



УДК 597.551.2-131:577.3+621.384

ВПЛИВ ВИПРОМІНЮВАННЯ СИНЬОГО ТА ЗЕЛЕНОГО СПЕКТРА НА ПРОЦЕСИ ЛІПОПЕРОКСИДАЦІЇ ЗАРОДКІВ В'ЮНА

Семочко О.М., Мандзинець С.М., Бура М.В., Санагурський Д.І., Ференсович Я.П.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

e-mail: mcelevych@yahoo.com

Надійшла до редакції 10.07.2011

Досліджено вплив монохроматичного синього ($\lambda = 460$ нм) та зеленого світла ($\lambda = 530$ нм) на інтенсивність процесів ліпопероксидації, зокрема, утворення ТБК позитивних продуктів перекисного окиснення ліпідів зародків в'юна (*Misgurnus fossilis* L.). Встановлено, що використане опромінення зумовлюють дозозалежне зростання вмісту малонowego діальдегіду, що вказує на інтенсифікацію ПОЛ на ранніх етапах розвитку зародків. Низькі дози опромінення не спричиняють достовірних змін процесів вільнорадикального окиснення, а на стадії 10 поділу бластомерів зародків в'юна спостерігали адаптаційні процеси у зародків у відповідь на дію монохроматичного випромінювання.

Ключові слова: зародки в'юна, поділ бластомерів, синє та зелене світло, монохроматичне випромінювання, світлодіоди, перекисне окиснення.

ВСТУП

На сьогодні відома значна кількість експериментальних даних про вплив електромагнітного випромінювання (ЕМВ) видимого спектру на метаболічні системи живої клітини. Це сприяло широкому застосуванню світла у багатьох галузях медицини. ЕМВ застосовують для лабораторної діагностики і профілактики, а також з метою лікування різноманітних захворювань [1]. Про лікувальні властивості світла згадують за умов, коли захворювання не піддається лікуванню традиційними медичними засобами, або коли на відповідні медикаменти організм реагує алергічними реакціями. У педіатрії часто вдаються до різних типів фототерапії, починаючи з неонатального періоду, коли виникає проблема жовтяниці, внаслідок накопичення білірубину – застосовують опромінення синім світлом [2]. Різні типи ультрафіолетового випромінювання застосовують для стабілізації запальних та аутоімунних станів у дитячому віці [3]. Такі можливості застосування світла стимулювали створення потужних світлодіодів, які склали високу конкуренцію лазерам за багатьма показниками, і дали змогу використовувати їх у фототерапії. Зокрема, відомо, що опромінення синім світлом дає позитивний та тривалий результат при лікуванні атипічного дерматиту [4]. Здатність зеленого світла впливати на гідродинаміку очей, понижувати очний тиск – застосовують з метою лікування глаукоми очей [5]. Позитивні результати виявлені після застосування лазерного діоду в якості ад'ювантної терапії пародонтиту [6], застосування такого випромінювання ($\lambda = 660$ нм) веде до зниження бактеріального пулу, і сприяє кращому лікуванню

даного захворювання. Аналогічний ефект, після зміни фотосенсибілізатора, виявляють діоди з іншим типом світла ($\lambda = 810$ нм) [7].

Однак існує велика кількість публікацій, які вказують на протилежні ефекти світла. Цікавою є концепція дії монохроматичного випромінювання на клітину внаслідок резонансної взаємодії світла з біологічним об'єктом на молекулярному рівні [8, 9]. Також вчені вважають, що дія ЕМВ проявляється внаслідок залучення у процес клітинної відповіді окисно-відновних систем організму [4]. Зокрема, синє світло здатне індукувати збільшення вільних радикалів у клітинах епітелію, що може викликати окисний стрес та здійснювати пошкодження мітохондріальної ДНК [10]. Тривале опромінення світлом синього діапазону може викликати руйнування мітохондрій [11]. Проте ці механізми впливу є ще не достатньо вивченими, також невідомі всі можливі мішені, як клітинні, так молекулярні, впливу світла синього та зеленого спектра на організм, зокрема на ембріональні клітини. Тому мета роботи полягала у вивченні впливу ЕМВ синього та зеленого спектра на мембранопов'язані процеси в'юна *Misgurnus fossilis* L. упродовж ембріонального розвитку.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проводили на зародках в'юна (*Misgurnus fossilis* L.) через 60, 150, 210, 270 та 330 хв після запліднення яйцеклітин під час стадій, які відповідають стадії 2, 16, 64 бластомерів, восьмому та десятому поділу бластомерів.

Яйцеклітини одержували і запліднювали за методом А.А. Нейфаха [12]. Овуляцію стимулювали внутрішньом'язовим введенням самкам хоріонічного

гонадотропіну (500 од.). Ікру одержану через 36 год після стимуляції, запліднювали у чашках Петрі суспензією спермій, отриману з сім'яників після декапітації та розтину черевної порожнини самців. Через 5-10 хв після запліднення зиготи відмивали та інкубували у фізіологічному розчині Гольтфретера при температурі 20-22о С.

Отримані зиготи піддавали опроміненню синім світлодіодом «AVAGO» ASMT M BOO - NAE00 PBF ($\lambda = 460$ нм) та зеленим ($\lambda = 530$ нм) потужністю 1 Вт з рефлектором «Fraen» – FC-M2-XR79-OR для фокусування випромінювання у площині. Зародки в'юна в умовах контролю та дослідів інкубували у фізіологічному розчині Гольтфретера; в умовах дослідів – опромінювали одноразово одразу після запліднення протягом 1, 5, 10 та 20 хв з відбором клітин на досліджуваних стадіях. Стадії розвитку зародків контролювали візуально під бінокулярним мікроскопом МБС-9.

Інтенсивність процесів ПОЛ аналізували за зміною кількості МДА, визначали за методом Тимирбулатова [13]. Принцип методу базується на активації ПОЛ іонами двохвалентного заліза до рівня, який реєструється спектрофотометрично. При високій температурі у кислому середовищі МДА реагує з тіобарбітуровою кислотою, утворюючи забарвлений триметиновий комплекс з $\lambda_{\max} = 532$ нм [13].

У дослідженнях використовували реактиви вітчизняного виробництва кваліфікації х.ч., Достовірність змін встановлювали за t-критерієм Стьюдента [14].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Видиме світло здатне змінювати функціональний стан ключових метаболічних систем організму [15], зокрема система антиоксидантного захисту [16, 17] та процеси ПОЛ [18, 19]. Вважають, що мішенями червоного світла у клітині виступають молекули кисню та каталаза [11]. Зелене світло здатне змінювати електропровідність тканин та активувати процеси метаболізму [11]. Можливими фотоакцепторами світла синього діапазону спектра є флавіни (НАДН-дегідрогенази, сукцинатдегідрогенази, ацил-КоА-дегідрогенази), порфіриновмісні сполуки (білірубін, гемоглобін), а також цитохроми, наявність у складі котрих залізовмісних порфіринових простетичних груп і визначає їх здатність поглинати синє світло [11]. Останні дані дають змогу стверджувати, що до ефектів біологічної дії світла причетні також NO-залежні регуляторні системи [20, 21], саме NO є модулятором активності цитохром с-оксидази. Виявлено, що за впливу низькоінтенсивного видимого випромінювання змінюється концентрація АТФ [22], активність Na^+ , K^+ -АТФази [10, 31], деполяризація мембрани та кількість вільних радикалів [10]. Синє та червоне світло здатні виявляти стимулюючу або інгібувальну дію, залежно від дози, на ембріональний розвиток

перепела японського [23, 24]. Опромінення ембріонів перепела веде до зростання ТБК-позитивних пероксидних ліпідних продуктів у їх печінці [25].

Встановлено, що за нормальних умов, інтенсивність процесів вільнорадикального окиснення зародків в'юна *Misgurnus fossilis* L зростає одразу після запліднення, і поступово знижується, протягом синхронних поділів, досягаючи мінімального значення на стадії 8 поділу. На стадії 10 поділу бластомерів інтенсивність процесів ПОЛ зростає [26, 27, 28].

Аналізуючи зміну кількості ТБК позитивних продуктів ПОЛ виявлено, що опромінення синім, а також зеленим світлом зародків в'юна одразу після запліднення (*in vivo*) протягом 1÷20 хв викликає дозозалежне зростання інтенсивності процесів вільнорадикального окиснення на стадії 2 бластомерів. Світло синього спектра тривалістю 1 хв не спричинює істотних змін вмісту перекисних ліпідних сполук на стадії 2 бластомерів порівняно з відповідним показником у контролі. Подібний ефект спостерігали і за опромінення зеленим світлом такої ж тривалості (див. рис 1.). Збільшення експозиції синім світлом зародків до 5 хв призвело до зниження вмісту МДА на $3,5 \pm 0,04$ %, тоді як опромінення зеленим світлом такої ж тривалості веде до інтенсифікації процесів ліпопероксидації на $8,0 \pm 0,19$ % порівняно з контролем. За дії зеленого світла тривалістю 10 хв на стадії 2 бластомерів (рис. 1) вміст МДА достовірно зростав на $10,0 \pm 0,03\%$, і становив $1,33 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка у порівнянні його вмістом у контролі. Вагоме достовірне зростання кількості ТБК-позитивних продуктів спостерігали за збільшення експозиції зеленого діапазону спектру до 20 хв, яке відповідно становило $1,4 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка.

Дія світла синього спектра протягом 20 хв, викликала менш істотне зростання вмісту МДА на $5,0 \pm 0,05\%$ у порівнянні із опроміненням зеленим світлом. Можна стверджувати, що зелене світло у більшій мірі інтенсифікує процеси ПОЛ, про що свідчить зростання кількості МДА, проте у порівнянні із дією синього світла, ця різниця є не статистично достовірною. Коротка експозиція (1 хв) веде до не достовірної активації процесів ліпопероксидації у зародках в'юна на стадії 2 бластомерів. Ці дані корелюють із результатами отриманими у ході дослідження впливу низькоінтенсивного видимого світла на сомітогенез птиці - низькі дози опромінення синім і червоним світлом не викликають достовірних змін ембріонального розвитку перепела японського [23].

Інтенсивність вільнорадикальних реакцій за вмістом МДА зародків в'юна на стадії 64 бластомерів у контролі становить $0,87 \pm 0,02$ мкмоль/мг білка, тоді як після опромінення даний показник достовірно ($p < 0,001$) зростає на всіх досліджуваних етапах, лише дія синього світла тривалістю 1 хв не викликає достовірних змін кількості МДА (рис. 3). Максимальних значень інтенсивність ПОЛ досягає за

20-хвилинної експозиції світла зеленого діапазону експозиції і становить $1,36 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка (рис. 3), тобто інтенсивність процесів ліпопероксидації зростає на $54,2 \pm 0,17\%$ у порівнянні з контролем. Синє світло такої ж тривалості викликає інтенсифікацію

процесів ПОЛ на $38,2 \pm 0,3\%$ і становить відповідно $1,21 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка ($p < 0,001$). На стадії 64 бластомерів зелене світло більш істотно впливає на зростання інтенсивності вільнорадикальних процесів зародків, ніж синє світло.

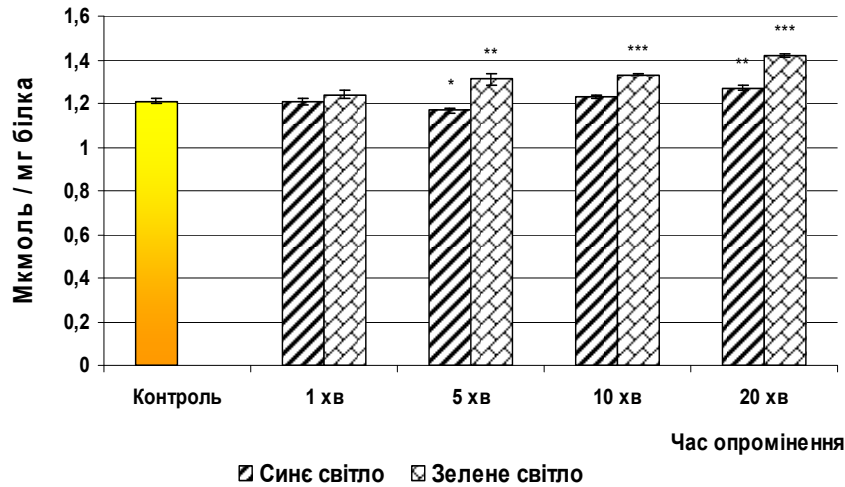


Рис 1. Інтенсивність процесів ПОЛ зародків в'юна на стадії 2 бластомерів за умов впливу синього і зеленого світла різної експозиції. Тут і далі вірогідні зміни порівняно із контролем: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

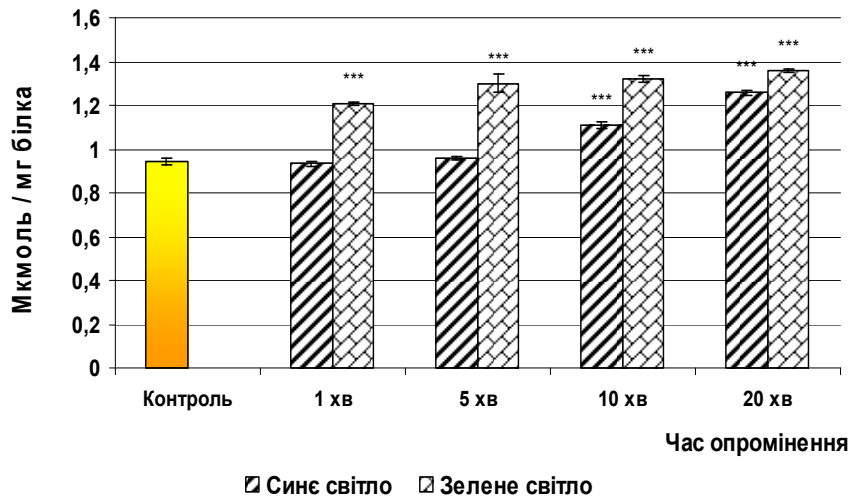


Рис 2. Інтенсивність процесів ПОЛ зародків в'юна на стадії 16 бластомерів за умов впливу синього і зеленого світла різної експозиції.

Подібну закономірність змін інтенсивності процесів ПОЛ відмічено і на стадії восьмого поділу бластомерів. Після опромінення світлом зеленого діапазону упродовж 1 хв (рис. 4) кількість ТБК-позитивних продуктів достовірно зросла на $43,1 \pm 0,58\%$ ($p < 0,001$), й рівень ПОЛ становила $1,2 \pm 0,02$ мкмоль МДА/мг білка.

Світло синього спектру, за подібних умов, а також при збільшенні експозиції до 5 хв, достовірних змін кількості вторинних продуктів процесів ПОЛ не зумовлювало. Лише збільшення тривалості

опромінення синім світлом до 10 та 20 хв ($p < 0,001$) сприяє достовірній активації вільнорадикальних процесів мембран зародків в'юна, про що свідчить зростання вмісту МДА на $31,1 \pm 0,34$ та $49,2 \pm 0,5\%$ відповідно. Максимального рівня кількість МДА досягла на стадії восьмого поділу бластомерів за дії зеленого світла тривалістю 20 хв і становила $1,36 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка, що на $62,1 \pm 0,34\%$ більше ніж у контролі. За дії зеленого світла протягом 10 хв інтенсивність процесів ліпопероксидації зародків зросла на $57,1 \pm 0,47\%$ у порівнянні з контролем.

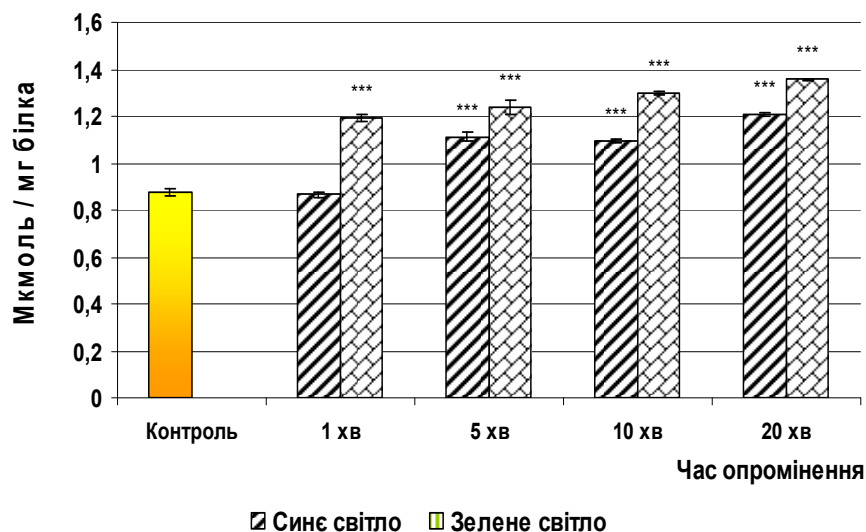


Рис 3. Інтенсивність процесів ПОЛ зародків в'юна на стадії 64 бластомерів за умов впливу синього і зеленого світла різної експозиції.

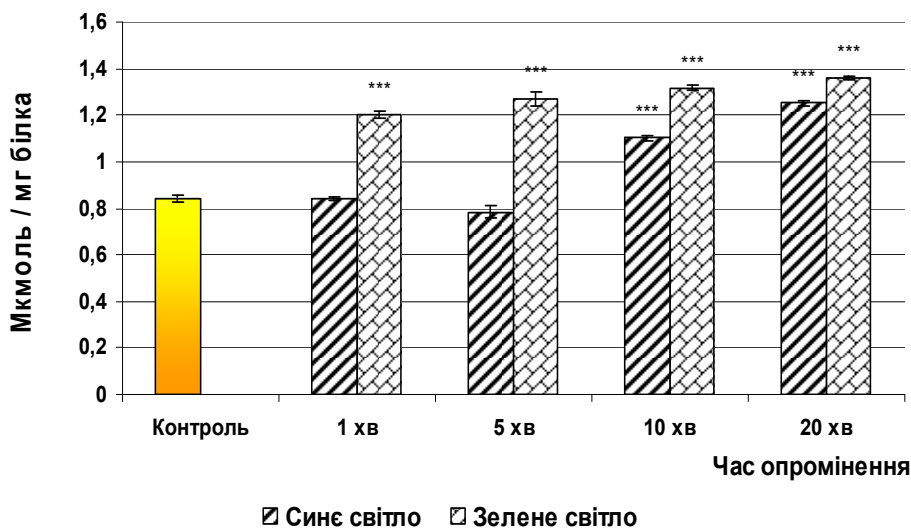


Рис 4. Інтенсивність процесів ПОЛ зародків в'юна на стадії 8 поділу бластомерів за умов впливу синього і зеленого світла різної експозиції.

На стадії 10 поділу бластомерів синє світло активує у значній мірі процеси ПОЛ, ніж зелене світло (рис. 5). За тривалості опромінення 5 хв світло синього діапазону викликало збільшення кількості МДА, відповідно зростала інтенсивність процесів ліпопероксидації на $17,1 \pm 0,32$ % ($p < 0,001$), тоді як зелене лише на $9,2 \pm 0,22$ % ($p < 0,05$) порівняно з контролем, де кількість ТБК-позитивних продуктів становить $1,17 \pm 0,02$ мкмоль/мг білка. Інтенсивність процесів ліпопероксидації є максимальною за дії синього світла тривалістю 20 хв, і досягає рівня $1,41 \pm 0,01$ мкмоль/мг білка, що на $20,2 \pm 0,13$ % більше ніж у контролі. За дії зеленого світла досліджуваний показник зародків в'юна не змінювався і становив $1,4 \pm 0,007$ мкмоль/мг білка. За дії світла синього і зеленого спектру тривалістю 1 хв достовірної активації процесів перекисного окиснення ліпідів на стадії 10 поділу не виявлено.

Встановлено, що опромінення низькоінтенсивним монохроматичним світлом зумовлює надмірне утворення ТБК-позитивних продуктів у зародках в'юна. Процеси вільнорадикального окиснення поступово активуються упродовж раннього розвитку, досягаючи максимальних значень на стадії 8 поділу й істотно знижуються на стадії 10 поділу бластомерів.

Це вказує на запуск репараційних процесів в клітині, і підтверджує той факт, що дія видимого випромінювання на клітину опосередковується запуском процесів ПОЛ. Отримані результати корелюють із твердженням авторів, що енергія поглинутого світла, здатна викликати потік електронів, що, в свою чергу, веде до активації окисно-відновних реакцій, зміни поглинання кисню, електропровідності та виділення вуглекислоти [11]. Під час темної стадії окисного процесу, за участю ферментних систем інтенсивність обмінних процесів

сповільнюється [11], саме зниження процесів ліпопероксидації спостерігалось на стадії 10 поділу бластомерів зародків в'юна, за впливу світла синього та зеленого діапазону. Зростання вмісту МДА може призводити в свою чергу до змін структури мембрани, на користь цього твердження вказують отримані результати при дослідженні співвідношення відсоткового складу ненасичених й насичених жирних кислот клітинних ліпідів мікроскопічних грибів [29], після їх опромінення різними типами низькоінтенсивного випромінювання. Саме ненасичені жирні кислоти беруть участь в регулюванні проникності мембран та функціонуванні

мембранопов'язаних ферментів [29, 30]. Ці дані підтверджуються попередніми дослідженнями, у ході котрих виявлено, суттєві зміни активності Na^+ , K^+ -АТФази зародків в'юна за умов впливу низькоінтенсивного синього та зеленого випромінювання [31]. Цікавими у цьому аспекті будуть результати, що вказують на зв'язок між процесами ліпопероксидації та активністю Na^+ , K^+ -АТФази [32], можна припустити, що наявність такого зв'язку у зародках в'юна, у великій мірі визначає ефекти впливу монохроматичного світлового випромінювання.

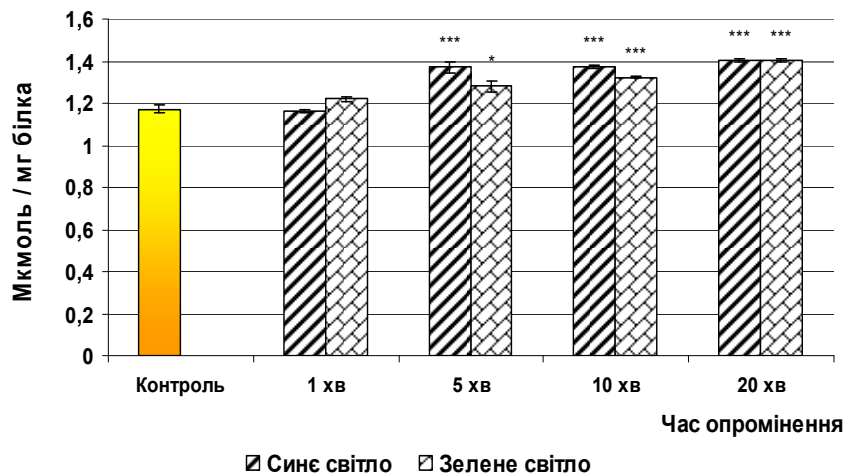


Рис 5. Інтенсивність процесів ПОЛ зародків в'юна на стадії 10 поділу бластомерів за умов впливу синього і зеленого світла різної експозиції.

ВИСНОВКИ

Отримані результати щодо вмісту ТБК-позитивних продуктів у зародках в'юна опромінених синім та зеленим світлом *in vivo*, вказують на перебіг адаптаційних процесів та можливо меншу чутливість досліджуваного об'єкта до дії світлового подразника тривалістю 1 хв. Синє світло тривалістю дії 5 хв істотно впливає на активацію процесів вільнорадикального окиснення ліпідів на стадіях 64 бластомерів та 10 поділу, що зумовлене тісним зв'язком із внутрішньоклітинними процесами, які відбуваються у зародках на даних етапах розвитку. Зокрема на стадії бластули (64 бластомери) зародкові клітини розміщуються моношар, утворюючи високу шапочку. А на стадії 10 поділу бластомерів починається процес гастрюляції. Ядра вже діляться асинхронно, продовжується синтез РНК [25]. Ці процеси у поєднанні зі змінами, що викликає світло синього діапазону і спричиняють на нашу думку таке суттєве підвищення кількості МДА на відповідних етапах розвитку в'юна.

Встановлено, що монохроматичне випромінювання виявляє частото- та дозозалежний вплив на інтенсивність процесів ліпопероксидації на ранніх етапах ембріогенезу в'юна. Отримані дані дозволяють стверджувати, що світло синього та

зеленого спектру може виступати регулятором рівня метаболізму зародків в'юна у ранньому ембріогенезі.

Література

1. Гуляр С. А. Современное состояние ПАЙЛЕР-светотерапии аппаратами Биопротрон. Обзор. / С. А. Гуляр // Фотобиология та фотомедицина. – 2009. – № 4. – С.23 – 35.
2. Prospective randomized controlled study comparing low-cost LED and conventional phototherapy for treatment of neonatal hyperbilirubinemia / V. J. Colindres, C. Rountree, M. A. Destarac [et al.] // Trop Pediatr. – 2011. – Vol. , № . – P. – .
3. Veith W. Medical phototherapy in childhood skin diseases / W. Veith, V. Deleo, N. Silverberg // Minerva Pediatr. – 2011. – Vol. 63, № 4. – P. 327 – 333.
4. Clinical efficacy of blue light full body irradiation as treatment option for severe atopic dermatitis / Detlef Becker, E. Langer, M. Seemann // 2011. Vol. , № . – P. – .
5. Сергиенко Р.М. Перспективы в лечении глаукомы / Р. М. Сергиенко, И.В. Шаргородская //Український медичний часопис. – 2002. – Т. 27, № 1. – С.148 – 152.
6. Histomorphometric and microbiological assessment of photodynamic therapy as an adjuvant treatment for periodontitis: a short-term evaluation of inflammatory periodontal conditions and bacterial reduction in a rat model / R. A. Prates, A. M. Yamada, L. C. Suzuki [et al.] // Photomed. Laser Surg. – 2011. – Vol. , № . – P. – .
7. Boehm T. K. Diode laser activated indocyanine green selectively kills bacteria / T. K. Boehm, S. G. Ciancio // J Int. Acad. Periodontol. – 2011. – Vol. 13, № 2. – P. 58 – 63.

8. Karu T. I. Photobiology of low-power laser therapy / T. I. Karu. – London.: Harwood, Acad. Publ. – 1989.
9. Вплив низької інтенсивності лазерного випромінювання на біологічні об'єкти та чутливість мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів / В.В. Пантьо, В.І. Ніколайчук, В.І. Пантьо, А.В. Корунець // Фотобіологія і фотомедицина. – 2010. – № 1-2. – С. 80 – 87.
10. Blue Light Induces Mitochondrial DNA Damage and Free Radical Production in Epithelial Cells / B.F. Godley, F.A. Shamsi, F-Qi Liang [et al.] // The Journal of Biological Chemistry. – 2005. – Vol. 280, № 3. – P. 21061 – 21066.
11. Буйлин В.А. Светолазерная терапия. Руководство для врачей. / В.А. Буйлин, А.И. Ларюшин, М.В. Никитина. М. – «Триада» - 2004. – 255 с.
12. Нейфах А.А. Проблемы регуляции в молекулярной биологии развития / А. А. Нейфах, М. Я. Тимофеева. – М.: Наука. – 1978. – 336 с.
13. Тимирбулатов Р.А. Метод повышения интенсивности свободнорадикального окисления липидосодержащих компонентов крови и его диагностическое значение / Р.А. Тимирбулатов, Е.И. Селезнев // Лаб. Дело. – 1981. – № 4. – С. 209 – 211.
14. Математичні методи в біології: теоретичні відомості, програмований практикум, комп'ютерні тести / Під ред. Р. Я. Гумецького, Б. М. Паляниці, М. Е. Чабан. – Л.: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 111 с.
15. Yakimenko I. The effects of low intensity red laser irradiation on hatching eggs in chicken and quail / I. Yakimenko, V. Besulin, A. Testik // International Journal of Poultry Science. – 2002. – № 1-3. – P 6–8.
16. Karu T. I. Molecular mechanism of the therapeutic effect of low-intensity laser radiation / T. I. Karu // Lasers in Life Sciences. – 1988. – № 1. – P. 53 – 74.
17. Зубкова С. М. О механизме биологического действия излучения гелий-неонового лазера / С. М. Зубкова / Биол. науки. – 1978. – № 7. – С. 30 – 37.
18. Горбатенкова Е. А. Реактивация супероксиддисмутазы излучением гелий-неонового лазера / Е. А. Горбатенкова, О. А. Азизова, Ю. А. Владимиров // Биофизика. – 1988. – Т. 33. – С. 717 – 718.
19. Grossman N. 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: Involvement of oxygen species / N. Grossman, N. Schneid, H. Reuveni // Lasers in Surgery and Medicine. – 1998. – Vol. 22. – P. 212 – 218.
20. Lindgard A. Irradiation at 634 nm releases nitric oxide from human monocytes / A. Lindgard, L. M. Hulten, L. Svensson, B. Soussi // Lasers Med. Sci. – 2007. – Vol. 22. – P. 30 – 36.
21. Osipov A. N. Regulation of cytochrome c peroxidase activity by nitric oxide and laser irradiation/ A. N. Osipov, G. O. Stepanov, Y. A. Vladimirov [et al.] // Biochemistry (Mosc). – 2006. – Vol. 71. – P. 1128 – 1132.
22. Liebmann J. Blue-Light Irradiation Regulates Proliferation and Differentiation in Human Skin Cells / J. Liebmann, M. Born, V. Kolb-Bachofen // Journal of Investigative Dermatology. – 2010. – Vol. 130. – P. 259 – 269.
23. Якименко І.Л. Регуляторна дія низькоінтенсивного видимого світла на сомітогенез птиці / І.Л. Якименко, О.С. Цибулін // Доп. НАН України. – 2007. – № 2. – С. 163 – 167.
24. Мельник М.А. Вплив лазерного випромінювання на ранній ембріональний розвиток перепела японського / М.А. Мельник, І.Л. Якименко // Наук. вісн. НАУ. – 2004. – № 78. – С. 129 – 134.
25. Цибулін О.С. Дія монохроматичного видимого світла на енергетичну систему мітохондрій / О.С. Цибулін, І. Л. Якименко // Укр. біохім. журн. – 2006. – Т. 78, № 5. – С. 16 – 21.
26. Гойда Е.А. Биофизические аспекты раннего онтогенеза животных / Емельян Антонович Гойда – К.: Наук. думка, 1993. – 224 с.
27. Мукалов И.О. Перекисное окисление липидов на ранних этапах развития в'юна / И.О. Мукалов, Е.А. Гойда, С.И. Кусень // Укр. биохим. журнал. – 1980. – Т. 52, № 4. – С. 473 – 477.
28. Тарновська А.В. Перекисне окиснення ліпідів та антиоксидантний статус у зародків в'юна за умов впливу фторхінолонів / А.В. Тарновська, М.В. Дика, Д.І. Санагурський // Наук. вісн. Львів. акад. вет. медицини ім. С.З. Гжицького. – 2004. – Т. 6, № 1. – С. 260 – 266.
29. Карпенко Ю. В. Вплив світла різного спектрального складу на жирнокислотні профілі мікроскопічних грибів, виділених із зони відчуження Чорнобильської АЕС / Ю. В. Карпенко // Доп. Нац. акад. Наук. – 2008. – № 10. – С. 190 – 196.
30. Структура и функция биологических мембран / Богач П.Г., Курский М.Д., Кучеренко Н.Е., Рыбальченко В.К. – Киев.: Вища шк. – 1981. – 336 с.
31. Порівняльний аналіз впливу монохроматичного синього світла на активність Na^+ , K^+ -АТФази мембран зародків в'юна за умов *in vitro* та *in vivo* / О. М. Семочко, М. В. Бура, С. М. Мандзинець, Я. П. Ференсович [та ін.] // Х з'їзд Укр. біохім. т-ва, м. Одеса, 13-17 вересня, 2010 р.: матеріали доповідей. – Укр. Біохім. журн. – 2010. – Т. 82, № 4 – С. 236.
32. Юшина О.М. Перекисне окиснення ліпідів і мембранний транспорт у зародках холоднокровних / О.М. Юшина // Вісн. Львів. у-ту. Сер. біол. – 2009. – № 49. – С. 3 – 12.

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ СИНЕГО И ЗЕЛЕНОГО СПЕКТРА НА ПРОЦЕССЫ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ ЗАРОДЫШЕЙ В'ЮНА

Семочко О.М., Мандзинець С.М., Бура М.В., Санагурський Д.И., Ференсович Я.П.

Исследовано влияние монохроматического синего ($\lambda=460$ нм) и зеленого света ($\lambda=530$ нм) на интенсивность процессов липопероксидации, в особенности, образование ТБК-продуктов перекисного окисления липидов зародышей в'юна (*Misgurnus fossilis* L.). Установлено, что излучение в синем и зеленом спектре диапазона определяет дозозависимое увеличение малонового диальдегида, что указывает в свою очередь на интенсификацию ПОЛ на ранних этапах развития зародышей. Низкие дозы излучения не вызывают достоверных изменений процессов свободно радикального окисления, а на стадии 10 деления бластомеров зародышей в'юна наблюдали адаптационные процессы в клетках зародышей в ответ на действие монохроматического излучения.

Ключевые слова: зародыши в'юна, деление бластомеров, синий и зеленый свет, монохроматическое излучение, светодиоды, перекисное окисление.

INFLUENCE OF THE BLUE AND GREEN LIGHT ON PROCESSES OF LIPID PEROXIDATION LOACH EMBRYOS**Semochko O., Mandzynets S., Bura M., Sanagursky D., Ferensovych Ya.**

We research the influence of monochromatic blue ($\lambda = 460$ nm) and green light ($\lambda = 530$ nm) on the lipid peroxidation process, including formation of malonic dialdehyde in loach embryos. Blue and green light increases a dose-dependent concentration of malonic dialdehyde. The blue and green light stimulated lipid peroxidation processes. Green and blue light at a similar intensity did not influence lipid proxidation.

Key words: loach embryo, division of blastomeres, MDA, blue and green light, monochromatic light, light emitting diode, lipid peroxidation.
