

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ЗДОРОВ'Я, ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ ТА ТУРИЗМУ  
КАФЕДРА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
(протокол №18 від 27 серпня 2019 р.)  
Голова Науково-методичної ради  
університету

\_\_\_\_\_  М. В. Дутчак

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА**

**рівень вищої освіти:** третій (освітньо-науковий)

**спеціальність:** 091 Біологія

**код дисципліни в освітньо-науковій програмі:** ВК 10


**мова навчання:** українська

**Розробник:**

**Ільїн Володимир Миколайович**, доктор біологічних наук, професор, професор кафедри медико-біологічних дисциплін, [ilyin\\_nufvsu@ukr.net](mailto:ilyin_nufvsu@ukr.net)

**РЕКОМЕНДОВАНО:**

Кафедрою медико-біологічних дисциплін  
(засідання кафедри 23 серпня 2019 р., протокол № 16)

Завідувач кафедри  професор В.А. Пастухова

**ПОГОДЖЕНО:**

Проректор з науково-педагогічної роботи

  
\_\_\_\_\_ О. В. Борисова

Начальник навчально-методичного відділу

  
\_\_\_\_\_ С. І. Попович

Начальник відділу забезпечення якості вищої освіти

  
\_\_\_\_\_ О. І. Рудешко

Завідувач відділу докторантури та аспірантури

  
\_\_\_\_\_ Л. В. Денисова

**Анотація навчальної дисципліни.** Дисципліна спрямована на формування визначених освітньо-професійною програмою загальних та фахових компетентностей, зокрема здатності до застосування у професійній діяльності знань про молекулярно-генетичні фактори та механізми, що обумовлюють особливості роботи складних біологічних систем в умовах м'язової діяльності. Основні теми дисципліни: механізми організації і передачі генетичного матеріалу, структура і організація геному, механізми генної експресії, основні види геномного поліморфізму, поняття генотипу і фенотипу, сучасні напрямки досліджень у генетиці м'язової діяльності, молекулярно-генетичні маркери фізичних якостей та прояву високої фізичної працездатності у спорті. У курсі приділяється увага сучасним молекулярно-генетичним методам, результатам сучасних наукових досліджень, що стосуються молекулярних механізмів виникнення інформації, її сигнальної трансдукції та трансформацію у фенотипові ознаки організму.

Обсяг дисципліни – 4 кредити ЄКТС. Підсумкова оцінка формується з урахуванням результатів поточного контролю та заліку.

#### **Abstract of the discipline.**

The discipline is aimed at the formation of certain educational and professional programs of general and professional competencies, in particular, the ability to apply knowledge of molecular genetic factors and mechanisms in professional activities that determine the characteristics of complex biological systems in muscular activity. The main topics of the discipline: the mechanisms of organization and transfer of genetic material, the structure and organization of the genome, the mechanisms of gene expression, the main types of genomic polymorphism, the concept of genotype and phenotype, modern research directions in the genetics of muscle activity, molecular genetic markers of physical qualities and manifestations of high physical performance in sports. The course focuses on modern molecular genetic methods, the results of modern scientific research on the molecular mechanisms of the emergence of information, its signal transduction and transformation into phenotypic signs of the body.

The volume of discipline is 4 ECTS credits. The final assessment is based on the results of the current control and examination.

**Мета навчальної дисципліни** – формування визначених освітньо-науковою застосування у професійній діяльності знань по основним розділам сучасної генетики людини, які включають історію, методи дослідження, організацію і передачу генетичного матеріалу, генетичні маркери фізичної працездатності людини, значення генетичних досліджень у спорті вищих досягнень, молекулярно-генетичні фактори та механізми, що обумовлюють особливості роботи складних біологічних систем в умовах м'язової діяльності.

**Перелік компетентностей, які формуються під час вивчення навчальної дисципліни відповідно до освітньо-професійної програми «Фізіологія людини і тварин» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 091 Біологія**

| Шифр | Компетентності  |
|------|---|
| ЗК1  | Знання та розуміння предметної області фізіології людини і тварин та розуміння професійної діяльності.  |
| ФКС1 | Здатність планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у біології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у наукових виданнях з біології та суміжних галузей. |
| ФКЗ  | Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності   |
| ФК5  | Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, які проводять.   |

**Обсяг навчальної дисципліни** – 4 кредити ЄКТС, які розподіляються у годинах:

| Форми навчання | Види навчальних занять |             |           |             | Самостійна робота | Разом |
|----------------|------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-------|
|                | лекції                 | лабораторні | практичні | семінарські |                   |       |
| Денна          | 16                     | 0           | 24        | 0           | 80                | 120   |
| Заочна         | 4                      | 0           | 8         | 0           | 108               | 120   |

**Статус навчальної дисципліни:** вибіркова.

**Передумови для вивчення навчальної дисципліни:** успішне опанування такими навчальними дисциплінами: «Молекулярна фізіологія».

**Програма навчальної дисципліни.**

*Тематичний план навчальної дисципліни*

| Номер і назва теми | Кількість годин      |              |       |       |                       |    |       |       |
|--------------------|----------------------|--------------|-------|-------|-----------------------|----|-------|-------|
|                    | денна форма навчання |              |       |       | заочна форма навчання |    |       |       |
|                    | усього               | у тому числі |       |       | усього                |    |       |       |
|                    |                      | л.           | прак. | с. р. |                       | л. | прак. | с. р. |
| Тема1.<br>Вступ в  | 14                   | 2            | 2     | 10    | 14                    | 2  | –     | 12    |

|   |    |   |   |    |    |   |   |    |
|---|----|---|---|----|----|---|---|----|
| дисципліну.<br>Механізми організації генетичного матеріалу.   |    |   |   |    |    |   |   |    |
| Тема 2.<br>Передача генетичного матеріалу.  | 12 | 2 | 2 | 8  | 12 | – | - | 12 |
| Тема 3.<br>Молекулярні механізми спадковості.   | 12 | 2 | 4 | 6  | 12 | – | 2 | 10 |
| Тема 4.<br>Молекулярно-генетичні методи.  | 12 | 2 | 2 | 8  | 12 | 2 | 2 | 8  |
| Тема 5. Сучасні напрямки досліджень у генетиці м'язової діяльності.   | 18 | 2 | 4 | 12 | 18 | – | 2 | 16 |
| Тема 6.<br>Молекулярно-генетичні маркери фізичних якостей та прояву високої фізичної працездатності у спорті. | 20 | 2 | 4 | 14 | 20 |   | – | 20 |
| Тема 7.<br>Молекулярно-генетичні маркери, асоційовані з діяльністю вищої нервової системи.                    | 14 | 2 | 4 | 8  | 14 | - | - | 14 |
| Тема 8.<br>Генетика здоров'я.   | 18 | 2 | 2 | 14 | 18 | – | 2 | 16 |

|               |     |    |    |    |     |   |   |     |
|---------------|-----|----|----|----|-----|---|---|-----|
| Всього годин: | 120 | 16 | 24 | 80 | 120 | 6 | 8 | 108 |
|---------------|-----|----|----|----|-----|---|---|-----|

### ***Зміст навчальної дисципліни за темами***

**Тема 1. Вступ в дисципліну. Механізми організації генетичного матеріалу.** Предмет, завдання дисципліни. Коротка історія розвитку генетики. Загальна характеристика нуклеїнових кислот. Будова і функції молекул ДНК і РНК. Структура гену. Реплікація- транскрипція-трансляція.

**Тема 2. Передача генетичного матеріалу.** Мітоз. Клітинний цикл життя і ділення. Мейоз. Гаметогенез, сперматогенез, оогенез, запліднення. Позахромосомне цитоплазматичне наслідування. Тератологія.

**Тема 3. Молекулярні механізми спадковості.** Структура і організація геному. Генна експресія. Мінливість геному. Поліморфізм ДНК. Генотип і фенотип. Наслідування кількісних ознак. Типи наслідування ознак. Будова і класифікація хромосоми людини. Нормальний каріотип людини, організація генетичного матеріалу в хромосомах людини. Взаємодія генів. Спадковість і середовище. Генотип – роль взаємодії з середовищем в індивідуальному розвитку. Передача генетичного матеріалу.

**Тема 4. Молекулярно-генетичні методи.** Робота з біологічним матеріалом. Забір і зберігання біологічного матеріалу. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) і рестрикційний аналіз. ПЛР у реальному часі.

**Тема 5. Сучасні напрямки досліджень у генетиці м'язової діяльності.** Проект «Геном» і його результати. Методи дослідження функцій генів на прикладі гену PPECK. Сучасні напрямки дослідження: геноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка, епігенетика, фармакогенетика, нутрігеноміка. Повногеномні дослідження (GWAS). Генетичний допінг та його види. Дослідження некодуючих РНК. Використання CRISPR-CAS9 та інших молекулярно-генетичних інструментів.

**Тема 6. Молекулярно-генетичні маркери фізичних якостей та прояву високої фізичної працездатності у спорті.** Види молекулярно-генетичних маркерів. Поняття про поліморфізми генів та їх класифікація. Генетична карта фізичної активності. Гени витривалості, швидкості, гени схильності до травмування. Часткові маркери: поліморфізми гена *EPOR*, *ACTN3A*, *ACE*, родини *PPAR*. Комплексний підхід у аналізі поліморфізмів.

**Тема 7. Молекулярно-генетичні маркери, асоційовані з діяльністю вищої нервової системи.** Генетичні маркери особистих характеристик людини. Генетичні маркери розумових здібностей. Комплексне використання генетичних маркерів.

## Тема 8. Генетика здоров'я

Поняття генетичного здоров'я, його компоненти. Молекулярні генетичні методи, що використовуються в генетиці здоров'я. Хвороби, що унаслідуються. Репродуктивне здоров'я. Чинники середовища, які шкодять здоров'ю.

### Тематика практичних занять

| Номер і назва теми дисципліни   | Номер і назва теми практичних занять  | Кількість годин      |                       |
|---|---|----------------------|-----------------------|
|   |   | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| Тема 1.<br>Вступ в дисципліну.<br>Механізми організації генетичного матеріалу.                                | 1. Будова і функції молекул ДНК і РНК.  | 2                    | –                     |
| Тема 2. Передача генетичного матеріалу.   | 2. Позахромосомне цитоплазматичне наслідування. Тератологія.                                    | 2                    | –                     |
| Тема 3.<br>Молекулярні механізми спадковості.   | 3. Будова і класифікація хромосоми людини.  | 2                    | 2                     |
|   | 4. Спадковість і середовище. Генотип – роль взаємодії з середовищем в індивідуальному розвитку. | 2                    |                       |
| Тема 4.<br>Молекулярно-генетичні методи.  | 5. Основні принципи ПЛР.  | 2                    | 2                     |
| Тема 5. Сучасні напрямки досліджень у генетиці м'язової діяльності.   | 6. Використання нутрігенетичних підходів у практиці спортивної діяльності.                      | 2                    | 2                     |
|   | 7. Епігенетичні механізми м'язової пам'яті.   | 2                    | -                     |
| Тема 6.<br>Молекулярно-генетичні маркери фізичних якостей та прояву високої фізичної працездатності у спорті. | 8. Поняття про поліморфізми генів та їх класифікація.   | 2                    | –                     |
|   | 9. Генетична карта фізичної активності.   | 2                    | -                     |

|  |  |    |   |
|--|--|----|---|
| Тема 7.<br>Молекулярно-генетичні маркери, асоційовані з діяльністю вищої нервової системи. | 10. Генетичні маркери особистих характеристик людини.              | 2  | - |
|  | 11. Наукові і практичні завдання молекулярної спортивної генетики. | 2  | - |
| Тема 8.<br>Генетика здоров'я   | 12. Генетичний и генодіагностика.                                  | 2  | 2 |
| Всього годин:  |  | 24 | 8 |

### *Завдання для самостійної роботи*

| Номер і назва теми дисципліни  | Завдання  | Кількість годин      |                       |
|--|---|----------------------|-----------------------|
|  |   | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| Тема 1.<br>Вступ в дисципліну.<br>Механізми організації генетичного матеріалу. | 1. Історія становлення генетики як науки.   | 4                    | 6                     |
|  | 2. Сучасні досягнення в галузі генетики людини.   | 4                    | 6                     |
|  | 3. Підготовка до практичного заняття з теми 1.  | 2                    | -                     |
| Тема 2. Передача генетичного матеріалу.  | 4. Позахромосомне цитоплазматичне наслідування. Тератологія.                                  | 6                    | 12                    |
|  | 5. Підготовка до практичного заняття з теми 2.  | 2                    | -                     |
| Тема 3. Молекулярні механізми спадковості.                                     | 6. Проект «Human genome» та розшифрування генної структури ДНК та нуклеотидних послідовностей | 4                    | 10                    |
|  | 7. Підготовка до практичного заняття з теми 3.  | 2                    | -                     |
| Тема 4.<br>Молекулярно-генетичні методи.                                       | 8. Рестрикційний аналіз.  | 6                    | 8                     |
|  | 9. Підготовка до практичного заняття з теми 4.  | 2                    | -                     |
| Тема 5. Сучасні напрямки досліджень у генетиці м'язової діяльності.            | 10. Епігенетичні механізми адаптації до м'язової діяльності.                                  | 6                    | 8                     |
|  | 11. Генетичний допінг та проблеми біоетики  | 4                    | 8                     |



|   |   |    |     |
|---|---|----|-----|
|   | 12. Підготовка до практичного заняття з теми 5.   | 2  | -   |
| Тема 6.<br>Молекулярно-генетичні маркери фізичних якостей та прояву високої фізичної працездатності у спорті. | 13. Нутрігенетичні маркери у спорті.  | 6  | 8   |
|   | 14. Молекулярно-генетичні маркери м'язової маси та саркопенії.  | 6  | 10  |
|   | 15. Підготовка до практичного заняття з теми 6.   | 2  | -   |
| Тема 7.<br>Молекулярно-генетичні маркери, асоційовані з діяльністю вищої нервової системи.                    | 16. Комплексне використання генетичних маркерів.  | 6  | 14  |
|   | 17. Підготовка до практичного заняття з теми 7.   | 2  | -   |
| Тема 8.<br>Генетика здоров'я.   | 18. Спадкові хвороби  | 6  | 8   |
|   | 19. Діагностика генетичної схильності до спорту, фітнесу та бодібілдингу, здатності до ефективної корекції ваги | 6  | 8   |
|   | 20. Підготовка до практичного заняття з теми 8.   | 2  | 2   |
| Всього годин:   |   | 80 | 108 |

**Очікувані результати навчання з дисципліни:** застосування у професійній діяльності знань по основним розділам сучасної генетики людини і спортивної генетики, які включають історію, методи дослідження, організацію і передачу генетичного матеріалу, генетичні маркери фізичної працездатності людини, значення генетичних досліджень у спорті вищих досягнень, молекулярно-генетичні фактори та механізми, що обумовлюють особливості роботи складних біологічних систем в умовах м'язової діяльності, основні особливості впливу генетичних факторів на фізіологічні процеси, закономірності та механізми, що відбуваються під час адаптації організму до напружених фізичних навантажень на молекулярному рівні, а також аналізу експериментальних результатів генетичних досліджень та їхньої інтерпретації в аспектах практичного використання завдяки:

**знанням:** механізмів організації і передачі генетичного матеріалу, закономірностей успадкування та розвитку фізичних якостей, молекулярно-генетичних механізмів, що відбуваються у процесі адаптації до м'язової діяльності, генетичних основ здоров'я і рухової діяльності людини, етичних принципів проведення геномних досліджень людини і пов'язаних з ними медичних процедур, генетичної карти генів людини, що асоційована з фізичною

активністю, генів, що приймають участь у фармакокінетиці і фармакодинаміці фармакологічних засобів, поняття генного допінгу та застосування різних методів оцінки і прогнозування генетичної схильності до спорту, фітнесу та бодібілдингу, здатності до ефективної корекції ваги;

**умінням:** визначити інформативні генно-молекулярні методики при оцінці дії чинників спортивної діяльності і зовнішнього середовища на геном спортсмена, дати рекомендації тренерам та спортсменам за результатами генетичного дослідження, застосовувати методи дослідження процесів на молекулярному рівні, виробити навички лабораторної роботи з молекулярно-генетичними методиками дослідження; продемонструвати значення молекулярної біології та генетики для розуміння процесів адаптації до м'язової діяльності, а також у процесі реабілітації захворювань людини, їх профілактики; оперування фаховою термінологією, використовувати результати генетичного дослідження для розв'язання практичних задач в галузі фізичної культури і спорту.

**Перелік програмних результатів навчання, яких досягають під час вивчення навчальної дисципліни відповідно до освітньо-професійної програми «Молекулярна генетика» для третього (доктор філософії з біології) рівня вищої освіти за спеціальністю 091 Біологія**

| Шифр | Програмні результати навчання  |
|------|--|
| ПРН1 | Мати концептуальні та методологічні знання з біології, на межі фізіології людини і тварин та фізичної культури і спорту, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.      |
| ПРН5 | Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми. |
| ПРН8 | Глибоко розуміти загальні принципи та методи біології, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.   |

**Порядок оцінювання результатів навчання з дисципліни**

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

Протягом семестру здобувач вищої освіти може отримати максимальну кількість балів – 100 як суму балів за результатами поточного контролю на

практичних заняттях та під час консультацій науково-педагогічних працівників з тем, на які не передбачено аудиторних годин. Робочою програмою навчальної дисципліни для студентів заочної форми навчання, або в установленому порядку з тем, заняття з яких було пропущене здобувачем. Використовуються такі форми поточного контролю та розподіл балів, які може отримати студент за тему:

| Номер і назва теми практичних занять  | Засоби оцінювання  | Кількість балів за тему |
|---|--|-------------------------|
| 1. Будова і функції молекул ДНК і РНК.  | Поточний контроль.   | 8                       |
| 2. Позахромосомне цитоплазматичне наслідування. Тератологія.                                    | Поточний контроль.   | 8                       |
| 3. Будова і класифікація хромосоми людини.  | Поточний контроль.<br>Контрольна робота.                           | 10                      |
| 4. Спадковість і середовище. Генотип – роль взаємодії з середовищем в індивідуальному розвитку. |  |                         |
| 5. Основні принципи ПЛР.  | Реферат, доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. | 11                      |
| 6. Використання нутрігенетичних підходів у практиці спортивної діяльності.                      | Поточний контроль.   | 7                       |
| 7. Епігенетичні механізми м'язової пам'яті.   | Поточний контроль.   | 7                       |
| 8. Поняття про поліморфізми генів та їх класифікація.   | Поточний контроль.   | 8                       |
| 9. Генетична карта фізичної активності.   | Поточний контроль.   | 8                       |
| 10. Генетичні маркери особистих характеристик людини.   | Реферат, доповіді та презентації на задану тему та їх обговорення. | 11                      |
| 11. Наукові і практичні завдання молекулярної спортивної генетики.                              | Поточний контроль.   | 7                       |
| 12. Генетичний и генодіагностика.   | Поточний контроль.<br>Контрольна робота                            | 15                      |
| Усього:   |  | 100                     |

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

Перед початком практичного заняття науково-педагогічний працівник ознайомлює здобувачів вищої освіти із формами поточного контролю, які будуть застосовуватись, і кількістю балів, які вони можуть отримати. Під час завершення

кожного заняття кожному присутньому здобувачу вищої освіти оголошується кількість отриманих ним балів.

Здобувач, який протягом семестру отримав менше 34 балів, до заліку не допускається.

Залік проводиться у порядку, визначеному у Положенні про організацію освітнього процесу в університеті.

### **Рекомендовані джерела інформації:**

#### **Основна література:**

1. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія: підручник / А.В. Сиволоб. К.: Видавничо-поліграфічний центр. Київський університет., 2008. 384 с.
2. Ільїн В.М. Основи молекулярної генетики м'язової діяльності: навч. посіб. / В.М. Ільїн, С.Б. Дроздовська, В.С. Лизогуб, О.П. Безкопильний. – К.: Олімп. л-ра, 2013. – 112 с.
3. Genetics and Sports / Posthumus M., Collins M. // Med. Sport. Sci., Vol. 61., Basel, Karger. – 2016. – 124 p.
4. Genetic and molecular aspects of sport performance (edited by C. Bouchard, E. Hoffman) /Encyclopedia of sports medicine, V.18. – Wiley-Blackwell. – 2011. – P. 404.
5. Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта: монография / И.И.Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
6. Molecular exercise physiology (edited by Henning Wackerhage) – Routledge, 2014. – 323 p.
7. Genetic and molecular aspects of sport performance (edited by C. Bouchard, E. Hoffman) /Encyclopedia of sports medicine, 2011, V.18. – Wiley-Blackwell. – P. 404.
8. B. Egan, J.R. Zierath. Exercise metabolism and molecular regulation of skeletal muscle adaptation. – Cell Metabolism, Elsevier. – 2013. – 184 p.

#### **Додаткова література:**

1. Сергієнко Л.П. Спортивна генетика: Підручник. – Тернопіль: Навчальна книга \_ Богдан, 2009. – 944 с.
2. Сологуб Е. Б., Таймазов В. А. Спортивная генетика: Учебное пособие. - М.: Терра - Спорт, 2000. - 127 с.
3. Talent identification and development in sport / Baker J., Cogley S., Schorer J.// Routledge. – 2012. – 179 p.
4. Ihsan M, Watson G, Abbiss CR (2014) PGC-1 $\alpha$  Mediated Muscle Aerobic Adaptations to Exercise, Heat and Cold Exposure. Cellular and Molecular Exercise Physiology 3(1): e7. doi: 10.7457/cmep.v3i1.e7
5. Deldicque L, Francaux M (2013) Acute vs. chronic hypoxia: What are the consequences for skeletal muscle mass? Cellular and Molecular Exercise Physiology 2(1): e5 doi: 10.7457/cmep.v2i1.e5
6. Hamilton DL, Philp A (2013) Can AMPK mediated suppression of mTORC1 explain the concurrent training effect. Cellular and Molecular Exercise Physiology 2(1): e4 doi: 10.7457/cmep.v2i1.e4

7. Player DJ, Lewis MP (2012) Mechanisms activating PGC-1 $\alpha$  and consequential transcriptional mechanisms following exercise: A mini review 1(1): e2. doi: 10.7457/cmep.v1i1.e2
8. Martin NRW, Lewis MP. (2012) Satellite cell activation and number following acute and chronic exercise: A mini review. Cellular and Molecular Exercise Physiology 1(1): e3. doi:10.7457/cmep.v1i1.e
9. Cell. 2012 Dec 7;151(6):1319-31. doi: 10.1016/j.cell.2012.10.050. A PGC-1 $\alpha$  isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. Ruas JL1, White JP, Rao RR, Kleiner S, Brannan KT, Harrison BC, Greene NP, Wu J, Estall JL, Irving BA, Lanza IR, Rasbach KA, Okutsu M, Nair KS, Yan Z, Leinwand LA, Spiegelman BM.
10. Skeletal Muscle PGC-1 $\alpha$ 1 Modulates Kynurenine Metabolism and Mediates Resilience to Stress-Induced Depression ,Leandro Z. Agudelo, , Teresa Femenía, , Funda Orhan, , Margareta Porsmyr-Palmertz, , Michel Goiny, Vicente Martinez-Redondo, Cell [Volume 159, Issue 1](#), p33–45.
11. Кубасова Н.А., Цатурян А.К. Молекулярные механизмы работы актин-миозинового мотора в мышце /Успехи биологической химии.– 2011. – Т.51. – С.233-282.

#### **Інформаційні ресурси:**

12. <http://www.sph.umn.edu/fall-2014-course-highlight-cellular-molecular-exercise-physiology/>
13. <http://www.cellsignal.com/contents/science-cst-pathways-stem-cell-markers/hippo-signaling-pathway/pathways-hippo>