УДК 616.441+577.112.387.4 *https://doi.org/10.31861/biosystems2026.02.211*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТУ ТРИПТОФАНУ НА ГІСТОМОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ АКТИВНОСТІ ПАРАЩИТОПОДІБНИХ ЗАЛОЗ ЩУРІВ

Р. В. ЯНКО

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, 01024, Київ, вул. Богомольця, 4
Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, 03680, Київ, вул. Академіка Заболотного, 27
biolag@ukr.net

Незамінну амінокислоту триптофан все частіше використовують в експериментальній та клінічній практиці при комплексному лікуванні різних патологічних станів. Нажаль, на теперішній час роботи, які б були присвячені вивченню ефекту триптофану на стан паращитоподібних залоз, є поодинокі. А за отриманими результатами не можна остаточно стверджувати про роль триптофану у функціонуванні цих залоз. Робіт, які б стосувалися дослідженню ефекту триптофану на структурні зміни паращитоподібних залоз, взагалі не знайдено. Все це робить вивчення використання триптофану перспективною галуззю для вчених та біомедичних дослідників, які працюють над дослідженням пошуку нових методів лікування порушення функцій паращитоподібних залоз. Мета роботи: дослідити вплив L-триптофану на гістоморфометричні показники активності паращитоподібних залоз молодих щурів. Експеримент був проведений на 24 щурах самцях лінії Wistar, масою 260 ± 10 г. Щурів розподілили на 2 групи: I – контроль, II – щури, які додатково до стандартного збалансованого раціону щодня отримували L-триптофан у дозі 80 мг / кг маси тіла. Тривалість досліду становила 1 місяць. Гістологічні препарати паращитоподібних залоз виготовляли за стандартною методикою. На отриманих зразках тканини залоз робили гістоморфометричний аналіз їх структури. В сироватці крові визначали концентрацію кальцію. Робота з тваринами була погоджена з Комітетом біоетики Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця НАНУ, а також відповідала вимогам Європейської конвенції про захист хребетних тварин. Виявлено, що введення L-триптофану призвело до гістоморфометричних змін в паращитоподібних залозах щурів. Так, вірогідно зросла площа поперечного перерізу залози, що може вказувати на її гіперплазію. Паратироцити зменшувалися в розмірах та набували темнішого відтінку. Зросло ядерно-цитоплазматичне співвідношення та кількість ядерець в ядрах клітин. Паратироцити тісніше контактували між собою. Відмічено зростання концентрації кальцію в сироватці крові дослідних щурів, що може опосередковано вказувати на активацію гормон-синтезуючої функції ПЩЗ. Також виявлено, що L-триптофан зменшує питому об'ємну частку сполучнотканинного компонента залози. Отже, додаткове введення до харчового раціону L-триптофану протягом 1 місяця призводить до структурних змін в паращитоподібних залозах, які можуть свідчити про зростання її активності.

Ключові слова: паращитоподібні залози, триптофан, щури, гістоморфометрія

Вступ. Відомо, що основна функція паращитоподібних залоз (ПЩЗ) полягає в підтримці гомеостазу кальцію в сироватці крові, шляхом синтезу паратиреоїдного гормону. В наш час досить часто зустрічається патологія ПЩЗ, яка проявляється в надмірному, чи, навпаки, недостатньому синтезі гормону, що призводить до порушення обміну кальцію в організмі (Zhou et al., 2024; Khan, & Khan, 2025). Гіперпаратиреоз лікують в основну хірургічним шляхом (паратиреоїдектомія), а гіпопаратиреоз – використанням аналогів вітаміну D та солей кальцію (Hiramitsu et al., 2024; Sakane et al., 2022). Проте, нерідко традиційні методи лікування ПЩЗ призводять до виникнення побічних явищ. Тому, пошук інших методів усунення порушення функціональної активності залоз є актуальним напрямком досліджень.

Одним із таким методів може бути використання L-амінокислот, які є фізіологічними регуляторами секреції паратиреоїдного гормону і, відповідно, метаболізму кальцію у всьому організмі (Conigrave et al., 2004). Незамінна амінокислота L-триптофан позитивно зарекомендувала себе при комплексному лікуванні різних патологічних станів. Так, триптофан та його метаболіти (серотонін і мелатонін) часто використовують при лікуванні психічних та неврологічних розладів, при жировому гепатозі, лікуванні деяких видів онкології, діабеті тощо (Comai et al., 2020; Wu et al., 2025; Yanko et al., 2023).

Нажаль, на теперішній час роботи, які б були присвячені вивченню ефекту триптофану на стан ПЩЗ, є поодинокі (Conigrave et al., 2004). А за отриманими результатами не можна остаточно

стверджувати про роль триптофану у функціонуванні цих залоз. Робіт, які були б присвячені дослідженню триптофану на структурні зміни ПЩЗ, взагалі не знайдено. Все це робить вивчення використання триптофану перспективною галуззю для вчених та біомедичних дослідників, які працюють над дослідженням пошуку нових методів лікування порушення функцій ПЩЗ.

У даній роботі ми вивчали вплив L-триптофану на гістоморфометричні показники активності ПЩЗ у відносно здорових щурів для того щоб вияснити, який ефект (стимулюючий, пригнічуючий чи нейтральний) має ця амінокислота на залозу.

Мета роботи – дослідити вплив L-триптофану на гістоморфометричні показники активності паращитоподібних залоз молодих щурів.

Матеріали та методи. Експеримент проводили у весняний період (квітень) на щурах самцях лінії Wistar, масою 260 ± 10 г. Щурів утримували при температурі 21 ± 2 °С і вологості 40-60 % з природнім циклом світло/темрява. Щурів розподілили на 2 групи: I – контроль, II – щури, які додатково до стандартного збалансованого раціону отримували L-триптофан. Кількість тварин залучених до експерименту становила 24 (по 12 щурів у кожній групі). Збалансований корм був отриманий від виробника (Рецепт К 120-1, «Резон-1», Україна) у вигляді стандартних гранул для гризунів. L-триптофан («Ajinomoto Eurolysine S.A.S», Франція) щурам вводили щодня пероральним шляхом у дозі 80 мг / кг маси тіла. Цю дозу триптофану було обрано на основі літературних даних. Так, захисний ефект L-триптофану від тієї, чи іншої патології більш ефективно проявлявся у дозах, які не перевищували 100 мг / кг (Ayinde et al., 2021; Marathe et al., 2026), Тоді, як високі дози L-триптофану (250-400 мг / кг) часто мали побічний ефект, призводили до ожиріння та інших порушень в організмі (Shipelin et al., 2021). В попередніх дослідженнях нами було виявлено, що L-триптофан у дозі 80 мг / кг мав позитивний ефект на морфофункціональну активність печінки, підшлункової і щитоподібної залоз у відносно здорових щурів (Янко, 2021; Yanko, 2023), а також виявлено лікувальну дію цієї амінокислоти при жировому переродженні печінки і підшлункової залози у щурів з аліментарним ожирінням (Yanko et al., 2023; Yanko et al., 2024). Тривалість досліду становила 1 місяць. По закінченню досліду щурів виводили з експерименту шляхом декапітації під загальним наркозом. Робота з тваринами була погоджена з Комітетом біоетики Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця НАНУ, а також відповідала вимогам Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Страсбург, 1986).

ПЩЗ для гістологічних досліджень у щурів виділяли разом з щитоподібною залозою, через важкість її механічного відокремлення від останньої. Гістологічні препарати робили за стандартною методикою. Гістологічні зрізи здійснювали в поперечному направленні на латеральній частині краніального полюсу кожної частки щитоподібної залози (місце розташування ПЩЗ). Забарвлення отриманих зрізів проводили за методом Ван-Гізона (Suvarna et al., 2019; Янко, 2025). Фарбування за цим методом дозволяє не лише аналізувати загальний стан тканини залози, але і візуалізувати сполучнотканинні елементи в ній.

Мікрозрізи ПЩЗ фотографували на мікроскопі «Nikon Eclipse E100» (Японія), який був оснащений цифровою камерою «Levenhuk» (США). Для гістоморфометричних досліджень була застосована комп'ютерна програма «ImageJ 1.4 p» (США). На зрізах тканини ПЩЗ визначали: площу поперечного перерізу залоз, паратироцитів, їх ядер і цитоплазми; ядерно-цитоплазматичне співвідношення; кількість паратироцитів на одиницю площі; кількість ядерець в ядрах паратироцитів; відносну площу паренхіми і сполучної тканини; стромально-паренхіматозний індекс (відношення площі сполучної тканини до паренхіми) (Romaniuk et al., 2019; Янко, 2025). Морфометричні виміри в ПЩЗ кожного щура проводили на 8 зрізах. В сироватці крові фотометричним методом визначали концентрацію кальцію.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми «Statistica» (США). Для перевірки нормальності розподілу даних використовували критерій Шапіро-Уїлка. Якщо розподіл був нормальним, то для визначення достовірності відмінностей між порівнювальними групами використовували t-критерій Ст'юдента. Статистично вірогідними вважали різницю при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення. Виявлено, що ПЩЗ щурів, які отримували L-триптофан, зберігали фізіологічну структуру. ПЩЗ оточені тонкою сполучнотканинною капсулою. Паренхіма складалася зі скупчення залозистих клітин (паратироцитів), які розділені тонкими прошарками пухкої сполучної тканини з кровоносними судинами. Паратироцити були представлені двома типами клітин: світлими – неактивними та темними, які перебували в стані активації. Гістоморфометричні зміни в ПЩЗ

дослідних щурів, насамперед, стосувалися розмірів залоз, якісного і кількісного складу паратироцитів, кількості сполучнотканинних елементів, тощо (рис. 1).

В ПЩЗ щурів, які протягом 1 місяця отримували L-триптофан, відмічено вірогідне зростання площі поперечного перерізу залоз на 13 % порівняно з контролем (табл. 1). Зростання розмірів ПЩЗ може вказувати на їх гіперплазію (розростання тканини), активацію залози, з подальшим зростанням синтезу паратиреоїдного гормону (Ramas et al., 2019).

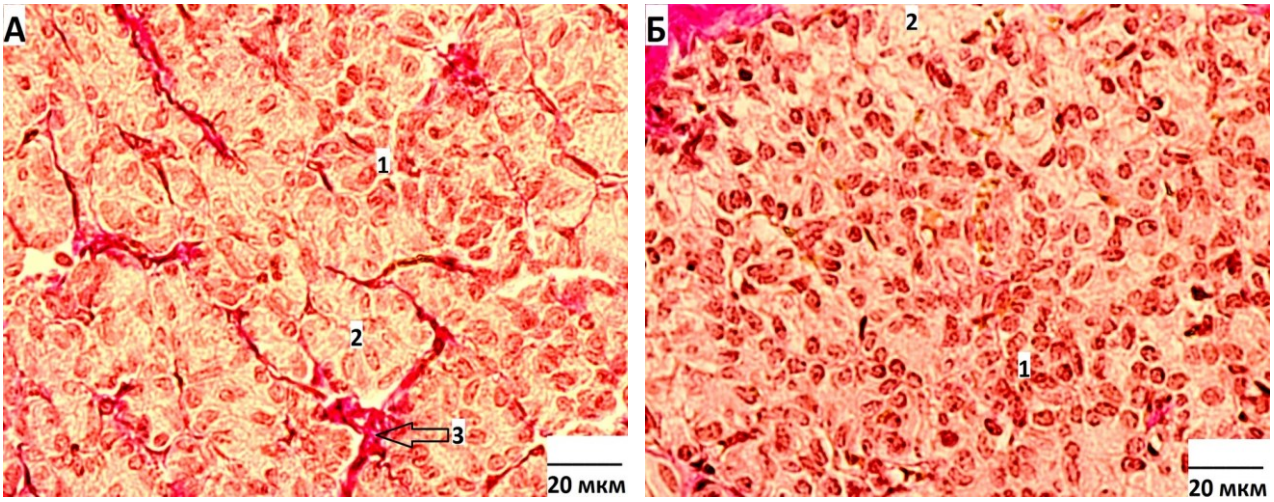


Рис. 1. Мікрофотографія паращитоподібної залози контрольного щура (А) та щура, який отримував L-триптофан (Б)

Примітка: *1 – скупчення темних (активних) паратироцитів; 2 – скупчення світлих (неактивних) паратироцитів; 3 – сполучна тканина. Забарвлення за Ван-Гізоном. x800.*

Fig. 1. Micrograph of the parathyroid gland of a control rat (A) and a rat received L-tryptophan (Б)

Note: *1 – cluster of dark (active) parathyrocytes; 2 – cluster of light (inactive) parathyrocytes; 3 – connective tissue. Van Gieson stain. x800.*

Таблиця 1.

Морфометричні показники паращитоподібних залоз (M ± m; n = 12)

Table 1.

Morphometric parameters of parathyroid glands (M ± m; n = 12)

Показники	**Контроль**	**L-триптофан**
Відносна площа: паренхіми сполучної тканини Стромально-паренхіматозний індекс	 74,5 ± 2,1 25,5 ± 1,0 0,372 ± 0,03	 83,0 ± 2,3* 17,0 ± 1,1* 0,205 ± 0,04*
Площа поперечного перерізу залози, мкм^2	90340 ± 2728	102058 ± 1964*
Площа поперечного перерізу, мкм^2: паратироцита цитоплазми ядра Ядерно-цитоплазматичне співвідношення	 67,9 ± 4,1 49,7 ± 2,1 18,2 ± 1,1 0,366 ± 0,02	 48,6 ± 2,9* 34,6 ± 1,8* 14,0 ± 1,2 0,405 ± 0,01
Кількість паратироцитів, шт (на площу 10000 мкм^2)	185,6 ± 12,1	210,9 ± 10,8*
Кількість ядерець в ядрі, шт	1,98 ± 0,23	2,48 ± 0,26*

Примітка*: *P < 0,05 – вірогідність порівняно з контролем*
Note: **P < 0.05 – significant compared to control*

У дослідних щурів спостерігали вірогідне зниження площі паратироцитів (на 28 %) та їх цитоплазми (на 30 %) порівняно з контрольними показниками. Площа ядер клітин мала тенденцію до зниження. Це призвело до зростання (на 10 %) ядерно-цитоплазматичне співвідношення.

Кількість паратироцитів на одиницю площі була більшою на 14 % ($P < 0,05$), ніж у контролі, що свідчить про тісні контакти клітин між собою (рис. 1; табл. 1). Зменшення розмірів головних клітин ПЩЗ може бути однією з ознак їх активації, яка супроводжується інтенсивним розщепленням запасів ліпідів та глікогену під час синтезу паратиреоїдного гормону. Саме через таке швидке «спалювання» цих енергетичних запасів та певну перебудову цитоплазми розмір паратироцитів (на певних етапах секреції) може візуально зменшуватися, а колір їх стає темніший. У фазі спокою паратироцити, навпаки, накопичують в цитоплазмі краплі ліпідів та глікоген і зазвичай виглядають більшими та мають світліший колір (Munger et al., 1963; Parlak 2022; Lofrese et al., 2025). Про активацію паратироцитів може вказувати вірогідне збільшення кількості ядерець в ядрах клітин на 25 % (табл. 1). Відомо, що ядерця відіграють вирішальну роль в синтезі білка, виконують ключову функцію в підтримці гомеостазу в клітинах і можуть безпосередньо впливати на клітинний цикл, ріст та проліферацію клітин (Ponti, 2025).

Також виявлено, що додаткове введення до раціону L-триптофану зменшує питому об’ємну частку сполучнотканинного компонента (строми) в ПЩЗ. Так, відносна площа строми в залозах дослідних щурів була вірогідно меншою на 33 %, а стромально-паренхіматозний індекс був нижчим від контролю на 40 % (табл. 1). Зниження кількості сполучної тканини в ПЩЗ свідчить про зростання її активності, кращу мікроциркуляцію тощо (Oster et., 2025).

Відмічено зростання концентрації кальцію в сироватці крові дослідних щурів на 22 % (з 8,1 ± 0,3 до 9,9 ± 0,5 мг / дл, $P < 0,05$). Це може опосередковано вказувати на активацію гормон-синтезуючої функції ПЩЗ. Паратиреоїдний гормон може підвищувати концентрацію кальцію в крові шляхом резорбції кісток (активуючи остеокласти), через зростання всмоктування кальцію в кишечнику та зниження його виведення нирками (Chen et al., 2021).

Серед літератури дуже мало робіт, які були б присвячені дослідженню L-триптофану на стан ПЩЗ. Так, Conigrave та співавт. показали, що при фізіологічних концентраціях L-триптофан гостро та зворотно активує позаклітинний Ca(2+)-чутливий рецептор у нормальних паратиреоцитах людини та пригнічує секрецію паратиреоїдного гормону (Conigrave et al., 2004). Проте, ця робота була проведена *in vitro* на культурі клітин ПЩЗ людини, а концентрація L-триптофану, яку додавали до неї, була у фізіологічній нормі. Тому, дані цієї роботи не можна цілком порівнювати з нашими результатами. Адже в живому організмі відбувається складна системна взаємодія багатьох органів. Відбувається повний цикл метаболізму триптофану, він проходить через шлунково-кишковий тракт та різні природні бар'єри. Крім того, у нашому дослідженні концентрація L-триптофану була більшою за фізіологічну норму. Велике значення також може мати вік та вид тварин. Так, метаболізм щура значно вищий за людський, що теж може впливати на отримання кінцевих результатів. Тому, подальше дослідження ролі триптофану на функціонування ПЩЗ є актуальною проблемою.

Механізм, через який триптофан може стимулювати активність ПЩЗ остаточно не досліджений. Він може впливати на залозу як прямо, так і опосередковано через свої метаболіти, насамперед, мелатонін і серотонін (Zhao et al., 2025). Тому, вивчення механізмів дії триптофану на ПЩЗ є актуальним напрямком подальших наших досліджень, що відкриє нові перспективи в розробці нових методологій лікування порушень фізіологічних функцій залози. Крім цього, в майбутньому ми плануємо дослідити дозо-залежний ефект L-триптофану на стан ПЩЗ та вивчити вікові особливості реактивності залози на дію цієї амінокислоти. Для визначення активності ПЩЗ необхідне вимірювання рівня паратиреоїдного гормону в крові, що також планується відобразити у подальших наших дослідженнях.

Висновки. Додаткове введення до харчового раціону L-триптофану (в дозі 80 мг / кг) протягом 1 місяця призводить до структурних змін в ПЩЗ молодих щурів, які можуть свідчити про зростання її активності.

Конфлікт інтересів. *Автор заявляє, що дослідження проводилося за відсутності будь-яких комерційних або фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.*

Фінансування. *Робота виконана в рамках бюджетного фінансування НАН України за планом науково-дослідної роботи «Участь стресреактивних систем у розвитку місцевих та системних патологічних процесів і тканинній регенерації» Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України (№ державної реєстрації: 0124U001558).*

Список літератури:

1. Янко, Р. В. (2021). Морфологічні зміни щитоподібної залози щурів після введення триптофану. *Ендокринологія*, 26 (3), 281-286. https://doi.org/10.31793/1680-1466.2021.26-3.28
2. Янко, Р. В. (2025). Структурні відмінності в паращитоподібних залозах щурів різного віку з модельованим аліментарним ожирінням. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, 95, 114-121. https://doi.org/10.30970/vlubs.2025.95.12
3. Ayinde, T. O., Olayaki, L. A., Ojulari, L. S., Oluwasola, A., & Abdulraheem, H. A. (2021). Hepatoprotective effect of tryptophan in carbontetrachloride-induced hepatotoxicity in male Wistar rats. *Int J Basic Appl Physiol.,* 10 (2), 25-30.
4. Chen, T., Wang, Y., Hao, Z., Hu, Y., & Li J. (2021). Parathyroid hormone and its related peptides in bone metabolism. *Biochem Pharmacol*., 192, 114669. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2021.114669
5. Comai, S., Bertazzo, A., Brughera, M., & Crotti S. (2020). Tryptophan in health and disease. *Adv Clin Chem*., 95, 165-218. https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.08.005
6. Conigrave, A. D., Mun, H. C., Delbridge, L., Quinn, S. J., Wilkinson, M., & Brown, E. M. (2004). L-amino acids regulate parathyroid hormone secretion. *J Biol Chem*., 279 (37), 38151-381599. https://doi.org/10.1074/jbc.M406373200
7. Hiramitsu, T., Moinuddin, Z., & Augustine T. (2024). Editorial: Recent advances in the treatment of parathyroid disease. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 15, 1444651. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1444651
8. Khan, S., & Khan, A. A. (2025). Hypoparathyroidism: diagnosis, management and emerging therapies. *Nat Rev Endocrinol*, 21, 360-374. https://doi.org/10.1038/s41574-024-01075-8
9. Lofrese, J. J., Basit, H., & Lappin S. L. (2025). Physiology, parathyroid. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482510/
10. Marathe, A., Acharya, S., Rao, G. M., Rai, R., & Chandran, V. (2026). Effect of L-Tryptophan on hyperglycemia, GLP-1, and Na^+/K^+-ATPase activity in a STZ-induced diabetes rat model. *All Life*, 19 (1). https://doi.org/10.1080/26895293.2026.2629679
11. Munger, B. L., & Roth, S. I. (1963). The cytology of the normal parathyroid glands of man and Virginia door; a light and electron microscopic study with morphologic evidence of secretory activity. *J Cell Biol*., 16 (2), 379-400. https://doi.org/10.1083/jcb.16.2.379
12. Oster, M., Reyer, H., Hadlich, F., Ponsuksili, S., Wolf, P., Wimmers, K., & Keiler J. (2025). Parathyroid glands exhibit reduced parenchymatic chief cells and increased extracellular collagen as a response to a long-term low-phosphorus diet in pigs. *Anim Nutr*., 22, 471-482. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2025.04.007
13. arlak, S. N. (2022). Embryology and histology of the parathyroid glands. *Anatolian Journal of Biology*, 2, 11-13.
14. Ponti, D. (2025). The nucleolus: A central hub for ribosome biogenesis and cellular regulatory signals. *International Journal of Molecular Sciences*, 26 (9), 4174. https://doi.org/doi.org/10.3390/ijms26094174
15. Ramas, A., Jakubovic-Čičkisic, A., Umihanic, S., Sulejmanovic, M., & Brkic, F. (2019). Correlation between the parathyroid glands size and parathormones value in patients with hyperparathyroidism. *Med Arch*., 73 (4), 249-252. https://doi.org/10.5455/medarh.2019.73.249-252
16. Romaniuk, A., Tymakova, O., Lyndina, J., Gryntsova, N., Kravtsova, I., & Kust, V. (2019). The morphological changes in parathyroid glands, caused simulated prolonged influence of heavy metal salts. *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 23 (1), 80-83. https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23(1)-12
17. Sakane, E. N., Vieira, MC. C., Vieira, GM. M., & Maeda S. S. (2022). Treatment options in hypoparathyroidism. *Arch Endocrinol Metab*., 66 (5), 651-657. https://doi.org/10.20945/2359-3997000000554
18. Shipelin, V. A., Trusov, N. V., Apryatin, S. A., Shumakova, A. A., Balakina, A. S., Riger, N. A., Gmoshinski, I. V., & Nikityuk, D. B. (2021). Effects of tyrosine and tryptophan in rats with diet-induced obesity. *Int. J. Mol. Sci*., 22, 24-29. https://doi.org/10.3390/ijms22052429
19. Suvarna, K. S., Layton, C., & Bancroft, J. D. (2019). *Bancroft's theory and practice of histological techniques*. E-Book. Eighth Edition. Elsevier Health Sciences. https://doi.org/10.1016/C2015-0-00143-5
20. Wu, Y., Li, T., Chen, B., Sun, Y., Song, L., Wang, Y., Bian, Y., Qiu, Y., & Yang Z. (2025). Tryptophan indole derivatives: Key players in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Syndr Obes*., 18, 1563-1574. https://doi.org/10.2147/DMSO.S511068
21. Yanko, R. (2023). Investigation of histo-morphometric indicators of the pancreas structure in rats after administration of L-tryptophan. *Biolog. Journal of Armenia*, 75 (2-3), 79-84. https://doi.org/10.54503/0366-5119-2023.75.2-3-79
22. Yanko, R., Levashov, M., & Chaka, O. G. (2024). L-tryptophan effectively prevents fatty degeneration of rat pancreas. *Fiziol. Zh*., 70 (2), 43-50. https://doi.org/10.15407/fz70.02.043
23. Yanko, R., Levashov, M., Chaka, O. G., Nosar, V., Khasabov, S. G., & Khasabova, I. (2023). Tryptophan prevents the development of non-alcoholic fatty liver disease. *Diabetes Metab Syndr Obes*., 16, 4195-4204. https://doi.org/10.2147/DMSO.S444278
24. Zhao, J., Bai, X., Du, J., Chen, Y., Guo, X., Zhang, J., Gan, J., Wu, P., Chen, S., Zhang, X., Yang, J., Jin, J., & Gao, L. (2025). Tryptophan metabolism: From physiological functions to key roles and therapeutic targets in cancer (Review). *Oncol Rep*., 54 (1), 86. https://doi.org/10.3892/or.2025.8919
25. Zhou, P., Xu, J., Guo, Y., Chen, L., Liu, Y., Guo, H., Shao, C., & He, Q. (2024). The role of anatomical and functional orientation in identification of parathyroid glands for patients with parathyroidectomy. *Front.*

Endocrinol., 15, 1428669. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1428669

References:

1. Yanko, R. V. (2021). Morphological changes in the thyroid gland of rats after administration of tryptophan [Morfolohichni zminy shchytopodibnoyi zalozy shchuriv pislya vvedennya tryptofanu]. *Endocrinology* [*Endokrynolohiya*], 26 (3), 281-286. https://doi.org/10.31793/1680-1466.2021.26-3.281 [in Ukrainian].
2. Yanko, R. V. (2025). Structural differences in the parathyroid glands of rats of different ages with modeled alimentary obesity [Strukturni vidminnosti v parashchytopodibnykh zalozakh shchuriv riznoho viku z model′ovanym alimentarnym ozhyrinnyam]. *Bulletin of Lviv University. Biological Series* [*Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriya biolohichna*], 95, 114-121. https://doi.org/10.30970/vlubs.2025.95.12. [in Ukrainian].
3. Ayinde, T. O., Olayaki, L. A., Ojulari, L. S., Oluwasola, A., & Abdulraheem, H. A. (2021). Hepatoprotective effect of tryptophan in carbontetrachloride-induced hepatotoxicity in male Wistar rats. *Int J Basic Appl Physiol.,* 10 (2), 25-30.
4. Chen, T., Wang, Y., Hao, Z., Hu, Y., & Li J. (2021). Parathyroid hormone and its related peptides in bone metabolism. *Biochem Pharmacol*., 192, 114669. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2021.114669
5. Comai, S., Bertazzo, A., Brughera, M., & Crotti S. (2020). Tryptophan in health and disease. *Adv Clin Chem*., 95, 165-218. https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.08.005
6. Conigrave, A. D., Mun, H. C., Delbridge, L., Quinn, S. J., Wilkinson, M., & Brown, E. M. (2004). L-amino acids regulate parathyroid hormone secretion. *J Biol Chem*., 279 (37), 38151-381599. https://doi.org/10.1074/jbc.M406373200
7. Hiramitsu, T., Moinuddin, Z., & Augustine T. (2024). Editorial: Recent advances in the treatment of parathyroid disease. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 15, 1444651. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1444651
8. Khan, S., & Khan, A. A. (2025). Hypoparathyroidism: diagnosis, management and emerging therapies. *Nat Rev Endocrinol*, 21, 360-374. https://doi.org/10.1038/s41574-024-01075-8
9. Lofrese, J. J., Basit, H., & Lappin S. L. (2025). Physiology, parathyroid. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482510/
10. Marathe, A., Acharya, S., Rao, G. M., Rai, R., & Chandran, V. (2026). Effect of L-Tryptophan on hyperglycemia, GLP-1, and Na^+/K^+-ATPase activity in a STZ-induced diabetes rat model. *All Life*, 19 (1). https://doi.org/10.1080/26895293.2026.2629679
11. Munger, B. L., & Roth, S. I. (1963). The cytology of the normal parathyroid glands of man and Virginia door; a light and electron microscopic study with morphologic evidence of secretory activity. *J Cell Biol*. 16 (2), 379-400. https://doi.org/10.1083/jcb.16.2.379
12. Oster, M., Reyer, H., Hadlich, F., Ponsuksili, S., Wolf, P., Wimmers, K., & Keiler J. (2025). Parathyroid glands exhibit reduced parenchymatic chief cells and increased extracellular collagen as a response to a long-term low-phosphorus diet in pigs. *Anim Nutr*., 22, 471-482. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2025.04.007
13. Parlak, S. N. (2022). Embryology and histology of the parathyroid glands. *Anatolian Journal of Biology*, 2, 11-13.
14. Ponti, D. (2025). The nucleolus: A central hub for ribosome biogenesis and cellular regulatory signals. *International Journal of Molecular Sciences*, 26 (9), 4174. https://doi.org/doi.org/10.3390/ijms26094174
15. Ramas, A., Jakubovic-Čičkisic, A., Umihanic, S., Sulejmanovic, M., & Brkic, F. (2019). Correlation between the parathyroid glands size and parathormones value in patients with hyperparathyroidism. *Med Arch*., 73 (4), 249-252. https://doi.org/10.5455/medarh.2019.73.249-252
16. Romaniuk, A., Tymakova, O., Lyndina, J., Gryntsova, N., Kravtsova, I., & Kust, V. (2019). The morphological changes in parathyroid glands, caused simulated prolonged influence of heavy metal salts. *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 23 (1), 80-83. https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23(1)-12
17. Sakane, E. N., Vieira, MC. C., Vieira, GM. M., & Maeda S. S. (2022). Treatment options in hypoparathyroidism. *Arch Endocrinol Metab*., 66 (5), 651-657. https://doi.org/10.20945/2359-3997000000554
18. Shipelin, V. A., Trusov, N. V., Apryatin, S. A., Shumakova, A. A., Balakina, A. S., Riger, N. A., Gmoshinski, I. V., & Nikityuk, D. B. (2021). Effects of tyrosine and tryptophan in rats with diet-induced obesity. *Int. J. Mol. Sci*., 22, 24-29. https://doi.org/10.3390/ijms22052429
19. Suvarna, K. S., Layton, C., & Bancroft, J. D. (2019). *Bancroft's theory and practice of histological techniques*. E-Book. Eighth Edition. Elsevier Health Sciences. https://doi.org/10.1016/C2015-0-00143-5
20. Wu, Y., Li, T., Chen, B., Sun, Y., Song, L., Wang, Y., Bian, Y., Qiu, Y., & Yang Z. (2025). Tryptophan indole derivatives: Key players in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Syndr Obes*., 18, 1563-1574. https://doi.org/10.2147/DMSO.S511068
21. Yanko, R. (2023). Investigation of histo-morphometric indicators of the pancreas structure in rats after administration of L-tryptophan. *Biolog. Journal of Armenia*, 75 (2-3), 79-84. https://doi.org/10.54503/0366-5119-2023.75.2-3-79
22. Yanko, R., Levashov, M., & Chaka, O. G. (2024). L-tryptophan effectively prevents fatty degeneration of rat pancreas. *Fiziol. Zh*., 70 (2), 43-50. https://doi.org/10.15407/fz70.02.043
23. Yanko, R., Levashov, M., Chaka, O. G., Nosar, V., Khasabov, S. G., & Khasabova, I. (2023). Tryptophan prevents the development of non-alcoholic fatty liver disease. *Diabetes Metab Syndr Obes*., 16, 4195-4204. https://doi.org/10.2147/DMSO.S444278
24. Zhao, J., Bai, X., Du, J., Chen, Y., Guo, X., Zhang, J., Gan, J., Wu, P., Chen, S., Zhang, X., Yang, J., Jin, J.,

& Gao, L. (2025). Tryptophan metabolism: From physiological functions to key roles and therapeutic targets in cancer (Review). *Oncol Rep*., 54 (1), 86. https://doi.org/10.3892/or.2025.8919
25. Zhou, P., Xu, J., Guo, Y., Chen, L., Liu, Y., Guo, H., Shao, C., & He, Q. (2024). The role of anatomical and functional orientation in identification of parathyroid glands for patients with parathyroidectomy. *Front. Endocrinol*., 15, 1428669. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1428669

STUDY OF THE TRYPTOPHAN EFFECT ON HISTOMORPHOMETRIC INDICATORS OF THE RAT'S PARATHYROID GLANDS ACTIVITY

R. V. Yanko

Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine,
01024, Kyiv, Bogomolets St., 4
International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research, NAS of Ukraine,
03680, Kyiv, Akademika Zabolotnogo St., 27
biolag@ukr.net

The essential amino acid tryptophan is increasingly used in experimental and clinical practice in the complex treatment of various pathological conditions. To date, there are a few studies dedicated to examining the effect of tryptophan on the parathyroid gland's state. And based on the results obtained, it is not possible to definitively state the role of tryptophan in the functioning of these glands. There are no studies on the effects of tryptophan on structural changes in the parathyroid glands. This makes the study of tryptophan using a promising field for scientists and biomedical researchers working on the search for new methods of treating parathyroid dysfunction. The aim of the work was to investigate the effect of L-tryptophan on histomorphometric indicators of the parathyroid gland's activity of young rats. The experiment was conducted on 24 male Wistar rats, weighing 260 ± 10 g. Rats were divided into 2 groups: I – control, II – rats that, in addition to a standard balanced diet, received L-tryptophan daily at a dose of 80 mg / kg of body weight. The duration of the experiment was 1 month. Histological preparation of the parathyroid glands were prepared using a standard method. A histomorphometric analysis of the parathyroid gland's structure was performed. Calcium concentration was determined in blood serum. Work with animals was approved by the Bioethics Committee of the Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, and also met the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals. It was found that administration of L-tryptophan led to histomorphometric changes in the parathyroid glands of rats. Thus, the cross-sectional area of the gland increased, which may indicate its hyperplasia. Parathyroid cells decreased in size and acquired a darker shade. The nuclear-cytoplasmic ratio and the number of nucleoli in the cell nuclei increased. The cells were in closer contact with each other. An increase in serum calcium concentration was observed in the experimental rats, which may indirectly indicate activation of the hormone-synthesizing function of the parathyroid glands. It has also been found that L-tryptophan reduces the specific volume fraction of the gland's connective tissue component. Thus, additional administration of L-tryptophan to the diet for 1 month leads to structural changes in the parathyroid glands, which may indicate an increase in its activity.

Keywords: parathyroid glands, tryptophan, rats, histomorphometry

Отримано редколегією 03.07.2026 р.
Підписано до друку 15.10.2026 р.
Дата публікації 31.10.2026 р.

ORCID ID
Роман Янко: https://orcid.org/0000-0002-0397-7517