

MECHANISMS OF INFLUENCE OF EXOGENOUS FACTORS ON THE MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL STATE OF THE ADRENAL GLANDS¹National University of Ukraine on Physical Education and Sport (Kyiv, Ukraine)²Poltava State Medical University (Poltava, Ukraine)

Pastuhova_V@ukr.net

The article deals with morphological and functional changes in the adrenal glands under various exogenous factors. Particular attention is paid to the role of nutritional supplements, stress and thermal injury on the functional activity of the adrenal glands. Changes in the structure of the cortex and medulla of the adrenal glands under the influence of irritating factors are analysed. The consequences of such changes are analysed, in particular, the impaired synthesis of adrenal hormones: corticosteroids, adrenaline and norepinephrine, which can lead to metabolic disorders, immune response disorders and the overall adaptive potential of the body.

The adrenal glands are not only a part of the hypothalamic-pituitary-adrenal system but also essential organs of the endocrine system. They target organs not only for exogenous influences but also as indicators of the state of the body's adaptive system, which is relevant for studying and understanding the pathogenesis of various diseases of the endocrine system and developing effective preventive and therapeutic strategies.

The study aimed to determine the mechanisms of exogenous factors' influence on the morphological and functional state of the adrenal glands. In particular, it investigated structural and functional changes that occur under the influence of chemical, physical, and stress factors. It also substantiated approaches to minimise their negative impact on maintaining the normal functioning of the body as a whole.

There is a need for further research into the impact of various stimuli on the adrenal glands, as modern lifestyles, environmental pollution, and stress can cause new irreversible changes. Understanding these mechanisms will allow us to develop effective strategies for preventing and treating endocrine disorders, in particular by minimising the impact of external factors and optimising nutrition.

Key words: food supplements, adrenal glands, thermal injury, rats, microcirculatory bed, capillaries, stress.

Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the research work of the National University of Physical Education and Sports of Ukraine 'Influence of exogenous and endogenous factors on the course of adaptive reactions of the body to physical activity of different intensity' (state registration number 012U108187).

Introduction.

The adrenal glands are a part of the endocrine system that is exceptionally responsive to exogenous factors [1]. Their action can lead to structural and functional changes in the adrenal glands, which results in impaired water and salt metabolism, metabolic processes, immunity and endocrine functions. Constant exposure to damaging factors causes the development of glandular diseases and their irreversible destructive changes [2]. An unhealthy diet, low-quality foods, and chronic stress affect the hypothalamic-pituitary-adrenal system, namely the adrenal glands, among the first to adapt to stress. During chronic stress, the adrenal glands work to their limit. This condition is accompanied by impaired hormone synthesis, reduced adaptive properties and depletion of the body's defences [3].

In modern life, when stress factors become a part of life, understanding the mechanisms of damaging factors on the adrenal glands is extremely important for the development of preventive measures and methods of correcting disorders of the hypothalamic-pituitary-adrenal system and for timely detection of diseases [4].

The aim of the study.

Determination of morphological and morphometric changes in the cortex and medulla of the adrenal glands,

as well as changes in the microcirculatory system under the influence of exogenous factors.

Object and research methods.

The study offers a detailed literature review on the impact of exogenous factors on the adrenal glands. To search for scientific literature, the scientometric databases Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, and local sources were used. The keywords used in the selection of scientific sources were food supplements, adrenal glands, thermal injury, rats, microcirculatory bed, capillaries, and stress.

Main part.

In recent years, the understanding of the morphology and functions of the adrenal glands, which occupy one of the central places in the regulation of physiological processes in the body, has significantly expanded [5]. The adrenal glands are critical elements of the hypothalamic-pituitary-adrenal system. They play a key role in stress adaptation, metabolic regulation, and homeostasis [6]. The adrenal glands produce cortisol, epinephrine, norepinephrine and aldosterone, which affect blood pressure, water and salt balance and energy processes.

The adrenal glands have become the subject of active scientific research, as they can be a source of stem cells and progenitor cells that can regenerate cortical cells [7]. Stem cells can regenerate adrenal tissue after damage or various pathological processes, making them not only endocrine organs but also key elements of recovery. This aspect of the adrenal glands' functional plasticity opens up new perspectives in the treatment of pathologies associated with their dysfunction, such as Addison's disease or Cushing's syndrome [8].

The diagnosis and treatment of adrenal diseases remain a significant medical and social problem, as disorders of their functions can have serious consequences for human health, including metabolic disorders, water and salt imbalance, and the development of chronic cardiovascular diseases [9]. The complexity of differential diagnosis accompanies the problems of early detection and effective therapy, as clinical symptoms are often not specific. In addition, numerous exogenous and endogenous factors, such as stress, toxins, infectious agents and poor nutrition, which can affect the adrenal glands, complicate treatment [10].

Many studies have highlighted the impact of chronic stress on the development of migraines. The nociceptors of the trigeminal nerve become sensitive to aseptic inflammation of the brain membranes caused by factors such as poor nutrition, hormonal weapons and chronic stress [11]. During migraines, stress causes degranulation of intracranial mast cells. Chronic stress is associated with stress-related mental illnesses, but the biological mechanisms remain a challenge to fully understand [12]. Chronic stress affects mental health, which contributes to the further development of major depressive disorder. The interaction mediates this relationship between the immune, nervous and endocrine systems [13].

Thanks to modern imaging methods, timely detection of adrenal diseases has become more accessible and possible at early stages. Magnetic resonance imaging is one of the main methods used in clinical practice to determine adrenal pathology. This method provides high-resolution images that show changes in the glandular tissues. One of the advantages of modern imaging methods is the possibility of early detection of diseases even before the onset of clinical symptoms [14]. Scintigraphy and angiography can detect functionally inactive tumours, essential for differential diagnosis and treatment. This indicates significant progress in diagnosing adrenal diseases when they can be detected at the initial stages, which allows for effective treatment methods to be applied, minimising the risk to the patient's health. Thanks to modern imaging methods, timely detection of adrenal diseases has become more accessible and possible at early stages. Magnetic resonance imaging is one of the main methods used in clinical practice to determine adrenal pathology. This method provides high-resolution images that show changes in the glandular tissues. One of the advantages of modern imaging methods is the possibility of early detection of diseases even before the onset of clinical symptoms. Scintigraphy and angiography can detect functionally inactive tumours, which is essential for differential diagnosis and treatment [15]. This indicates significant progress in diagnosing adrenal diseases when they can be detected at the initial stages, which allows for effective treatment methods to be applied, minimising the risk to the patient's health [16].

Population growth, accelerated pace of life and increased demands for food have led to an increase in demand for products that can meet the needs of a modern, demanding person. These processes have led to the massive use of food additives. Every day, a person consumes a certain amount of them, even without awareness. One of the most common additives is monosodium glutamate (E 621) [17, 18].

In studies with monosodium glutamate in rats, it was found that the cells of the adrenal fascicle lost their par-

allel arrangement, which led to their uneven distribution [6]. Many cells had dark nuclei, and the cytoplasm was pale, with an above-normal amount of lipid inclusions. Capillaries were dilated and congested. Some cells had apoptotic nuclei. The cortical thickness was very low compared to the control group. Loss of membrane integrity and cell degeneration were the consequences of oxidative stress. The number of reticular fibres was increased in response to neutralising the pathogenic factor. Vacuolation of cells and dilated sinusoidal capillaries were observed in the fascicular zone. The ratio between the width of the fascicular zone and the glomerular zone was disturbed, and the cortex was dilated. Macroscopically, the glands were enlarged with rounded edges [19].

After the experimental effect of thermal injury on the adrenal glands of rats, significant changes in the structural and functional state of the medulla were observed. At the beginning of the study, an increase in the lumen of sinusoidal haemocapillaries was noted, and the endothelium was swollen [20]. A decrease in the number of organelles and increased epinephrocyte granules were observed in the cytoplasm of endothelial cells. This indicates that the adrenal medulla responds to burn with a rapid degranulation of epinephrocytes and increased synthesis of adrenaline as a reaction to severe stress. Subsequently, cell necrosis products were observed, which means the development of dystrophic changes, impaired blood vessel integrity, matrix edema, and mitochondrial destruction, which were increased in size [21]. In the later stages, endocrinocyte depletion was noted.

The thickness of the adrenal cortex was increased. The glomerular zone was also enlarged. The area of endocrinocytes and their nuclei increased [22]. The nuclear-cytoplasmic ratio increased, and single cells with signs of dystrophy appeared. Thermal burns cause haemodynamic disorders due to interstitial edema, stasis of venous capillaries and haemocapillaries of the brain and cortical substance. Acute disturbance of cerebral haemodynamics was accompanied by cell necrosis.

The body's response to stress involves activating the hypothalamic-pituitary-adrenal system, which leads to the release of adrenocorticotrophic hormone, which in turn stimulates the release of cortisol. It mobilises energy reserves, increases blood glucose levels, and enhances the cardiovascular system. Cortisol suppresses the immune response and disrupts systemic haemostasis. Chronic and prolonged stress can disrupt the mechanism of the hypothalamic-pituitary-adrenal system. Changes in cortisol concentrations can disrupt the balance of neurotransmitters involved in regulating aggression. The adrenal glands play a unique role in the stress response. Stress causes not only morphological changes in the adrenal glands but also microcirculatory disorders in the vessel walls, causing their thickening, haemorrhage, erythrocyte stasis and diapedesis, and thrombus formation. Hypertrophy of myocytes of the middle vessel membrane, sludge phenomenon and infiltration of the adventitia with lymphocytes were observed. The internal elastic membrane of the arteries was unclear and pathologically altered, and the basal membrane was thickened. The walls of the cerebral vessels were thickened [23].

Physical activity stimulates the sympathetic nervous system, activating the adrenal medulla. The hormones adrenaline and norepinephrine increase heart rate, pro-

mote glucose mobilisation and improve the delivery of oxygen molecules to cells. Regular physical activity reduces the release of stress hormones, helping the body to adapt to stressful factors. However, excessive physical activity or constant exertion without recovery processes is accompanied by adrenal function depletion, decreased cortisol secretion, and chronic fatigue.

Severe COVID-19 can lead to the development of corticosteroid deficiency. SARS-CoV has been shown to suppress the adrenal response to stress [24]. Relative adrenocortical insufficiency occurs, which causes clinical manifestations of the disease. Degeneration and necrosis of adrenal cortical cells were observed, indicating a cytopathic effect of the virus. In addition, vascular thrombosis, haemorrhage and focal inflammation were observed. SARS-CoV affects the glomerular and fascicular zones of the adrenal glands, affecting the level of circulating hormones in the blood [25].

Conclusions.

As a result of the analysis of literature sources, it was found that exogenous factors hurt the adrenal glands. Damaging factors affect the morphological and functional state of the glands, causing organ dysfunction. Chronic stress directly impacts the hypothalamic-pituitary-adrenal system, causing hyperplasia of the adrenal cortex and increased levels of stress hormones. This, in turn, leads to adverse effects on the body's metabolism, suppression of the immune system and depletion of the cardiovascular system. Particular attention should be paid to the role of nutrition, as foods can contain many harmful additives.

Understanding the principles of exogenous factors' impact on the adrenal glands is important for developing preventive and therapeutic measures.

Prospects for further research.

In the future, it is necessary to identify the main molecular pathways underlying the processes of exogenous adrenal damage to improve current diagnosis and treatment methods.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-1-176-69-75

УДК 611.451+612.451]:612.014.4

¹Пастухова В. А., ²Олійніченко М. О.

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ ЕКЗОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України (м. Київ, Україна)

²Полтавський державний медичний університет (м. Полтава, Україна)

Pastuhova_V@ukr.net

У статті розглядаються морфофункціональні зміни надниркових залоз під впливом різноманітних екзогенних чинників. Особливу увагу приділено ролі харчових добавок, стресу та впливу термічної травми на функціональну активність надниркових залоз. Проаналізовано зміни у структурі кіркової та мозкової речовини надниркових залоз під впливом подразнюючих чинників. Проаналізовані наслідки таких змін, зокрема порушення синтезу гормонів надниркових залоз: кортикостероїдів, адреналіну та норадреналіну, що може призводити до метаболічних розладів, порушень імунної відповіді та загалом адаптаційного потенціалу організму.

Надніркові залози - не лише частина гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, вони слугують важливими органами ендокринної системи. Вони виступають не тільки органами-мішенями для екзогенних впливів, але й індикаторами стану адаптаційної системи організму, що є актуальним для вивчення та розуміння патогенезу різноманітних захворювань ендокринної системи та розробки ефективних профілактичних і терапевтичних стратегій.

Метою роботи було визначення механізмів впливу екзогенних чинників на морфофункціональний стан надниркових залоз, зокрема дослідження структурних і функціональних змін, які виникають під дією хімічних, фізичних і стресових факторів, а також обґрунтування підходів до мінімізації їх негативного впливу для підтримання нормального функціонування організму в цілому.

Надніркові залози - це ключові елементи ендокринної системи, які виконують важливі регуляторні функції. Їх функціональний стан залежить від впливу екзогенних чинників, постійний вплив яких може призводити до порушення їх морфофункціонального стану, що може викликати гормональні дисбаланси та розвиток різноманітних патологій.

Існує необхідність подальших досліджень впливу різноманітних подразників на надніркові залози, оскільки сучасний спосіб життя, рівень забруднення навколишнього середовища, стрес - можуть викликати нові незворотні зміни. Розуміння цих механізмів дозволить розробити ефективні стратегії профілактики та лікування порушень ендокринної системи, зокрема шляхом мінімізації впливу зовнішніх факторів та оптимізації харчування.

Ключові слова: харчові добавки, надніркові залози, термічна травма, щури, мікроциркуляторне русло, капіляри, стрес.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом НДР Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Вступ.

Надниркові залози – це частина ендокринної системи, які особливо реагують на вплив екзогенних факторів [1]. Їх дія може призводити до структурних і функціональних змін надниркових залоз, що призводить до порушення водно-сольового обміну, метаболічних процесів, імунітету та ендокринних функцій. Постійний вплив уражуючих чинників спричиняє розвиток захворювань залоз та їх незворотних деструктивних змін [2]. Нераціональне харчування, вживання неякісних продуктів, хронічний стрес впливають на гіпоталамо-гіпофізарно-надниркову систему, а саме на надниркові залози, які одні із перших відповідають за адаптацію організму до стресу. Під час хронічного стресу надниркові залози працюють на своє виснаження. Цей стан супроводжується порушенням синтезу гормонів, зниженням адаптаційних властивостей та виснаженням захисних сил організму [3].

В умовах сучасного життя, коли стресові фактори стають частиною життя, розуміння механізмів ушкоджуючих чинників на надниркові залози є вкрай важливим для розробки профілактичних заходів та методів корекції порушень гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, а також своєчасного виявлення захворювань [4].

Мета дослідження.

Визначення морфологічних і морфометричних змін кіркової, мозкової речовини надниркових залоз, а також зміни мікроциркуляторного русла під впливом екзогенних чинників.

Об'єкт і методи дослідження.

У дослідженні пропонується детальний огляд літературних джерел, що стосуються впливу екзогенних факторів на надниркові залози. Для пошуку наукової літератури використовувалися наукометричні бази даних Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar та локальні джерела. Актуальними у відборі наукових джерел були ключові слова: харчові добавки, надниркові залози, термічна травма, щури, мікроциркуляторне русло, капіляри, стрес.

Основна частина.

Протягом останніх років значно розширилось розуміння морфології та функцій надниркових залоз, які займають одне із центральних місць в регуляції фізіологічних процесів організму [5]. Надниркові залози – це критично важливі елементи гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні стресової адаптації, регуляції метаболізму та підтримці гомеостазу [6]. Надниркові залози відповідають за продукцію кортизолу, адреналіну, норадреналіну та альдостерону, що впливають на артеріальний тиск, підтримку водно-сольового балансу та енергетичні процеси.

Надниркові залози стали об'єктом активних наукових досліджень, адже вони можуть бути джерелом стовбурових клітин та клітин-попередниць, які здатні

відновлювати клітини кіркової речовини [7]. Стовбурові клітини можуть забезпечувати регенерацію тканин надниркових залоз після ушкоджень або після різноманітних патологічних процесів, що робить їх не лише ендокринними органами, але й ключовими елементами відновлення. Цей аспект функціональної пластичності надниркових залоз відкриває нові перспективи в лікуванні патологій, пов'язаних із їх дисфункцією, зокрема таких як хвороба Аддісона або синдром Кушинга [8].

Діагностика та лікування захворювань надниркових залоз залишаються важливою медичною та соціальною проблемою, оскільки порушення їх функцій можуть мати серйозні наслідки для здоров'я людини, включаючи метаболічні розлади, порушення водно-сольового балансу, а також розвиток хронічних захворювань серцево-судинної системи [9]. Проблеми раннього виявлення та ефективної терапії супроводжуються складністю диференціальної діагностики, оскільки клінічні симптоми часто не є специфічними. Крім того, наявність численних екзогенних і ендогенних факторів, таких як стрес, токсини, інфекційні агенти та неякісне харчування, що можуть впливати на стан надниркових залоз, ускладнює лікування [10].

Чимало досліджень підкреслюють вплив хронічного стресу на розвиток мігрени. Ноцицептори трійчастого нерва стають чутливими до асептичного запалення оболонок мозку, що викликаються такими факторами як неправильне харчування, гормональні зброї та хронічний стрес [11]. Під час мігрени стрес викликає дегрануляцію внутрішньочерепних тучних клітин. Хронічний стрес пов'язаний із психічними захворюваннями, що пов'язані із стресом, проте біологічні механізми до сих пір залишаються проблемою для остаточного розуміння [12]. Хронічний стрес впливає на психічне здоров'я, що сприяє подальшому розвитку великого депресивного розладу. Цей зв'язок опосередкований взаємодією між імунною, нервовою та ендокринною системами [13].

Завдяки застосуванню сучасних методів візуалізації, вчасне виявлення захворювань надниркових залоз стало більш доступним та можливим на ранніх стадіях. Одним із основних методів, що використовується в клінічній практиці для визначення патології надниркових залоз, є магнітно-резонансна томографія. Цей метод дозволяє отримати високу роздільну здатність зображень, що показує зміни у тканинах залоз. Однією із переваг сучасних методів візуалізації є можливість раннього виявлення захворювань навіть до появи клінічних симптомів [14]. Використання сцинтиграфії та ангіографії, дозволяють виявити функціонально неактивні пухлини, що є важливим для диференціальної діагностики та лікування [15]. Це свідчить про значний прогрес у діагностиці захворювань надниркових залоз, коли їх можна виявити на початкових етапах, що дає змогу застосовувати ефективні методи лікування, мінімізуючи ризик для здоров'я пацієнта [16].

Зростання чисельності населення, прискорення темпів життя та завищення вимог до продуктів харчування – все це призвело до збільшення попиту на виробництво продуктів, які здатні задовольнити потреби сучасної вибагливої людини. Ці процеси зумовили масове застосування харчових добавок. Щодня

людина споживає певну їх кількість, навіть часто про це не знаючи. Серед найпоширеніших добавок є глутамат натрію (E 621) [17, 18].

У дослідженнях із живим глутаматом натрію на щурах було виявлено, клітини пучкової зони надниркових залоз втрачали своє паралельне розташування, це призводило до їх нерівномірного розподілу [6]. Великий відсоток клітин мали темні ядра, а цитоплазма була блідою, а її кількість вище норми із численними включеннями ліпідів. Капіляри були розширені та переповнені. Деякі клітини були із апоптичними ядрами. Товщина кіркової речовини була дуже низькою у порівнянні із контрольною групою. Втрата цілісності мембрани та дегенерації клітин стали наслідками окислювального стресу. Кількість ретикулярних волокон була збільшеною, як відповідь на нейтралізацію патогенного чинника. У пучковій зоні спостерігалася вакуолізація клітин та розширені синусоїдні капіляри. Було порушене співвідношення між шириною пучкової зони до клубочкової, а кора була розширеною. Макроскопічно залози були збільшені із округлими краями [19].

Після експериментального впливу термічної травми на надниркові залози щурів спостерігалися значні зміни структурно-функціонального стану мозкової речовини. На початку дослідження було відмічено збільшення просвіту синусоїдних гемокапілярів, а ендотелій був набряклим [20]. В цитоплазмі ендотеліоцитів спостерігалася зниження кількості органел та збільшення кількості гранул епінефроцитів. Це вказує на те, що мозкова речовина надниркових залоз реагує на опік різкою дегрануляцією епінефроцитів та підвищеному синтезі адреналіну як реакцією на сильний стрес. Згодом спостерігалися продукти некрозу клітин, що означає розвиток дистрофічних змін, порушення цілісності кровоносних судин, набряк матриксу та деструкція мітохондрій, які були збільшеними в розмірі [21]. У пізні терміни було відмічено виснаження ендокриноцитів.

Товщина кіркової речовини надниркових залоз була збільшена. Клубочкова зона також була розширеною. Збільшилася площа ендокриноцитів та їх ядер [22]. Збільшилося ядерно-цитоплазматичне співвідношення, з'являлися поодинокі клітини з ознаками дистрофії. Термічний опік спричиняє порушення гемодинаміки через набряк інтерстицію, стазу венозних капілярів та гемокапілярів мозкової та кіркової речовини. Гостре порушення гемодинаміки мозкової речовини супроводжувалося некрозом клітин.

Реакція організму на стрес включає активацію гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, що призводить до вивільнення адренокортикотропного гормону, який в свою чергу стимулює вивільнення кортизолу. Він мобілізує запаси енергії, підвищує рівень глюкози в крові, посилює роботу серцево-судинної системи. Кортизол пригнічує імунну відповідь та порушує системний гомеостаз. Хронічний та тривалий стрес може порушити механізм гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи. Зміни концентрації кортизолу можуть порушувати баланс нейромедіа-

рів, які беруть участь у регуляції агресії. Надниркові залози грають особливу роль у реакції на стрес. Стрес викликає не лише морфологічні зміни надниркових залоз, але й порушення мікроциркуляції в стінках судин, спричиняючи їх потовщення, повнокрів'я, наявність стази та діapedезу еритроцитів, а також утворення тромбів. Спостерігалася гіпертрофія міоцитів середньої оболонки судин, складж-феномен та інфільтрація лімфоцитами адвентиції. Внутрішня еластична мембрана артерій була нечіткою та патологічно зміненою, а базальна мембрана потовщеною. Стінки судин мозкової речовини були потовщені [23].

Фізична активність стимулює симпатичну нервову систему, що в свою чергу активізує діяльність мозкової речовини надниркових залоз. Гормони адреналін та норадреналін підвищують частоту серцевих скорочень, сприяють мобілізації глюкози та покращують доставку молекул кисню до клітин. Регулярні фізичні навантаження зменшують виділення гормонів стресу, сприяючи адаптації організму до стресових чинників. Проте надмірне фізичне навантаження або постійне навантаження без процесів відновлення супроводжується виснаженням функцій надниркових залоз, зниженням секреції кортизолу та хронічною втомою.

Важка форма COVID-19 може спричинити розвиток дефіциту кортикостероїдів. Було доведено, що SARS-CoV пригнічує реакцію надниркових залоз на стрес [24]. Виникає відносна адренокортикальна недостатність, яка викликає клінічні прояви захворювання. Спостерігалася дегенерація і некроз клітин кіркової речовини надниркових залоз, що говорить про цитопатичну дію вірусу. Окрім того були відмічені тромбоз судин, крововиливи та вогнищеві запалення. SARS-CoV вражає клубочкову та пучкову зону надниркових залоз, впливаючи на рівень циркулюючих гормонів у крові [25].

Висновки.

В результаті аналізу джерел літератури було встановлено, що екзогенні фактори мають шкідливу дію на надниркові залози. Ушкоджуючі чинники впливають на морфологічний та функціональний стан залоз, викликаючи порушення роботи органів. Хронічний стрес безпосередньо впливає на гіпоталамо-гіпофізарно-надниркову систему, спричиняючи гіперплазію кори надниркових залоз та підвищення рівня стресових гормонів. Це в свою чергу призводить до негативних впливів на метаболізм організму, пригнічення імунної та виснаження серцево-судинної системи. Особливу увагу варто дати ролі харчуванню, оскільки продукти можуть містити велику кількість шкідливих добавок.

Розуміння принципів впливу екзогенних чинників на надниркові залози є важливим для розробки профілактичних та лікувальних заходів.

Перспективи подальших досліджень.

В подальшому необхідно визначити основні молекулярні шляхи в основі процесів екзогенного ушкодження надниркових залоз, для того щоб вдосконалити сучасні методи діагностики та лікування.

References / Література

1. Mbiydenyuy, NE, Qulu, LA. Stress, hypothalamic-pituitary-adrenal axis, hypothalamic-pituitary-gonadal axis, and aggression. *Metab Brain Dis.* 2024;39:1613-1636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11011-024-01393-w>.
2. Tovkay O. Diagnostic and treatment algorithm of comprehensive surgical management of patients with adrenal tumors. *Mižnarodnij endokrinologičnij žurnal.* 2019;15(8):603-9. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0721.15.8.2019.191682>.

3. Yuryk YaI, Yuryk II. Morfolohichni osoblyvosti remodeliuvannya nadnyrkovykh zaloz u rannomu postkompresionomu periody syndromu trvaloho stysnennia. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2024;3(174):325-332. DOI: [10.29254/2077-4214-2024-3-174-325-332](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2024-3-174-325-332). [in Ukrainian].
4. Motwadi ME, Hashem MM, Abo-El-Sooud K, Abd-Elhakim YM, El-Metwally AE, Ali HA. Modulation of immune functions, inflammatory response, and cytokine production following long-term oral exposure to three food additives; tiabendazole, monosodium glutamate, and brilliant blue in rats. Int Immunopharmacol. 2021;98:107902. DOI: [10.1016/j.intimp.2021.107902](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.107902).
5. Bumeister VI, Sikora VZ, Yarmolenko OS, Prykhodko O. Morphological changes of the adrenal gland in rats under conditions of experimental chronic hyperglycemia. Bulletin of problems in biology and medicine. 2022;3(166):350-355. DOI: [10.29254/2077-4214-2022-3-166-350-355](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2022-3-166-350-355).
6. Czarnecka K, Pilarz A, Rogut A, Maj P, Szymańska J, Olejnik Ł, et al. Aspartame-True or False? Narrative Review of Safety Analysis of General Use in Products. Nutrients. 2021;13(6):1957. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13061957>.
7. Koka VM, Starchenko II, Mustafina GM, Roiko NV, Filenko BM, Proskurnia SA. Features of the structure of the epithelium of the mucous membrane of the tongue under the effect of complex of food additives in the experiment. World of Medicine and Biology. 2022;1(79):200-204. DOI: [10.26724/2079-8334-2022-1-79-200-204](https://doi.org/10.26724/2079-8334-2022-1-79-200-204).
8. Klishch IM, Dovbush AV, Tupol LD, Andryshyn OP, Havryliuk-Skyba HO. Mikroskopichni zminy sudyn pidshlunkovoi ta nadnyrkovykh zaloz za umov immobilizatsiynoho stresu na tli hipotyreozy. Visnyk medychnykh i biolohichnykh doslidzhen. 2022;3(13):18-23. DOI: [10.11603/bmbr.2706-6290.2022.3.13153](https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.3.13153). [in Ukrainian].
9. Zefferino R, Di Gioia S, Conese M. Molecular links between endocrine, nervous and immune system during chronic stress. Brain and Behavior. 2021;11:e01960. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.1960>.
10. Knezevic E, Nenic K, Milanovic V, Knezevic NN. The Role of Cortisol in Chronic Stress, Neurodegenerative Diseases, and Psychological Disorders. Cells. 2023;12(23):2726. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells12232726>.
11. Butnariu M, Sarac I. What is sodium glutamate and what effects it has on health. Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering. 2019;6(5):223-226. DOI: [10.15406/jabb.2019.06.00195](https://doi.org/10.15406/jabb.2019.06.00195).
12. Chakraborty SP. Patho-physiological and toxicological aspects of monosodium glutamate. Toxicol Mech Methods. 2019;29(6):389-396. DOI: [10.1080/15376516.2018.1528649](https://doi.org/10.1080/15376516.2018.1528649).
13. Benbow T, Ekbatan MR, Wang GHY, Teja F, Exposto FG, Svensson P, et al. Systemic administration of monosodium glutamate induces sexually dimorphic headache- and nausea-like behaviours in rats. PAIN. 2022;163(9):1838-1853. DOI: [10.1097/j.pain.0000000000002592](https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002592).
14. Kinash OV, Yeroshenko HA, Shevchenko KV, Lysachenko OD, Donets IM, Kinash PM, et al. Vplyv hlutamatu natriu na orhanizm liudyny i tvaryn. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2021;3(161):49-52. DOI: [10.29254/2077-4214-2021-3-161-49-52](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2021-3-161-49-52). [in Ukrainian].
15. Wang CX, Zhang Y, Li QF, Sun HL, Chong HL, Jiang JX, et al. The Reproductive Toxicity of Monosodium Glutamate by Damaging GnRH Neurons Cannot Be Relieved Spontaneously Over Time. Drug Design, Development and Therapy. 2021;15:3499-3508 DOI: <https://doi.org/10.2147/DDDT.S318223>.
16. Othman SI, Jumah MB. Histomorphological Changes in Monosodium Glutamate Induced Hepato-renal Toxicity in Mice. International Journal of Pharmacology. 2019;15(4):449-456. DOI: [10.3923/ijp.2019.449.456](https://doi.org/10.3923/ijp.2019.449.456).
17. Yachmin AI, Kononov BS, Yeroshenko GA, Bilash SM, Bilash VP. A measure of the effect of complex food additives on rats' adaptive responses. World of Medicine and Biology. 2020;1(71):232-235. DOI: <http://dx.doi.org/10.26724/2079-8334-2020-1-71-232-235>.
18. Bilash SM, Oliinichenko YaO, Pronina OM, Donchenko SV, Koptev MM, Pirog-Zakaznikova AV, et al. The effect of a complex of food additives on cognitive functions and the speed of conditioned reflex formation. Azerbaijan Medical Journal. 2024;1:135-141.
19. Bilash SM, Donchenko SV, Pronina OM, Koptev MM, Oliinichenko YaO, Onipko VV, et al. Morphometric features of the elements of the hemomicrocirculatory bed in the cortex of the adrenal glands influenced by the food additives complex. Wiadomosci Lekarskie. 2022;75(6):1558-1563. DOI: [10.36740/WLek202206124](https://doi.org/10.36740/WLek202206124).
20. Nebesna ZM, Klimyk VB, Kulbitska VV, Ohinska NV, Hetmaniuk IB, Trach Rosolovska SV. Osoblyvosti mikroskopichnykh ta morfometrychnykh zmin nadnyrkovykh zaloz cherez 14 ta 21 dobu za umov termichnogo poshkodzhennia shkiry ta zastosuvannya kriofilizovanoho ksenosubstratu shkiry svyni. Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny. 2024;2:101-107. DOI: [10.11603/1811-2471.2024.v.i2.14726](https://doi.org/10.11603/1811-2471.2024.v.i2.14726). [in Ukrainian].
21. Kulbitska VV, Nebesna ZM. Microscopic and morphometric changes of the adrenal gland in dynamics after experimental thermal injury. Bulletin of problems biology and medicine. 2022;2(165):89-97. DOI: [10.29254/2077-4214-2022-2-2-165-89-97](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2022-2-2-165-89-97).
22. Pastukhova VA, Lukiantseva HV, Tytarenko VM, Krasnova SP. Osoblyvosti zmin hemotsyrkulatornoho rusla nadnyrkovykh zaloz za umov opikovoї travmy. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2022;2(164):42-43. DOI: [10.29254/2077-4214-2022-2-164/addition-42-43](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2022-2-164/addition-42-43). [in Ukrainian].
23. Kulbitska VV, Ohinska NV, Slabyi OB, Lisnychuk NYe, Trach Rosolovska SV, Nebesnyi OR, et al. Ultrastructure of adrenal glands endocrinocytes after thermal skin injury under conditions of correction with cryo-lyophilized xenograft skin substrate. Reports of Morphology. 2024;30(4):74-81. DOI: [10.31393/morphology-journal-2024-30\(4\)-09](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2024-30(4)-09).
24. Mao Y, Xu B, Guan W, Xu D, Li F, Ren R, et al. The Adrenal Cortex, an Underestimated Site of SARS-CoV-2 Infection. Front. Endocrinol. 2020;11:593179. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.593179>.
25. Akbasa EM, Akbas N. COVID-19, adrenal gland, glucocorticoids, and adrenal insufficiency. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. 2021;165(1):1-7. DOI: <https://doi.org/10.5507/bp.2021.011>.

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ ЕКЗОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ

Пастухова В. А., Олійніченко М. О.

Резюме. Надниркові залози, ключовий елемент ендокринної системи, чутливо реагують на вплив зовнішніх чинників. Екзогенні фактори, як-от нераціональне харчування, хронічний стрес і неякісні продукти, можуть спричиняти структурні й функціональні зміни, що порушують водно-сольовий баланс, метаболізм, імунітет і гормональну регуляцію. Хронічний стрес особливо виснажує надниркові залози, знижуючи синтез гормонів і послаблюючи адаптаційні можливості організму. Розуміння механізмів цього впливу є важливим для розробки профілактичних заходів, корекції порушень гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи та раннього виявлення захворювань.

Метою дослідження було визначення механізмів впливу зовнішніх чинників на морфофункціональний стан надниркових залоз.

Об'єкт і методи дослідження. У роботі представлено детальний огляд літератури, яка присвячена впливу зовнішніх факторів на функціональний стан надниркових залоз. Для пошуку наукових матеріалів використувалися бази даних Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, а також локальні джерела.

Основна частина. Надниркові залози є ключовими органами гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, що регулюють стресову адаптацію, метаболізм і гомеостаз через продукцію важливих гормонів, таких як кортизол, адреналін і норадреналін. Дослідження підкреслюють їх здатність до регенерації завдяки стовбуровим клітинам, що відкриває перспективи у лікуванні патологій, як-от хвороба Аддісона та синдром Кушинга. Використання сучасних методів діагностики, зокрема МРТ, дозволяє виявляти захворювання на ранніх

стадіях. Хронічний стрес, токсини та інші фактори спричиняють структурно-функціональні порушення. Також вивчено вплив COVID-19 на надниркові залози, що супроводжується адренкортикальною недостатністю та дистрофією тканин. Результати акцентують важливість підтримки функціональної цілісності надниркових залоз для здоров'я людини.

Ключові слова: харчові добавки, надниркові залози, термічна травма, щури, мікроциркуляторне русло, капіляри, стрес.

MECHANISMS OF INFLUENCE OF EXOGENOUS FACTORS ON THE MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL STATE OF THE ADRENAL GLANDS

Pastukhova V. A., Oliinichenko M. O.

Abstract. The adrenal glands, a key element of the endocrine system, are sensitive to the influence of external factors. Exogenous factors, such as poor nutrition, chronic stress and poor-quality foods, can cause structural and functional changes that disrupt water and salt balance, metabolism, immunity and hormonal regulation. Chronic stress significantly depletes the adrenal glands, reducing hormone synthesis and weakening the body's adaptive capacity. Understanding the mechanisms of this effect is important for developing preventive measures, correcting hypothalamic-pituitary-adrenal disorders, and early detection of diseases.

The study aimed to investigate the mechanisms by which external factors influence the morphological and functional state of the adrenal glands.

Object and research methods. The paper presents a detailed review of the literature on the impact of external factors on the functional state of the adrenal glands. Scientific materials were searched for using the databases Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, and local sources.

Main part. The adrenal glands are key organs of the hypothalamic-pituitary-adrenal system that regulate stress adaptation, metabolism and homeostasis by producing essential hormones such as cortisol, adrenaline and norepinephrine. Studies have highlighted their ability to regenerate through stem cells, which opens up prospects for treating pathologies such as Addison's disease and Cushing's syndrome. Modern diagnostic methods, such as MRI, allow us to detect diseases at early stages. Chronic stress, toxins and other factors cause structural and functional disorders. We also studied the impact of COVID-19 on the adrenal glands, which is accompanied by adrenocortical insufficiency and tissue dystrophy. The results emphasise the importance of maintaining the functional integrity of the adrenal glands for human health.

Key words: food supplements, adrenal glands, thermal injury, rats, microcirculatory bed, capillaries, stress.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Pastukhova V. A.: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>^{AEF}

Oliinichenko M. O.: <https://orcid.org/0000-0003-2198-6318>^{FD}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Pastukhova Viktoriia Anatoliivna / Пастухова Вікторія Анатоліївна

National University of Physical Education and Sports of Ukraine / Національний університет фізичного виховання і спорту України

Ukraine, 03680, Kyiv, 1 Fizkultury str. / Адреса: Україна, 03680, м. Київ, вул. Фізкультури 1

Tel.: +380661752387 / Тел.: +380661752387

mail: Pastuhova_V@ukr.net

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статистичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 27.10.2024 / Стаття надійшла 27.10.2024 року

Accepted 03.03.2025 / Стаття прийнята до друку 03.03.2025 року