

**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 ФІЗІОЛОГІЯ**

рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

спеціальність: 091 Біологія

освітньо-наукова програма: «Фізіологія людини і тварин»

код дисципліни в освітньо-науковій програмі: ОК 11

мова навчання: українська

Київ – 2019

Розробник:

Дроздовська Світлана Богданівна, доктор біологічних наук, професор
кафедри медико-біологічних дисциплін, sdrozdovska@gmail.com

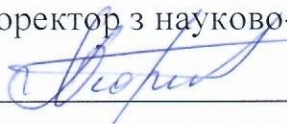
РЕКОМЕНДОВАНО:

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

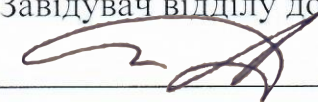
Начальник навчально-методичного відділу

 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-науковою програмою загальних та фахових компетентностей, що забезпечує підготовку висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівців з фізіології людини і тварин, інтегрованих до світового науково-інформаційного простору, які мають 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. Предметом дисципліни є молекулярні механізми фізіологічних процесів, що відбуваються у організмі людини під впливом різних чинників, в тому числі й змінних за характером та інтенсивністю фізичних навантажень.

Основні теми: молекулярні механізми біосинтезу білків, молекулярні шляхи передачі сигналу, фосфорилування, молекулярна фізіологія травлення, молекулярна фізіологія систем кровообігу та дихання, нервової системи та органів чуття, молекулярні процеси, що відбуваються у скелетних м'язах під впливом фізичних навантажень, механізми адаптації до фізичних вправ різного характеру.

Цей міждисциплінарний курс сприяє вступу до нової області фундаментальних знань про роботу складних біологічних систем в стані спокою та в умовах м'язової діяльності. У курсі приділяється увага результатам наукових досліджень, отриманих у останні роки, що стосуються молекулярних механізмів виникнення інформації, її сигнальної трансдукції та трансформацію у фенотипові ознаки організму, молекулярним механізмам діяльності різних фізіологічних та функціональних систем (нервово-м'язової, дихальної, серцево-судинної, імунної та інш.) в умовах інтенсивної м'язової діяльності.

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 general and professional competences defined by the educational and scientific program, which provides training of highly qualified, competitive specialists in human and animal physiology, integrated into the world scientific and information space, who have conceptual and methodological knowledge in biology and human physiology and physical culture and sports, as well as research skills sufficient to conduct scientific and applied research at world level such as gaining new knowledge and / or innovating. The subject of the discipline is the molecular mechanisms of physiological processes that occur in the human body under the influence of various factors, including variables in the nature and intensity of physical activity.

Main topics: molecular mechanisms of protein biosynthesis, molecular signal transduction pathways, phosphorylation, molecular digestion physiology, molecular physiology of circulatory and respiratory systems, nervous system and sensory organs, molecular processes occurring in skeletal muscles, adaptation

mechanisms, exercise of different nature. This interdisciplinary course promotes the entry into a new field of fundamental knowledge of the workings of complex biological systems at rest and in muscular conditions. The course pays attention to the results of scientific researches obtained in recent years concerning molecular mechanisms of information origin, its signal transduction and transformation into phenotypic features of the organism, molecular mechanisms of activity of various physiological and functional systems (neuromuscular, respiratory, cardiovascular, immune, etc.) in the conditions of intensive muscular activity.

Мета навчальної дисципліни – надати глибокі знання з дисципліни «Молекулярна фізіологія», підвищити здатність здобувачів освітньо-наукового рівня зі спеціальності 091 Біологія до оцінки функцій організму та фізіологічних процесів, що відбуваються в нормі та при змінних умовах навколишнього середовища, зокрема при інтенсивній м'язовій діяльності, створити уявлення про особливості та молекулярні механізми адаптації організму людини до напруженої м'язової діяльності, сприяти засвоєнню інформації про сучасні існуючі наукові концепції щодо процесу адаптації всіх органів та систем організму.

Перелік компетентностей, які формуються під час вивчення навчальної дисципліни відповідно до освітньо-наукової 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
ЗК2	Здатність до аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень, абстрактного мислення, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань
ФК1	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.
ФКС1	Здатність до оцінки функцій організму та фізіологічних процесів, що відбуваються в нормі та при змінних умовах навколишнього середовища, зокрема при інтенсивній м'язовій діяльності.
ФКС3	Здатність застосовувати знання фундаментальних основ, сучасних досліджень проблем і тенденцій розвитку спорту, фізичного виховання та оздоровчо-рекреаційної рухової активності різних верств населення у комплексному аналізі явищ і фізіологічних процесів, що виникають у організмі

	людини та тварин.
ФКС4	Здатність прогнозувати та отримувати нові знання з фізіології людини і тварин для управління фізичним станом осіб різного віку; для використання засобів фізичного виховання, режимів рухової активності відповідно до індивідуальних фізичних і психологічних особливостей дітей, підлітків, молоді та дорослого населення, для здійснення моніторингу рівня та корекції фізичного здоров'я.
ФКС5	Здатність до використання наукового обладнання та інноваційних технологій, що відносяться до досліджень медико-біологічного напрямку.

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

Форми навчання	Види навчальних занять				Самостійна робота	Разом
	лекції	лабораторні	практичні	семінарські		
Денна	16	4	0	20	60	120
Заочна	6	0	0	6	108	120

Статус навчальної дисципліни: обов'язкова.

Передумови для вивчення навчальної дисципліни: успішне опанування такими навчальними дисциплінами:

на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти: «Загальна фізіологія людини та патологічна фізіологія», «Фізіологія людини», «Фізіологія рухової активності», «Спортивна генетика»; на другому (магістерському) рівні вищої освіти: «Молекулярна біологія і генетика».

Програма навчальної дисципліни.

Тематичний план навчальної дисципліни

Номер і назва теми	Кількість годин							
	денна форма навчання				заочна форма навчання			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л.	прак.	с. р.		л.	прак.	с. р.
Тема 1. Вступ до молекулярної фізіології	10	2	-	8	12	2	-	10
Тема 2. Методи досліджень у	12	-	4	8	12	-	2	10

молекулярній фізіології								
Тема 3. Молекулярні механізми біосинтезу білків.	12	2	2	8	12	-	-	12
Тема 4. Сигнальна трансдукція.	12	2	2	8	12	2	-	10
Тема 5. Молекулярна фізіологія травлення	12	2	2	8	12	-	-	12
Тема 6. Молекулярна фізіологія систем кровообігу та дихання	12	2	2	8	12	-	2	10
Тема 7. Молекулярна фізіологія нервової системи та органів чуття	10	2	-	8	12	-	-	12
Тема 8. Молекулярні процеси, що відбуваються у скелетних м'язах під впливом фізичних навантажень	14	2	4	8	12	2	-	10
Тема 9. Механізми адаптації до фізичних вправ різного характеру	16	2	6	8	12	-	2	10
Тема 10. Вікові особливості	10	-	2	8	12	-	-	12

молекулярної адаптації до фізичних вправ								
Всього годин:	120	16	24	80	120	6	6	108

Зміст навчальної дисципліни за темами

Тема 1. Вступ до молекулярної фізіології

Предмет, завдання дисципліни. Коротка історія розвитку. Засновники. Стратегії досліджень у молекулярній фізіології.

Тема 2. Методи досліджень у молекулярній фізіології. Визначення активності генів, ПЛР, ПЛР у реальному часі, Саузерн-блоттінг, Вестерн-блоттінг, Нозерн-блоттінг. Методи дослідження молекулярних процесів у скелетних м'язах (м'язова біопсія, мікроскопічні методи). Методи культивування культур клітин. Обладнання молекулярних лабораторій.

Тема 3. Молекулярні механізми біосинтезу білків.

Транскрипція, трансляція. Ремодельовання хроматину, епігенетична регуляція. Транскрипційні фактори. Посттранскрипційна регуляція mRNA. Регуляція mRNA трансляції в синтез білку. Регуляція руйнування білку. Убіквітин-протеосомний шлях. Автофагійно-лізосомний шлях. Фосфорилування білків і mTOR

Тема 4. Сигнальна трансдукція.

Молекулярні шляхи передачі сигналу, фосфорилування. Кроки сигнальної трансдукції. Розпізнавання сигналів, викликаних фізичними вправами. Трансдукція сигналів, викликаних фізичними вправами: білок-білкові взаємодії, модифікація білків, транслокація, синтез і деградація білків. Ефекторні білки, що регулюють адаптацію до фізичних вправ. Теорія суперкомпенсації. Первинні та вторинні месенджери.

Тема 5. Молекулярна фізіологія травлення.

Механізми рецепції смаку. Молекулярні особливості травлення у шлунку (пепсин, види протеолізу). Класи та родини серинових протеїназ. Механізм продукції соляної кислоти. Регуляція утворення соляної кислоти. Шлункові хемосенсиори. Муковісцидоз. Принцип роботи ABC- транспортерів. Регуляція всмоктування заліза у кишківнику. Гепцидин – ключовий регулятор обміну заліза. Молекулярні механізми функціонування печінки.

Тема 6. Молекулярна фізіологія систем кровообігу та дихання.

Іонні механізми серцевої діяльності. Молекулярні мотори. Міозин, його типи і функції, тропоніновий комплекс, тропоміозин, тітін. Механочутливість кардіоміоцитів. Місцеві механізми регуляції тонусу судин. Газотрансміттери. Ендотеліальна NO-синтаза, сірководень. Мукоциліарний транспорт (денеїновий комплекс, CFTR-ABC касетний транспортер для хлоридів та тіоціанату). Молекулярні механізми впливу на ефективність вентиляції (сурфактанти, колаген, еластин, дистрофін). Молекулярні механізми транспорту кисню. Хемосенсиори. Клітинне дихання (АТФ-синтаза, термогенін, мітохондріальна пора, порини, фактор, що індукується гіпоксією. Молекулярні механізми реагування клітин на гіпоксію.

Тема 7. Молекулярна фізіологія нервової системи. Молекулярні механізми електричних явищ у нейронах. Цикл роботи Na^+/K^+ АТР-ази. Анкірини, синаптеїн. Роль нейротрансмітерів у м'язовій діяльності. Молекулярні механізми синаптичної передачі. Іонотропні та метаботропні рецептори. Молекулярний механізм роботи та наслідки збудження глутаматних рецепторів. γ - аміномасляна кислота та її рецептор. Пластичність нейронів. Молекулярні механізми пам'яті. Роль мікроРНК у функціонуванні нейронів.

Тема 8. Молекулярні процеси, що відбуваються у скелетних м'язах під впливом фізичних навантажень

Сигналінг м'язового скорочення. Пластичність скелетних м'язів (кальциневрін, гістони). Кальциневрін-NFAT шлях. Гени важких ланцюгів міозину і хроматинове ремоделювання. Важкі ланцюги міозину і регуляція MyoMirs, SOX6. М'язова пам'ять. Молекулярні зміни мітохондріального біогенезу. Адаптаційні зміни мітохондріальних пулів. САМК, АМРК, PGC-1 α і мітохондріальний біогенез. Роль АМР-активованої протеїнкінази. Молекулярні механізми роботи актин-міозинового двигуна у скелетних м'язах. Роль структурних та регуляторних білків саркомерів.

Тема 9. Механізми адаптації до фізичних вправ різного характеру.

Молекулярна адаптація до фізичних вправ з переважним розвитком витривалості. Молекулярна адаптація до фізичних вправ силового характеру. Види гіпертрофії. Типи міозинів, актиніни. Значення міостатину. Роль сателітних клітин у відновленні скелетних м'язів після травм.

Роль родини рецепторів PPAR і PGC-1 α у адаптації до фізичних навантажень Система АМРК. Молекулярна адаптація імунної системи до фізичних вправ. Зміни у роботі імунної системи після фізичного навантаження. Міокіни. NF- κ B. Роль Т клітин у модуляції функцій сателітних клітин. Ангіогенез, викликаний фізичними вправами (HIF-1A, VEGF). Молекулярна адаптація до гіпоксії і HIF.

Тема 10. Вікові особливості молекулярної адаптації до фізичних вправ

Перекисне окислення ліпідів (оксиданти і антиоксиданти). Теломераза – P53 шлях, m TOR, саркопенія.

Тематика практичних занять

Номер і назва теми дисципліни	Номер і назва теми практичних занять	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Тема 2. Методи досліджень у молекулярній фізіології	Практичне заняття 1. Лабораторна робота. Метод виділення ДНК з клітин букального епітелію. Метод виділення РНК з клітин крові. Метод визначення чистоти та кількісних показників проби методом Nano-drop	2	2
	Практичне заняття 2. Лабораторна робота. Визначення експресії генів методом Real-time PCR.	2	-
Тема 3. Молекулярні механізми біосинтезу білків.	Практичне заняття 3. Основи біосинтезу білків	2	-
Тема 4. Сигнальна трансдукція.	Практичне заняття 4. Молекулярні шляхи передачі сигналу, фосфорилювання. Кроки сигнальної трансдукції.	2	-
Тема 5. Молекулярна фізіологія травлення	Практичне заняття 5. Молекулярні механізми рецепції та регуляції процесу травлення	2	-
Тема 6. Молекулярна фізіологія систем кровообігу та дихання	Практичне заняття 6. Молекулярні механізми реалізації та регуляції дихання	2	2
Тема 8. Молекулярні процеси, що	Практичне заняття 7. Сигналінг м'язового	2	-

відбуваються у скелетних м'язах під впливом фізичних навантажень	скорочення.		
	Практичне заняття 8. Молекулярні механізми роботи актин-міозинового двигуна у кістякових м'язах	2	-
Тема 9. Механізми адаптації до фізичних вправ різного характеру.	Практичне заняття 9. Молекулярні механізми гіпертрофії скелетних м'язів.	2	2
	Практичне заняття 10. Молекулярні механізми м'язової пам'яті.	2	-
	Практичне заняття 11. Адаптація до гіпоксії та HIF.	2	-
Тема 10. Вікові особливості молекулярної адаптації до фізичних вправ	Практичне заняття 12. Молекулярні механізми старіння.	2	-
Всього годин:		24	6

Завдання для самостійної роботи здобувачів

Номер і назва теми дисципліни	Завдання	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Тема 1. Вступ до молекулярної фізіології	Дослідження Нобелівських лауреатів в області фізіології останніх років.	8	10
Тема 2. Методи досліджень у молекулярній фізіології	Саузерн-блоттінг, Вестерн-блоттінг, Нозерн-блоттінг.	8	10
Тема 3. Молекулярні механізми біосинтезу білків	Фосфорилування білків і mTOR	8	12
Тема 4. Сигнальна трансдукція	Система AMPK.	8	10

Тема 5. Молекулярна фізіологія травлення	Принцип роботи ABC-транспортерів	8	12
Тема 6. Молекулярна фізіологія систем кровообігу та дихання	Роль родини рецепторів PPAR і PGC-1 α у адаптації до фізичних навантажень	8	10
Тема 7. Молекулярна фізіологія нервової системи	AMPA та NMDA рецептори.	8	12
Тема 8. Молекулярні процеси, що відбуваються у скелетних м'язах під впливом фізичних навантажень	Створити узагальнену схему сигнальної регуляції у відповідь на адаптацію до навантажень силового характеру.	8	10
Тема 9. Механізми адаптації до фізичних вправ різного характеру	Створити узагальнену схему сигнальної регуляції у відповідь на адаптацію до тривалих навантажень з вимогами до розвитку витривалості.	8	10
Тема 10. Вікові особливості молекулярної адаптації до фізичних вправ	Зробити огляд літератури за темою: «Вікові особливості молекулярної механізми адаптації до фізичних навантажень у обраному виді спорту»	8	12
Загалом:		80	108

Очікувані результати навчання з дисципліни:

застосування знань основних молекулярних механізмів та закономірностей перебігу фізіологічних процесів в організмі дозволить успішно організувати та провести дослідження медико-біологічних аспектів підготовки спортсменів та медико-біологічного супроводу занять у оздоровчих видах спорту завдяки:

знанням: історії розвитку та сучасного стан наукових знань про молекулярно-фізіологічні особливості м'язової роботи, оволодіти

термінологією з досліджуваного наукового напрямку, розуміти теоретичні та практичні проблеми досліджень у вказаній галузі;

умінням: володіти методами дослідження, опанувати навичками самостійної роботи, аналізу та інтерпретації фізіологічних даних, стосовно молекулярних особливостей перебігу фізіологічних процесів в умовах спокою та фізичної активності людини.

Перелік програмних результатів навчання, яких досягають 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	Програмні результати навчання
Когнітивна (пізнавальна) сфера:	
ПРН 1	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.

Порядок оцінювання результатів навчання з дисципліни

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни формується з урахуванням результатів поточного контролю, оцінювання проекту 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 здобувачів заочної форми навчання, або в установленому порядку з тем, заняття з яких було пропущене здобувачем вищої освіти. Використовуються такі форми поточного контролю та розподіл балів, які може отримати здобувач за тему:

Номер і назва теми практичних занять	Засоби оцінювання	Кількість балів за тему
Практичне заняття 1. Лабораторна робота. Метод виділення ДНК з клітин	Виконання лабораторної роботи,	10

букального епітелію. Метод виділення РНК з клітин крові. Метод визначення чистоти та кількісних показників проби методом Nano-drop	описання методик, аналіз та оформлення отриманих результатів	
Практичне заняття 2. Лабораторна робота. Визначення експресії генів методом Real-time PCR.	Виконання лабораторної роботи, описання методик, аналіз та оформлення отриманих результатів	10
Практичне заняття 3. Основи біосинтезу білків	Презентація.	8
Практичне заняття 4. Молекулярні шляхи передачі сигналу, фосфорилування. Кроки сигнальної трансдукції.	Експрес-контроль.	8
Практичне заняття 5. Молекулярні механізми рецепції та регуляції процесу травлення	Презентації на задану тему. Кейси	8
Практичне заняття 6. Молекулярні механізми реалізації та регуляції дихання	Перевірка рефератів	8
Практичне заняття 7. Сигналінг м'язового скорочення.	Тестування.	8
Практичне заняття 8. Молекулярні механізми роботи актин-міозинового двигуна у скелетних м'язах	Кейси.	8
Практичне заняття 9. Молекулярні механізми гіпертрофії скелетних м'язів.	Експрес-контроль.	8
Практичне заняття 10. Молекулярні механізми м'язової пам'яті.	Тестування	8
Практичне заняття 11. Адаптація до гіпоксії та HIF.	Реферати	8
Практичне заняття 12. Молекулярні механізми старіння.	Експрес-контроль.	8
Усього:		100

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

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

час завершення кожного заняття кожному присутньому здобувачу оголошується кількість отриманих ним балів.

Здобувач наукового ступеня, який протягом семестру отримав менше 34 балів, до екзамену не допускається, і може в установленому порядку пройти повторне вивчення цієї дисципліни.

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

Рекомендовані джерела інформації:

Основна література:

1. Molecular and Cellular Exercise Physiology By Frank Mooren, Klaus Völker 2005.
2. Livio Luzi. Cellular Physiology and Metabolism of Physical Exercise – Springer, 2012 -164 p.
3. Molecular exercise physiology (edited by Henning Wackerhage) – Routledge, 2014. – 323 p.
4. R. Kumar, B.W.O'Malley. NC coregulators and human diseases – World Scientific, Singapore. – 2008. – 602 p.
5. Genetic and molecular aspects of sport performance (edited by C. Bouchard, E. Hoffman) /Encyclopedia of sports medicine, V.18. – Wiley-Blackwell. – P. 404.
6. B. Egan, J.R. Zierath. Exercise metabolism and molecular regulation of skeletal muscle adaptation. – Cell Metabolism, Elsevier. – 2013. – 184 p.

Додаткова література:

7. Hector AJ, McGlory C, Philips SM (2015). The influence of mechanical load on skeletal muscle protein turnover. Cellular and Molecular Exercise Physiology 4(1): e8. doi: 10.7457/cmep.v4i1.e8
8. Ihsan M, Watson G, Abbiss CR (2014) PGC-1 α Mediated Muscle Aerobic Adaptations to Exercise, Heat and Cold Exposure. Cellular and Molecular Exercise Physiology 3(1): e7. doi: 10.7457/cmep.v3i1.e7
9. 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
10. 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
11. Player DJ, Lewis MP (2012) Mechanisms activating PGC-1 α and consequential transcriptional mechanisms following exercise: A mini review 1(1): e2. doi: 10.7457/cmep.v1i1.e2
12. 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

13. Cell. 2012 Dec 7;151(6):1319-31. doi: 10.1016/j.cell.2012.10.050. A PGC-1 α 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.
14. Skeletal Muscle PGC-1 α 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.
15. 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:

<http://www.sph.umn.edu/fall-2014-course-highlight-cellular-molecular-exercise-physiology/>

<http://www.cellsignal.com/contents/science-cst-pathways-stem-cell-markers/hippo-signaling-pathway/pathways-hippo>