

# ДИНАМІКА ЗМІН МОРФОДЕНСИТОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕЛИКОКЛІТИННИХ НЕЙРОНІВ ПРИШЛУНОЧКОВОГО ЯДРА ГІПОТАЛАМУСА ЩУРІВ ЗА РІЗНОГО СВІТЛОВОГО РЕЖИМУ

*І.В. Федоряк, Р.Є. Булик, О.В. Сметанюк, В.Л. Волошин, О.С. Агранов*

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

**Вступ.** У сучасних умовах проблема стресу і стресозалежних захворювань є однією з провідних у сучасній медицині. Особливої актуальності набуває патологічний вплив тривалого, хронічного психоемоційного стресу.

**Мета дослідження** – з'ясувати динаміку змін морфоденситометричних параметрів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів за різного світлового режиму.

**Матеріали і методи.** Експерименти виконано на самцях білих щурів, поділених на три групи (у кожній по дві підгрупи) у денний та нічний періоди доби. Тварин утримували 14 діб за умов режиму освітлення 12.00С:12.00Т; світлового стресу 24.00С:00Т; світлової депривації 00С:24.00Т. Щурів виводили з експерименту декапітацією під етаміналовим наркозом (40,0 мг/кг, в/очеревинно). Негайно вилучали мозок і поміщали в 10 % розчин формаліну на фосфатному буфері (0.1 М, рН 7.2) на 20 год при кімнатній температурі. Наукові дослідження виконані з дотриманням основних положень Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, що використовують в експериментах та інших наукових цілях (від 18.03.1986 р.), Директиви Європейського Союзу 2010/63/EU та наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р. і наказу МОН № 249 від 01.03.2012 р. Протокол наукового дослідження затверджений Комісією з питань біомедичної етики БДМУ (№5 від 15.02.2024 року).

Морфоденситометричний аналіз нейронів гіпоталамуса щурів проводили з використанням комп'ютерної системи цифрового аналізу зображення серії VIDAS-386 (Kontron Elektronik, Німеччина). Кількісні параметри площі нейронів, їхніх ядер та ядерця, вмісту РНК у цитоплазмі клітин, їхніх ядрах і ядерцях отримували в напівавтоматичному режимі за допомогою ліцензованого програмного забезпечення. Для всіх показників проводили розрахунок середньої арифметичної вибірки ( $\bar{x}$ ) та її дисперсії і помилки середньої ( $S_x$ ). Вірогідність відмінностей результатів оцінювали за  $t$ -критерієм Ст'юдента. Вірогідними вважали значення при  $p < 0,05$ . Дослідження виконане як фрагмент НДР кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету «Морфофункціональні перебудови структур нервової та ендокринної систем у різні періоди постнатального онтогенезу та біохімічні механізми метаболізму сигнальних молекул, стан оксидантної та антиоксидантної систем за умов експериментальних патологій і впливу глутатіону та мелатоніну (експериментальне дослідження)» (державний реєстраційний номер 0124U002513).

**Результати.** Дослідженнями, проведеними о 02:00 год, встановлено вірогідне зменшення площі тіла нейрона задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса на 11,24 % внаслідок зменшення площі його ядра на 13,80 %, ядерця – на 10,54 % та цитоплазми на 7,80 % щодо аналогічних показників, одержаних о 14:00 год. За світлової депривації у групі щурів, зразки яких відбирали у денний період спостереження, реєстрували пригнічення функціональної та синтетичної спроможності нейронів дослідженої структури гіпоталамуса щодо показників о 02:00 год, а у тварин, що зазнали світлового стресу, о 02:00 год встановили вірогідне зростання площі тіла нейрона на 9,32% щодо показника в групі тварин, які перебували за стандартного режиму освітлення. Зазначені зміни спричинені вірогідним збільшенням площі ядра нейрона на 16,59%, а також його ядерця на 27,07%. Встановлено і вірогідне зростання ядерно-цитоплазматичного співвідношення, що зумовлено вірогідним зниженням питомого об'єму цитоплазми на 6,41% та зменшенням у ній концентрації РНК на 7,91%.

**Висновки.** 1. За світлового режиму 12.00С:12.00Т спостерігається зростання морфофункціональної активності нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів у денний період з

**Ключові слова:**

гіпоталамус,  
пришлуночкове  
(паравентрикулярне)  
ядро, морфометрія,  
денситометрія,  
фотоперіод, стрес,  
тривале освітлення,  
постійна темрява.

Клінічна та експериментальна патологія. 2026; Т.25, № 1 (95). С. 98-105.

DOI 10.24061/1727-4338.XXV.1.95.2026.14

E-mail:  
www.igorfed1987@  
gmail.com

найбільшими показниками близько 14:00 год. 2. За умов світлової депривації спостерігали виражений десинхроноз функціональної активності досліджуваних нейронів та інверсію максимальних показників з денного на нічний проміжок спостереження. 3. При світловому стресі виявлено згладженість відмінностей між показниками, отриманими о 14:00 год та 02:00 год, а також вірогідне зростання площ компонентів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра прищипочкового ядра гіпоталамуса о 02:00 год.

## DYNAMICS OF MORPHODENSITOMETRIC PARAMETERS' CHANGES OF THE LARGE CELL NEURONS OF THE PARAVENTRICULAR NUCLEUS OF THE HYPOTHALAMUS OF RATS AT DIFFERENT LIGHT REGIMEN

*I.V. Fedoriak, R.Ye. Bulyk, O.V. Smetaniuk, V.L. Voloshyn, O.S. Agranov*

**Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine**

*In today's conditions, the problem of stress and stress-related diseases is one of the leading ones in modern medicine. The pathological impact of prolonged, chronic psycho-emotional stress is of particular relevance.*

**Objective** - to determine the dynamics of changes in morphodensitometric parameters of neurons of the posterior lateral large cell subnucleus of the paraventricular nucleus of the hypothalamus of rats under different light regimen.

**Material and methods.** The experiments were performed on male white rats, divided into three groups (two subgroups in each). during the day and night periods. The animals were kept for 14 days under the conditions of the lighting regimen 12.00C:12.00T; light stress 24.00C:00T; light deprivation 00C:24.00T Rats were taken out from the experiment by decapitation under etaminal anesthesia (40.0 mg/kg, i.p.). The brain was immediately removed and placed in 10% formalin solution in phosphate buffer (0.1 M, pH 7.2) for 20 h at room temperature. The investigation was carried out in compliance with the main provisions of the Law of Ukraine No. 3447-IV "On the Protection of Animals from Cruelty to Animals", the Council of Europe Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used in Experiments and Other Scientific Purposes (dated 03/18/1986), the European Union Directive 2010/63/EU and orders of the Ministry of Health of Ukraine No. 690 dated 09/23/2009, No. 944 dated 12/14/2009 and order of the Ministry of Education and Science No. 249 dated 03/01/2012. The research protocol was approved by the Commission on Biomedical Ethics of the BSMU (No. 5 dated 02/15/2024). Morphodensitometric analysis of neurons of the hypothalamus of rats was carried out using a computer system for digital image analysis of the VIDAS-386 series (Kontron Elektronik, Germany). Quantitative parameters of the area of neurons, their nuclei and nucleoli, RNA content in the cytoplasm of cells, their nuclei and nucleoli were obtained in a semi-automatic mode using licensed software. For all indices, the arithmetic mean ( $\bar{x}$ ) and its variance and error of the mean ( $S_x$ ) were calculated. The probability of differences in the results was estimated using the Student's *t*-test. Values at  $p < 0.05$  were considered probable. The study was carried out as a fragment of the research project of the Department of Medical Biology and Genetics of the Bukovinian State Medical University "Morphofunctional restructuring of the structures of the nervous and endocrine systems in different periods of postnatal ontogenesis and biochemical mechanisms of metabolism of signaling molecules, the state of oxidant and antioxidant systems under conditions of experimental pathologies and the influence of glutathione and melatonin (experimental study)" (state registration number 0124U002513).

**Results.** Studies conducted at 02:00 revealed a probable decrease in the area of the neuron body of the posterolateral large cell subnucleus of the paraventricular nucleus of the hypothalamus by 11.24% in consequence of a decrease in the area of its nucleus 13.80%, the nucleolus 10.54% and the cytoplasm 7.80% compared to similar indicators obtained at 2:00 p.m. Inhibition of the functional and synthetic capacity of neurons of the posterior lateral large-cell subnucleus of the hypothalamic ventricular nucleus was recorded during light deprivation in the group of rats, samples of which were taken during the daytime observation period, concerning the indices at 02:00. Analyzing the morphofunctional activity of neurons of the posterior lateral large-cell subnucleus of the hypothalamic ventricular nucleus of animals, subjected to light stress, at 02:00 a.m. a probable increase in the area of the neuron body 9.32% was noted as to the indicator in the group of animals that were under standard lighting conditions. This picture is caused by a probable increase in the area of the neuron nucleus 16.59%, as well as its

### Key words:

*hypothalamus, paraventricular nucleus, morphometry, densitometry, photoperiod, stress, long-term lighting, constant darkness.*

Clinical and experimental pathology  
2026. Vol. 25, № 1 (95).  
P. 98-105.

nucleolus 27.07%. A probable increase in the nuclear-cytoplasmic ratio was also established, stipulated by a probable decrease in the specific volume of the cytoplasm 6.41% and a decrease in the level of RNA concentration in it 7.91%.

**Conclusions.** 1. In the light regimen of 12.00C:12.00T, an increase in the morphofunctional activity of neurons of the posterior lateral large cell subnucleus of the paraventricular nucleus of the hypothalamus of rats is observed during the daytime period with the highest indices around 2:00 p.m. 2. Under conditions of light deprivation, a pronounced desynchronization of the functional activity of the neurons under study and an inversion of the maximum indices from the daytime to the nighttime survey period were observed. 3. During light stress, a smoothing of the differences between the indices obtained at 2:00 p.m. and 2:00 a.m., as well as a probable increase in the areas of the components of the neurons of the posterior large cell subnucleus of the paraventricular nucleus of the hypothalamus at 2:00 a.m. were revealed.

## Вступ

У сучасних умовах проблема стресу і стресозалежних захворювань є однією з провідних у сучасній медицині [1,2]. Особливої актуальності набуває патологічний вплив тривалого, хронічного психоемоційного стресу. Зміни тривалості світлового режиму (зокрема, постійна темрява або світлова депривація), як провідного часозадавача, є стресовим чинником, що десинхронізує ритмічність соматичних і вісцеральних функцій та викликає дискоординацію механізмів пристосування організму до дії різноманітних чинників [3-5]. Хронічний стрес порушує регуляторні функції ЦНС на всіх рівнях організації – від молекулярного до системного. При цьому ключове місце у згаданому дисбалансі і «зриві» адаптаційних механізмів належить порушенням циркадних ритмів [6,7].

Доведено, що гіпоталамус є важливим субстратом інтеграції різних емоційно-поведінкових реакцій та їх координації із гемодинамічними та кардіоваскулярними взаємозв'язками [8]. Серед гіпоталамічних структур вагому роль відіграє прищлуночкове (паравентрикулярне) ядро [7-9]. До його складу належить низка суб'ядер – нейронних популяцій, що різняться за особливостями структурно-функціональної організації та характером нервових зв'язків з різними ланками нейроендокринної системи [10,11]. Зокрема, однією з важливих ланок нейроендокринної системи гіпоталамуса є вазопресинергічні нейрони, які забезпечують регуляцію водно-сольового гомеостазу в організмі, регулюють рівень артеріального тиску крові, а також визначають реактивність гіпоталамо-гіпофізарно-адренкортикальної системи у відповідь на дію різних стресових чинників [12]. Основними джерелами синтезу вазопресину є великоклітинні нейрони надзорового і латеральної частини суб'ядра прищлуночкового ядра гіпоталамуса. З метою вивчення стресових реакцій та ефектів стреслімітуючих чинників актуальним є дослідження задньобічних великоклітинних суб'ядер прищлуночкового ядра гіпоталамуса [13,14]. Відомості щодо з'ясування ефектів різних режимів освітлення на морфоденситометричні параметри нейронів латеральної частини суб'ядра прищлуночкового ядра гіпоталамуса, задіяних у механізми циркадних ритмів, висвітлені недостатньо і потребують детального вивчення.

Клінічна та експериментальна патологія. 2026. Т.25, № 1 (95)

## Мета дослідження

З'ясувати динаміку змін морфоденситометричних параметрів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра прищлуночкового ядра гіпоталамуса щурів за різного світлового режиму.

## Матеріал та методи дослідження

В експериментальні дослідження залучено 42 самців безпорідних білих щурів віком 24-27 міс. Тварини перебували за стандартних умов віварію при сталій температурі повітря та вологості приміщення і мали вільний доступ до питної води та їжі. Експериментальні тварини поділено на три групи, у кожній з яких було ще по дві підгрупи (по сім тварин).

Тварин першої групи (інтактних) утримували 14 діб за умов звичайного режиму освітлення 12.00C:12.00T (контроль, LD, освітлення за допомогою люмінесцентних ламп з 08.00 год до 20.00 год, показник освітленості на рівні кліток із тваринами становив 500 лк). Щури з другої групи знаходилися впродовж 14 діб за умов тривалої експозиції світлом аналогічної інтенсивності (світловий стрес – LL, моделювання гіпофункції шишкоподібної залози щодо синтезу мелатоніну). Тварини третьої групи містилися впродовж такого ж періоду за умов постійної темряви (світлова депривація – DD, моделювання гіперфункції шишкоподібної залози щодо синтезу мелатоніну).

Після завершення 14-денного періоду наступного дня о 14:00 і 02:00 тварин виводили з експерименту шляхом декапітації під етаміналовим наркозом (40,0 мг/кг, в/очеревинно). негайно вилучали мозок тварин і поміщали в 10 % розчин формаліну на фосфатному буфері (0.1 М, рН 7.2) на 20 год при кімнатній температурі. Провівши стандартну процедуру зневоднення і просочення хлороформом та парафіном, мозок заливали в парафін.

Наукові дослідження виконані з дотриманням основних положень Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, що використовують в експериментах та інших наукових цілях (від 18.03.1986 р.), Директиви Європейського Союзу 2010/63/EU та наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р. і наказу МОН № 249 від 01.03.2012 р.

Протокол наукового дослідження затверджений Комісією з питань біомедичної етики БДМУ (№5 від 15.02.2024 року)

З метою вивчення морфометричних характеристик нейронів гіпоталамуса щурів гістологічні зрізи завтовшки 7 мкм депарафінували в ксиолі, здійснювали регідратацію в низхідних концентраціях етанолу (100%, 96%, 70%), а у подальшому тричі відмивали у дистильованій воді і впродовж 48 год забарвлювали за Ейнарсоном у розчині галоціанін-хромових галунів, що дозволило виявити нуклеїнові кислоти (РНК) у досліджуваних нейронах. Згодом зрізи тричі відмивали у дистильованій воді, дегідрували у висхідних концентраціях етанолу (70%, 96%, 100%), ксиолі та поміщали у канадський бальзам.

Серед великоклітинних суб'ядер приشلучкового ядра гіпоталамуса об'єктом дослідження нами визначено задне великоклітинне суб'ядро. Його структурують на задньомедіальне суб'ядро, що містить здебільшого окситоцин-синтезуючі нейрони, і задньобічне суб'ядро, що має вазопресин-синтезуючі нейрони [15]. Враховуючи компактність розташування наведених суб'ядер, а також те, що нейропептиди, які продукуються вказаними суб'ядрами, беруть участь у механізмах реалізації нейроендокринної відповіді на зміни світлового режиму, у наших дослідженнях задньобічне великоклітинне суб'ядро ми вважали як єдину структуру.

Морфометричний аналіз нейронів гіпоталамуса щурів проводили з використанням комп'ютерної системи цифрового аналізу зображення серії VIDAS-386 (Kontron Elektronik, Німеччина) у видимому спектрі. Зображення, отримане на мікроскопі Ахioskop, за допомогою відеокамери серії COHU-4922 (COHU Inc., США) заносили в комп'ютерну систему цифрового аналізу зображення серії VIDAS-

386 (Kontron Elektronik, Німеччина). Аналіз зображення здійснювали у напівавтоматичному режимі з використанням пакету прикладних програм VIDAS-2.5 (Kontron Elektronik, Німеччина): інтерактивно визначали межі тіла нейрона, а також його ядра й ядерця.

Експериментальні дані обробляли на персональних комп'ютерах за допомогою пакету прикладних та статистичних програм VIDAS-2.5 (Kontron Elektronik, Німеччина), а також EXCEL-2010 (Microsoft Corp., США). Для всіх показників проводили розрахунок значення як середньої арифметичної вибірки ( $\bar{x}$ ), так її дисперсії і помилки середньої ( $S_x$ ). З метою визначення вірогідності відмінностей результатів експерименту в дослідних і контрольних групах щурів визначали коефіцієнт Стьюдента ( $t$ ). Вірогідними вважали значення, для яких  $p < 0,05$ . Дослідження виконане як фрагмент НДР кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету «Морфофункціональні перебудови структур нервової та ендокринної систем у різні періоди постнатального онтогенезу та біохімічні механізми метаболізму сигнальних молекул, стан оксидантної та антиоксидантної систем за умов експериментальних патологій і впливу глутатіону та мелатоніну (експериментальне дослідження)» (державний реєстраційний номер 0124U002513).

#### Результати та їх обговорення

Морфометричним обчисленням показників нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса щурів встановлено, що о 14:00 год площа тіла нейрона сягала  $90,72 \pm 1,320$  мкм<sup>2</sup>, його ядра –  $52,02 \pm 1,039$  мкм<sup>2</sup>, ядерця –  $8,63 \pm 0,236$  мкм<sup>2</sup>, а цитоплазми –  $38,70 \pm 0,712$  мкм<sup>2</sup> (табл.). Обчисленням коефіцієнта кореляції між площею тіла нейрона та його ядра

Таблиця

#### Коливання параметрів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса щурів за модифікації фотоперіоду ( $\bar{x} \pm S_x$ )

Серії експериментальних тварин	Площа нейрона, мкм <sup>2</sup>	Площа ядра нейрона, мкм <sup>2</sup>	Площа ядерця нейрона, мкм <sup>2</sup>	Площа цитоплазми нейрона, мкм <sup>2</sup>
Контроль, 14:00 год	$90,72 \pm 1,320$	$52,02 \pm 1,039$	$8,63 \pm 0,236$	$38,70 \pm 0,712$
Контроль, 02.00 год	$80,52 \pm 2,017$ $p < 0,01$	$44,84 \pm 1,682$ $p < 0,01$	$7,72 \pm 0,315$ $p = 0,05$	$35,68 \pm 0,883$ $p < 0,05$
Світлова депривація, 14:00 год	$83,05 \pm 1,085$ $p = 0,001$	$42,65 \pm 0,806$ $p < 0,001$	$7,20 \pm 0,186$ $p = 0,001$	$40,41 \pm 0,555$
Світлова депривація, 02:00 год	$97,99 \pm 1,432$ $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$	$50,38 \pm 0,912$ $p < 0,05$ $p_1 < 0,001$	$9,07 \pm 0,259$ $p < 0,01$ $p_1 < 0,001$	$47,62 \pm 0,720$ $p < 0,001$ $p_1 < 0,001$
Постійне освітлення, 14:00 год	$88,29 \pm 1,365$	$52,30 \pm 1,036$	$8,54 \pm 0,241$	$35,99 \pm 0,759$ $p < 0,05$
Постійне освітлення, 02:00 год	$88,02 \pm 1,564$ $p < 0,05$	$52,28 \pm 1,309$ $p < 0,01$	$9,81 \pm 0,418$ $p < 0,01$ $p_1 < 0,05$	$35,73 \pm 0,919$

Примітка:  $p$  – вірогідність різниці відносно параметрів у щурів, яких утримували за стандартного режиму освітлення того ж часового інтервалу;  $p_1$  – вірогідність відмінностей порівняно з параметрами щурів попереднього часового проміжку в межах серії. У кожній групі по 7 тварин



встановлено, що він становив ( $r=0,62$ ). Нами доведено також пряму залежність між площею соми нейрона і його цитоплазми ( $r=0,38$ ). Ядерно-цитоплазматичне співвідношення становило  $1,36 \pm 0,026$  од, а питомий об'єм цитоплазми перебував у межах  $43,25 \pm 0,782\%$ , водночас питомий об'єм ядра нейрона сягав  $56,75 \pm 1,141\%$ .

Аналізуючи отримані значення концентрації РНК у складових нейрона задньобічного великоклітинного суб'ядра гіпоталамуса виявили, що в ядрі вона становила  $0,186 \pm 0,0028$  в.о.о.щ, в ядерці –  $0,295 \pm 0,0042$  в.о.о.щ., а у цитоплазмі –  $0,144 \pm 0,0025$  в.о.о.щ.

Дослідженнями, проведеними о 02:00 год встановлено вірогідне зменшення площі соми нейрона на 11,24 % внаслідок зменшення площі його ядра на 13,80 %, ядерця – на 10,54 % та цитоплазми на 7,80 %, щодо аналогічних показників, одержаних о 14:00 год (табл.). Використання кореляційного аналізу дало можливість прослідкувати прямий тісний зв'язок між площею ядра нейрона та його тіла ( $r=0,87$ ).

Визначенням ядерно-цитоплазматичного співвідношення встановлено, що воно становило  $1,28 \pm 0,047$  од. і не мало вірогідних відмінностей щодо величини попереднього часового проміжку. Упродовж нічного етапу експерименту нами встановлено зменшення площі нейросекреторної клітини, що віддзеркалювалося вірогідним зниженням концентрації РНК у ядрі на 7,5%, ядерці – на 5,76%. Водночас показник концентрації РНК у цитоплазмі досліджуваного нейрона о 14:00 год не зазнавав вірогідних змін відносно тварин, які знаходилися за режиму освітлення 12.00С:12.00Т.

Узагальнюючи проведений етап експерименту можна припустити, що в інтактних тварин спостерігається тенденція добової ритмічності морфофункціональної активності задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса з найбільшими показниками близько 14:00 год.

Для вивчення реакції досліджуваних нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса шурів на зміни фотоперіоду, шури знаходилися за умов постійного освітлення (світлового стресу) (24.00С:00Т) та тривалої темряви (світлової депривації) (00С:24.00Т).

Використовуючи морфо- та денситометричний методи дослідження нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса за світлової депривації у групі шурів, зразки яких відбирали у денний період спостереження встановили, що площа нейрона становила  $83,05 \pm 1,085$  мкм<sup>2</sup> і була вірогідно нижчою на 8,46% за аналогічний параметр о 14:00 год у тварин, які знаходилися за стандартного режиму освітлення (табл.). Така картина зумовлена зниженням площі ядра досліджуваної мозкової структури на 18,1% ( $r=0,44$ ) та ядерця нейрона на 16,57% ( $r=0,75$ ) щодо зазначеної групи порівняння. Незважаючи, що о 14:00 год за умов 00С.24.00Т нами

встановлено вірогідне зменшення площі нейрона задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса, площа цитоплазми структури перебувала у межах  $40,41 \pm 0,555$  мкм<sup>2</sup> і на 4,42% вища за аналогічну у тварин, що знаходилися в умовах звичайного режиму освітлення ( $r=0,84$ ).

Зменшення площі ядра досліджуваної структури гіпоталамуса спричинило зниження показника його питомого об'єму, що становив  $52,07 \pm 0,966$  %. Це, у свою чергу, слугувало причиною зменшення ядерно-цитоплазматичного співвідношення –  $1,08 \pm 0,019$  од. відносно контрольної групи тварин.

Зазначені коливання площі ядра, а також ядерця нейрона у зразках, взятих на дослідження о 14:00 год у тварин, що знаходилися в умовах режиму освітлення 00С:24.00Т спричинені і вірогідно нижчою концентрацією РНК у ядрі нейрона (на 23,98%) та його ядерці (на 21,59%). Одержані величини свідчать про пригнічення функціональної та синтетичної спроможності нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса у денний період спостереження в умовах світлової депривації.

При аналізі зразків, взятих на дослідження о 02:00 год (коли реєструються показники максимального синтезу епіфізарного мелатоніну), ми зареєстрували вірогідне зростання площі тіла нейрона на 21,70% щодо величин контрольної групи шурів та на 17,99% щодо аналогічних параметрів попереднього інтервалу дослідження. Збільшення площі соми нейрона задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса у першому випадку зумовлене вірогідним зростанням його ядра на 12,36% ( $r=0,95$ ), ядерця – на 17,49% ( $r=0,47$ ) та цитоплазми – на 33,46% ( $r=0,63$ ), у другому випадку – підвищення вказаних параметрів (відповідно на 18,12%, 25,97% та 17,84%).

О 02:00 год у шурів, яких утримували за умов 00С:24.00Т ядерно-цитоплазматичне співвідношення становило  $1,08 \pm 0,018$  од., питомий об'єм ядра –  $52,12 \pm 0,925$  % та цитоплазми нейрона –  $47,87 \pm 0,729$  %. Щодо параметрів шурів контрольної групи в аналогічний період доби, то вірогідних відмінностей питомого об'єму ядра нейрона не зареєстровано.

Нами встановлено вірогідне зменшення концентрації РНК у ядрі (на 32,14%), що зумовлено зниженням кількості нуклеїнової кислоти в ядерці (на 29,71%), незважаючи на те, що о 02:00 год. площі тіла нейрона, ядра, ядерця та цитоплазми зростали, порівняно з показниками о 14:00 год. Водночас вміст РНК вірогідно знижувався і в цитоплазмі досліджуваного нейрона до позначки  $0,104 \pm 0,0012$  в.о.о.щ.

Провівши аналіз одержаних результатів у шурів, які перебували в умовах тривалої темряви, ми звернули увагу на виражений десинхроноз функціональної активності досліджуваних нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра приشلучкового ядра гіпоталамуса та інверсію

максимальних показників з денного на нічний проміжок спостереження. Таку картину можна аргументувати тим, що як стрес-лімітувальний чинник, мелатонін спричиняє пригнічення синтезу вазопресину задньобічним великоклітинним суб'ядром пришлуночкових ядер гіпоталамуса щурів.

Аналізуючи морфофункціональну активність нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса тварин, що зазнали світлового стресу при утримуванні їх за постійного освітлення, ми не встановили вірогідних відмінностей площі тіла нейрона, ядра та ядерця щодо параметрів у тварин контрольної групи о 14:00 год (табл.). Водночас, площа цитоплазми нейрона становила  $35,99 \pm 0,759$  мкм<sup>2</sup> і була нижчою, порівняно з контрольними величинами на 7,00%. Зниження площі цитоплазми спричинило зростання ядерно-цитоплазматичного співвідношення на 8,2% відносно показника у тварин, яких утримували за стандартного режиму освітлення 12.00С:12.00Т.

Характеризуючи зміни концентрації РНК у досліджуваних структурах нейрона, слід вказати, що вдень нами встановлено тенденцію до її зменшення, водночас вірогідної різниці щодо величин контрольної групи щурів ми не зареєстрували.

Експериментами, проведеними о 02:00 год, встановлено вірогідне зростання площі тіла нейрона на 9,32% щодо показника в групі тварин, які перебували за стандартного режиму освітлення (табл.). Зазначені зміни спричинені вірогідним збільшенням площі ядра нейрона на 16,59% ( $r=0,55$ ), а також його ядерця на 27,07% ( $r=0,61$ ). Нами також встановлено вірогідне зростання ядерно-цитоплазматичного співвідношення, що зумовлено вірогідним зниженням питомого об'єму цитоплазми на 6,41% та зменшенням у ній концентрації РНК на 7,91%.

У тварин, що зазнали тривалого світлового стресу, відзначили вірогідне зниження рівня концентрації РНК у ядрі нейрона на 6,07%, його ядерці – на 9,18% та цитоплазмі – на 8,57% порівняно із величинами щурів попереднього інтервалу спостереження. Щодо інших досліджуваних показників, то вірогідних відмінностей впродовж доби нами не встановлено.

Узагальнюючи проміжні результати експериментальних досліджень щодо з'ясування функціональної активності і добових коливань досліджуваних параметрів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів, які перебували за умов світлового стресу, необхідно зауважити на згладженості відмінностей між показниками, отриманими о 14:00 год та 02:00 год. І хоча вплив світлового стресу не зумовлював вірогідних відмінностей щодо параметрів щурів контрольної групи о 14:00 год, водночас о 02:00 год площа компонентів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса вірогідно зростає. Отриманий факт дає підстави зробити припущення про формування ознак десинхронозу з проявами реактивних змін морфометричних і

денситометричних параметрів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів, викликаних тривалим світловим стресом.

### Висновки

1. За світлового режиму 12.00С:12.00Т спостерігається зростання морфофункціональної активності задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів у денний період з найбільшими показниками близько 14:00 год.

2. За умов світлової депривації спостерігали виражений десинхроноз функціональної активності досліджуваних нейронів та інверсію максимальних показників з денного на нічний проміжок спостереження.

3. При світловому стресі виявлено згладженість відмінностей між показниками, отриманими о 14:00 год та 02:00 год, а також вірогідне зростання площі компонентів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса о 02:00 год.

### Перспективи подальших досліджень

У подальшому планується з'ясувати ефекти мелатоніну на динаміку змін морфоденситометричних параметрів нейронів задньобічного великоклітинного суб'ядра пришлуночкового ядра гіпоталамуса щурів за модифікацій фотоперіоду.

**Внесок співавторів у підготовку матеріалів наукової статті.** Федоряк І. В. – збір та аналіз даних, написання статті. Булик Р. Є. – критичний огляд, остаточне затвердження статті. Сметанюк О. В. – концепція роботи та дизайн. Волошин В. Л. – збір та аналіз даних. Агранов О. С. – відповідальність за статичний аналіз.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів, зокрема фінансових, особистісних чи інших, що могли би вплинути на представлене дослідження і його результати.

**Використання штучного інтелекту.** Автори декларують відсутність у статті тексту, згенерованого штучним інтелектом

**Фінансування.** Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

### Список літератури

- Drogovoz S M, Derymedvid' L V, Serebny's'ka N M, Luk'yanchuk V D, Shtroblya M V, Panfilova A L, et al. Circadian Rhythms: Physiological and Pathophysiological Aspects. *Neurophysiology*. 2024;54:175-81. doi: <https://doi.org/10.1007/s11062-024-09949-3>
- Beauchamp M T, Lundgren J D. A systematic review of bright light therapy for eating disorders. *Prim Care Companion CNS Disord*. 2016;18:26718. doi: <https://doi.org/10.4088/pcc.16r02008>
- Tähkämö L, Partonen T, Pesonen AK. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiol Int*. 2019;36(2):151-70. doi:

- <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1527773>
4. Ota S M, Kong X, Hut R, Suchecki D, Meerlo P. The impact of stress and stress hormones on endogenous clocks and circadian rhythms. *Front Neuroendocrinol.* 2021;63:100931. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2021.100931>
  5. Begemann K, Neumann A M, Oster H. Regulation and function of extra-SCN circadian oscillators in the brain. *Acta Physiol (Oxf).* 2020;229(1):e13446. doi: <https://doi.org/10.1111/apha.13446>
  6. Grzęda E, Ziarniak K, Sliwowska JH. The paraventricular nucleus of the hypothalamus – the concertmaster of autonomic control. Focus on blood pressure regulation. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2023;83(1):34-44. doi: <https://doi.org/10.55782/ane-2023-004>
  7. Chen D, Zhang T, Lee TH. Cellular Mechanisms of Melatonin: Insight from Neurodegenerative Diseases. *Biomolecules.* 2020;10(8):1158. doi: <https://doi.org/10.3390/biom10081158>
  8. Cai ZJ. Hypothalamic aging and hormones. *Vitam Horm.* 2021;115:15-37. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2020.12.002>
  9. Wu H, Dunnett S, Ho YS, Chang RC. The role of sleep deprivation and circadian rhythm disruption as risk factors of Alzheimer's disease. *Front Neuroendocrinol.* 2019;54:100764. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2019.100764>
  10. Kalsbeek A, Buijs RM. Organization of the neuroendocrine and autonomic hypothalamic paraventricular nucleus. *Handb Clin Neurol* 2021;180:45-63. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820107-7.00004-5>
  11. Qin C, Li J, Tang K. The Paraventricular Nucleus of the Hypothalamus: Development, Function, and Human Diseases. *Endocrinology.* 2018;159(9):3458-72. doi: <https://doi.org/10.1210/en.2018-00453>
  12. Kazakou P, Nicolaides NC, Chrousos GP. Basic Concepts and Hormonal Regulators of the Stress System. *Horm Res Paediatr.* 2023;96(1):8-16. doi: <https://doi.org/10.1159/000523975>
  13. Grzęda E, Ziarniak K, Sliwowska JH. The paraventricular nucleus of the hypothalamus - the concertmaster of autonomic control. Focus on blood pressure regulation. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2023;83(1):34-44. doi: <https://doi.org/10.55782/ane-2023-004>
  14. Iremonger KJ, Power EM. The paraventricular nucleus of the hypothalamus: a key node in the control of behavioural states. *J Physiol.* 2025;603(8):2231-43. doi: <https://doi.org/10.1113/JP288366>
  15. Li H, Jiang T, An S, Xu M, Gou L, Ren B, et al. Single-neuron projectomes of mouse paraventricular hypothalamic nucleus oxytocin neurons reveal mutually exclusive projection patterns. *Neuron.* 2024;112(7):1081-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.12.022>
  2. Beauchamp M T, Lundgren J D. A systematic review of bright light therapy for eating disorders. *Prim Care Companion CNS Disord.* 2016;18:26718. doi: <https://doi.org/10.4088/pcc.16r02008>
  3. Tähkämö L, Partonen T, Pesonen AK. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiol Int.* 2019;36(2):151-70. doi: <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1527773>
  4. Ota S M, Kong X, Hut R, Suchecki D, Meerlo P. The impact of stress and stress hormones on endogenous clocks and circadian rhythms. *Front Neuroendocrinol.* 2021;63:100931. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2021.100931>
  5. Begemann K, Neumann A M, Oster H. Regulation and function of extra-SCN circadian oscillators in the brain. *Acta Physiol (Oxf).* 2020;229(1):e13446. doi: <https://doi.org/10.1111/apha.13446>
  6. Grzęda E, Ziarniak K, Sliwowska JH. The paraventricular nucleus of the hypothalamus – the concertmaster of autonomic control. Focus on blood pressure regulation. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2023;83(1):34-44. doi: <https://doi.org/10.55782/ane-2023-004>
  7. Chen D, Zhang T, Lee TH. Cellular Mechanisms of Melatonin: Insight from Neurodegenerative Diseases. *Biomolecules.* 2020;10(8):1158. doi: <https://doi.org/10.3390/biom10081158>
  8. Cai ZJ. Hypothalamic aging and hormones. *Vitam Horm.* 2021;115:15-37. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2020.12.002>
  9. Wu H, Dunnett S, Ho YS, Chang RC. The role of sleep deprivation and circadian rhythm disruption as risk factors of Alzheimer's disease. *Front Neuroendocrinol.* 2019;54:100764. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2019.100764>
  10. Kalsbeek A, Buijs RM. Organization of the neuroendocrine and autonomic hypothalamic paraventricular nucleus. *Handb Clin Neurol* 2021;180:45-63. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820107-7.00004-5>
  11. Qin C, Li J, Tang K. The Paraventricular Nucleus of the Hypothalamus: Development, Function, and Human Diseases. *Endocrinology.* 2018;159(9):3458-72. doi: <https://doi.org/10.1210/en.2018-00453>
  12. Kazakou P, Nicolaides NC, Chrousos GP. Basic Concepts and Hormonal Regulators of the Stress System. *Horm Res Paediatr.* 2023;96(1):8-16. doi: <https://doi.org/10.1159/000523975>
  13. Grzęda E, Ziarniak K, Sliwowska JH. The paraventricular nucleus of the hypothalamus - the concertmaster of autonomic control. Focus on blood pressure regulation. *Acta Neurobiol Exp (Wars).* 2023;83(1):34-44. doi: <https://doi.org/10.55782/ane-2023-004>
  14. Iremonger KJ, Power EM. The paraventricular nucleus of the hypothalamus: a key node in the control of behavioural states. *J Physiol.* 2025;603(8):2231-43. doi: <https://doi.org/10.1113/JP288366>
  15. Li H, Jiang T, An S, Xu M, Gou L, Ren B, et al. Single-neuron projectomes of mouse paraventricular hypothalamic nucleus oxytocin neurons reveal mutually exclusive projection patterns. *Neuron.* 2024;112(7):1081-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.12.022>

## References

1. Drogovoz S M, Derymidvid' L V, Seredyn'ska N M, Luk'yanchuk V D, Shtroblya M V, Panfilova A L, et al. Circadian Rhythms: Physiological and Pathophysiological Aspects. *Neurophysiology.* 2024;54:175-81. doi: <https://doi.org/10.1007/s11062-024-09949-3>

## Відомості про авторів:

**Федоряк І. В.** – аспірант кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [www.igorfed1987@gmail.com](mailto:www.igorfed1987@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2462-8264>

**Булик Р. Є.** – д.мед.н., професор, завідувач кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [bulyk@bsmu.edu.ua](mailto:bulyk@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-534X>

**Сметанюк О. В.** – доктор філософії, доцент кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [smetaniuk.oleksii@bsmu.edu.ua](mailto:smetaniuk.oleksii@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8985-2650>

Клінічна та експериментальна патологія. 2026. Т.25, № 1 (95)

ISSN 1727-4338 <https://www.bsmu.edu.ua>

**Волошин В. Л.** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: Volodimir.Voloshin@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5973-7427>

**Агранов О. С.** – аспірант кафедри медичної біології та генетики Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [sagranov03@gmail.com](mailto:sagranov03@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7627-2359>

**Information about authors:**

**Fedoriak I. V.** – Post-graduate student, Department of Medical Biology and Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [igorfed1987@gmail.com](mailto:igorfed1987@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2462-8264>

**Bulyk R. Ye.** – Doctor of Medical Science, Professor, Head of the Department of Medical Biology and Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [bulyk@bsmu.edu.ua](mailto:bulyk@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0651-534x>

**Smetaniuk O. V.** – Doctor of Philosophy, Assistant Professor, Department of Medical Biology and Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [smetaniuk.oleksii@bsmu.edu.ua](mailto:smetaniuk.oleksii@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8985-2650>

**Voloshyn V. L.** – Candidate of Biological Science, Assistant Professor, Department of Medical Biology and Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: Volodimir.Voloshin@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5973-7427>

**Agranov O. S.** – Post-graduate student, Department of Medical Biology and Genetics, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [sagranov03@gmail.com](mailto:sagranov03@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7627-2359>

*Дата першого надходження рукопису до видання: 12.01.2026*

*Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.01.2026*

*Дата публікації: 25.03.2026*

