

ПРАКТИКУЮЧОМУ ЕНДОКРИНОЛОГУ

**АНТИОКСИДАНТНИЙ СТАТУС ОРГАНІЗМУ
ЗА РІВНЕМ КАТАЛАЗИ У ХВОРИХ
НА АВТОІМУННУ ТИРЕОПАТОЛОГІЮ***

Гончарова О. А.^{1,2}, Дубовик В. М.², Ашуров Е. М.²

¹ Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна;

² ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України»,
м. Харків, Україна
oagoncharova18@gmail.com

На сьогодні однією з провідних складових патогенезу автоімунних тиреоїдних захворювань вважають вплив процесів перекисного окиснення ліпідів та порушення оксидантно-антиоксидантного балансу, тобто розвиток оксидативного стресу. Саме внаслідок цього відбувається пошкодження тканини щитоподібної залози і прогресування автоімунного процесу [1, 2].

Гормони щитоподібної залози відіграють важливу роль у регуляції антиоксидантної системи організму, оскільки як гіпертиреоз, так і гіпотиреоз асоціюються з розвитком оксидативного стресу [3]. Водночас механізми його виникнення за цих двох станів відрізняються: при гіпертиреозі більшою мірою спостерігається підвищене утворення активних форм кисню (АФК), тоді як при гіпотиреозі підґрунтям є зниження активності антиоксидантної системи [4].

Тиреоїдні гормони можуть проявляти окиснювальні властивості та спричиняти пошкодження ДНК, ймовірно, завдяки наявності фенольної групи, що зумовлює подібність їхньої дії до стероїдних естрогенів [5]. Існують також інші можливі механізми цього впливу: надмірна продукція оксиду азоту (NO), активація печінкового фактора транскрипції NF-κB та підвищення концентрації цитокінів, які стимулюють утворення активних форм кисню. Крім того, тиреоїдні гормони беруть участь у тонкій регуляції оксидативного стресу через механізми зворотного зв'язку. Водночас у цьому процесі бере участь лише трийодтиронін (Т3), тоді як тироксин (Т4) не чинить подібного ефекту, що необхідно враховувати під час вибору лікувальної тактики.

Оксидативний стрес визнано початковою ланкою розвитку багатьох дегенеративних процесів в організмі, тому змен-

* Роботу виконано в рамках НДР ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України» «Дослідити особливості перебігу автоімунної тиреоїдної патології в умовах воєнного стану» (№ держреєстрації 0124U000659).

Установою, що фінансує дослідження, є НАМН України.

Автори гарантують колективну відповідальність за все, що опубліковано в статті.

Автори гарантують відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості.

Рукопис надійшов до редакції 08.09.2025.



шення його впливу, навіть за наявності вже сформованої патології, може сприяти відновленню функціональної активності ураженого органу [6].

Антиоксидантна система — це комплекс захисних механізмів організму, який забезпечує нейтралізацію надлишкових вільних радикалів і підтримання редокс-гомеостазу. Вона містить ферментативні (глутатіонпероксидаза, супероксиддисмутаза, каталаза, альдегіддегідрогеназа, сульфїредоксин тощо) та неферментативні компоненти (вітамін С, карнозин, таурин, відновлені тіоли, нікотинамідаденіндинуклеотид (НАДН), сполуки, що містять селен, вітамін Е, β-каротин тощо).

Провідною ланкою внутрішньоклітинного захисту є каталаза (КАТ), яка без витрат енергії здатна нейтралізувати широкий спектр вільних радикалів — супероксиданіон (O_2^-), гідроксильний радикал (ОН \cdot), радикали ненасичених жирних кислот (ліпопероксида), перекис водню (H_2O_2) [7].

За рівнем і динамікою активності КАТ можна опосередковано оцінювати загальний стан організму, ступінь оксидативного стресу та рівень ендогенної інтоксикації, що відображають інтенсивність внутрішніх або зовнішніх патологічних процесів.

Каталаза — це монофункціональний гемовмісний фермент, який каталізує розще-

плення перекису водню (H_2O_2), що утворюється під час дисмутації супероксиданіону (O_2^-) супероксиддисмутазою [8]. До складу ферменту входять 527 амінокислотних залишків, гемові групи заліза, простетична група протопорфірину IX та молекула нікотинамідаденіндинуклеотидфосфату (НАДФН). Ген САТ локалізований на 11-й хромосомі (ділянка 11p13) і складається з 13 екзонів та 12 інтронів; має вісім можливих сайтів ініціації транскрипції [9].

Основна функція цього ферменту полягає у розщепленні двох молекул H_2O_2 з утворенням двох молекул води та однієї молекули кисню. Дефіцит або порушення функціонування каталази асоційовані з низкою захворювань, зокрема анемією, цукровим діабетом, артеріальною гіпертензією, серцево-судинною патологією, вітіліго, хворобою Вільсона, хворобою Альцгеймера та іншими.

Крім того, каталаза розглядається як потенційний терапевтичний агент у лікуванні численних патологічних станів, пов'язаних з оксидативним стресом [10, 11].

Метою дослідження була оцінка особливостей антиоксидантного статусу організму за показниками активності каталази у плазмі крові та еритроцитах хворих на аутоімунну тиреоїдну патологію з урахуванням статевих відмінностей.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено відповідно до етичних та морально-правових вимог Статуту Української асоціації з біоетики та норм GCP (1992 р.), GLP (2002 р.), принципів Гельсінської декларації прав людини, Конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину та ухвалено Комітетом з медичної етики при ДУ ІПЕП. Усі пацієнти перед проведенням обстеження підписали добровільну інформовану згоду. Було обстежено 175 пацієнтів клініки ДУ ІПЕП із тиреоїдною патологією, серед яких 90 хворих на дифузний токсичний зоб (ДТЗ) та 85 — на аутоімунний тиреоїдит (АІТ). Пацієнтів було розподілено на підгрупи за статтю.

Серед хворих на ДТЗ віком 31-73 роки (середній вік $49,66 \pm 1,81$ року) було 31 чоловік (середній вік $47,45 \pm 2,5$ року) та 59 жі-

нок (середній вік $51,0 \pm 2,48$ року). У групі хворих на АІТ віком 30-71 рік (середній вік $51,11 \pm 1,90$ року) було 13 чоловіків (вік $45,53 \pm 2,5$ року) та 72 жінки (вік $50,21 \pm 3,74$ року).

Контрольну групу становили 22 практично здорові особи без ознак тиреоїдної патології віком $53,77 \pm 2,30$ року (10 чоловіків та 12 жінок).

У всіх обстежених визначали активність КАТ у плазмі крові та гемолізаті еритроцитів, що дозволяє оцінити антиоксидантний статус організму і виявити можливі порушення в системі захисту від вільнорадикальних процесів.

Активність каталази визначали фотометричним методом, який ґрунтується на реакції комплексоутворення між залишковим

перекисом водню та молібдатом амонію. Інтенсивність забарвлення утвореного комплексу, що реєструється фотометрично, є обернено пропорційною активності ферменту.

Для інтерпретації результатів використовували референтні інтервали активності КАТ, характерні для здорової популяції [12]:

КАТ плазми крові (п-КАТ): 65,43–95,10 мкмоль/(хв·мг білка);

КАТ еритроцитів (е-КАТ): 210,56–387,72 мкмоль/(хв·мг білка).

Статистичну обробку отриманих даних проводили методами варіаційної статистики з використанням стандартного пакета StatSoft STATISTICA 10. Вірогідність відмінностей середніх величин визначали за допомогою t-критерію Стьюдента; відмінності вважали статистично значущими при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У загальній групі обстежених хворих із автоімунною тиреоїдною патологією ($n = 175$; 90 — із ДТЗ та 85 — з АІТ) активність каталази у плазмі (п-КАТ) та еритроцитах (е-КАТ) вірогідно перевищувала показники контрольної групи осіб без тиреоїдної патології ($p < 0,05$) (табл. 1).

Аналіз статевих особливостей активності КАТ на тлі автоімунної тиреоїдної патології та в контрольній групі показав, що у чоловіків активність КАТ як у плазмі крові, так і в еритроцитах була вищою, ніж у жінок (табл. 2).

При аналізі активності каталази залежно від виду автоімунного тиреоїдного захворювання виявлено, що у хворих на ДТЗ активність як плазмової (п-КАТ), так і еритроцитарної каталази (е-КАТ) була вірогідно вищою, ніж у хворих на АІТ (табл. 3).

При порівнянні показників активності КАТ у хворих із різними автоімунними тиреоїдними захворюваннями (ДТЗ та АІТ) встановлено, що у чоловіків, хворих на ДТЗ, активність ферменту була нижчою, ніж у чоловіків із АІТ. Натомість у жінок із ДТЗ активність КАТ була вищою, ніж у жінок з АІТ.

Таблиця 1

Активність каталази у хворих на автоімунну тиреоїдну патологію

Група	Активність каталази у плазмі крові мкмоль/(хв мг білка)	Активність каталази еритроцитів мкмоль/(хв мг білка)
Контроль ($n = 22$)	78,03 ± 2,30	288,81 ± 10,99
Група з тиреопатологією ($n = 175$)	120,73 ± 2,09 $P < 0,001$	371,72 ± 3,11 $P < 0,001$

Таблиця 2

Активність каталази у хворих на автоімунну тиреоїдну патологію залежно від статі

Група	Активність каталази у плазмі крові мкмоль/(хв мг білка)	Активність каталази еритроцитів мкмоль/(хв мг білка)
Чоловіки з тиреопатологією ($n = 44$)	128,2 ± 3,87*#	379,04 ± 4,70*#
Жінки з тиреопатологією ($n = 131$)	113,57 ± 3,35*#	353,95 ± 2,54*#
Чоловіки-контроль ($n = 10$)	81,46 ± 3,6	335,4 ± 13,5*
Жінки-контроль ($n = 12$)	77,48 ± 2,21	281,45 ± 11,4*

Примітки:

* вірогідність відмінності показників у межах групи, $P < 0,01$;

вірогідність відмінності порівняно з контрольною групою, $P < 0,001$.

Таблиця 3

Активність каталази у хворих на дифузний токсичний зоб та автоімунний тиреоїдит

Група	Активність каталази у плазмі крові мкмоль/(хв мг білка)	Активність каталази еритроцитів мкмоль/(хв мг білка)
Дифузний токсичний зоб (n = 90)	122,84 ± 2,90	366,42 ± 3,37
Автоімунний тиреоїдит (n = 85)	113,17 ± 2,45 P < 0,05	357,43 ± 3,12 P < 0,05

Таблиця 4

Активність каталази у хворих на дифузний токсичний зоб (ДТЗ) та автоімунний тиреоїдит (АІТ) залежно від статі

Група	Активність каталази у плазмі крові мкмоль/(хв мг білка)	Активність каталази еритроцитів мкмоль/(хв мг білка)
ДТЗ-чоловіки (n = 31)	124,87 ± 4,67**	374,45 ± 5,87* **
ДТЗ-жінки (n = 59)	118,52 ± 3,59**	361,28 ± 3,22**
АІТ-чоловіки (n = 13)	142,38 ± 5,21* **	405,40 ± 6,70* **
АІТ-жінки (n = 72)	109,84 ± 2,05**	349,75 ± 2,20**

Примітки:

* вірогідність відмінності показників у межах групи хворих із тиреоїдною патологією, P < 0,05;

** вірогідність відмінності показників між групами хворих із різною тиреоїдною патологією, P < 0,05.

При цьому показники плазмової (п-КАТ) та еритроцитарної каталази (е-КАТ) у чоловіків як при ДТЗ, так і при АІТ, вірогідно перевищували відповідні значення, одержані у жінок (p < 0,05) (табл. 4).

Каталаза є важливим ендегенним антиоксидантом, і отримані нами дані щодо підвищення її активності як показника оксидативного стресу при автоімунних тиреоїдних захворюваннях узгоджуються з результатами низки досліджень останніх років, у яких цей факт розглядають як один із можливих ініціаторів посиленої автоімунної відповіді [11, 13–15].

Нині встановлено, що статеві відмінності спостерігаються при багатьох захворюваннях, і оксидативний стрес відіграє

суттєву роль у патологічних процесах, які проявляються по-різному у чоловіків і жінок. Клінічні та експериментальні дані свідчать про різний взаємозв'язок між статтю та рівнем оксидативного стресу: жінки до менопаузи менш схильні до його впливу, що частково обумовлено захисною дією естрогенів [16, 17]. Це може пояснювати виявлені епідеміологічні відмінності щодо частоти та перебігу автоімунних тиреоїдних захворювань залежно від віку та статі [18].

Виявлені статеві відмінності активності каталази при ДТЗ та АІТ потребують подальших досліджень, зокрема з метою розроблення диференційованих підходів до профілактики та лікування цих патологій.

ВИСНОВКИ

У хворих із автоімунною тиреоїдною патологією відзначається вірогідне підвищення активності каталази як у плазмі крові, так і в еритроцитах.

Ступінь активації каталази при автоімунній тиреоїдній патології має статеві особливості: у чоловіків вища активність каталази спостерігається при автоімунно-

му тиреоїдиті, а у жінок — при дифузному токсичному зобі.

Таким чином, у хворих на автоімунні тиреоїдні захворювання відбуваються зміни антиоксидантного статусу, що проявля-

ються активацією каталази з урахуванням статевих особливостей, що свідчить про участь оксидативного стресу у патогенезі цих захворювань.

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES)

- Mseddi M, Mansour RB, Gargouri B, et al. *Chemico-Biological Interactions* 2017;272: 145-152. <http://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.04.013>
- Shydlovsky A, Morozovych I. *Int J Endocrinol* 2025;21(1): 77-81. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.21.1.2025.1494>
- Festus O, Dic-Ijiewere E, Ailemen F, et al. *J Res Appl Basic Medical Sci* 2025;11(1): 85-97. <https://doi.org/10.61186/rabms.11.1.85>
- Mancini A, Di Segni C, Raimondo S, et al. *Mediators Inflamm* 2016;2016: 1- 12. <https://doi.org/10.1155/2016/6757154>
- Denefil' OV, Charnosh SM. *Visn Med Biol Doslidz* 2022; 1(11): 34-38. <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.1.12969>
- Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, et al. *Oxidative Med Cell Longevity* 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- Skoryk OD, Horila MV. *Regulatory Mechanisms in Biosystems* 2023;14(4): 665-672. <https://doi.org/10.15421/022395>
- Nandi A, Yan L, Jana CK, Das N. *Oxidative Med Cell Longevity* 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9613090>
- Mahaseth T, Kuzminov A. *Mutation Res* 2017;773: 274-281. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2016.08.006>
- Hepp M, Werion A, De Greef A, et al. *Int J Mol Sci* 2021;22: 3806. <https://doi.org/10.3390/ijms22083806>
- Ighodaro O, Akinloye O. *Alexandria J Med* 2018;54: 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2017.09.001>
- Hadwan MH. *BMC Biochem* 2018;19: 7. <https://doi.org/10.1186/s12858-018-0097-5>
- Gargouri B, Mseddi M, Mnif F, et al. *J Clin Lab Anal* 2020;34. <https://doi.org/10.1002/jcla.23051>
- Nosratzahi S, Nosratzahi M, Alijani E, et al. *Acta Med Iran* 2023; 61(12): 722-727. <https://doi.org/10.18502/acta.v61i12.16368>
- Lane HY, Wang SH, Lin CH. *Pharmacol Biochem Behav* 2024;245: 173885. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2024.173885>
- Vina J, Gambini J, Lopez-Grueso R, et al. *Curr Pharm Des* 2011;17(36): 3959-3965. <https://doi.org/10.2174/138161211798764942>
- Kander MC, Cui Y, Liu Z. *J Cell Mol Med* 2017;21(5): 1024-1032. <https://doi.org/10.1111/jcmm.13038>
- Kravchenko V, Tovkay O, Rakov O, Tronko M. *Int J Endocrinol* 2021;17(2): 136-144. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.17.2.2021.230568>

АНТИОКСИДАНТНИЙ СТАТУС ОРГАНІЗМУ ЗА РІВНЕМ КАТАЛАЗИ У ХВОРИХ НА АВТОІМУННУ ТИРЕОПАТОЛОГІЮ

Гончарова О. А.^{1,2}, Дубовик В. М.², Ашуров Е. М.²

¹ Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна;

² ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України», м. Харків, Україна
oagoncharova18@gmail.com

Відомо про значну роль оксидативного стресу у патогенезі автоімунних тиреопатій. Каталаза (КАТ) є важливою складовою антиоксидантного захисту, оскільки вона розщеплює перекис водню, який може накопичуватися в клітинах як побічний продукт обміну речовин, і призводити до пошкодження клітинних структур.

Метою дослідження була оцінка антиоксидантного статусу організму за рівнями активності каталази у плазмі крові та еритроцитах хворих із автоімунною тиреопатологією з урахуванням статі.

Матеріали та методи. У клініці ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В. Я. Данилевського НАМН України», м. Харків обстежено 175 пацієнтів із тиреопатологією (90 із дифузним токсичним зобом (ДТЗ) і 85 із автоімунним тиреоїдитом (АІТ)), котрих було розподілено на підгрупи за статтю. Серед хворих на ДТЗ віком 31–73 р. ($49,66 \pm 1,81$) було 31 чоловік віком $47,45 \pm 2,5$ р. та 59 жінок віком $51,0 \pm 2,48$ р. У групі хворих на АІТ віком 30–71 р. ($51,11 \pm 1,90$) було 13 чоловіків віком $45,53 \pm 2,5$ р. та 72 жінки віком $50,21 \pm 3,74$ р. Контрольну групу склали 22 особи без тиреоїдної патології віком $53,77 \pm 2,30$ р. (10 чоловіків та 12 жінок).

У пацієнтів проведено визначення активності КАТ фотометричним методом у плазмі крові (п-КАТ) та еритроцитах (е-КАТ), що може бути використане для оцінки антиоксидантного статусу організму та виявлення порушень у системі захисту від вільних радикалів. Статистичну обробку отриманих

даних проводили методами варіаційної статистики з використанням стандартного пакета StatSoft STATISTICA 10. Вірогідність відмінностей середніх величин визначали за допомогою t-критерію Стьюдента; відмінності вважали статистично значущими при $P < 0,05$.

Результати. У загальній групі обстежених хворих із автоімунною тиреопатологією активність п-КАТ і е-КАТ вірогідно перевищувала рівні контрольної групи. При аналізі активності каталази відповідно автоімунному тиреоїдному захворюванню виявлено, що у хворих на ДТЗ активність і п-КАТ, і е-КАТ була вірогідно вищою порівняно з хворими на АІТ ($P < 0,01$; $P < 0,001$, відповідно). Аналіз статевих особливостей активності КАТ довів, що у чоловіків, хворих на ДТЗ, її активність була нижчою порівняно з даними у групі із АІТ. І навпаки, у жінок із ДТЗ активність КАТ була вищою, ніж у групі з АІТ. При цьому дані п-КАТ і е-КАТ у чоловіків як на тлі ДТЗ, так і на тлі АІТ вірогідно перевищували відповідні дані, одержані у жінок.

Висновки. У хворих із автоімунною тиреоїдною патологією має місце вірогідне підвищення активності каталази і в плазмі крові, і в еритроцитах. Ступінь активації каталази на тлі автоімунної тиреоїдної патології має статеві особливості: серед чоловіків більша активність каталази виявлена на тлі автоімунного тиреоїдиту, а серед жінок – на тлі дифузного токсичного зобу.

Ключові слова: дифузний токсичний зоб, автоімунний тиреоїдит, оксидативний стрес, каталаза, статеві особливості.

ANTIOXIDANT STATUS OF THE ORGANISM BY THE LEVEL OF CATALASE IN PATIENTS WITH AUTOIMMUNE THYROID DISEASE

O. A. Goncharova^{1,2}, V. M. Dubovik², E. M. Ashurov²

¹ Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine;

² SI «V. Danilevsky Institute for Endocrine Pathology Problems of the NAMS of Ukraine»,
Kharkiv, Ukraine
oagoncharova18@gmail.com

Oxidative stress is known to play a significant role in the pathogenesis of autoimmune thyroid diseases. Catalase (CAT) is an important component of antioxidant defense because it breaks down hydrogen peroxide, which can accumulate in cells as a metabolic byproduct and lead to damage to cellular structures. The aim of the study was to assess the antioxidant status of the body based on the levels of catalase activity in blood plasma and erythrocytes of patients with autoimmune thyroid disease, taking into account gender.

Materials and methods. In the clinic of the SI «V. Danilevsky Institute for Endocrine Pathology Problems of the NAMS of Ukraine», Kharkiv, 175 patients with thyroid pathology (90 with diffuse toxic goiter (DTG) and 85 with autoimmune thyroiditis (AIT)) were examined, who were divided into subgroups by gender. Among patients with DTG aged 31–73 years (49.66 ± 1.81), there were 31 men aged 47.45 ± 2.5 years and 59 women aged 51.0 ± 2.48 years. In the group of patients with AIT aged 30–71 years (51.11 ± 1.90), there were 13 men aged 45.53 ± 2.5 years and 72 women aged 50.21 ± 3.74 years. The control group consisted of 22 individuals without thyroid pathology aged 53.77 ± 2.30 years (10 men and 12 women). In patients, the activity of CAT was determined by the photometric method in blood plasma (p-CAT) and erythrocytes (e-CAT), which can be used to assess the antioxidant status of the body and detect disorders in the system of protection against free radicals. Statistical processing of the obtained data was carried out by methods of variational statistics using the standard package StatSoft STATISTICA 10. The probability of differences in mean values was determined using the Student's t-test; differences were considered statistically significant at $P < 0.05$.

Results. In the total group of examined patients with autoimmune thyroid pathology the activity of p-CAT and e-CAT significantly exceeded the levels of the control group. When analyzing catalase activity according to autoimmune thyroid disease, it was found that in patients with DTG, the activity of both p-CAT and e-CAT was significantly higher compared to patients with AIT ($P < 0.01$; $P < 0.001$, respectively). Analysis of the gender characteristics of CAT activity proved that in men with DTG, its activity was lower compared to the data in the group with AIT. Conversely, in women with DTG, the activity of CAT was higher than in the group with AIT. At the same time, the data of p-CAT and e-CAT in men both on the background of DTG and on the background of AIT significantly exceeded the corresponding data obtained in women.

Conclusions. In patients with autoimmune thyroid pathology, there is a probable increase in catalase activity in both blood plasma and erythrocytes. The degree of catalase activation in autoimmune thyroid pathology has gender characteristics: among men, higher catalase activity is found in autoimmune thyroiditis, and among women, in diffuse toxic goiter.

Key words: diffuse toxic goiter, autoimmune thyroiditis, oxidative stress, catalase, gender characteristics.