

УДК 615.322035:615.89

Надія ГОРЧАКОВА

доктор медичних наук, професор, професор кафедри фармакології, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, просп. Берестейський, 34, м. Київ, Україна, 03057 (gorchakovan1941@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7311-7347

SCOPUS: 7003895729

Ігор БЕЛЕНІЧЕВ

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фармакології та медичної рецептури з курсом нормальної фізіології, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, вул. Сталеварів, 31, м. Запоріжжя, Україна, 69035 (i.belenichev1914@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-1273-5314

SCOPUS: 6602434760

Тетяна ГАРНИК

доктор медичних наук, професор, професор загальноунавчської кафедри фізичного виховання, спорту і здоров'я людини, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, вул. Джона Маккейна, 33, м. Київ, Україна, 01042 (phitotherapy.chasopys@gmail.com)

ORCID: 0000-00025280-0363

SCOPUS: 6508229538

Віктор ЛУК'ЯНЧУК

доктор медичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, головний науковий співробітник відділу медичної хімії, Інститут фармакології та токсикології НАМН України, вул. Антона Цедіка, 14, м. Київ, Україна, 03057 (lvdlug@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-7734-4739

SCOPUS: 6603548799

Наталія САВЧЕНКО

кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри фармакології, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, просп. Берестейський, 34, м. Київ, Україна, 03057 (farma.savch@ukr.net)

ORCID: 0000-0003-3392-6638

Наталія ЯКОВЛЕВА

кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри педіатрії, дитячих інфекційних захворювань, імунології та алергології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, Україна, 04112 (n.yakovlevay@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-8578-2501

Бібліографічний опис статті: Горчакова Н., Беленічев І., Гарник Т., Лук'ячук В., Савченко Н., Яковлева Н. (2024). Антигіпоксичні властивості фітопрепаратів. *Фітотерапія. Часопис*, 1, 12–18, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-1-12>

АНТИГІПОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФІТОПРЕПАРАТІВ

Актуальність. У статті на основі власних досліджень та джерел літератури наведені дані щодо антигіпоксичних властивостей фітопрепаратів. Антигіпоксична дія фітопрепаратів лежить в основі їх впливу на серцево-судинну, нервову системи, а також на інші органи. В основі їх механізму дії в якості антигіпоксантів лежить властивість відновлювати активність енергоутворення і споживання енергії, антиоксидантні-прооксидантні властивості щодо компонентів метаболізму. Попередні роботи встановили антиоксидантні, адаптогенні, мембранопротекторні властивості фітопрепаратів. Разом з тим, виникнення гіпоксичних станів у лікарні, при змаганнях, важкій фізичній роботі, військових станах, потребує вивчення антигіпоксичної дії фітопрепаратів.

Мета роботи – визначити антигіпоксичні властивості фітопрепаратів.

Матеріали та методи досліджень. Був проведений аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури, відомості з друкованих та інтернет-видань щодо визначення антигіпоксичних властивостей фітопрепаратів.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначені види гіпоксичних станів у медицині і експерименті. Викладена класифікація антигіпоксантів (цитопротекторів). Розкриті механізми антигіпоксичної дії фітопрепаратів. Зважаючи на

те, що препарати рослинного походження мають меншу токсичність ніж синтетичні, ефективніші за співвідношенням «користь/ризик» і здебільшого дешевші у виробництві, важливим є їх подальше дослідження.

Висновки. Результати аналізу літератури дозволили стверджувати, що фітопрепарати і деякі харчові добавки мають антигіпоксичні властивості і завдяки цьому реалізують кардіотропну, нейротропну та інші органопротекторні види дії. В основі цих властивостей лежить їх вплив на енергізуючі системи та показники прооксидантно-антиоксидантного обміну в основі яких лежить позитивний вплив на біохімічні показники метаболізму.

Ключові слова: фітопрепарати, антигіпоксичні властивості, метаболізм, органопротекція.

Nadiya GORCHAKOVA

Ph.D. in Medicine, Professor, Professor of the Department of Pharmacology, O.O. Bogomolets National Medical University, Beresteyskyi ave., 34, Kyiv, Ukraine, 03057 (gorchakovan1941@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7311-7347

SCOPUS: 7003895729

Igor BELENICHEV

Ph.D. in Biology, Professor, Head of the Department of Pharmacology and Medical Formulation with Course of Normal Physiology, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Stalevariv str., 31, Zaporizhzhia, Ukraine, 69035 (i.belenichev1914@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-1273-5314

SCOPUS: 6602434760

Tatyana HARNYK

Ph.D. in Medicine, Professor, Professor of the Department of Physical Education, Sports and Human Health, V.I. Vernadskyi Tavria National University, John McCain str., 33, Kyiv, Ukraine, 01042 (phitotherapy.chasopys@gmail.com)

ORCID: 0000-00025280-0363

SCOPUS: 6508229538

Victor LUKIANCHUK

Ph.D. in Medicine, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Chief Researcher of the Medical Chemistry Department, Institute of Pharmacology and Toxicology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Anton Tsedik str., 14, Kyiv, Ukraine, 03057 (lvdlug@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-7734-4739

SCOPUS: 6603548799

Natalia SAVCHENKO

Ph.D. in Medicine, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmacology, O.O. Bogomolets National Medical University, Beresteyskyi ave., 34, Kyiv, Ukraine, 03057 (farma.savch@ukr.net)

ORCID: 0000-0003-3392-6638

Natalia YAKOVLEVA

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pediatrics, Pediatric Infectious Diseases, Immunology and Allergology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorogozhitska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112 (n.yakovlevay@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-8578-2501

To cite the article: Gorchakova N., Belenichev I., Harnyk T., Lukianchuk V., Savchenko N., Yakovleva N. (2024). Antyhipoksychni vlastyvoosti fitopreparativ [Antihypoxic properties of phytodrugs]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 1, 12–18, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-1-12>

ANTHYPOXIC PROPERTIES OF PHYTO DRUGS

Actuality. The article, based on its own research and literature sources, provides data on the antihypoxic properties of herbal drugs. The antihypoxic effect of herbal drugs is the basis of their effect on the cardiovascular and nervous systems, as well as on other organs. The basis of their mechanism of action as antihypoxants is the ability to restore the activity of energy production and energy consumption, antioxidant-prooxidant properties in relation to metabolic components. Previous works established the antioxidant, adaptogenic, membrane-protective properties of herbal drugs. At the same time, the occurrence of hypoxic conditions in the hospital, during competitions, heavy physical work, military conditions, requires the study of the antihypoxic effect of herbal drugs.

The aim of the study – to determine the antihypoxic properties of herbal drugs.

Materials and research methods. An analysis of domestic and foreign literature, information from printed and Internet publications regarding the determination of antihypoxic properties of herbal drugs was carried out.

Research results and their discussion. Defined types of hypoxic conditions in medicine and experiment. The classification of antihypoxants (cytoprotectors) is outlined. Mechanisms of antihypoxic action of herbal drugs have been revealed. Taking into account the fact that drugs of plant origin have less toxicity than synthetic ones, are more effective in terms of the "benefit/risk" ratio and are mostly cheaper to manufacture, their further research is important.

Conclusions. The results of the literature analysis made it possible to state that herbal drugs and some food additives have antihypoxic properties and, thanks to this, implement cardiotropic, neurotropic, and other organoprotective actions. These properties are based on their influence on energizing systems and indicators of pro-oxidant-antioxidant exchange, which are based on a positive influence on biochemical indicators of metabolism.

Key words: herbal drugs, antihypoxic properties, metabolism, organoprotection.

Вступ. Актуальність. Визначення антигіпоксичної дії фітопрепаратів дозволяє прояснити механізм їх органопротекторних властивостей при різних патологічних станах, коли виявляються ознаки гіпоксії. Антигіпоксична дія фітопрепаратів лежить в основі їх впливу на серцево-судинну, нервову системи, а також на інші органи. В основі їх механізму дії в якості антигіпоксантів лежить властивість відновлювати активність енергоутворення і споживання енергії, антиоксидантні-прооксидантні властивості щодо компонентів метаболізму.

Мета роботи – визначити антигіпоксичні властивості фітопрепаратів.

Матеріали та методи дослідження

Був проведений аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури щодо визначення властивостей рослинних антигіпоксантів.

Результати дослідження та їх обговорення. Для більшості фітопрепаратів були встановлені актопротекторні, анаболічні, мембранотропні властивості. Проте існують фітопрепарати, які застосовують при станах коли вони, як і інші метаболітотропні препарати, можуть запобігати проявам гіпоксії в умовах клініки, тренувань, в екстремальних ситуаціях, у тому числі військових (Bahmut et al., 2020).

Визначено, що гіпоксія лежить в основі розвитку багатьох хвороб, післяопераційних станів, фізичних навантажень, військових умов та інших обставин, що супроводжується стресом. Це вимагає вивчення патогенезу виникнення та змін життєвоважливих систем і органів для більш цілеспрямованого будівництва профілактики захисту і лікування при цих станах (Ordynskiy et al., 2019). Гіпоксія є типовим патологічним процесом, який виникає при недостатньому насиченні тканин киснем або порушенні його утилізації різними тканинами.

При цьому виділяє багато патогенетичних факторів, які спостерігають як порушення структур організму. Одним з них є порушення мембран мітохондрій, що виникає під час пригнічення ефективності реалізації біологічного окиснення внаслідок роз'єднання дихання та окисного фосфорильовання (Yelins'ka & Kostenko, 2018).

У кінці минулого сторіччя завдяки роботам українських вчених-фізіологів змінилась уява щодо фізіології спорту, патологічної фізіології гіпоксичних станів завдяки високогірній, космічній, авіаційній фізіології, гігієні праці. Значно розширились уявлення стосовно механізмів дії гіпоксії на організм людини, що стало фундаментом для наступного визначення механізмів дії антигіпоксантів (Kolchinskaya, 1993).

Вважають, що гіпоксія – це патологічний стан, який виникає в результаті недостатнього біологічного окиснення та призупинення енергозабезпечення життєвоважливих процесів (Slipchenko, 2015). Гіпоксію можна класифікувати в залежності від причин виникнення на екзогенну (гіпобарогенез, гіпербарогенез), респіраторну (дихальну), циркуляторну (серцево-судинну), перенавантажувальну (гіпоксія навантаження), субстратну. За поширеністю розрізняють місцеву і загальну гіпоксію, за швидкістю розвитку і тривалістю – блискавичну, гостру, підгостру, хронічну, за ступенем важкості – легку, помірну, важку, критичну (смертельну) гіпоксію.

Експериментальні дослідження протигіпоксичних засобів проводять згідно рекомендацій ДЕЦ МОЗ України в експериментах на щурах при моделюванні гемічної, гіпоксичної гіпоксії (Luk'yanchuk et al., 2002).

Сучасні антигіпоксанти синтетичного походження поділяють на (Egorova & Garmash, 2017; Varaboy, 2006; Lesiovskaya, 2012):

1. Внутрішньомітохондріальні цитопротектори, впливають на:

1.1. Гальмування окиснення жирних кислот (триметазидин)

1.2. Гальмування транспорту жирних кислот (мельдоній)

1.3. Стимуляцію цитохромного ланцюга (коензим Q)

2. Цитопротектори, які впливають на транспорт енергетичних субстратів в клітину (фосфокреатинін, глюкозо-інсулінова суміш, бурштинова кислота, цитофлавін)

3. Стимулятори переносу глюкози і галактози (тіотриазолін)

4. Антиоксиданти і цитопротектори з антиоксидантною дією.

Зважаючи на те, що препарати рослинного походження володіють меншою токсичністю ніж синтетичні, ефективніші за співвідношенням “користь/ризик” і здебільшого дешевші у виробництві, важливим є їх дослідження.

В останні роки також характеризуються новими дослідженнями складу і впливу фітопрепаратів як антиоксидантів, антигіпоксантів, цитопротекторів.

Встановлена антигіпоксична дія рослинних поліфенолів, які запобігали розвитку карієсу у потомства, незважаючи на карієсогенний раціон. Крім того, у печінці щурів рослинні поліфеноли нормалізували активність антиоксидантних ферментів (каталази, глутатіонпероксидази) і мали певну протекторну дію на тканини пародонта (Ivanov et al., 2021).

Незважаючи на те, що рідкий екстракт глоду відомий як кардіопротектор, антиоксидант, мембранотропний засіб, подальші дослідження відкривають його нові властивості. Встановили, що рідкий екстракт і настойка глоду володіють не тільки мембранопротекторною, а також і антигіпоксичною дією. Більш виражена антигіпоксична дія визначається у препарату Кратал, до складу якого входить рідкий екстракт глоду, який призначають для лікування гострої, гемічної, гіпоксичної, циркуляторної гіпоксії (Yakovleva, 2007). Вивчаючи механізм антигіпоксичної дії краталу при циркуляторній гіпоксії встановили, що в мозковій тканині щурів кратал запобігає зниженню вмісту АТФ, компонентів тіол-дисульфідної системи, вмісту РНК активності СДГ і ЦХО. Антигіпоксичні властивості препаратів самого глоду проявляються тим, що він може усувати симптоми безсоння, болів у ділянці серця, аритмію.

Антигіпоксичні властивості також встановлені у препараті валеріани лікарської, завдяки її складовим (ефірній олії валеріани), що дає можливість призначати їх при безсонні та нервовому збудженні (Baker et al., 2014).

Антигіпоксичні властивості встановлені у препаратів меліси лікарської допомагають при фізичному навантаженні та судомах (Chen et al., 2023). Ефективність меліси в галенових лікарських формах показала її ефективність при лікуванні нервових захворювань у мешканців Африки. Значний ефект спостерігався при застосуванні спиртової настоянки меліси, але довгий час не було експериментального підтвердження даного ефекту. Тому, в експериментах на мишах, при моделюванні гемічної гіпоксії був доведений антигіпоксичний ефект спиртового екстракту меліси (Akinpelu Lateef Abiola et al., 2020).

Антигіпоксичні і кардіопротекторні властивості встановлені у китайської рослини Тунмай Янсинь (Tongmai Yangxin), яку вводили внутрішньоочеревинно щурам, у яких моделювали інфаркт міокарду. Електрофізіологічні біохімічні показники визначали на 3 та 28 день після моделювання інфаркту. Препарат вводили в 3 дозах – 1 мг/кг, 2 мг/кг, 4 мг/кг. На 28 день експерименту встановлено зменшення зони інфаркту, відновлена скоротливість. Досліджена сполука мала антиоксидантну і протизапальну властивість (Chen et al., 2023).

Сухий екстракт шоломниці байкальської (*Scutellaria Adenostegia*), що належить до трав'янистих, містить 46% полісахаридів та 5,8% флавоноїдів. При введенні щурам у дозі 100 мг/кг він проявив значну антигіпоксичну активність (Ergasheva et al., 2021).

При моделюванні порушень міокарду клітин HER2 в умовах апоптозу була визначена кардіопротективна дія компоненту трави Qili Qiangxin, який в Китаї застосовують при серцевій недостатності (Fan et al., 2022).

В клінічних умовах на добровольцях вивчали антигіпоксичну дію екстракту Родіоли рожевої (2 капсули) в умовах моделювання гіпоксії. Гіпоксія тривала 30 хв., піддослідні отримали 2 капсули по 627 мг. У той час як сатурація при гіпоксії знижувалась, екстракт Родіоли рожевої попереджав всі зміни, проявляючи антигіпоксичну дію (Lee et al., 2023).

Мішенню для китайської рослини грибів аскоміцетів кордіцепсу є ендотеліальний судинний фактор, завдяки якому рослина має антигіпоксичні властивості (Long et al., 2021).

Визначена антигіпоксична дія котівника кошачого в експериментах на щурах при гіпертонічній, гемічній, гістотоксичній гіпоксії, що пов'язано з нормалізацією рівня АТФ, лактату, малату, компонентів системи Глатіону антиоксидантним впливом (Razuvaeva et al., 2021).

В експериментах на щурах перевіряли наявність антигіпоксичного ефекту у сухого та подрібненого екстракту шавлії, у яких моделювали гіпоксію. У щурів з гіпоксією була встановлена антигіпоксична дія, пов'язана з антиоксидантним впливом (Wang et al., 2020). Антигіпоксична дія шавлії пов'язана з її селективними компонентами, які включають розмаринову кислоту, мітоперміцинову, салвінову кислоту та інші активні інгредієнти. Активність шавлії пов'язана зі здібністю нормалізувати активність супероксиддисмутази, показників антиоксидантного захисту та глутатіонової системи (Wang et al., 2020).

Антигіпоксичні властивості визначені у зеленого чаю, вплив якого підвищує стійкість до тривалих тренувань (Rahimi & Falahi, 2017).

Антигіпоксичні властивості визначені у куркуміну, що дає можливість рекомендувати його для подолання стресу перед та після змагань (Nakhostin-Roohi et al., 2016).

При гемічній гіпоксії, яку моделювали в експериментах на щурах, встановлена антигіпоксична дія соків абрикосу та агрусу звичайного. В умовах гемічній гіпоксії при внутрішньочеревному введенні цих соків у дозі 500 мг/кг протягом 10 днів. Вони запобігали змінам активності антиоксидантних ферментів (СОД, глутатіонпероксидази та рівню відновленого глутатіону) і активності цитохром С-оксидази у печінці та міокарді щурів (Gorchakova & Chekman, 2018).

Про антигіпоксичні властивості повідомляють при вивченні фармакологами соку винограду, гранату, що пов'язувалась з впливом на показники аденілової системи, креатинфосфату, антиоксидантним впливом.

При гіпоксії страждають всі види обміну і, у першу чергу, енергетичний (Portnichenko et al.,

2012). Саме тому фітопрепарати, завдяки своїй ефективності та малій токсичності, є корисними у клінічних умовах, під час спортивних змагань та при стресових ситуаціях (Koval et al., 2018).

Висновки

Аналіз наукової літератури дозволив ствердити, що фітопрепарати та деякі харчові добавки, які мають антигіпоксичні властивості, володіють кардіопротекторною, нейропротекторною та іншою органопротекторною дією. В основі цих властивостей лежить їх вплив на енергізуючі системи та показники прооксидантно-антиоксидантного обміну в основі яких лежить позитивний вплив на біохімічні показники метаболізму. Наведені літературні дані стверджують висловлювання: “Природа лікує, але лікарі повинні добре знати фармакологію, фармацію і клінічну біохімію, щоб вірно призначити фітопрепарати і уникати процесів передозування”.

ЛІТЕРАТУРА

- Antihypoxic activity of the dry extract from *Nepeta multifida* L / Y. G. Razuvaeva et al. *Natural Product Research*. 2021. Vol. 36, № 12. P. 1–5. DOI: 10.1080/14786419.2021.1935932.
- Baker L. B., Nuccio R. P., Jeukendrup A. E. Acute effects of dietary constituents on motor skill and cognitive performance in athletes. *Nutrition Reviews*. 2014. Vol. 72, № 12. P. 790–802. DOI: 10.1111/nure.12157.
- Bioactive constituents of *Salvia przewalskii* and the molecular mechanism of its antihypoxia effects determined using quantitative proteomics / Y. Wang et al. *Pharmaceutical Biology*. 2020. Vol. 58, № 1. P. 469–477. DOI: 10.1080/13880209.2020.1762668.
- Chen C. K., Muhamad A. S., Ooi F. K. Herbs in exercise and sports. *J. of Physiological Anthropology*. 2012. Vol. 31, № 1. DOI: 10.1186/1880-6805-31-4.
- Correction by the preparation of plant polyphenols of metabolic changes of tissues of rats oral cavity under conditions of intrauterine hypoxia and cariogenic diet / V. S. Ivanov et al. *World of Medicine and Biology*. 2021. Vol. 17, № 77. P. 214–219. DOI: 10.26724/2079-8334-2021-3-77-214-219.
- Development of the Flow Chart for Obtaining and Studying the Antihypoxic Activity of Dry Extracts from the Aerial Part of *Scutellaria Adenostegia* Herbs / S. A. Ergasheva et al. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2021. Vol. 55, № 6. P. 580–584. DOI: 10.1007/s11094-021-02462-5.
- Discovery of the signal pathways and major bioactive compounds responsible for the anti-hypoxia effect of Chinese cordyceps / H. Long et al. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021. Vol. 277. P. 114215. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114215.
- Effects of Tongmai Yangxin pills on ventricular remodeling in myocardial ischemia-reperfusion rats / R. Chen et al. *Acupuncture and Herbal Medicine*. 2023. Vol. 3, № 2. P. 126–136. DOI: 10.1097/hm9.0000000000000024.
- Extract of *Salvia przewalskii* Repair Tissue Damage in Chronic Hypoxia Maybe through the RhoA–ROCK Signalling Pathway / Y. Wang et al. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 2020. Vol. 43, № 3. P. 432–439. DOI: 10.1248/bpb.b19-00775.
- Phytochemical estimations and antihypoxic effect of ethanol leaf extract of *Milicia excelsa* (Moraceae) in mice Primary tabs / Akinpelu Lateef Abiola et al. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2020. Vol. 10, № 2. P. 024–029. DOI: 10.30574/gscbps.2020.10.2.0015.
- Qili Qiangxin, a compound herbal medicine formula, alleviates hypoxia-reoxygenation-induced apoptotic and autophagic cell death via suppression of ROS/AMPK/mTOR pathway in vitro / C.-I. Fan et al. *Journal of Integrative Medicine*. 2022. Vol. 20, № 4. P. 365–375. DOI: 10.1016/j.joim.2022.04.005.
- Rahimi R., Falahi Z. Effect of Green Tea Extract on Exercise-Induced Oxidative Stress in Obese Men: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Crossover Study. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2017. P.783–789. DOI: 10.5812/asjms.55438.
- Rhodiola crenulata extract supplement significantly attenuates hypoxia-reduced oxygen saturation and cognitive function / S.-Y. Lee et al. *Journal of Herbal Medicine*. 2023. №41. P. 100732. DOI: 10.1016/j.hermed.2023.100732.
- The Effect of Curcumin Supplementation on Selected Markers of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) / B. Nakhostin-Roohi et al. *Annals of Applied Sport Science*. 2016. Vol. 4, № 2. P. 25–31. DOI: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.2.25.
- Барабой В. А. Биоантиоксиданты. Киев : Книга Плюс, 2006. 461 с.
- Горчакова Н. О., Чекман І. С. Реалізація природних нанотехнологій при гемічній гіпоксії. *Фітотерапія. Часопис*. 2018. № 2. С. 8–9.
- Егорова М. С., Гармаш Ю. Ю. Современные цитопротекторы (антигипоксанты, антиоксиданты): в чём феномен популярности в кардиологии и неврологии? *Український Медичний Часопис*. 2017. № 1. С. 72–76.

Слінська А. М., Костенко О. В. Механізми дезорганізації сполучної тканини пародонта шурів за умов системної запальної відповіді. *Актуальні Проблеми Сучасної Медицини: Вісник Української Медичної Стоматологічної Академії*. 2018. Т. 18, № 1. С. 175–177.

Колчинская А. З. Современное состояние исследований кислородной недостаточности. Гіпоксія деструктивна та конструктивна дія. Київ : Наукова думка, 1993. 320 с.

Лесяевская Е. Е. Антигіпоксанти прямого действия – перспективные нейропротекторы. *Terra Medica*. 2012. № 4. С. 49–57.

Пошук та експериментальне вивчення потенційних антигіпоксичних засобів : методичні рекомендації / В. Д. Лук'янчук та ін. Київ : ДФЦ МОЗ України, 2002. 27 с.

Роль коферментних і некоферментних вітамінів при гіпоксії та пригніченні енергетичних і трофічних станів : монографія / І. Ю. Багмут та ін. Харків : Золоті сторінки, 2020. 156 с.

Сліпченко В. Г. Гіпоксія як метод підвищення адаптаційної здатності організму людини монографія. Київ : НТУУ "КПІ", 2015. 484 с.

Современные подходы к фармакологической коррекции гипоксических состояний / И. В. Коваль та ін. *Спортивная Медицина*. 2018. № 1. С. 36–41.

Стрес-лімітуючі механізми адаптації до іммобілізаційного стресу високорезистентних до гіпоксичної гіпоксії самців і самиць шурів / Ю. М. Ординський та ін. *Art of Medicine*. 2019. С. 95–99. DOI: 10.21802/artm.2019.1.9.95.

Фазовые изменения энергетического метаболизма при периодической гипоксии / В.И. Портниченко та ін. *Фізіологічний журнал*. 2012. Т. 58, № 4. С. 3–12. DOI: 10.15407/fz58.04.003

Яковлева І. Ю. Вплив краталу на показники прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу і органах шурів при навантаженні та охолодженні. *Фітотерапія. Часопис*. 2007. № 4. С. 25–27.

REFERENCES

Razuvaeva, Y. G., Toropova, A. A., Olennikov, D. N., & Kharzheev, D. V. (2021). Antihypoxic activity of the dry extract from nepeta multifida l. *Natural Product Research*, 36(12), 3105–3109. DOI: 10.1080/14786419.2021.1935932.

Baker, L. B., Nuccio, R. P., & Jeukendrup, A. E. (2014). Acute effects of dietary constituents on motor skill and cognitive performance in athletes. *Nutrition Reviews*, 72(12), 790–802. DOI: 10.1111/nure.12157.

Wang, Y., Duo, D., Yan, Y., He, R., Wang, S., Wang, A., & Wu, X. (2020a). Bioactive constituents of salvia przewalskii and the molecular mechanism of its antihypoxia effects determined using quantitative proteomics. *Pharmaceutical Biology*, 58(1), 469–477. DOI: 10.1080/13880209.2020.1762668.

Chen, C. K., Muhamad, A. S., & Ooi, F. K. (2012). Herbs in exercise and sports. *Journal of Physiological Anthropology*, 31(1), 4–14. DOI: 10.1186/1880-6805-31-4.

Ivanov, V. S., Tkachenko, Ye. K., Dienha, O. V., Schnayder, S. A., & Pyndus, T. O. (2021). Correction by the preparation of plant polyphenols of metabolic changes of tissues of rats oral cavity under conditions of intrauterine hypoxia and cariogenic diet. *World of Medicine and Biology*, 17(77), 214–219. DOI: 10.26724/2079-8334-2021-3-77-214-219.

Ergasheva, Sh. A., Mamatkhanova, M. A., Nabiev, A., Karimov, A. M., Khalilov, R. M., & Mamatkhanov, A. U. (2021). Development of the flow chart for obtaining and studying the antihypoxic activity of dry extracts from the aerial part of Scutellaria Adenostegia herbs. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 55(6), 580–584. DOI: 10.1007/s11094-021-02462-5.

Long, H., Qiu, X., Cao, L., & Han, R. (2021). Discovery of the signal pathways and major bioactive compounds responsible for the anti-hypoxia effect of Chinese cordyceps. *Journal of Ethnopharmacology*, 277, 114215. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114215.

Chen, R., Meng, K., Wang, C., Lyu, Q., Jiang, D., Ding, X., Xu, J., Wang, L., Wang, Y., Zhou, K., & Wang, Y. (2023). Effects of Tongmai Yangxin pills on ventricular remodeling in myocardial ischemia-reperfusion rats. *Acupuncture and Herbal Medicine*, 3(2), 126–136. DOI: 10.1097/hm9.0000000000000024.

Wang, Y., Duo, D., Yan, Y., He, R., Wang, S., Wang, A., & Wu, X. (2020b). Extract of salvia przewalskii repair tissue damage in chronic hypoxia maybe through the rhoa–rock signalling pathway. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 43(3), 432–439. DOI: 10.1248/bpb.b19-00775.

Akinpelu Lateef Abiola, Olawuni Idowu Julius, Ogundepo Gbenga Emmanuel, Olayiwola Gbola, & Fajana Akibu. (2020). Phytochemical estimations and antihypoxic effect of ethanol leaf extract of milicia excelsa (Moraceae) in mice primary tabs. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 10(2), 1024–1029. DOI: 10.30574/gscbps.2020.10.2.0015.

Fan, C., Cai, W., Ye, M., Chen, M., & Dai, Y. (2022). Qili Qiangxin, a compound herbal medicine formula, alleviates hypoxia-reoxygenation-induced apoptotic and autophagic cell death via suppression of ROS/AMPK/mTOR pathway in vitro. *Journal of Integrative Medicine*, 20(4), 365–375. DOI: 10.1016/j.joim.2022.04.005.

Rahimi, R., & Falahi, Z. (2017). Effect of green tea extract on exercise-induced oxidative stress in obese men: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Asian Journal of Sports Medicine*, 783–789. DOI: 10.5812/asjsm.55438.

Lee, S.-Y., Lin, K.-T., Chen, Y., & Dai, Y.-H. (2023). Rhodiola crenulata extract supplement significantly attenuates hypoxia-reduced oxygen saturation and cognitive function. *Journal of Herbal Medicine*, 41, 100732. DOI: 10.1016/j.hermed.2023.100732.

Nakhostin-Roohi, B., Nasirvand Moradlou, A., Mahmoodi Hamidabad, S., & Ghanivand, B. (2016). The effect of curcumin supplementation on selected markers of delayed onset muscle soreness (DOMS). *Annals of Applied Sport Science*, 4(2), 25–31. DOI: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.2.25.

Baraboy, V. A. (2006). *Bioantioksidanty [Bioantioxidants]*. Kyiv: Kniga plyus. 461 p.

Gorchakova, N. O., & Chekman, I. S. (2018). Realizatsiia pryrodnykh nanotekhnolohii pry hemicnii hipoksii [Realisation of natural nanotechnology in the conditions of hemic hypoxia]. *Fitoterapiia. Chasopys*, 2, 8–9 [in Ukrainian].

Egorova, M. S., & Garmash, Y. Y. (2017). Sovremennyye tsitoprotektoryi (antigipoksanty, antioksidanty): v chem fenomen popularnosti v kardiologii i nevrologii? [Modern cytoprotective drugs (antihypoxants, antioxidants): what is the phenomenon of popularity in cardiology and neurology?]. *Ukrayinskiy Medychnyy Chasopys*, 1, 72–76.

Yelins'ka, A. M., & Kostenko, V. O. (2018). Mekhanizmy dezorhanizatsii spoluchnoi tkanyny parodonta shchuriv za umov systemnoi zapalnoi vidpovidy [Mechanisms of connective tissue disruption in periodontium rats during systemic inflammation]. *Aktualni Problemy Suchasnoi Medytsyny: Visnyk Ukrainskoi Medychnoi Stomatolohychnoi Akademii*, 18(1), 175–177 [in Ukrainian].

Kolchinskaya, A. Z. (1993). *Sovremennoe sostoyanie issledovaniy kislorodnoy nedostatochnosti. Gipokslya destruktivna ta konstruktivna diya* [Current state oxygen deficiency studies. Hypoxia destructive and constructive action]. Kyiv: Naukova dumka. 320p.

Lesiovska, E. E. (2012). Antigipoksanty pryamogo deystviya-perspektivnyie neyroprotektory [Direct-acting antihypoxants are promising neuroprotectors]. *Terra Medica*, 4, 49–57.

Lukiyanchuk, V. D., Savchenkova, L. V., Nemyatih, O. D., & Radionov, V. M. (2002). *Poshuk ta eksperymentalne vyvchennia potentsiinykh antyhipoksychnykh zasobiv* [Search and experimental study of potential antihypoxic agents]. DFTs MOZ Ukraini. 27p [in Ukrainian].

Bahmut, I. Y., Zhukov, V. I., Kolisnyk, I. L., Pak, S. O., & Bobrytska, V. V. (2020). *Rol kofermentnykh i nekofermentnykh vitaminiv pry hipoksii ta pryhnychenni enerhetychnykh i trofichnykh protsesii: monohrafiia* [The role of coenzyme and non-coenzyme vitamins in hypoxia and inhibition of energy and trophic processes: monograph]. Kharkiv: Zoloti storinky. 156 p [in Ukrainian].

Slipchenko, V. G. (2015). *Hipoksiia yak metod pidsvichennia adaptatsiinoi zdatnosti orhanizmu: monohrafiia* [Hypoxia as a method of increasing the adaptive capacity of the human body: monograph]. NTUU KPI. 484 p [in Ukrainian].

Koval, I. V., Vdovenko, N. V., Kozlovskiy, V. A., & Kutnyak, V. P. (2018). Sovremennyye podhody k farmakologicheskoy korrektsii gipoksicheskikh sostoyaniy [Modern approaches to pharmacological correction of hypoxic conditions]. *Sportivnaya Meditsina*, 1, 36–41.

Ordynskiy, Yu., Riabokon, Boliukh, & Denefil, V. (2019). Stres-limituiuchi mekhanizmy adaptatsii do immobilizatsiinoho stresu vysokorezistentnykh do hipoksychnoi hipoksii samsiv i samyts shchuriv [Stress-limiting mechanisms of adaptation to immobilization stress in highresistant and low-resistant to hypoxic hypoxia female and male rats]. *Art of Medicine*, 95–99. DOI: 10.21802/artm.2019.1.9.95 [in Ukrainian].

Portnichenko, V., Nosar', V. I., Portnichenko, A. G., Drevitskaia, T. I., Sidorenko, A. M., & Man'kovskaia, I. N. (2012). Fazovyie izmeneniia jenergeticheskogo metabolizma pri periodicheskoy gipoksii [Phase changes in energy metabolism during periodic hypoxia]. *Fiziologichnyi Zhurnal*, 58(4), 3–12. DOI: 10.15407/fz58.04.003.

Yakovleva, I. Y. (2007). Vplyv kratalu na pokaznyky prooksydantno-antyoksydantnoho homeostazu v orhanaz shchuriv pry navantazhenni ta okholodzhenni [The influence of kratal on indicators of prooxidant-antioxidant homeostasis in the organs of rats during exercise and cooling]. *Fitoterapiya. Chasopys*, 4, 25–27 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 17.11.2023

Стаття прийнята до друку 12.01.2024

Конфлікт інтересів: відсутній.

Внесок авторів:

Горчакова Н.О. – збір та аналіз даних, написання статті, критичний огляд, остаточне затвердження статті;

Беленічев І.Ф. – збір та аналіз даних, коректування статті, анотації, висновки;

Гарник Т.П. – концепція та оформлення роботи, коректування статті, критичний огляд;

Лук'янчук В.Д. – збір та аналіз даних, коректування статті, висновки;

Савченко Н.В. – збір та аналіз даних, участь у написанні статті;

Яковлєва Н.Ю. – збір та аналіз даних, участь у написанні статті.

Електронна адреса для листування з авторами:

gorchakovan1941@gmail.com