

Закономірності перехідних процесів, що виникають при зміні температури тіла кроликів після рентгенівського опромінення

В. К. Ткач, В. І. Бойко

Відділ радіаційної біофізики Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

Експериментальними дослідженнями ряду авторів було встановлено, що при гострій і хронічній формах променевої хвороби у різних тварин відзначаються зміни температури тіла [2, 3, 5, 6, 7, 10].

Вивчення закономірностей цих змін дозволило встановити, що звичайно протягом перших годин після опромінення спостерігається підвищення ректальної температури, величина і тривалість якого, за літературними даними, залежать від часу, що минув після опромінення, виду тварин і деяких інших факторів. В наступні години і дні температура поступово знижується і, за даними окремих авторів [7], досягає вихідного рівня, а за вказівками інших дослідників [5] падає нижче вихідних величин, які спостерігались до опромінення. Деякі автори відзначають хвилеподібні коливання температури тіла в різні дні після опромінення тварин [2, 8].

Проте в літературі мало відбита чітка залежність закономірностей зміні температури тіла тварин від дози застосованої радіації. Водночас вивчення цих реакцій та їх залежності від дози опромінення має велике значення для патофізіології променевих уражень, радіаційної біофізики і радіобіології, оскільки закономірності температурних реакцій можуть служити додатковим тестом для вивчення механізму дії різних іонізуючих випромінень на організм.

Виходячи з уявлення, що організм є саморегулювальною системою, викликані зміни температури тіла можна розглядати як перехідний процес (режим), кінетичні особливості якого можуть служити показниками його реакцій на різні втручання, в даному випадку на вплив рентгенівських променів.

Особливості такого вивчення температурних реакцій полягають в тому, що критерії, які визначають тип, інтенсивність і кінетичні особливості перехідних процесів, дозволяють оцінювати з певною точністю резистентність організму до впливу іонізуючих випромінень, а також стійкість його функціональних систем, які здійснюють регулювання температури тіла.

В зв'язку з цим ми дослідили особливості перехідних процесів, виражених у змінах температури тіла, в перші години після впливу на організм кроликів різних доз рентгенівського опромінення.

Позначимо величину ректальної температури до опромінення індексом t° д. о. $f(t)$, а її значення після опромінення — t° п. о. $f(t)$, де t — показник часу перехідного процесу.

Якщо організм, як саморегулювальна система, має високу динамічну стійкість регульованих ним констант, в даному випадку температури тіла, то, очевидно, він прагнутиме підтримувати рівність: t° д. о. $f(t) = t^{\circ}$ п. о. $f(t)$.

Але в реальних умовах функціональної діяльності організму не вдається абсолютно точно підтримувати цю рівність в силу інерційності його регулюючих систем. Тому практично після досить інтенсивного впливу на організм протягом деякого часу існуватиме різниця вказа-

них вище значень температури, відмінна від нуля, тобто t° д. о. $f(t) - t^{\circ}$ п. о. $f(t) \neq 0$.

При задовільній якості регулювання температури тіла ця різниця через деякий час швидко зменшуватиметься за певним законом, поки не досягне нульового значення або не зробиться рівною якомусь постійному значенню. В разі погіршення якості регулювання відхилення па-

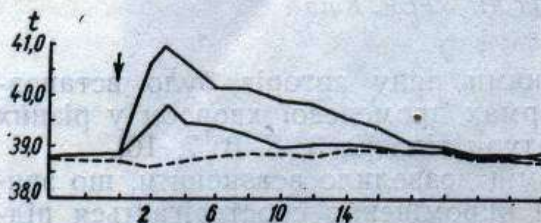


Рис. 1. Зміни температури тіла кроликів (середні значення) після тотального їх опромінення в дозі 300 р (верхня крива) і 100 р (середня крива). Переривиста лінія показує температуру тіла тварин в нормі.

Стрілкою позначено момент опромінення. Числа внизу показують кількість годин, що минули після опромінення.

раметра буде більш значним і час досягнення температурою вихідного рівня відповідно збільшиться.

Зміни даного параметра в часі після здійснення на організм досить інтенсивного впливу і становлять перехідний процес [4].

Його кінетичні особливості, так само як і величина зазначеної вище різниці, і деякі інші властивості можуть бути використані для оцінки стійкості організму до впливу та якості регулювання ним цього параметра (температури тіла).

Методика досліджень

Вивчення перехідних процесів було проведене на двох групах кроликів по десять тварин у кожній. Для дослідів брали кроликів породи шиншила вагою 2,4–2,6 кг. У всіх тварин за два-три дні до опромінення провадили на протязі 24 годин запис ректальної температури за допомогою електронного автоматичного потенціометра типу ЕПП-09М. До початку дослідів тварин привчали до перебування в спеціальних фіксуєючих клітках.

Для того, щоб тварина не відчувала незручностей, клітки були виготовлені так, щоб тварина могла зберігати природне положення тіла під час усього досліді.

Експериментальних тварин опромінювали на рентгенустановці типу РУМ-11 за таких умов: напруга 180 кВ, сила струму 15 мА, фільтри — 0,5 мм Cu + 1,0 мм Al, шкірно-фокусна відстань 60 см, потужність дози 15,5 р/хв. Загальна доза опромінення — 100 р для однієї групи тварин і 300 р для іншої групи.

Через 5–7 хв після опромінення тварин поміщали в ті самі клітки і потім протягом 24 год проводили безперервний запис ректальної температури.

Результати досліджень

На основі обчислення середніх значень температури для кожної групи тварин, які були піддані дії певної дози радіації, були побудовані графіки перехідних процесів ректальної температури, наведені на рис. 1.

Типові графіки індивідуальних процесів наведені на рис. 2 і 3. Вони дають можливість переконатись у тому, що вплив радіації приводить до закономірного підвищення ректальної температури, яке приблизно через 3 год після опромінення досягало максимуму, а потім відбувалось поступове її зниження, яке тривало протягом 20–24 год, причому після застосування великої дози радіації виникає і більш виражений перехідний процес, який згасає з меншою швидкістю.

Для кількісної оцінки їх величини ми, у відповідності з уявленням теорії саморегульованих систем [4], підраховували «площу регулювання», обмежену кривою перехідного процесу і рівнем вихідної температури.

Одержані показники площі наведені в таблиці для кожної із застосованих доз радіації. Вони дають можливість переконатися в тому, що у всіх тварин, підданих дії більш інтенсивної дози, «площа регулювання» завжди більша, так само як і максимум перехідного процесу характеризується більшим значенням (див. рис. 1).

За своїми кінетичними особливостями спостережувані перехідні процеси наближаються до аперіодичного типу, що дозволяє відобрази-

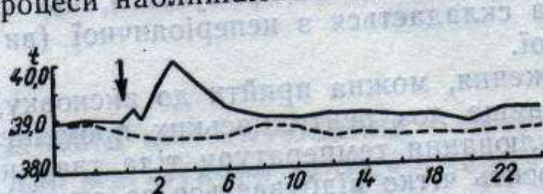


Рис. 2. Зміни ректальної температури кролика № 8 після тотального опромінення в дозі 100 р.

Позначення такі самі, як і на рис. 1.

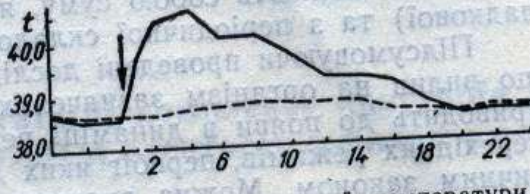


Рис. 3. Зміни ректальної температури кролика № 2 після тотального опромінення в дозі 300 р.

Позначення такі ж самі.

ти особливості їх перебігу в часі за допомогою такої експоненціальної залежності: $t^{\circ} = CL_i - Kt$, де K — згасання перехідного процесу, T — час його існування, t° — значення ректальної температури в різні моменти після дії радіації.

Користуючись цим рівнянням, ми побудували напівлогарифмічний графік залежності ректальної температури від часу, тобто графік $\ln t^{\circ} = f(t)$, з нахилу якого визначали згасання перехідного процесу

Обчислення показують, що для дози 100 р $K = 6 \cdot 10^{-4} \frac{1}{год}$, а для дози 300 р $K = 11 \cdot 10^{-4} \frac{1}{год}$.

Ці дані вказують на те, що згасання перехідного процесу також залежить від дози радіації.

Аналіз особливостей індивідуальних перехідних процесів дозволив прийти до висновку, що для кожної тварини, яка була піддана дії однакової кількості енергії випромінювання, тип процесу не змінюється — для всіх тварин він залишається аперіодичним.

Проте ряд їх характеристик — максимальне відхилення температурних значень, швидкість її наростання, величина згасання і «площа регулювання» мають дещо відмінні значення для кожної тварини. Очевидно, ця особливість відбиває певним чином індивідуальну специфіку регулювання температури тіла. Така особливість не викликає здивування, тому що, за літературними даними, у окремих індивідуумів існують значні відмінності в динаміці регулювання вегетативних функцій [4, 9, 11].

Результати підрахування «площі регулювання», обмеженої кривою перехідного процесу і рівнем вихідної температури

№ кроликів	S см ² (доза 100 р)	№ кроликів	S см ² (доза 300 р)
1	74,4	1	190,0
2	53,3	2	300,1
3	35,0	3	258,9
4	37,8	4	214,8
5	150,2	5	195,0
6	57,2	6	172,1
7	73,0	7	196,3
8	24,6	8	162,2
9	25,4	9	269,5
10	16,2	10	120,0
Середнє значення ($M \pm m$)	54,7 $\pm$ 12,3		207,9 $\pm$ 17,2

З графіків 1, 2 можна побачити, що даний тип перехідних процесів можна віднести до категорії аперіодичних тільки з деяким наближенням, оскільки звичайно зміна температури після опромінення відбувається не строго за законом експоненти, а зазнає невеликих коливань від її «ідеального» значення. При цьому цікаво відзначити, що інтенсивність цих коливань підвищується при збільшенні дози опромінення. Відсутність чіткої періодичності дозволяє припустити, що ці коливання являють собою суму, яка складається з неперіодичної (випадкової) та з періодичної складової.

Підсумовуючи проведені дослідження, можна прийти до висновку, що вплив на організм зазначених вище доз рентгенівських променів приводить до появи в динаміці регулювання температури тіла тварин перехідних режимів, перебіг яких досить чітко відбувається за аперіодичним законом. Можна вважати, що їх виникнення та особливості перебігу в часі відбивають певним чином діяльність регулюючих систем організму, спрямовану на підтримання сталої температури тіла тварини.

В цьому сенсі стає зрозумілим більш виражений і тривалий перехідний процес після впливу значніших доз радіації, оскільки чим сильніший вплив відчуває організм, тим виразніше позначається ефект регулювання, що в даному випадку проявляється в різних за інтенсивністю перехідних процесах після застосування доз в 100 і 300 р.

Висновки

1. Рентгенівське опромінення кроликів в дозах 100 і 300 рентгенів приводить до виникнення в організмі тварин перехідних процесів, які проявляються в змінах ректальної температури.

2. Інтенсивність, швидкість перебігу, тривалість і «площа регулювання» перехідних процесів збільшуються з підвищенням дози опромінення.

3. За своїми кінетичними особливостями перехідні процеси, фіксовані шляхом вимірювання ректальної температури після опромінення рентгенівським промінням в дозах 100 і 300 рентгенів, можуть бути віднесені до аперіодичного типу.

Література

1. Альбертинский Б. И., Кан П. С., Черниговский В. Н.— Вестник АМН СССР, 1962, 5, 72.
2. Волхова Н. А.— Ежегодник Ин-та exper. медицины, М., 1956, 417.
3. Волхова Н. А.— Мед. радиология, 1961, VI, 6, 53.
4. Дришель Г.— в сб.: Процессы регулирования в биологии, М., 1960, 125.
5. Кадыков Б. И., Лютинский С. И., Баланин В. И.— В сб.: Материалы научной конфер. по патол. физиологии с.-х. животных, М., 1962, 87.
6. Медведева Г. И.— Ежегодник Ин-та exper. медицины, М., 1956, 417.
7. Панкова Г. А.— Сб. диссерт. работ Украинского института усоверш. врачей, Харьков, 1960, 2, 50.
9. Horsters H.— Z. exper. Med., 1932, 83, 72.
10. Inado Coro, Kamio Tatsuro et al.— Nagoya Med. J., 1962, 8, 2, 45.
11. Wachholder K., Franc H.— Pflüg. Arch., 1943, 247, 101.

Надійшла до редакції
13.III 1967 р.