



УДК 612.616:544.726:591.46

ВМІСТ І СПІВВІДНОШЕННЯ Ca^{2+} , K^+ , Na^+ У ТКАНИНАХ ORGANA GENITALIA SCROTUM BOVINA

Г. В. Максим'юк

*Львівський національний медичний університет ім. Д. Галицького МОЗ України
вул. Пекарська, 69, Львів 79010, Україна
e-mail: hanna.maksymjuk@gmail.com*

У тканинах статевих органів калитки бугая виявлено широкі межі вмісту Ca^{2+} – 5–10, K^+ – 42–181, Na^+ – 112–278 мМ та його співвідношень $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ – 14–37:1, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ – 8–20:1 і $\text{Na}^+:\text{K}^+$ – 1–4:1. Припустили, що співвідношення вмісту Ca^{2+} , K^+ , Na^+ можуть координувати захисну, терморегуляторну, трофічну, генеративну і транспортну функції статевих органів, визначати взаємозв'язки між іонами й особливості їх гомеостазу в тканинах.

Ключові слова: тканини статевих органів калитки бугая, Кальцій, Калій, Натрій, вміст, співвідношення і гомеостаз іонів.

Запліднювальна здатність таких ізольованих клітин організму самців, як сперматозоїди, формується за відносно стабільних умов функціонування різного роду тканин їхніх статевих органів. Важлива роль у цьому зв'язку належить сталості іонного складу середовища. Сформована генеративними тканинами сім'яників і додаткових статевих залоз різниця осмотичних тисків внутрішньоклітинної рідини цитоплазми сперматозоїдів і зовнішньоклітинної рідини спермальної плазми створює між ними відповідний градієнт концентрації іонів, який забезпечує оптимальні умови для рухливості, капаситації й акросомної реакції статевих клітин [7, 10].

Формування структури і становлення функцій сперматозоїдів починається в сім'яниках, продовжується в придатках та додаткових залозах і закінчується у статевих органах самок. Після вивільнення сперматозоїдів з сім'яника, головки і хвоста придатка та виділення в сім'япровід секретів додаткових залоз вони зазнають важливих морфологічних, функціональних і біохімічних змін. Тобто конформаційна перебудова структури доменів білків клітин і спермальної плазми ініціює завершення процесу формування запліднювальної здатності сперматозоїдів [1, 3–9, 11, 12].

Проведені на цей час дослідження не дають однозначної відповіді щодо ролі Ca^{2+} , K^+ , Na^+ у процесах, які забезпечують формування рухливості сперматозоїдів і їхньої здатності до запліднення яйцеклітин. Тому метою роботи було вивчити особливості вмісту та співвідношень вказаних іонів у тканинах статевих органів самців (бугаї), функції яких сприяють пасивному або активному переміщенню сперматозоїдів зі сім'яника через придаток у сім'япровід.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Досліджували тканини калитки (Scrotum) бугаїв чорно-рябої голштинської породи 12–18-місячного віку ($n=5$). Зразки тканин шкіри (Cutis scrotum), м'язовоеластичної оболонки (Tunica dartos), спеціальної піхвової оболонки (Tunica vaginalis propria), підіймача сім'яника (M. cremaster externus), сім'яного канатика (Funiculus spermaticus), білкової оболонки (Tunica albuginea), паренхіми сім'яника (Parenchima testis), головки (Caput epididymis) і хвоста (Cauda epididymis), придатка сім'яника (Epididymis testis), спермовиносної протоки або сім'япроводу (Ductus deferens) відбирали одразу ж після забою тварин.

Для досліджень брали 5,0 г свіжоотриманих тканин, які висушували в термостаті за температури 105°C. Від висушеної маси тканин відбирали 0,5 г сухого залишку. Спалювали його в муфельній печі за температури 450°C. Отриману золу переводили у розчин і методом полуменевої фотометрії за методикою [2] в мМ або ммоль/л розчину визначали концентрацію, або вміст Ca^{2+} , K^+ , Na^+ . Числові вирази (ч.в.) співвідношень вмісту іонів отримали внаслідок поділу показників високого вмісту Na^+ і K^+ на низький Ca^{2+} та високого Na^+ на низький K^+ .

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Для зручності аналізу отриманих показників порядок розміщення тканин і органів дослідного ряду в таблицях 1 і 3 відповідає місцю їх перебування в калитці. Особливості розподілу вмісту і співвідношень Ca^{2+} , K^+ , Na^+ у тканинах пов'язуємо з властивими органам калитки функціями, які забезпечують оптимальні умови для формування морфологічної та функціональної повноцінності сперматозоїдів. У цьому зв'язку тканини й органи калитки умовно поділили на дві групи. До першої включили шкіру, м'язовоеластичну та спеціальну піхвову оболонку, підіймач сім'яника, тканини яких виконують **захисну і терморегуляторну функції**. До другої – сім'яний канатик, білкову оболонку, сім'яник, головку і хвіст придатка, сім'япровід. Їхні тканини виконують **трофічну, генеративну і транспортну функції**. За величинами меж вмісту і співвідношень Ca^{2+} , K^+ , Na^+ виокремили три підгрупи. До першої внесли межі низьких показників, до другої – середніх, до третьої – високих (табл. 2–4).

1. Особливості вмісту іонів. Аналіз отриманих для першої групи тканин показників вмісту іонів свідчить, що епітеліальній тканині шкіри, базові функції якої спрямовані на захист статевих органів калитки самців від прямого негативного впливу умов зовнішнього середовища та на забезпечення оптимальних умов перебігу генеративної функції, властиві низькі показники вмісту Ca^{2+} , K^+ і Na^+ , які відповідно становлять 5, 52 і 145 мМ (табл. 1, 2).

Умови перебігу генеративних процесів у паренхімі сім'яника та головки і хвоста придатка визначає терморегуляторна функція тканин м'язовоеластичної та спеціальної піхвової оболонок і підіймача сім'яника. Результатом виконаної ними роботи є створення в калитці на 1,5–2,0°C нижчої температури середовища, ніж температура тіла самців. Можливо, що саме тому визначений у цих тканинах вміст Ca^{2+} відповідно має тільки однаково середні значення (7, 6, 10 мМ), але суттєво різні – середні, низькі та високі K^+ (62, 46, 94 мМ) і Na^+ (236, 171, 252 мМ).

Для другої групи розподіл вмісту іонів у тканинах і органах калитки дещо інший. У тканинах сім'яного канатика, лімфатичні та кровоносні судини якого приносять

у сім'яник лімфу й артеріальну кров і виносять венозну, визначили тільки низький вміст іонів Ca^{2+} , K^+ і Na^+ – 5, 54 і 144 мМ.

Таблиця 1. Вміст іонів у тканинах органів калитки бугая (мМ, $M \pm m$)

Table 1. Content of ions in the tissue of the scrotum bull reproductive organs (mM, $M \pm m$)

Групи	Тканини і органи	Функції	Вміст		
			Ca^{2+}	K^+	Na^+
I	Шкіра	Захисна	5,25±0,08	51,84±0,68	144,78±1,73
	М'язовоеластична оболонка	Терморегуляторна	6,74±0,12	61,94±0,63	236,37±1,84
	Спеціальна піхвова оболонка	Терморегуляторна	5,50±0,28	46,46±0,94	170,76±2,68
	Підіймач сім'яника	Терморегуляторна	9,53±0,08	94,25±3,03	252,42±2,63
II	Сім'яний канатик	Трофічна	4,99±0,65	54,31±0,19	144,24±6,99
	Білкова оболонка	Трофічна	7,73±0,03	87,78±2,59	111,65±1,57
	Сім'яник	Генеративна	8,90±0,20	181,11±6,44	235,00±9,29
	Головка придатка	Генеративна	10,05±0,09	80,92±0,48	278,10±4,31
	Хвіст придатка	Генеративна	6,76±0,17	76,88±1,11	249,44±1,21
	Сім'япровід	Транспортна	5,07±0,19	41,69±1,29	171,51±6,43

Проте в серозній тканині білкової оболонки, структура якої забезпечує інтенсивність процесів синтезу й обміну поживних речовин і продуктів їхнього розпаду, вміст Ca^{2+} , K^+ і Na^+ відповідно має середні, середні та низькі значення (8, 88 і 112 мМ). При цьому середній вміст Ca^{2+} і K^+ у серозній тканині білкової оболонки в 1,6 разу вищий за їхній низький вміст в епітеліальних тканинах сім'яного канатика, але низький вміст Na^+ у сім'яному канатику в 1,3 разу вищий за його низький вміст у білковій оболонці.

Таблиця 2. Межі вмісту іонів, мМ

Table 2. Ranges of ion content, mM

Іони	Вміст і межі вмісту		
	низький	середній	високий
Ca^{2+}	< 6	6–10	> 10
K^+	< 60	60–90	> 90
Na^+	< 150	150–200	> 200

У тканинах паренхіми сім'яників, головки і хвоста придатка, які здійснюють генеративну (сперматозоїдо-, андро- і плазмогенна) функцію, визначили високий і середній вміст іонів. Встановлено, що вміст Ca^{2+} у цих тканинах тільки середній, K^+ – високий і середній, а Na^+ – тільки високий. Однак, якщо середній вміст Ca^{2+} у них становить 7–10 мМ, високий Na^+ – 235–278 мМ, то високий K^+ у сім'янику в 2,2 та 2,4 разу більший за середній у тканинах головки і хвоста придатка. Для епітеліальних тканин сім'япроводу, які забезпечують пасивне або активне переміщення (транспорт) сперми і сперматозоїдів з калитки до його ампули, характерний низький вміст Ca^{2+} і K^+ (5 і 42 мМ), але середній Na^+ (172 мМ).

2. Особливості співвідношень вмісту іонів. Захисну функцію епітеліальних тканин шкіри калитки характеризують різні співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$, які відповідно мають середні (26:1), низькі (10:1) та середні (3:1) значення (табл. 3, 4). Для тканин м'язовоеластичної та спеціальної піхвової оболонок, які здійснюють терморегуляторну функцію, характерні високі співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$ (35–31:1 та 4:1) і низькі $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ (9–10:1).

Таблиця 3. Співвідношення вмісту іонів у тканинах органів калитки бугая (ч.в., $M \pm m$)
Table 3. Content ratio of ions in the tissue of the scrotum bull reproductive organs (num. values, $M \pm m$)

Групи	Тканини і органи	Функції	Співвідношення		
			$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+:\text{K}^+$
I	Шкіра	Захисна	26,23±1,56	9,87±0,21	2,79±0,03
	М'язовоеластична оболонка	Терморегуляторна	35,07±1,48	9,19±0,25	3,82±0,03
	Спеціальна піхвова оболонка	Терморегуляторна	31,23±1,85	8,50±0,48	3,68±0,04
	Підіймач сім'яника	Терморегуляторна	26,49±1,76	9,89±0,31	2,68±0,12
II	Сім'яний канатик	Трофічна	30,08±4,66	11,21±1,34	2,66±0,14
	Білкова оболонка	Трофічна	14,48±0,47	11,38±0,49	1,27±0,02
	Сім'яник	Генеративна	26,46±1,45	20,40±1,15	1,30±0,03
	Головка придатка	Генеративна	27,26±0,63	8,08±0,13	3,45±0,04
	Хвіст придатка	Генеративна	36,93±1,05	11,38±0,13	3,25±0,06
	Сім'япровід	Транспортна	33,98±2,09	8,26±0,48	4,11±0,03

Для тканин м'язовоеластичної та спеціальної піхвової оболонок, які здійснюють терморегуляторну функцію, характерні високі співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$ (35–31:1 та 4:1) і низькі $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ (9–10:1). Проте співвідношення іонів у тканинах підіймача сім'яника подібні до тих, які характеризують захисну функцію епітеліальної тканини шкіри калитки і мають середні (26:1), низькі (10:1) та середні (3:1) значення. Це може означати, що біохімічні процеси, які впливають на перебіг захисної і терморегуляторної функцій статевих органів калитки самців, потребують наявності в епітеліальній тканині шкіри та м'язовій тканині підіймача сім'яника однакового рівня гомеостазу іонів. Слід також зазначити, що співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$ у тканинах підіймача сім'яника є тільки середніми (26:1, 10:1 і 3:1).

Таблиця 4. Межі співвідношень вмісту іонів (ч.в.)
Table 4. Range of content ions ratio (num. values)

Пари іонів	Співвідношення і межі співвідношень		
	низьке	середнє	високе
$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	< 15:1	15–30:1	> 30:1
$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	< 10:1	10–15:1	> 15:1
$\text{Na}^+:\text{K}^+$	< 2:1	2–3:1	> 3:1

Для тканин сім'яного канатика, які забезпечують трофічну функцію статевих органів калитки, характерне середнє співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$, що відповідно становить 30:1, 11:1 і 3:1. Проте в серозній тканині білкової оболонки

співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Na}^+:\text{K}^+$ – низьке (14:1 і 1:1), а $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ – середнє (11:1). Співвідношення вмісту іонів для вказаних пар у паренхімі сім'яника, головки і хвоста придатка мають цілком інакші значення: $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ у тканинах сім'яника і головки придатка – середні (26–27:1), але в тканинах хвоста високі (37:1); $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ в сім'янику високі (20:1), але низькі (8:1) в головці та середні (11:1) у хвості; $\text{Na}^+:\text{K}^+$ в сім'янику низькі (1:1), але в головці та хвості високі (3:1). При цьому встановили, що в тканинах паренхіми сім'яника величина співвідношень вмісту $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ у 2,5 разу більша, ніж у головці придатка, проте лише в 1,8 разу більша, ніж у тканинах його хвоста. Це означає, що середовище, в якому відбуваються генеративні процеси, спрямовані на формування структури сперматозоїдів, виділення гормонів і секретів спермальної плазми, потребує високого вмісту K^+ та Na^+ . Однак середовище, в якому відбуваються процеси, спрямовані на формування функціональної повноцінності статевих клітин, потребує високого вмісту Na^+ і суттєво нижчого K^+ .

В епітеліальних тканинах сім'яководу, каналом якого переміщуються сперматозоїди, встановили високе (34:1) співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$, низьке (8:1) $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ та високе (4:1) $\text{Na}^+:\text{K}^+$. Отримані результати вказують на те, що саме такі великі різниці між вмістом Na^+ щодо Ca^{2+} і K^+ можуть сприяти переміщенню сперматозоїдів із генеративних органів калитки вивідним каналом сім'яководу до його ампули.

Таким чином, проаналізовані параметри отриманих показників дають змогу припустити, що організм самців (бугаїв) використовує неоднакові рівні гомеостазу іонів для координації захисної, терморегуляторної, трофічної, генеративної і транспортної гіпо-, нормо- та гіперфункцій статевих органів. Доказовою базою зробленого висновку є визначені особливості низького, середнього і високого вмісту Ca^{2+} , K^+ , Na^+ та його співвідношень у тканинах калитки.

ВИСНОВКИ

1. У тканинах статевих органів калитки бугая виявлено широкі межі вмісту Ca^{2+} – 5–10, K^+ – 42–181, Na^+ – 112–278 мМ та співвідношень вмісту $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ – 14–37:1, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$ – 8–20:1 і $\text{Na}^+:\text{K}^+$ – 1–4:1.
2. Захисну, терморегуляторну, трофічну, генеративну і транспортну функції тканин калитки може координувати низький, середній і високий вміст Ca^{2+} , K^+ , Na^+ .
3. Взаємозв'язки між іонами й особливості їх гомеостазу в тканинах визначають низькі, середні, високі співвідношення $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^+:\text{K}^+$.

1. Капля А. А. Физиологическая и адаптационная значимость изо-ферментов Na^+ , K^+ -АТФазы. **Український біохімічний журнал**, 1998; 70 (3); 3–12.
2. Максим'юк Г.В., Воробець Д.З., Максим'юк В.М. та ін. Оцінка впливу умов кріоконсервації на гомеостаз Ca^{2+} , Na^+ , K^+ у сперматозоїдах і спермальної плазми. **Клінічна та експериментальна патологія**, 2005; 4 (1); 116–120.
3. Курбатов А. Д., Платов Е. М., Корбан Н.В. и др. **Криоконсервация спермы сельскохозяйственных животных**. Ленинград: Агропромиздат, 1988. 256 с.
4. Hong C.Y. Chiang B.N. Turner P. Calcium ion is the key regulator of human sperm function. **Lancet**, 1984; 2; 1449 – 1451.
5. Jadrzejewski J. Produkcja nasienia w zależności od intensywności użytkowania rozplodowego bugajów. **Rocz. Nauc. Zootechn**, 1989; 27; 93–107.
6. Karow A. M., Gilbert W. B., Black J. B. Effects of temperature, potassium concentration and sugar on human spermatozoa motility. A cell preservation model from reproductive medicine. **Cryobiology**, 1992; 29; 250–254.

7. Pandy V. K., Parmeshwaran M., Soman S. D. Concentration of morphologically normal, motile spermatozoa: Mg^{2+} , Ca^{2+} and Zn^{2+} on the semen of infertile men. **The Science of the Total Environ**, 1983; 27 (1); 49–52.
8. Profirov I., Ivanov N., Popova P. Role of the plasma membrane in the distribution of potassium, sodium and calcium in ram sperm during deep freezing. **Veterinarno-Meditsinski Nauki**, 1986; 23(3); 73–77.
9. Pursel V., Johnson L. Freezing of boar capacity with concentrate semen and new thawing producer. **Journal of Animal Science**, 1975; 40(1); 99–102.
10. Roldan E. R., Harrison R. A. Diacylglycerol and phosphatidate production and the exocytose of the sperm acrosome. **Biochem. Biophys. Res. Commun**, 1990; 172; 8–15.
11. Schlegel R. A., Hammerstedt R., Cafer G. P. Changes in organization of the lipid bilayer of the plasma membrane during epididymal transit in the boar. **Biol. Reprod**, 1989; 34; 379–391.
12. Si J., Olds-Clarke P. Mice carrying two haplotypes: sperm populations with reduced Zona pellucida binding are deficient in the capacitation. **Biol. Reprod**, 1999; 61(1); 305–311.

CONCENTRATION of Ca^{2+} , K^+ , Na^+ AND THEIR RATIO IN THE ORGANA GENITALIA SCROTUM BOVINA

H. V. Maksymjuk

Lviv National Medical University, 69, Pekarska St., Lviv 79010, Ukraine

The research results indicate the presence of different concentrations in the scrotum tissue of Ca^{2+} – 5–10, K^+ – 42–181, Na^+ – 112–278 mM and their ratio of $Na^+ : Ca^{2+}$ – 14–37:1, $K^+ : Ca^{2+}$ – 8–20:1 and $Na^+ : K^+$ – 1–4:1. We assume that different content ratio of Ca^{2+} , K^+ , Na^+ might coordinate protective, thermal regulatory, trophic, reproductive and transport functions of genitalia, define relationships between ions and characteristics of their homeostasis in tissues.

Key words: tissue of the scrotum bull reproductive organs, calcium, potassium, sodium, ratio and homeostasis of ions.

СОДЕРЖАНИЕ И СООТНОШЕНИЕ Ca^{2+} , K^+ , Na^+ В ТКАНЯХ ORGANA GENITALIA SCROTUM BOVINA

А. В. Максим'юк

Львовский национальный медицинский университет им. Д. Галицкого МОЗ Украины ул. Пекарская, 69, Львов 79010, Украина

В тканях половых органов мошонки быка обнаружены широкие пределы содержания Ca^{2+} – 5 – 10, K^+ – 42 – 181, Na^+ – 112 – 278 мМ и его соотношений для $Na^+ : Ca^{2+}$ – 14–37:1, $K^+ : Ca^{2+}$ – 8–20:1 и $Na^+ : K^+$ – 1–4:1. Предположили, что различные соотношения содержания Ca^{2+} , K^+ , Na^+ могут координировать защитную, трофическую, терморегуляторную и транспортную функции половых органов, определять взаимосвязи между ионами и особенности их гомеостаза в тканях.

Ключевые слова: ткани половых органов мошонки быка, Кальций, Калий, Натрий, содержание, соотношение и гомеостаз ионов.

Одержано: 21.01.2010