

УДК 612.46.017.2

О. Г. Терлецька

Буковинська державна медична академія,  
м. ЧернівціОСОБЛИВОСТІ ПРОКСИМАЛЬНОГО  
ТА ДИСТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ІОНІВ  
НАТРІЮ В НЕФРОНІ ЗА УМОВ  
ЗМІНЕНОГО ФОТОПЕРІОДУ**Ключові слова:** іони  $Na^+$ ,  
проксимальний та дистальний  
транспорт, епіфіз, мелатонін,  
мезор, амплітуда, акрофаза.**Резюме.** Досліджено особливості транспорту іонів  $Na^+$  за умов гіпо- й гіперфункції епіфіза в різних ділянках нефрону. Обговорено вплив зміненого фотоперіоду, як одного з вагомих чинників навколишнього середовища, на екскрецію ниркою іонів  $Na^+$ , виявлені адаптаційно-приспосувальні можливості та зміни транспортних процесів у нефроні, внаслідок дії стресу: постійного яскравого освітлення або тривалої суцільної темряви.**Вступ**

Важливим напрямком досліджень у фізіології нирок та водно-сольового обміну залишається вивчення закономірностей реорганізації цієї системи в процесі еволюції та адаптації до певних екологічних умов. Фотоперіодизм – це екологічний фактор, на основі якого формується добова ритміка: при зміні дня та ночі змінюється активність обміну, інтенсивність дихання, серцебиття, діурез, що є важливим фактором пристосування тварин до умов навколишнього середовища. Відома роль шишкоподібного тіла, як органа, причетного до участі у фотоперіодичних механізмах довготривалої адаптації, яку пов'язують із хімічним індикатором фотоперіодичних циклів – мелатоніном [1,2,5-8].

У нефроні розрізняють біля 12 різноманітних ділянок, кожна з яких володіє особливостями транспорту різноманітних речовин, біологічне значення такої гетерогенної структури полягає в розширеній модуляції транспортних процесів [4]. Процеси, що проходять у нефроні, в першу чергу, спрямовані на підтримання оптимальної концентрації іонів  $Na^+$  в міжклітинній рідині.

**МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ**

Виявити особливості проксимального та дистального транспорту іонів  $Na^+$  в нефроні за умов гіпо- та гіперфункції епіфіза.

**МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ**

Експерименти виконані на статевозрілих самцях білих щурів масою 0,15-0,18 кг, розділених на три групи:

- перша – 40 тварин, яких впродовж семи діб утримували за умов постійного освітлення інтенсивністю 500-600 Лк (24С : 0Т) – моделювання гіпофункції шишкоподібного тіла (ШТ);

- друга – 40 тварин, яких впродовж семи діб утримували в повній темряві (0С : 24Т) – моделювання гіперфункції ШТ;

- третя – 40 тварин були контрольною групою, щурів утримували за умов природного освітлення (12С : 12Т).

Експерименти були виконані з догриманням “Загальних принципів експериментів на тваринах”, ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2000).

Хроноритми екскреторної функції нирок впродовж доби досліджували за умов форсованого діурезу з 4-годинним інтервалом. Водне навантаження проводили, підігрітою до 37°C водою в об'ємі 5% від маси тіла. Сечу збирали за 2 год. Евтаназію тварин здійснювали під легкою сфірною анестезією. У плазмі крові та в сечі визначали концентрацію іонів  $Na^+$  методом фотометрії полум'я [3]. Статистичну обробку отриманих результатів проводили на ПЕОМ за параметричними методами статистики, t-критерієм Стьюдента і методом “Косинор-аналізу”.

**ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Проведені дослідження свідчать про суттєві зміни екскреторної функції нирок за умов, як постійної темряви, так і яскравого постійного освітлення, і проявилися в зниженні рівня діурезу та збільшенні екскреції натрію й калію.

У проксимальному каналці проходить ізоосмотична об'ємна реабсорбція, яка сприяє пасивній дифузії іону. Концентрація іонів  $Na^+$  та осмолярність рідини в порожнині каналця вздовж проксимальної ділянки не змінюється й дорівнює відповідним показникам плазми.

Максимальна величина проксимального транспорту іонів  $Na^+$  впродовж доби в розрахунку на 2 год за умов гіпо- та гіперфункції відповідає

24.00 год ( $p < 0,01$ ,  $p_1 < 0,001$ )<sup>1</sup>, а за умов контролю – 12.00 год дня. Амплітуда ритму в порівнянні з контрольним падає в обох експериментальних моделях більше, ніж на 70% ( $p < 0,001$ ,  $p_1 < 0,001$ ). Але за умов гіперфункції циркадіанна крива ритму проксимального транспорту за своєю структурою симетрична контрольній хронограмі. Зміщення акрофази проходить тільки за умов гіпофункції пінеальної залози з 18.00 на 09.00 год.

Циркадіанна ритміка проксимального транспорту іонів  $\text{Na}^+$  у розрахунку на 100 мкл клубочкового фільтрату за умов зміненого фотоперіоду представлена на рис. 1. Амплітуда ритму при гіпофункції зростає майже в 4 рази порівняно з контрольним ( $p < 0,001$ ) при гіперфункції залишається в межах контрольної величини. Відбувається зміщення акрофази з 14.00 год у контролі на 20.00 та 15.00 год відповідно за умов гіпо- та гіперфункції шишкоподібного тіла.

Мезор проксимального транспорту іонів  $\text{Na}^+$  у розрахунку на 100 мкл клубочкового фільтрату зростає на 34% ( $p < 0,001$ ), при гіперфункції він залишався в межах контрольної величини, що було віддзеркаленням мезорів концентрації в плазмі даного іона й підтвердженням того, що процеси реабсорбції в проксимальній ділянці нефрона базуються на пасивній дифузії іонів натрію (рис.2).

Дистальний транспорт іонів  $\text{Na}^+$  відбувається завдяки натрієвим каналам і є активним на протилежному проксимальному. Мезор дистального транспорту іонів  $\text{Na}^+$  в розрахунку на 100 мкл клубочкового фільтрату при гіпофункції зростає на 42 % ( $p < 0,001$ ), а при гіперфункції – на 93% ( $p_1 < 0,001$ ). При гіпофункції циркадіанна крива є інвертованою відносно контрольної; при гіпер-

функції ритміка хронограми відповідає контрольній з незначним зміщення акрофази на одну годину (рис. 3). Хроноритмічні криві гіпо- та гіперфункції шишкоподібного тіла є інвертованими також одна відносно одної. Амплітуди ритмів зростають у 2 рази ( $p < 0,001$ ) та 2,7 рази ( $p_1 < 0,001$ ) відповідно при гіпо- та гіперфункції епіфіза.

У двох експериментальних моделях відчутно збільшується дистальний транспорт іонів натрію, особливо за умов постійної темряви. Зміна добової ритміки, її повна інверсія при гіпофункції, говорить про десинхроноз активного транспорту іонів натрію; при гіперфункції зміни носять менш виражений характер і зпряманість з контрольним ритмом.

За умов зміненого фотоперіоду збільшується секреція альдостерону. В свою чергу секрецію альдостерону стимулюють адренкортикотропний гормон (АКТГ), ангіотензин II та підвищена концентрація іонів калію в плазмі. Саме ангіотензин II збільшує реабсорбцію натрію шляхом стимуляції секреції альдостерону. Під впливом альдостерону в нирці ссавців зростає кількість  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ азних насосів [4], які беруть участь в активному дистальному транспорті іонів натрію. Активація дистального транспорту іонів натрію за умов постійної темряви спостерігається саме в нічний проміжок часу, а при гіпофункції величини дистального транспорту в нічний період поступають денним. Тобто при гіпофункції реабсорбція іонів натрію здійснюється завдяки альдостероновому механізму. При гіперфункції, навпаки, нічний рівень дистального транспорту іонів натрію вище в порівнянні з денним і таке підвищення здатний забезпечити механізм, в якому бере участь саме мелатонін, оскільки максимум концентрації гормону в плазмі спостерігається о 02.00-03.00 год [6].

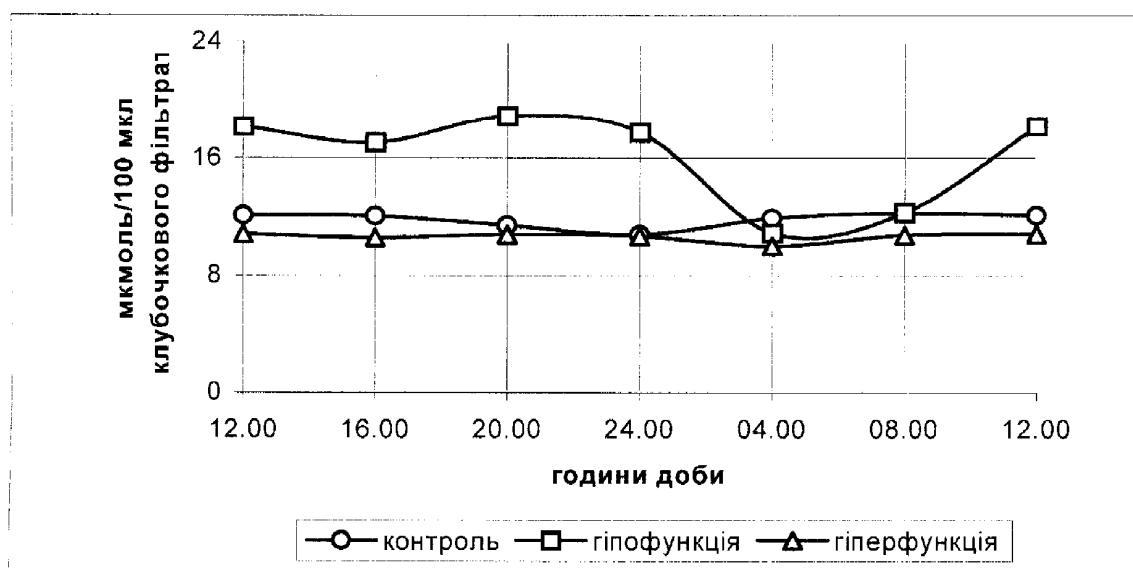


Рис. 1. Добова ритміка проксимального транспорту іонів натрію при гіпо- та гіперфункції шишкоподібного тіла

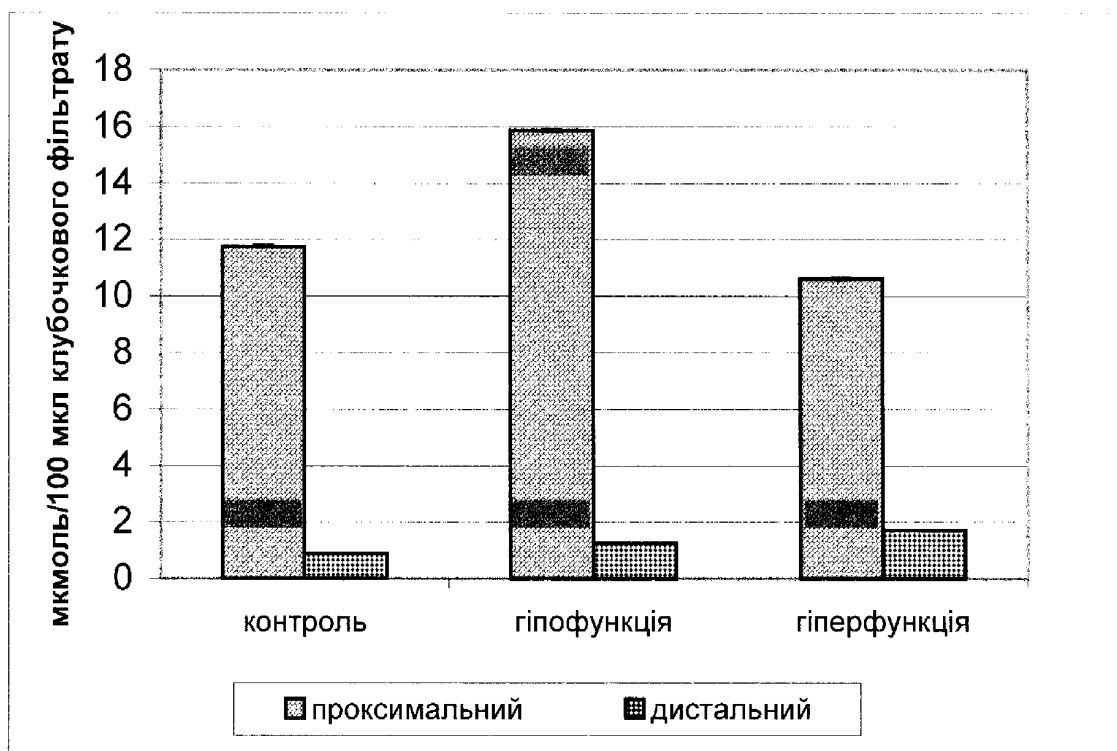


Рис.2. Середньодобові величини проксимального та дистального транспорту іонів натрію за умов зміненого фотоперіоду

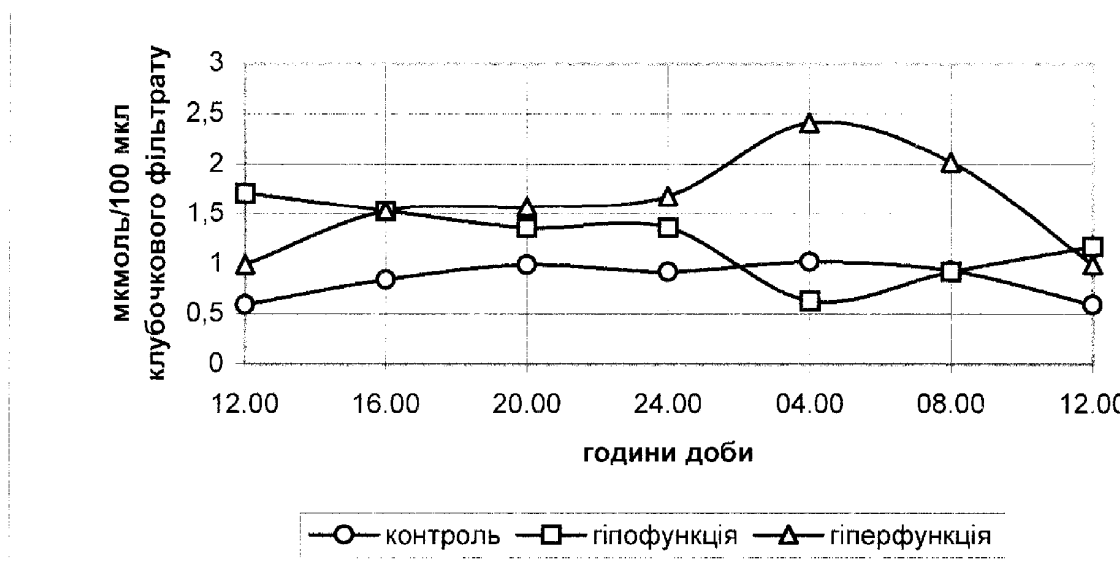


Рис. 3. Хроноритмічна характеристика дистального транспорту іонів натрію за умов гіпо- та гіперфункції шишкоподібного тіла

Стимуляцію секреції альдостерону реїном можна розглядати як важливий, але не єдиний фактор, який має відношення до підтримання водно-сольового обміну.

Проксимальний транспорт іонів натрію зростає тільки за умов постійного освітлення, що корелює з його вмістом у плазмі крові, рівень якого суттєво збільшений (на 35%) у порівнянні з контролем.

У ході нашого експерименту проксимальний транспорт іонів натрію в розрахунку на 100 мкл клубочкового фільтрату при гіпофункції збільшується, тобто іде проникнення іонів натрію з плазми дифузним шляхом за градієнтом концентрації. При гіперфункції проксимальний транспорт, навпаки, зменшується порівняно з контролем, хоча концентрація іонів натрію в

плазмі в обох групах тотожні. Проксимальний транспорт не залежить від впливу альдостерону, при гіперфункції шишкоподібного тіла, можливо, саме гормональноактивні сполуки залози, в тому числі й мелатонін, здатні до пригнічення реабсорбції натрію, що не відбувається при гіпофункції шишкоподібного тіла, коли залоза знаходиться в стані мінімальної фізіологічної активності, внаслідок впливу яскравого постійного освітлення.

### ВИСНОВКИ

1. Кардинальна зміна освітлення – вагомий фактор стресу для екскреторної функції нирок, а саме, для процесів проксимального та дистального транспорту в нефроні, коли суттєво змінюється добова ритміка, особливо гостро за умов гіпофункції пінеальної залози.

2. Мелатонін, як хімічний індикатор фотоперіодичних процесів, впливає на ренін-ангіотензин-альдостеронову систему, здатний до певної кореляції її гормонального впливу на нирки, особливо, при зміні фотоперіоду.

### ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Подальші дослідження дадуть змогу глибше зрозуміти адаптаційні механізми нирок за умов зміни факторів навколишнього середовища, а саме фотоперіоду.

**Література.** 1. Анисимов В.Н. Физиологические функции эпифиза (геронтологический аспект) // Рос. физиол. ж. – 1997. – №8. – С. 1–13. 2. Заморський І.І. Вплив мелатоніну і різного фотоперіоду на виживання шурів за гострої гіпоксії // Одеськ. мед. ж. – 1998. – №6. – С. 23-25. 3. *Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник /* Меньшиков В.В., Делекторская Л.Н., Золотницкая Р.П. и др. – М.: Медицина, 1987. – 368 с. 4. Наточин Ю. В. Некоторые принципы эволюции функций на клеточном, органном и организменном уровнях (на примере почки и водно-солевого гомеостаза) // Ж. общей биол. – 1988. – Т. 48, № 3. – С. 3-23. 5. Пішак В.П. Шишкоподібне тіло і біохімічні основи адаптації. – Чернівці, 2003. – 152 с. 6. Пішак В.П., Кривич Н.В.

Биологические ритмы экскреторной функции почек у больных гипотиреозом // Биол. эксперим. биол. и мед. – 1998. – Т. 125, №6. – С. 684-688. 7. Campbell Scott S., Murphy Patricia J. Phase shifting of the human circadian clock by extracellular light input pathways // Abstr. 27<sup>th</sup> Annu. Meet. Amer. Soc. Photobiol. (July 10-15) – Washington, D.C. (USA). – Photochem. and Photobiol. – 1999. – P. 5-6. 8. Farrace S. Endocrine and psychological aspects of human adaptation to the extreme // Physiology and Behavior. – 1999. – Vol.66, №4. – P. 613-620.

### ОСОБЕННОСТИ ПРОКСИМАЛЬНОГО И ДИСТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ИОНОВ НАТРИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОГО ФОТОПЕРИОДА

*О. Г. Терлецкая*

**Резюме.** Исследованы особенности транспорта ионов  $\text{Na}^+$  при условиях гипо- и гиперфункции эпифиза в разных участках нефрона. Обсуждено влияние измененного фотопериода, как одного из существенных факторов внешней среды, на экскрецию почкой ионов  $\text{Na}^+$ . выявлены адаптационно-приспособительные возможности, а также изменения транспортных процессов в нефроне, вследствие действия стресса: постоянного яркого освещения или длительной темноты.

**Ключевые слова:** ионы  $\text{Na}^+$ , проксимальный и дистальный транспорт, эпифиз, мелатонин, мезор, амплитуда, акрофаза.

### PECULIARITIES OF THE SODIUM IONS PROXIMAL AND DISTAL TRANSPORT UNDER CONDITIONS OF VARYING PHOTOPERIOD

*O. G. Terletska*

**Abstract.** The authors have investigated the peculiarities of the Sodium Ions Transport under conditions of epiphyseal hypo- and hyperfunctioning in different portions of the nephron. The influence of a varying photoperiod as one of the essential environmental factors of the Sodium Ions renal excretion has been discussed. Adaptive-adjustable potential as well as changes of transport processes in the nephron under the influence of stress – permanent bright illumination and prolonged darkness, have been detected.

**Key words:** sodium ions, proximal and distal transport, epiphysis, melatonin, mesor, amplitude, akrophase.

**Bukovinian State Medical Academy (Chernivtsi)**

*Clin. and experim. pathol.* – 2004. – Vol.3, №1 – P.111–114.

Надійшла до редакції 08.01.2004