

УДК 612.616:544.726+591.46

Г. В. Максим'юк, З. Д. Воробець

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КОНЦЕНТРАЦІЇ СПЕРМАТОЗОЇДІВ В ЕЯКУЛЯТАХ ІЗ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ Ca^{2+} , K^+ та Na^+ У ТКАНИНАХ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ І СПЕРМИ

Функціональний стан сперматозоїдо- та плазмогенних тканин органів статеві системи бугая формує неоднакові рівні концентрації та співвідношень Ca^{2+} , K^+ та Na^+ в еякулятах. Припустили, що зумовлена роботою іонних pomp розбіжність концентрації іонів сперми та тканин статевих органів забезпечує пасивний або активний транспорт сперматозоїдів і секретів спермальної плазми з калитки в ампулу сім'япроводу.

А. В. Максимюк, З. Д. Воробець

Львовский национальный медицинский университет им. Даниила Галицкого

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНЦЕНТРАЦИИ СПЕРМАТОЗОИДОВ В ЭЯКУЛЯТАХ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ Ca^{2+} , K^+ , Na^+ В ТКАНЯХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ И СПЕРМЕ

Функциональное состояние сперматозоидо- и плазмогенных тканей органов половой системы быка формирует различные уровни концентрации и соотношений Ca^{2+} , K^+ и Na^+ в эякулятах. Предположили, что обусловленное работой ионных насосов несовпадение концентрации ионов спермы и тканей половых органов обеспечивает пассивный или активный транспорт сперматозоидов и секретов спермальной плазмы из мошонки в ампулу семяпровода.

Н. V. Maksymjuk, Z. D. Vorobets

Danylo Halytsky Lviv National Medical University

SOME ASPECTS OF DEPENDENCY BETWEEN CONCENTRATION OF SPERMATOOZOA IN THE EJACULATE AND Ca^{2+} , K^+ , Na^+ CONCENTRATIONS IN GENITAL TISSUES AND SPERM

The functional state of tissues that produce spermatozoa and sperm plasma in the bulls reproductive system forms different concentration levels and ratios of Ca^{2+} , K^+ and Na^+ in the ejaculate. We assumed that due to the work of ion pumps the mismatch of ion concentration in the sperm and genital tissues provides a passive or active transportation of spermatozoa and secretion of seminal plasma from the scrotum to ampulla of ductus deferens.

Вступ

Потоком інформації про функціональний стан ізольованих і неізольованих клітин організму тварин і людей керує градієнт концентрації неорганічних іонів, який регулює інтенсивність перебігу реакцій їх руху та пристосування до дії екзо- та ендогенних чинників впливу, ініціює перехід (перетворення) одного виду акумульованої енер-

гії в інший, забезпечує постачання поживних речовин у клітини та органи [5; 8–11]. Результат діяльності наведених фізико-хімічних процесів скерований зокрема на координацію функцій сперматозоїдів. Однак доцільність і суть різнобічного впливу іонів на життєздатність клітин можуть бути зрозумілими лише після детального вивчення зв'язку концентрації Ca^{2+} , K^+ та Na^+ з особливостями збереження повноцінності їх структури та функцій у нативній та кріоконсервованій спермі [1–4].

Оскільки розбіжність рівнів концентрації та співвідношень іонів у спермальній плазмі, сперматозоїдах і секреторних тканинах генеративних органів зумовлена інтенсивністю перебігу сперматозоїдо- та плазмогенних процесів, що визначають первинну рухливість і запліднювальну здатність статевих клітин свіжоотриманої сперми, мета цієї роботи – оцінити зв'язки концентрацій Ca^{2+} , K^+ та Na^+ з гіпо-, нормо- та гіперфункцією органів статевої системи бугая.

Матеріал і методи досліджень

Еякуляти отримували на штучну вагіну. Функціональний стан і концентрацію сперматозоїдів в еякулятах і концентрацію та співвідношення іонів лужних металів у спермальній плазмі та сперматозоїдах оцінювали за методиками [6]. Рівень концентрації іонів у спермі виразили сумою показників спермальної плазми та сперматозоїдів.

Дослідних бугаїв годували та утримували відповідно до встановлених норм. Досліджували сперму 45 фізіологічно здорових бугаїв чорно-рябої місцевої, чорно-рябої британо-фризької, червоної данської, симентальської, лімузин і абердин-ангуської порід, а також чорно- та червоно-рябих голштинських помісей у віці 2–9 років. Отримали та оцінили 744 еякуляти. Залежно від інтенсивності (гіпо-, нормо-, гіпер-) сперматозоїдогенної функції паренхіми яєчка, дослідні еякуляти ділили на три окремі групи. Середній показник концентрації сперматозоїдів (M) та його ліміти (lim) в еякулятах першої групи (I, гіпо-) відповідно становив 0,35 і 0,16–0,50, другої (II, нормо-) – 1,00 і 0,55–1,50, третьої (III, гіпер-) – 1,75 і 1,54–1,99 млрд/см³ сперми. Причетність гомеостазу Ca^{2+} , K^+ та Na^+ до сперматозоїдогенної та секреторної функцій паренхіми яєчка та секреторної придатка та додаткових статевих залоз оцінювали визначеними у спермальній плазмі та сперматозоїдах еякулятів дослідних груп I ($n = 122$), II ($n = 537$), III ($n = 85$) показниками концентрації (мМ) та її співвідношень (ч. в.).

Зразки тканин сім'яного канатика, білкової оболонки, яєчка, головки та хвоста придатка, сім'япроводу, ампули сім'япроводу, міхурцевої та передміхурової залоз відбирали одразу ж після забою бугаїв 12–18-місячного віку чорно-рябої голштинської породи ($n = 5$). Для досліджень брали 5,0 г тканин. Відібрані зразки висушували у термостаті за температури +105 °С. Від висушеної маси відбирали 0,5 г сухого залишку. Спалювали його в муфельній печі за температури +450 °С. Отриману золу переводили у розчин і методом полуменевої фотометрії за методикою [7] визначали концентрацію та співвідношення Ca^{2+} , K^+ та Na^+ . Числові вирази (ч. в.) співвідношень вмісту іонів у спермальній плазмі та сперматозоїдах визначили поділом показників високої концентрації K^+ та Na^+ на низьку Ca^{2+} та високої Na^+ на низьку K^+ . Співвідношення одно- ($Na^+ : Na^+$, $K^+ : K^+$, $Ca^{2+} : Ca^{2+}$) та різноіменних ($Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$, $Na^+ : K^+$) пар іонів між спермальною плазмою та сперматозоїдами отримали поділом показників високої концентрації Ca^{2+} , K^+ та Na^+ у спермальній плазмі на їх низьку у сперматозоїдах.

Результати досліджень представлені середньоарифметичною величиною (M), межами відхилень (lim) її мінімальних (min) та максимальних (max) значень, коефіцієнтом варіації (Cv) і ймовірністю різниці (p) показників концентрації спермато-

зоїдів у спермі (млрд/см³) та концентрації Ca²⁺, K⁺ та Na⁺ у спермальній плазмі, сперматозоїдах, спермі та тканинах статевих органів бугая (мМ).

Результати та їх обговорення

Визначені для спермальної плазми та сперматозоїдів параметри концентрації Ca²⁺ вказують на те, що, незалежно від функціонального стану генеративної тканини яєчка, гіпо-, нормо- та гіперфункція якого виражена відповідно концентрацією 0,35, 1,00 і 1,75 млрд. утворених сперматозоїдів на виділений об'єм (см³) секретів спермальної плазми, середня величина концентрації Ca²⁺ у спермальній плазмі майже однакова: 6,6–7,2 мМ (табл. 1).

При цьому ймовірність різниці між концентрацією іонів дослідних груп еякулятів не виходить за межу < 0,2 і > 0,05. Однак різниця між показниками концентрації Ca²⁺ у сперматозоїдах дещо інша. Для еякулятів першої та другої, другої та третьої груп менша за 0,02, а для третьої та першої більша за 0,01. Тому з цього приводу, очевидно, слід говорити про наявність прямого зв'язку між інтенсивністю сперматозоїдогенної функції тканин яєчка та концентрацією Ca²⁺ у сперматозоїдах, оскільки зниження інтенсивності їх функції пов'язане зі зменшенням концентрації Ca²⁺ у сперматозоїдах (1,34 проти 1,82 мМ), а підвищення – зі збільшенням (2,23 проти 1,82 мМ).

Таблиця 1

Концентрації сперматозоїдів (млрд/см³) та іонів у спермі (мМ)

Групи	Стат. показник	Конц. сперматозоїдів	Ca ²⁺			K ⁺			Na ⁺		
			сп. пл.*	кл.*	сп.*	сп. пл.*	кл.*	сп.*	сп. пл.*	кл.*	сп.*
I	<i>M</i>	0,35	6,55	1,34	7,89	43,61	13,05	56,66	93,01	19,27	112,28
	<i>m</i>	± 0,06	± 0,43	± 0,12	± 0,55	± 2,24	± 1,67	± 3,63	± 3,30	± 0,27	± 3,14
	<i>lim</i>	0,16–0,50	4,8–7,1	0,9–1,6	5,8–8,7	35–47	8–17	43–62	83–101	18–20	103–121
	<i>C_v</i>	40,51	14,83	20,70	15,60	11,50	28,70	14,33	7,93	3,15	6,25
	<i>P_{I/II}</i>	< 0,001	< 0,2	< 0,02	< 0,1	< 0,01	< 0,05	< 0,01	> 0,02	< 0,05	> 0,02
II	<i>M</i>	1,00	7,19	1,82	9,01	55,90	18,93	74,83	80,36	20,87	101,23
	<i>m</i>	± 0,10	± 0,14	± 0,07	± 0,15	± 1,31	± 1,01	± 2,10	± 1,00	± 0,53	± 1,42
	<i>lim</i>	0,55–1,50	6,6–8,0	1,6–2,2	8,4–9,7	50–62	13–23	65–83	75–86	17–23	92–108
	<i>C_v</i>	31,42	6,14	11,89	5,29	7,43	16,82	8,85	3,95	7,92	4,43
	<i>P_{II/III}</i>	< 0,001	> 0,05	< 0,02	> 0,5	> 0,001	< 0,5	> 0,01	> 0,001	< 0,05	> 0,01
III	<i>M</i>	1,75	6,61	2,23	8,84	45,39	19,31	64,70	69,02	25,02	94,04
	<i>m</i>	± 0,08	± 0,18	± 0,11	± 0,19	± 1,36	± 0,91	± 2,23	± 1,28	± 1,59	± 1,12
	<i>lim</i>	1,54–1,99	6,2–7,0	2,0–2,5	8,3–9,4	43–50	18–22	59–72	65–72	22–31	90–96
	<i>C_v</i>	9,82	5,98	10,93	4,76	6,72	10,57	7,71	4,13	14,19	2,67
	<i>P_{III/I}</i>	> 0,001	> 0,5	> 0,01	> 0,1	> 0,5	> 0,02	> 0,1	< 0,001	> 0,02	< 0,001

Примітки: сп. пл. – спермальна плазма, кл. – сперматозоїди, сп. – сперма.

За нормального функціонального стану генеративної тканини яєчка, який забезпечує формування середнього (1,00 млрд/см³) рівня концентрації сперматозоїдів в еякулятах, показник концентрації K⁺ у спермальній плазмі становить 56, а у сперматозоїдах – 19 мМ. Зменшення інтенсивності сперматозоїдогенної функції тканин до рівня 0,35 млрд./см³ сперми зменшує концентрацію K⁺ у спермальній плазмі до 44, а у сперматозоїдах – до 13 мМ. За гіперфункції (1,75 млрд./см³) генеративних процесів його середня величина у спермальній плазмі становить 45, але у сперматозоїдах залишається на рівні 19 мМ. При цьому найвищий коефіцієнт варіації показника концентрації K⁺ (C_v = 12–29 %) визначили в еякулятах першої дослідної групи. За гіпофункції сперматозоїдогенних процесів концентрація Na⁺ у спермальній плазмі – найвища

(93 мМ), а у сперматозоїдах – найменша (19 мМ). Слід також зазначити, що збільшення інтенсивності перебігу генеративних процесів до рівня нормо- та гіперфункції зменшує концентрацію Na^+ у спермальній плазмі відповідно до 80 і 69, а у сперматозоїдах збільшує до 21 і 25 мМ. Однак коефіцієнт варіації даного показника у спермальній плазмі становить лише 4–8 %, а у сперматозоїдах – 3–14 %.

Наведені результати свідчать, що еякулятам сперми бугаїв із неоднаковою концентрацією сперматозоїдів властивий константно відтворювальний несиметричний розподіл концентрації Ca^{2+} , K^+ та Na^+ : високі показники концентрації іонів у спермальній плазмі супроводжують її еквівалентно низькі показники у сперматозоїдах. За неоднакової інтенсивності сперматозоїдогенної функції тканин яєчка несиметричність розподілу концентрації іонів у спермі зберігається. Однак їх гіпофункція не призводить до суттєвих змін концентрації Ca^{2+} у спермальній плазмі, але зменшує її у сперматозоїдах. Гіперфункція генеративних тканин яєчка виражена вірогідним ($p < 0,01$) збільшенням концентрації Ca^{2+} у сперматозоїдах.

Зв'язок концентрації іонів лужних металів у спермі, залежно від інтенсивності генеративної функції паренхіми яєчка, дещо під іншим кутом зору ілюструє показники співвідношень різно- та одноіменних пар іонів у спермальній плазмі, сперматозоїдах і між ними (табл. 2).

За визначеної для спермальної плазми та сперматозоїдів різниці концентрацій Ca^{2+} , K^+ та Na^+ числові вирази співвідношень різноіменних пар іонів в еякулятах першої, другої та третьої дослідних груп майже однакові. Ліміт співвідношень $Na^+ : Ca^{2+}$ становить 10–14 : 1, $K^+ : Ca^{2+}$ – 7–10 : 1, а $Na^+ : K^+$ – 1–2 : 1. Проте, якщо за гіперфункціонального стану тканин співвідношення $Na^+ : Ca^{2+}$ у спермальній плазмі вищі, ніж у сперматозоїдах, лише на одну частину вмісту Na^+ , то співвідношення $K^+ : Ca^{2+}$ у сперматозоїдах еякулятів другої та третьої груп більші на дві частини вмісту K^+ , а у першій – на три. При цьому однакові середні значення показника співвідношень $Na^+ : K^+$ властиві сперматозоїдам еякулятів усіх трьох дослідних груп (1 : 1), але у спермальній плазмі за гіпо- та гіперфункції на одну частину вмісту Na^+ більші. До наведеного слід додати, що визначені за сумою концентрацій співвідношення різноіменних пар іонів у спермі збігаються з показниками спермальної плазми: середні значення $Na^+ : Ca^{2+}$ не виходять за межу 11–14 : 1, $K^+ : Ca^{2+}$ – за 7–8 : 1, $Na^+ : K^+$ – за 1–2 : 1.

Для співвідношень різно- та одноіменних пар іонів між спермальною плазмою та сперматозоїдами визначено суттєву різницю значень їх числових виразів. Якщо величина співвідношень різноіменних пар $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ та $Na^+ : K^+$ за нормофункції генеративної тканини яєчка становить 44 : 1, 31 : 1 та 4 : 1, то за гіпофункції – 69 : 1, 33 : 1 та 7 : 1, що відповідно на 25, 2 і 3 частини більше. За гіперфункціонального стану тканин співвідношення вмісту $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ – найменші (31 : 1, 20 : 1), але $Na^+ : K^+$ збігаються з показниками, визначеними за нормальної функціональної діяльності тканин (4 : 1). Їх величина на 3 частини вмісту менша, ніж за гіпофункції (7 : 1). Визначена різниця значень між показниками, що характеризують нормо- та гіперфункцію тканин яєчка, для співвідношень $Na^+ : Ca^{2+}$ становить 13 частин вмісту Na^+ , а для $K^+ : Ca^{2+}$ – 11 частин вмісту K^+ . Тобто вектор змін величини співвідношень вмісту $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ та $Na^+ : K^+$ за гіпофункціонального стану тканин спрямований у бік їх збільшення відносно норми, а $Na^+ : Ca^{2+}$ і $K^+ : Ca^{2+}$ за гіперфункції – у бік зменшення.

Найважливішою та стійкою рівновагою вмісту іонів для свіжоотриманої нативної сперми, очевидно, слід уважати співвідношення одноіменних пар $Ca^{2+} : Ca^{2+}$, $K^+ : K^+$ та $Na^+ : Na^+$. Різниця між визначеними показниками не виходить за межу ± 1 частина

вмісту: за гіпофункції тканин середня величина їх співвідношень (5 : 1, 4 : 1, 5 : 1) більша, ніж за нормофункції (4 : 1, 3 : 1, 4 : 1), але за гіперфункції (3 : 1, 2 : 1, 3 : 1) – менша.

Таблиця 2

Співвідношення іонів у спермі (ч. в.)

Об'єкт	Групи, станфункції	Статистичний показник	Різномірні та одноіменні пари іонів					
			$Na^+ : Ca^{2+}$	$K^+ : Ca^{2+}$	$Na^+ : K^+$	$Ca^{2+} : Ca^{2+}$	$K^+ : K^+$	$Na^+ : Na^+$
Спермальна плазма (сп. пл. *)	I гіпо-	<i>M</i>	14 : 1	7 : 1	2 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	14–17 : 1	7–7 : 1	2–2 : 1	–	–	–
	II нормо-	<i>M</i>	11 : 1	8 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	11–11 : 1	8–8 : 1	1–2 : 1	–	–	–
	III гіпер-	<i>M</i>	10 : 1	7 : 1	2 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	10–10 : 1	7–7 : 1	1–2 : 1	–	–	–
Сперматозоїди (кл. *)	I гіпо-	<i>M</i>	14 : 1	10 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	13–20 : 1	9–11 : 1	1–2 : 1	–	–	–
	II нормо-	<i>M</i>	11 : 1	10 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	10–11 : 1	8–10 : 1	1–1 : 1	–	–	–
	III гіпер-	<i>M</i>	11 : 1	9 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	11–12 : 1	9–9 : 1	1–2 : 1	–	–	–
Сперма (сп. пл. + кл. *)	I гіпо-	<i>M</i>	14 : 1	7 : 1	2 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	14–18 : 1	7–7 : 1	2–2 : 1	–	–	–
	II нормо-	<i>M</i>	11 : 1	8 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	11–11 : 1	8–9 : 1	1–1 : 1	–	–	–
	III гіпер-	<i>M</i>	11 : 1	7 : 1	1 : 1	–	–	–
		<i>lim</i>	10–11 : 1	7–8 : 1	1–2 : 1	–	–	–
Спермальна плазма : сперматозоїди	I гіпо-	<i>M</i>	69 : 1	33 : 1	7 : 1	5 : 1	4 : 1	5 : 1
		<i>lim</i>	63–92 : 1	29–39 : 1	6–10 : 1	4–5 : 1	3–4 : 1	5–5 : 1
	II нормо-	<i>M</i>	44 : 1	31 : 1	4 : 1	4 : 1	3 : 1	4 : 1
		<i>lim</i>	39–47 : 1	28–31 : 1	4–6 : 1	4–4 : 1	3–4 : 1	4–4 : 1
	III гіпер-	<i>M</i>	31 : 1	20 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	3 : 1
		<i>lim</i>	29–33 : 1	20–21 : 1	3–5 : 1	3–3 : 1	2–2 : 1	2–3 : 1

Проведений аналіз отриманих співвідношень вмісту іонів вказує на те, що гіпо- та гіперфункцію паренхіми яєчка не можна вважати чинником, який суттєво змінює гомеостаз різномірних пар $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ та $Na^+ : K^+$ у спермальній плазмі, сперматозоїдах і спермі. Однак зміна концентрацій між спермальною плазмою та сперматозоїдами суттєво впливає на рівновагу іонів у системі «клітина – середовище». Якщо гіпофункція тканин яєчка викликає збільшення величини співвідношень, то їх гіперфункція – зменшення. Проте співвідношення одноіменних пар $Ca^{2+} : Ca^{2+}$, $K^+ : K^+$ та $Na^+ : Na^+$ між спермальною плазмою та сперматозоїдами не зазнають суттєвих змін. Визначені для них незначні (± 1 частина вмісту) параметри змін пов'язані з гіпо- та гіперфункцією секреторних тканин статевих органів.

Із викладеного випливає, що розбіжність (контроверзність) параметрів концентрації та співвідношень Ca^{2+} , K^+ та Na^+ у спермальній плазмі, сперматозоїдах і між ними слід розглядати як результат діяльності генеративних біохімічних і біофізичних процесів, інтенсивність перебігу яких формує низьку або високу біологічну повноцінність сперматозоїдів, створює умови їх активного або пасивного транспорту потоками, сім'япроводами та каналами репродуктивних органів. Тому другий етап досліджень скерований на вивчення особливостей гомеостазу іонів у тканинах яєчка, головки та хвоста придатка, сім'япроводу та його ампули, міхурцевої та передміхурової залоз (табл. 3, 4). Якщо виходити з наведеної вище тези, то визначені у тканинах статевих органів бугая параметри концентрації Ca^{2+} , K^+ та Na^+ свідчать, що

інтенсивність транспорту сперми каналом сім'япроводу до його ампули забезпечує співвідношення високої концентрації K^+ (181 мМ) та середньої Ca^{2+} (8,9 мМ) і Na^+ (235 мМ) сперматозоїдогенних тканин яєчка та плазмогенних тканин головки та хвоста придатка. Співвідношення $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ та $Na^+ : K^+$ у них відповідно становить 26 : 1, 20 : 1 та 1 : 1. Процес виділення тканинами головки придатка у сім'япровід секретів плазми забезпечує дуже висока концентрація Na^+ (278 мМ) і Ca^{2+} (10,1 мМ) та середня – K^+ (81 мМ) у тканинах головки придатка. Однак за збережених майже однакових із тканинами головки рівнів концентрації K^+ (77 мМ) і Na^+ (249 мМ) рівень концентрації Ca^{2+} (6,8 мМ) у хвості придатка низький. Тобто визначена контроверзність рівнів концентрацій приводить до того, що показники співвідношень $Na^+ : Ca^{2+}$ та $K^+ : Ca^{2+}$ (26 : 1 та 8 : 1 проти 37 : 1 та 11 : 1) у них суттєво різні, але $Na^+ : K^+$ (3 : 1 та 3 : 1) – однакові.

Таблиця 3

Концентрація іонів у тканинах статевих органів (мМ)

Генеративні органи	Статистичний показник	Ca^{2+}	K^+	Na^+
Яєчко	$M \pm m$	$8,90 \pm 0,20$	$181,11 \pm 6,44$	$235,00 \pm 9,29$
	lim	8,6–9,3	174–194	220–252
Головка придатка	$M \pm m$	$10,05 \pm 0,09$	$80,92 \pm 0,48$	$278,10 \pm 4,31$
	lim	9,9–10,2	80–82	275–288
Хвіст придатка	$M \pm m$	$6,76 \pm 0,17$	$76,88 \pm 1,11$	$249,44 \pm 1,21$
	lim	6,4–7,0	75–79	247–251
Сім'япровід	$M \pm m$	$5,07 \pm 0,19$	$41,69 \pm 1,29$	$171,51 \pm 6,43$
	lim	4,9–5,4	40–44	165–184
Ампула сім'япроводу	$M \pm m$	$7,75 \pm 0,09$	$137,63 \pm 1,24$	$196,28 \pm 2,26$
	lim	7,6–7,9	135–140	189–202
Міхурцева залоза	$M \pm m$	$8,53 \pm 0,27$	$114,11 \pm 1,32$	$232,38 \pm 3,16$
	lim	8,4–8,7	112–115	227–243
Передміхурова залоза	$M \pm m$	$6,87 \pm 0,25$	$98,27 \pm 1,41$	$154,38 \pm 2,29$
	lim	6,6–7,0	96–99	149–161

Таблиця 4

Співвідношення іонів у тканинах статевих органів (ч. в.)

Генеративні органи	Статистичний показник	$Na^+ : Ca^{2+}$	$K^+ : Ca^{2+}$	$Na^+ : K^+$
Яєчко	M	26 : 1	20 : 1	1 : 1
	lim	26–27 : 1	20–21 : 1	1–1 : 1
Головка придатка	M	26 : 1	8 : 1	3 : 1
	lim	28–28 : 1	8–8 : 1	3–3 : 1
Хвіст придатка	M	37 : 1	11 : 1	3 : 1
	lim	36–39 : 1	11–12 : 1	3–3 : 1
Сім'япровід	M	34 : 1	8 : 1	4 : 1
	lim	34–34 : 1	8–8 : 1	4–4 : 1
Ампула сім'япроводу	M	25 : 1	18 : 1	1 : 1
	lim	25–26 : 1	18–18 : 1	1–1 : 1
Міхурцева залоза	M	27 : 1	13 : 1	2 : 1
	lim	27–28 : 1	12–13 : 1	2–2 : 1
Передміхурова залоза	M	23 : 1	15 : 1	2 : 1
	lim	23–23 : 1	14–15 : 1	2–2 : 1

Найменшу концентрацію Ca^{2+} (5,1 мМ) і K^+ (42 мМ) та середню Na^+ (172 мМ) визначили у тканинах сім'япроводу. Це дозволяє припустити, що високий (4 : 1) рівень

співвідношень концентрації $Na^+ : K^+$, який координує інтенсивність роботи механізму їх іонної помпи, дозволяє утвореній генеративною тканиною яєчка, головки та хвоста придатка спермі переміститися із статевих органів калитки до ампули сім'япроводу.

На інтенсивність роботи вказаного механізму може також впливати низьке співвідношення $Na^+ : K^+$ (1 : 1) і високе $K^+ : Ca^{2+}$ (18 : 1) у тканинах ампули сім'япроводу. Очевидно саме ці показники – рушійна сила біохімічних і біофізичних іонних і молекулярних процесів, що забезпечують транспорт сперми вивідними протоками генеративних органів і каналом сім'япроводу до його ампули.

Кінцеву ланку транспорту сперми бугая завершує однаковий гомеостаз Ca^{2+} , K^+ та Na^+ у тканинах міхурцевої та передміхурової залоз. Їх секреторну плазмогенну функцію забезпечують майже однакові співвідношення $Na^+ : Ca^{2+}$, $K^+ : Ca^{2+}$ та $Na^+ : K^+$. Межа коливань співвідношень $Na^+ : Ca^{2+}$ у тканинах вказаних залоз становить 23–28 : 1, $K^+ : Ca^{2+}$ – 12–15 : 1, $Na^+ : K^+$ – 2 : 1. Це означає, що різниця між максимальними та мінімальними значеннями для співвідношень $Na^+ : Ca^{2+}$ складає 5 частин вмісту Na^+ , а для $K^+ : Ca^{2+}$ – 3 частини вмісту K^+ . Однак розбалансованість співвідношень вмісту $Na^+ : K^+$ – незначна, оскільки значення їх числового виразу однакові (2 : 1).

Висновки

Гіпо- та гіперфункції сперматозоїдогенної та секреторної тканин статевих органів бугая, які визначають величину контроверзності рівнів гомеостазу іонів у системі «клітина – середовище», регулюють інтенсивність перебігу біохімічних і біофізичних процесів у нативній і кріоконсервованій спермі. Можливо, що саме з цієї причини сперматозоїди в еякулятах з їх низькою та високою концентрацією не витримують екстремальних умов заморожування сперми до $-196\text{ }^\circ\text{C}$.

Бібліографічні посилання

1. **Зв'язок** концентрації іонів Ca^{2+} , K^+ , Na^+ з біологічною повноцінністю сперматозоїдів / Г. В. Максим'юк та ін. // Медична хімія. – 2003. – Т. 5, № 3. – С. 85–89.
2. **Максим'юк Г. В.** Активність Na^+ , K^+ і Ca^{2+} , Mg^{2+} -АТФаз та вміст K^+ , Na^+ і Ca^{2+} у спермі чоловіків при нормо- і олігоспермії // Г. В. Максим'юк, З. Д. Воробець, В. М. Беседін // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. Сер. біологія. – 2001. – Вип. 34. – С. 8–10.
3. **Максим'юк Г. В.** Особливості гомеостазу жирних кислот у системі «клітина – середовище» // Світ медицини та біології. – 2007. – № 4. – С. 14–18.
4. **Максим'юк Г. В.** Вміст і співвідношення Ca^{2+} , K^+ , Na^+ у тканинах organa genitalia scrotum bovina // Біологічні студії / Studia Biologica. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 91–96.
5. **Мартиросов С.** Бионасосы – работы клетки? – М. : Радио и связь, 1981. – 144 с.
6. **Технологія** одержання сперми і способи оцінки життєздатності сперматозоїдів / УААН та ін.; В. П. Буркат та ін. – Оброшино, 2006. – 42 с.
7. **Оцінка** впливу умов кріоконсервації на гомеостаз Ca^{2+} , K^+ , Na^+ у сперматозоїдах і спермальній плазмі / Г. В. Максим'юк та ін. // Клінічна та експериментальна патологія. – 2005. – Т. 4. – С. 116–120.
8. **A continuous spectrophotometric assay for aspartate transcarbamylase and ATPases** / C. E. Rieger et al. // Analytical Biochemistry. – 1997. – Vol. 246. – P. 86–95.
9. **Oxender D.** Membrane transport // Ann. Rev. Biochem. – 1972. – Vol. 41. – P. 774–814.
10. **Pradip K.** A quick assay for Na^+ - K^+ -ATPase specific activity // Z. Naturforsch. – 2002. – Vol. 57. – P. 562–564.
11. **Schwartz A.** The sodium-potassium adenosine triphosphatase: Pharmacological and biochemical aspects // A. Schwartz, G. Lindenmayer, J. Allen // Pharmacological Rev. – 1975. – Vol. 27. – P. 3–314.

Надійшла до редколегії 09.04.2011