8.  
Гарнітура Times.  
Ум. друк. арк. 25,3.  
Обл. вид. арк. 25,3.

Видавець Юрій Кукса  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 8301 від 9 травня 2025 р.  
вул. Фабрична, 8, м. Рівне, 33022;  
097 42 66 444

Видання розміщене на сайті:  
<http://repository.rshu.edu.ua/>