



УДК 661. 185.1: 599.323.4:612.35: 57.015.2

Активність та вміст ізозимів аспаратамінотрансферази в репродуктивних органах корів

М.М. Акимішин, Н.В. Кузьміна, Д.Д. Остапів
marjasha82@gmail.com

Інститут біології тварин НААН,
вул. В. Стуса 38, м. Львів, 79034, Україна

Досліджували активність та вміст ізозимів аспаратамінотрансферази в репродуктивних органах корів за фізіологічних станів і гіпофункції яєчника. Встановлено, що активність аспаратамінотрансферази (АСТ) у тканині яєчника і ендометрії за фізіологічного стану статевої залози пізнього жовтого тіла відповідно $132,0 \pm 8,23$ і $172,9 \pm 8,70$ мкМ/хв×мг білка нижча на 26,3 і 5,5% за фолікулярного росту, а за раннього жовтого тіла становить $66,5 \pm 2,10$ і $147,1 \pm 13,26$ мкМ/хв×мг білка. Найнижча активність АСТ характерна для тканини статевої залози і ендометрію за гіпофункції ($61,8 \pm 4,57$ і $146,1 \pm 9,33$ мкМ/хв×мг білка). У тканинах репродуктивних органів корів і антральній рідині з фолікулів яєчників виявлено дві смуги протеїнів, які проявляють активність аспаратамінотрансферази. В репродуктивних органах основна частина активності ензиму забезпечується мітохондріальним ізозимом (АСТ2; 78,8–97,7%) а, у антральній рідині – цитозольним (АСТ1; 72,8–88,2%). В тканинах яєчника та матки встановлена висока активність ензиму за фізіологічного стану статевої залози пізнього жовтого тіла, що характеризує інтенсивне перетворення аспартату в оксалоацетат і ймовірно використання субстратів для забезпечення енергетичних і синтетичних потреб в репродуктивних органах корів. Для антральної рідини великих фолікулів яєчника фолікулярного росту і пізнього жовтого тіла характерна висока активність й підвищений вміст ізозимів АСТ, що свідчить про ріст клітин фолікула – гранульози і ооцита. У тканині яєчника і ендометрію за гіпофункції понижена активність і вміст ізозимів ензиму вказують на дефіцит як субстрату для переамінування, так і порушення фізіологічних функцій.

Ключові слова: аспаратамінотрансфераза, яєчник, ендометрії, антральна рідина, корови

Активность и содержание изозимов аспаратаминотрансферазы в репродуктивных органах коров

М.М. Акымышин, Н.В. Кузьмина, Д.Д. Остапів
marjasha82@gmail.com

Інститут біології тварин НААН,
ул. В. Стуса 38, г. Львов, 79034, Україна

Исследовали активность и содержание изозимов аспаратаминотрансферазы в репродуктивных органах коров при физиологических состояниях и гипофункции яичников. Установлено, что активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) в тканях яичника и эндометрия при физиологическом состоянии половой железы позднего желтого тела соответственно $132,0 \pm 8,23$ и $172,9 \pm 8,70$ мкМ / мин × мг белка ниже на 26,3 и 5,5% при фолликулярном росте, а при раннем желтом теле составляет $66,5 \pm 2,10$ и $147,1 \pm 13,26$ мкМ / мин×мг белка. Самая низкая активность АСТ характерна для ткани половой железы и эндометрия при гипофункции ($61,8 \pm 4,57$ и $146,1 \pm 9,33$ мкМ/мин×мг белка). В тканях репродуктивных органов коров и антральной жидкости из фолликулов яичников обнаружены две полосы протеинов, которые проявляют активность аспаратаминотрансферазы. В репродуктивных органах основная часть активности энзима обеспечивается митохондриальным изозимом (АСТ2; 78,8–97,7%), а в антральной жидкости – цитозольным (АСТ1; 72,8–88,2%). В тканях

Citation:

Akymyshyn, M.M., Kuzmina, N.N., Ostapiv, D.D. (2017). Activity and isozyme content of aspartate transaminase in cow reproductive organs. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(77), 27–31.

яичника и матки установлена высокая активность энзима при физиологическом состоянии половой железы позднего желтого тела, что характеризует интенсивное преобразование аспартата в оксалоацетат и вероятное использование субстратов для обеспечения энергетических и синтетических потребностей в репродуктивных органах коров. Для антральной жидкости крупных фолликулов яичника фолликулярного роста и позднего желтого тела характерна высокая активность и повышенное содержание изоформ АСТ, что свидетельствует о росте клеток фолликула – гранулёзы и ооцита. В ткани яичника и эндометрия при гипофункции снижены активность и содержание изоформ энзима указывают на дефицит как субстрата переаминирования, так и на нарушение физиологических функций.

Ключевые слова: аспаратаминотрансфераза, яичник, эндометрий, антральная жидкость, коровы.

Activity and isozyme content of aspartate transaminase in cow reproductive organs

M.M. Akymyshyn, N.N. Kuzmina, D.D. Ostapiv
marjasha82@gmail.com

*Institute of animal biology NAAS,
38 V. Stusa str., Lviv 79034, Ukraine*

Activity and isozyme content of aspartate transaminase in cow reproductive organs at different physiological states and ovarian hypofunction were studied. It was registered, that activity of aspartate transaminase (AST) in ovarian tissue and endometrium at corpus luteum state is 132.0 ± 8.23 and $172.9 \pm 8.70 \mu\text{m}/\text{min} \times \text{mg}$ of protein, lower on 26.3 and 5.5% at follicle growth and at early corpus luteum is 66.5 ± 2.10 and $147.1 \pm 13.26 \mu\text{m}/\text{min} \times \text{mg}$ of protein. Lowest AST activity is registered at hypofunction state (61.8 ± 4.57 i $146.1 \pm 9.33 \mu\text{m}/\text{min} \times \text{mg}$ of protein). In cow reproductive organ tissues and antral fluid from ovarian follicles was registered two bands of proteins, that have AST activity. In reproductive organs main part is mitochondrial isozyme (AST2; 78.8–97.7%) in antral fluid – cytosole (AST1; 72.8–88.2%). In ovarian and uterus tissues was established high enzyme activity at late corpus luteum, that characterizes intensive aspartate conversion to oxaloacetate and possible utilization of substeates to maintain energetic and synthetic needs in cow reproductive organs. Antral fluid of big follicles from ovarian at follicle growth and at state of late corpus luteum characterizes by high activity and content of AST, that points on follicle cell growth – granulose and oocyte. In ovarian tissue and endometrium at hypofunction lower activity and isozyme content point on substrate deficiency for transamination and violation of physiological functions.

Key words: aspartate transaminase, ovary, endometrium, antral fluid, cow.

Вступ

Аспаратаминотрансфераза (ЕС 2.6.1.1 L-аспартат : 2-оксоглутарат аминотрансфераза, АСТ; глутамат: оксалоацетат трансаміназа, ГОТ), ензим, що каталізує за участю коферменту піридоксаль-5'-фосфату, обернене перенесення аміногрупи (трансамінування) від L-аспартату на α -кетоглутарат з утворенням оксалоацетату і L-глутамату. Ензим виконує роль зв'язуючої ланки між білковим і енергетичним обмінами: продукти реакції глутамат – вихідна сполука катаболізму амінокислот, а оксалоацетат – один з головних регуляторних чинників, що характеризує швидкість функціонування циклу трикарбонових кислот. Доведено, що регулювання перетворення аспартату в глутамат чи малат здійснюється мітохондріальними транспортерами, які активуються Ca^{2+} (Palmieri et al., 2001). АСТ складається переважно з двох субодиноць та існує у вигляді двох ізоформ – цитозольного (АСТ1, мол.в. $\sim 92,6$ тис.) і мітохондріального (АСТ2, мол.в. $\sim 89,8$ тис.), які відрізняються між собою за фізико-хімічними властивостями. Близько 1/3 загальної внутрішньоклітинної активності АСТ локалізується в цитозолі, а 2/3 – в мітохондріях (Papadimitriou and Van Duijn, 1970; Severina, 2003; Hariv and Gutjy, 2016).

Ізоформи АСТ є компонентами малат-аспартаного шунту, який функціонує в клітинах печінки, нирок, серця та ембріонах (Leung and Henderson, 1981; Mitchell and Cashma, 2009). Встановлено, що аспартат, доданий до гомогенатів яєчників, активує ароматази, пришвидшує перетворення тестостерону в естрадіол

(Assisi et al., 2001), а доданий до середовища культивування – забезпечує розвиток ембріона миші до бластоцисти (Lane and Gardner, 2005). Також підтверджена участь АСТ у забезпеченні розвитку плодів – збільшенні клітинної маси, відсотка приживлення і ваги ембріонів, формуванні плаценти (Mitchell et al., 2009). Однак у ендометрії нагромадження аспартату, за низької активності аспаратаминотрансферази, свідчить про понижену здатність до запліднення, приживлення ембріонів і безпліддя (Subramani et al., 2016). Крім того, відсутність АСТ2 характеризує низьку дихальну активність клітин та порушення гомеостазу Феруму (Sliwa et al., 2012).

Мета досліджень – вивчити активність та вміст ізоформ аспаратаминотрансферази в репродуктивних органах корів за фізіологічних станів і гіпофункції яєчника.

Матеріал і методи досліджень

Для досліджень підібрані клінічно здорові корови-аналоги української чорно-рябї молочної породи, віком 4–8 років, живою масою 450–550 кг. Після забою корів відбирали статеві залози з верхньою третинною рогу матки. Яєчники оцінювали за фізіологічним станом (Huzievaty et al., 1995): фолікулярного росту (без жовтого тіла); з раннім жовтим тілом (червоного або брунатного кольору, діаметром 1,0–2,0 см); з пізнім жовтим тілом (жовтого кольору, діаметром 0,5–1,5 см) та з гіпофункцією (на поверхні виявляються поодинокі фолікули діаметром менше ніж 4 мм, тканина пружна).

Досліджували: тканину яєчників, слизову матки з верхньої третини рогу, антральну рідину з фолікулів діаметром до 4 мм (малі), 4–7 мм (середні) і понад 7 мм (великі). Зразки тканин готували: яєчники промивали фізіологічним розчином за температури 0–2 °С, аспірували антральну рідину з фолікулів залежно від розміру; слизову матки відпрепарували від міометрію. Тканини подрібнювали і гомогенізували в гомогенізаторі Поттера. Середовище гомогенізації тканини яєчників і слизової матки містило 250 мМ розчину сахарози та 10 мМ буферу тріс-НСІ (рН 7,4). Отриманий гомогенат центрифугували при 3000 об/хв. Визначали: вміст загального протеїну (мг/мл) методом Лоурі, активність АСТ за Reitmann S. та Frankel S. (мкМ/хв× мг білка) (Reitmann and Frankel, 1957).

Для виявлення ізоформ АСТ проводили електрофорез у 7,5% ПААГ: гомогенати і антральну рідину розбавляли 1:1 Трис-гліциновим буфером (рН 8,5) і додавали 0,05 мл 40% сахарози. У лунки концентруючого гелю вносили 0,02 мл проби (концентрація білка 75–100 мкг). Після електрофорезу фарбували ПААГ (Alfano and Kahn, 1993): інкубували 30 хв при температурі 37 °С у середовищі: 0,5 мг/мл піридоксаль-5-фосфату, 30 мг/мл альбуміну, 0,2 М L,D-аспартату, 0,1 М α-кетоглутарату та 150 мг діазолію синього С (міцного синього В) у 50 мл 0,2 М Na/K фосфатного буферу (рН 7,5). Зони АСТ зафарбовуються в червоно-коричневий колір. Після фарбування гелі фіксували 20 хв в 7% розчині трихлороцтової кислоти, а залишки незв'язаної фарби відмивали в 7% розчині оцтової кислоти. При такій обробці забарвлення ізо-

форм ензиму не змінюється протягом тривалого часу. Вміст ізоформ визначено за використання програмного забезпечення TotalLab TL120. Аналіз отриманих результатів проведено за М. О. Плохінським (Plohinjskij, 1970).

Результати та їх обговорення

Встановлено, що активність АСТ висока у тканині яєчника за пізнього жовтого тіла (132,0 ± 8,23 мкМ/хв× мг білка), нижча на 26,3% за фолікулярного росту і найнижча за раннього жовтого тіла (66,5 ± 2,10 мкМ/хв× мг білка; табл. 1). За гіпофункції яєчника в тканині встановлено, порівняно з фізіологічними станами, найнижчу активність АСТ (61,8 ± 4,57 мкМ/хв×мг білка). Різниця становить 7,1–53,2% (P < 0,001). Залежність активності АСТ від фізіологічного і патологічного станів статевої залози (η = 0,892). Подібні зміни встановлені при вивченні активності ензиму в ендометрії: висока величина значення характерна для тканини за стану яєчника пізнього жовтого тіла, нижча (5,5%) – за фолікулярного росту. Для слизової матки за фізіологічного стану статевої залози раннього жовтого тіла і гіпофункції характерна однакова величина значення (146,1–147,1 мкМ/хв×мг білка). Різниця між мінімальною і максимальною активністю АСТ в ендометрії 15,6%. Кореляційне відношення для активності ензиму в ендометрії за зміною фізіологічного стану і гіпофункції яєчника середньої сили (η = 0,512).

Таблиця 1

Активність аспаратамінотрансферази в тканинах репродуктивних органів корів, мкМ/хв× мг білка

Тканина	Фолікулярного росту		Пізнього жовтого тіла		Раннього жовтого тіла		Гіпофункції	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
яєчника	11	97,3 ± 3,67**	7	132,0 ± 8,23***	12	66,5 ± 2,10	8	61,8 ± 4,57
ендометрію	4	163,5 ± 7,20	4	172,9 ± 8,70	3	147,1 ± 13,26	5	146,1 ± 9,33
Антральна рідина з фолікулів діаметром (мм)								
> 7	6	50,1 ± 8,29	6	58,3 ± 6,16*	3	35,7 ± 4,79	–	–
4–7	3	63,5 ± 4,53*	3	69,1 ± 1,82***	3	47,6 ± 1,17	–	–
4 <	3	37,0 ± 3,84	3	88,1 ± 5,02***	3	49,3 ± 7,79	3	99,0 ± 5,12***
η		0,523		0,723		0,302		–

Примітка: різниця статистично вірогідна порівняно з мінімальною величиною значення * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001

Активність АСТ в антральній рідині, незалежно від розміру фолікула, найвища з яєчника пізнього жовтого тіла (58,3–88,1 мкМ/хв×мг білка), нижча на 8,2–50,3% за фолікулярного росту і найнижча за раннього жовтого тіла. За гіпофункції яєчника активність ензиму в антральній рідині малих фолікулів порівняно з аналогами за фізіологічних станів – найвища (99,0 ± 5,12 мкМ/хв×мг білка; 11,1–66,7%; P < 0,001). Крім того, виявлено, що активність АСТ залежить від розміру фолікула одного і того ж фізіологічного стану статевої залози. Кореляційне відношення за розміром фолікула яєчника фолікулярного росту і раннього жовтого тіла в антральній рідині середньої сили (відповідно η = 0,523 і 0,302), а пізнього жовтого тіла – сильне (η = 0,723).

Отже, зі зміною фізіологічного стану яєчника раннього → пізнього жовтого тіла → фолікулярного росту в тканині статевої залози і ендометрії та антральній рідині за росту фолікулів інтенсивно протікають процеси переамінування із виділенням домінуючого фолікула гальмуванням активності ензиму в досліджених тканинах. Понижена активність ензиму в тканинах яєчника і ендометрії за гіпофункції свідчить про дефіцит субстратів для розвитку репродуктивних органів. Висока активність АСТ в антральній рідині вказує на потребу ростучого фолікула (гранульози і ооцита) в продуктах переамінування для росту і дозрівання.

Електрофорезом тканин репродуктивних органів корів і антральної рідини з фолікулів яєчників виявлено дві смуги протеїнів, які проявляли активність аспаратамінотрансферази (рис. 1).

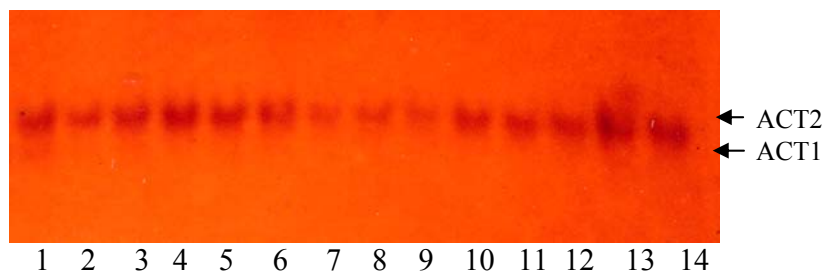


Рис. 1. Ізозими АСТ тканин репродуктивних органів корів: яєчника – 1, 3, 4, 7, 8 – пізнього жовтого тіла, 5 – гіпофункції; 10 – фолікулярного росту; 13 – раннього жовтого тіла; ендометрію за стану яєчника – 2, 9 – пізнього жовтого тіла; 11 – фолікулярного росту; 14 – раннього жовтого тіла; 6 – гіпофункції

Смуги протеїнів АСТ характеризуються різною інтенсивністю та площею зафарбування, що вказує на неоднакову участь ізозимів ензиму в процесах перетворення аспартату в оксалоацетат у цитозолі та навпаки – в мітохондріях клітин. Встановлено, що в репродуктивних органах основна частина активності ензиму забезпечується вмістом АСТ2 (78,8–97,7%), а АСТ1 займає 4,8–21,4% (табл. 2). При цьому для тканин яєчника і слизової матки за фізіологічного стану статевої залози фолікулярного росту характерний найнижчий вміст АСТ1 (відповідно 7,8 ± 3,09 і 4,8 ± 2,51%), вищі величини встановлені за раннього жовтого тіла (13,2 ± 3,86 і 21,4 ± 7,44%). Різниця вказаного ізозиму між мінімальними і максимальними величинами становить відповідно 6,8 і 16,6% (P > 0,05). І навпаки, вміст АСТ2 найвищий у вказаних тканинах за фізіологічного стану статевої залози фолікулярного росту і найнижчий – за раннього жовтого тіла. Різниця між мінімальним і максимальним вмістом ізозиму в ендометрії залежно від вказаних фізіологічних станів яєчника – 18,9% (P < 0,05). Кореляційне відношення для вмісту ізозимів в тканині яєчника залежно від фізіологічного стану слабке (η = 0,197), а для ендометрію середньої сили (η = 0,550–0,568). За гіпофункції яєчника вміст АСТ1 в тканині статевої залози і ендометрію не відрізняється і становить 10,9% та АСТ2 – 89,0%.

Таблиця 2

Вміст ізозимів аспартатамінотрансферази в тканинах репродуктивних органів корів, M ± m

Тканина за фізіологічного стану статевої залози:	n	Вміст ізозимів, %	
		АСТ 1	АСТ 2
Яєчника			
Фолікулярного росту	9	7,8 ± 3,09	92,2 ± 3,10
Пізнього жовтого тіла	15	11,9 ± 2,86	86,8 ± 3,86
Раннього жовтого тіла	7	13,2 ± 3,86	88,0 ± 2,86
Гіпофункції	5	10,9 ± 3,69	88,9 ± 3,70
η		0,197	0,197
Слизова матки:			
Пізнього жовтого тіла	7	4,8 ± 2,51	97,7 ± 0,45*
		8,2 ± 2,22	91,7 ± 2,21
Раннього жовтого тіла	6	21,4 ± 7,44	78,8 ± 7,44
Гіпофункції	6	10,8 ± 2,49	89,1 ± 2,50
η		0,550	0,568

Примітка: різниця статистично вірогідна порівняно з мінімальною величиною значення * – P < 0,05

На відміну від тканин репродуктивних органів у антральній рідині основну частину займає вміст АСТ1

(72,8–88,2%) і меншу – АСТ2 (11,7–27,2%; табл. 3). При цьому залежно від фізіологічного стану статевої залози і розміру фолікула вміст ізозимів відрізняється. Так, за фолікулярного росту найвищий вміст АСТ1 (87,4 ± 5,71%) встановлено в антральній рідині фолікула понад 7 мм, а найнижчий – з малого фолікула (72,8 ± 2,73%; менше ніж 4 мм). Відповідно найвищим вмістом АСТ2 характеризується антральна рідина з малого фолікула (27,2 ± 2,73%), а низьким (12,6 ± 5,71%) – з великого. Різниця між вказаними величинами ізозимів становить 14,6%. У антральній рідині з фолікулів 4–7 мм яєчника пізнього жовтого тіла встановлена низька величина значення АСТ1 (77,4 ± 2,57%) і, навпаки, висока АСТ2 (22,5 ± 2,57%). Для антральної рідини з фолікулів іншого розміру характерна майже однакова величина значень відповідно АСТ1 – 87,9–88,2% і АСТ2 – 11,7–12,1%.

Таблиця 3

Вміст ізозимів аспартатамінотрансферази в антральній рідині фолікулів яєчників, M ± m

Діаметр фолікулів, мм	n	Вміст ізозимів, %	
		АСТ 1	АСТ 2
Фолікулярного росту			
> 7	5	87,4 ± 5,71	12,6 ± 5,71
4-7	3	84,2 ± 1,67	15,8 ± 1,67
4 <	3	72,8 ± 2,73	27,2 ± 2,73
η		0,557	0,557
Пізнього жовтого тіла			
> 7	3	87,9 ± 2,27*	12,1 ± 2,27
4-7	3	77,4 ± 2,57	22,5 ± 2,57*
4 <	3	88,2 ± 2,36*	11,7 ± 2,38
η		0,769	0,769
Раннього жовтого тіла			
> 7	3	86,5 ± 1,53	13,5 ± 1,51
4-7	3	85,7 ± 2,29	14,3 ± 2,29
4 <	3	82,8 ± 1,44	17,2 ± 1,44
η		0,456	0,456
Гіпофункції			
4 <	3	78,1 ± 1,26	21,9 ± 1,96

Примітка: різниця статистично вірогідна порівняно з мінімальною величиною значення * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001

Різниця між максимальним і мінімальним вмістом ізозимів статистично вірогідна (P < 0,05). Не виявлено змін вмісту ізозимів АСТ в антральній рідині фолікулів раннього жовтого тіла – різниця 0,8–3,7% перебуває в межах похибки середнього арифметичного. Кореляційне відношення за вмістом АСТ1 для антральної рідини з фолікулів яєчників фізіологічного росту і

раннього жовтого тіла позитивне середньої сили ($\eta = 0,557$ і $0,456$) і для АСТ2 – негативне ($\eta = 0,557$ і $0,456$). Для антральної рідини з малих фолікулів яєчника за гіпофункції характерний порівняно низький вміст АСТ1 ($78,1 \pm 1,26\%$) і високий АСТ2 ($21,9 \pm 1,96\%$).

Результати досліджень свідчать, що висока активність в тканинах яєчника та матки за фізіологічного стану статевої залози пізнього жовтого тіла характеризує інтенсивне перетворення аспартату в оксалоацетат і ймовірно використання субстратів для забезпечення енергетичних і синтетичних потреб в репродуктивних органах корів. Крім того, потреба тканин в структурних елементах підтверджується високим вмістом АСТ2. Понижені активність й вміст ізозимів ензиму в тканині яєчника і ендометрію за гіпофункції вказує на дефіцит як субстрату для переамінування, так і порушення фізіологічних функцій. Поряд з цим, в антральній рідині великих фолікулів яєчника фолікулярного росту і пізнього жовтого тіла висока активність та підвищений вміст ізозимів АСТ свідчить про ріст клітин фолікула – гранульози і ооцита.

Висновки

1. Активність АСТ у тканині яєчника і ендометрії за пізнього жовтого тіла відповідно $132,0 \pm 8,23$ і $172,9 \pm 8,70$ мкМ/хв×мг білка, нижча на $26,3$ і $5,5\%$ за фолікулярного росту, а за раннього жовтого тіла становить $66,5 \pm 2,10$ і $147,1 \pm 13,26$ мкМ/хв×мг білка. Найнижча активність АСТ характерна для тканини статевої залози і ендометрію за гіпофункції ($61,8 \pm 4,57$ і $146,1 \pm 9,33$ мкМ/хв×мг білка).

2. У тканинах репродуктивних органів корів і антральній рідині з фолікулів яєчників виявлено дві смуги протеїнів, які проявляють активність аспартамінотрансферази. В репродуктивних органах основна частина активності ензиму забезпечується мітохондріальним ізозимом (АСТ2; $78,8 - 97,7\%$), а в антральній рідині – цитозольним (АСТ1; $72,8 - 88,2\%$).

3. В тканинах яєчника та матки встановлена висока активність ензиму за фізіологічного стану статевої залози пізнього жовтого тіла, що характеризує інтенсивне перетворення аспартату в оксалоацетат і ймовірно використання субстратів для забезпечення енергетичних і синтетичних потреб в репродуктивних органах корів.

4. Для антральної рідини великих фолікулів яєчника фолікулярного росту та пізнього жовтого тіла характерна висока активність і підвищений вміст ізозимів АСТ, що свідчить про ріст клітин фолікула — гранульози і ооцита.

У тканині яєчника й ендометрію за гіпофункції понижені активність і вміст ізозимів ензиму вказують на дефіцит як субстрату для переамінування, так і порушення фізіологічних функцій.

Бібліографічні посилання

Palmieri, L., Pardo, B., Lasorsa, F.M., del Arco, A. (2001). Citrin and aralar1 are Ca^{2+} -stimulated

- aspartate/glutamate transporters in mitochondria. The EMBO J. 20, 506–509.
- Papadimitriou, J.M., Van Duijn, P. (1970). The ultrastructural localization of the isozymes of aspartate aminotransferase in murine tissues. The Journal of cell biology. 47, 84–98.
- Severina, E.S. (2003). Biohimija. Moskva. 119–124 (in Russian).
- Leung, F.Y., Henderson, A.R. (1981). Isolation and purification of aspartate aminotransferase isoenzymes from human liver by chromatography and isoelectric focusing. Clin. Chem. 27(2), 232–235.
- Mitchell, M., Cashma, K.S. (2009). Disruption of Mitochondrial Malate-Aspartate Shuttle Activity in Mouse Blastocysts Impairs Viability and Fetal Growth. Biology of Reproduction. 80(2), 295–301.
- Assisi, L., Botte, V., D’Aniello, A., Di Fiore, M.M. (2001). Enhancement of aromatase activity by D-aspartic acid in the ovary of the lizard. Podarcis s. sicula Reproduction. 121, 803–808.
- Lane, M., Gardner, D.K. (2005). Gardner Mitochondrial Malate-Aspartate Shuttle Regulates Mouse Embryo Nutrient Consumption. The Journal of Biological Chemistry. 280, 1836–18367.
- Mitchell, M., Cashman, K.S., Gardner, D.K. (2009). Disruption of Mitochondrial Malate-Aspartate Shuttle Activity in Mouse Blastocysts Impairs Viability and Fetal Growth. Biology of Reproduction. 80(2) 295–301.
- Subramani, E., Jothiramajayam, M., Dutta, M., Chakravorty D. (2016). NMR-based metabonomics for understanding the influence of dormant female genital tuberculosis on metabolism of the human endometrium. Hum. Reprod. 31, 854–865.
- Sliwa, D., Dairou, J., Camadro, J.-M., Santos, R. (2012). Inactivation of mitochondrial aspartate aminotransferase contributes to the respiratory deficit of yeast frataxin-deficient cells. Biochemical Journal. 441, 945–953.
- Huzievaty, O.Ie., Yasinskyi, V.V., Smulka, L.V. та in. (1995). Otsinka funktsionalnoho stanu ootsyt-kumuliusnykh kompleksiv koriv zalezno vid typu yaiechnyka. Visnyk ahranoi nauky. 11, 94–98 (in Ukrainian).
- Hariv, M.I., Gutyj, B.V. (2016). Influence of the liposomal preparation Butaintervite on protein synthesis function in the livers of rats under the influence of carbon tetrachloride poisoning. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, medicine. 7(2), 123–126. doi: 10.15421/021622.
- Reitmann, S., Frankel, S. (1957). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic puruvic transaminases. Amer. J. Clin. Path. 28(1) 56–63.
- Alfano, J., Kahn, M. (1993). Isolation and characterization of a gene coding for a novel aspartate aminotransferase from rhizobium meliloti. Journal of Bacteriology. 175, 4186–4196.
- Plohinskij, N.A. (1970). Biometrija. M. MGU. 53–60 (in Russian).

Стаття надійшла до редакції 15.03.2017