

Температура тіла та виділення тепла у білих щурів під впливом радіальних прискорень

В. В. Мацинін

В літературі є багато відомостей про температурні зміни в тваринному організмі під впливом радіальних прискорень. Ще в 1896 р. співробітник В. М. Бехтерева Є. Т. Боришпольський у дослідях на собаках, морських свинках та інших тваринах, що оберталися на горизонтальному колі, спостерігав зниження ректальної температури на $0,5^{\circ}\text{C}$ або підвищення її на $0,3^{\circ}\text{C}$, відповідно, під впливом прискорень у каудо-краніальному і краніо-каудальному напрямках. Зміни температури тіла тварин під впливом поперечно спрямованих радіальних прискорень вивчали М. М. Сиротинін (1940, 1946, 1961), В. І. Данилейко (1958, 1959, 1961, 1962), М. Н. Зайко і Н. К. Сімеонова (1962), І. І. Потоцька (1962), В. І. Данилейко, А. І. Назаренко і О. С. Савченко (1963) та ін. Зокрема В. І. Данилейко спостерігав зниження ректальної температури білих щурів на $2,5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ після восьмихвилинного впливу прискорення 20 g ; М. Н. Зайко і Н. К. Сімеонова відзначили зниження ректальної температури білих мишей на $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ відразу ж після прискорення в 30 g протягом трьох хвилин і ще на $1\text{--}2^{\circ}$ через півгодини після зупинки центрифуги.

В. І. Данилейко, А. І. Назаренко і О. С. Савченко (1963) крім ректальної температури, вивчали температуру внутрішніх органів у вбитих після впливу прискорень білих щурів і в одній серії дослідів (10 тварин) вимірювали температуру печінки електротермометром під час прискорення в 20 g . Відзначено зниження температури на $3\text{--}8^{\circ}\text{C}$.

Зниження температури під впливом прискорень пов'язують зі зниженням процесів обміну речовин в організмі. Це узгоджується з даними М. І. Путіліна і співробітників (1951—1958) та ін.

Отже встановлено, що температура тіла тварин під впливом радіальних прискорень знижується.

Температуру тіла тварин вимірювали також під час польотів другого та третього радянських кораблів-супутників (В. В. Парін, Р. М. Баєвський, Д. Г. Газенко, 1962). Автори наводять дані про вимірювання температури шкіри і тіла тварин у космічному польоті в дослідженнях Хелві (1959), Трейта (1959), Пауелла (1959), Колкума (1959) і Міллера (1961).

Ми вивчали температурні зміни, що відбуваються в різних ділянках тіла білих щурів безпосередньо під час і після впливу радіальних прискорень від 10 до 40 g ; кількість тепла, виділеного тваринами при прискоренні в 10 і 20 g , температуру тіла тварин при багаторазових прискореннях від $3,6$ до 40 g .

Методика досліджень

Дослідження провадили на білих щурах, віком чотири-п'ять місяців, вагою 130—150 г. Величину прискорень визначали за допомогою спеціального пристрою, що складався з велогенератора і мікроамперметра, шкала якого була проградуйована безпосередньо в одиницях g , за формулою: $g=4Rn^2$, де R — радіус центрифуги, що дорівнює 250 см, n — кількість обертів центрифуги на секунду. Похибка методу не перевищувала 0,1—0,4g.

Тривалість розгону центрифуги від 10 до 45 сек. Напрямок дії прискорень — спина — груди.

Всього проведено три серії досліджень.

У першій серії на 64 білих щурах вивчали температурні зміни одночасно у мозку, м'язах, печінці та прямій кишці при одноразовому впливі прискорень у 10; 20, 30 і 40g. Температуру зазначених органів записували на шостиканальному потенціометрі типу ЕПП-09 з допомогою термоопорів МТ-54 та Т-8М, за методом, описаним В. Я. Березовським і В. І. Мирутенко (1962). Термоопори були відкалібровані так, що на кожну 0,1°С стрілка потенціометра відхилялась на одну поділку шкали.

Абсолютну температуру органів визначали шляхом занурення термісторів перед і після досліду у воду з відомою температурою (В. І. Мирутенко, 1963).

У другій серії досліджень (20 дослідів на 20 тваринах) методом прямої калориметрії вивчали виділення тепла тваринами. Для цього була створена герметична термоізована капсула, між стінками якої заливали 1 л води кімнатної (16—18°С) температури.

Тривалість перебування тварин у цій капсулі 1 год. На протязі усього досліду капсулу вентильовали повітрям з швидкістю 0,5 л/хв.

Кількість тепла, виділюваного тваринами, розраховували в калоріях на 1 кг ваги. Одночасно реєстрували температуру згаданих органів на потенціометрі, як і в першій серії.

В обох цих серіях дослідів тварин вміщували у капсулу і піддавали дії прискорень лише після того, як температура їх тіла лишалась протягом 10—30 хвилин постійною.

У третій серії дослідів вивчали вплив багаторазових прискорень зростаючої величини. Тварин вміщували у звичайні капсули. На протязі 15 днів цих тварин щоденно піддавали дії прискорень від 3,6 до 40g. Кожного разу у них вимірювали ректальну температуру до і після впливу прискорень електротермометром ТЕМП-60. Всього проведено понад 250 вимірювань на 19 тваринах.

Тривалість впливу прискорень в усіх серіях дослідів становила 5 хв (для прискорень 10, 20 і 30g) та 2,5—4 хв (для прискорень у 40g).

Температура повітря в лабораторії під час проведення дослідів була 16—18°С.

Результати досліджень

В усіх дослідах ми спостерігали спочатку зниження температури тіла тварин після дії прискорень, а потім поступове її підвищення.

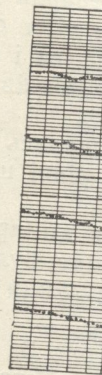
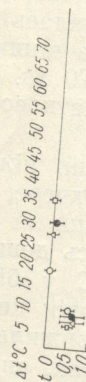
У багатьох дослідах у період розгону центрифуги відзначалось підвищення температури тіла на 0,1—0,3°, тривалістю до 1 хв.

Перша серія. Прискорення у 10 g викликали зниження температури тіла на 0,4—0,7°С (в середньому). Причому максимальне зниження температури спостерігалось через дві-три хвилини після зупинки центрифуги (рис. 1). Щодо окремих органів, то температура мозку і печінки знижувалась на 0,3—0,4°С, а температура м'язів та прямої кишки — на 0,6—0,7°С.

Далі температура цих органів поступово підвищувалась і досягала початкового рівня на 17-й (мозок), 27-й (м'язи), 37-й хвилині (печінка). Ректальна температура у багатьох випадках довгий час лишалась на 0,2°С нижче початкової.

У деяких дослідах температура тіла навіть підвищувалась вище початкової на 0,2—0,5°С після попереднього зниження.

При прискоренні в 20 g (13 тварин) максимальне зниження температури спостерігалось через 8—17 хв після зупинення центрифуги та дорівнювало для печінки — 1,3°С, для мозку, м'язів і прямої кишки — 1,6—1,7°С.



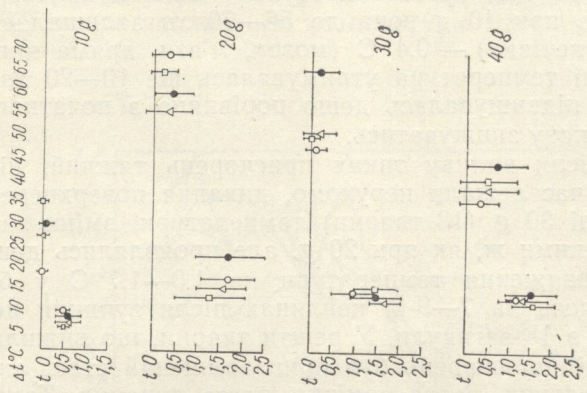


Рис. 3 Температурні зміни в різних органах білих щурів під впливом радіальних прискорень 10, 20, 30, 40 g.

По горизонталі — час у хвиликах, по вертикалі — зниження температури. O — мозок, Δ — м'язи, ● — печінка, — пряма кишка.

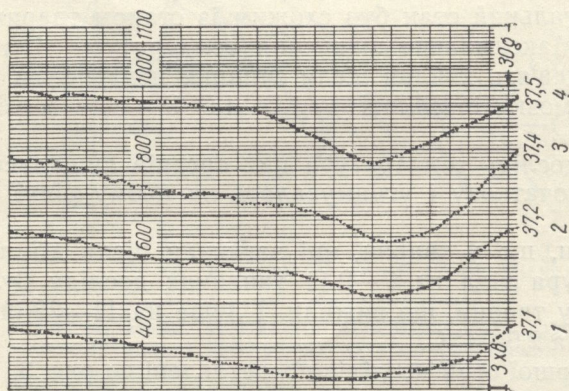


Рис. 2 Температура прямої кишки, печінки, м'язів та мозку білих щурів при дії прискорень 20 g. Позначення див. рис. 1.

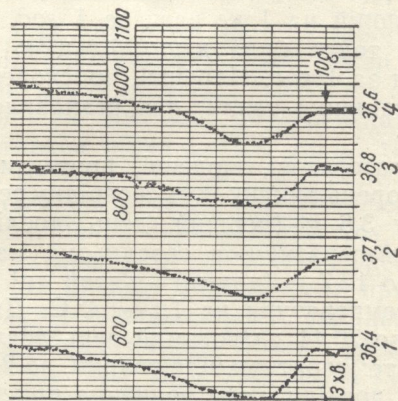


Рис. 1. Температура прямої кишки (1), печінки (2), м'язів (3) та мозку (4) білих щурів при дії прискорень 10 g.

Відхилення кривих ліворуч відповідає зниженню температури. Відстань між двома сусідніми вертикальними поділками відповідає 0,1° C. Стрілками позначений період дії прискорень.

Далі температура цих органів поступово підвищувалась, але на відміну від дослідів при 10 g вона до 56—70 хв залишалась нижче початкової на 0,2 (печінка) — 0,4° С (мозок, м'язи, пряма кишка).

На такому рівні температура утримувалась ще 10—20 хв. У деяких випадках вона підвищувалась дещо порівняно з початковою, а в інших — починала знову знижуватись.

Стан тварин після впливу таких прискорень тяжчий, ніж після 10 g. Вони деякий час лежали нерухомо, дихання поверхневе, часте.

При прискоренні 30 g (18 тварин) температурні зміни за величиною були майже такими ж, як при 20 g, але проявлялись дещо різкіше. Максимальне зниження температури на 1,0—1,7° С у більшості дослідів спостерігалось на 7—9-й хвилині після зупинки центрифуги. Чотири тварини з 18 загинули. У решти тварин, що вижили, у перші хвилини після дії прискорень був приголомшений стан, анемія видимих слизових оболонок, ледве помітне, часте дихання. Температура тіла до 47—65 хв лишалась на 0,1—0,2° С нижче початкової, а в деяких випадках вона дещо перевищувала початкову (рис. 2).

Вплив прискорень у 40 g вивчали на 21 тварині. Тривалість дії прискорень від 2,5 до 4 хв. Більше третини тварин (8 з 21) загинуло. У решти тварин загальний стан був схожим із станом тварин після дії прискорень 30 g. Максимальне зниження температури тіла спостерігалось через сім—дев'ять хвилин після зупинки центрифуги і становило 1,2—1,3° С для мозку і печінки та 1,5—1,6° С — для м'язів та прямої кишки.

До 35—40 хв дослідів температура цих органів лишалась на 0,3—0,7° С нижчою за початкову і утримувалась на цьому рівні ще протягом 15—20 хв.

Слід відзначити, що у тварин, які загинули після дії прискорень 30—40 g температура тіла на 7—9-й хвилині дослідів була майже такою самою, як і у тварин, що вижили. І лише на 11—20-й хвилині вона знижувалась на 2,5—4° С.

Зведені дані першої серії дослідів представлені на рис. 3.

Друга серія. Вивчали виділення тепла тваринами у стані спокою (шість тварин), під впливом прискорення 10 g (сім тварин) і 20 g (сім тварин). Паралельно у цих дослідів записували температуру тіла тварин.

В контрольних дослідів кількість тепла, виділеного тваринами, становила $7,5 \pm 1$ калорій на 1 кг ваги за 1 год. В дослідів при 10 g кількість виділеного тепла була дещо більшою і дорівнювала $9,8 \pm 2$ калорій на 1 кг ваги за 1 год. Нарешті, прискорення у 20 g викликали значне зниження виділення тепла, яке становило $4,7 \pm 0,5$ калорій на 1 кг ваги за 1 год.

Третя серія. Багаторазові, щоденні, протягом 15 днів прогресивно нарастаючі дії прискорень викликають своєрідну реакцію тварин (рис. 4). Так, прискорення у 3,6 g (перший день дослідів) викликали зниження ректальної температури, в середньому на 1,5° С. Повторні дії прискорень від 5,6 до 12,7 g (другий—п'ятий дні дослідів) супроводжувались зниженням температури на 1,1—1,4° С. Дальше збільшення величини прискорень до 20,44 g (восьмий день дослідів) викликало значно більше зниження температури тіла тварин, до 2,0° С.

На 9—12-й дні дослідів, коли величина прискорень досягла 30,6 g, приріст зниження температури тіла становив лише 0,2—0,4° С, і отже загальне зниження температури становило 2,2—2,4° С. Одна тварина загинула при 30,6 g.

Прискорення найбільш
2,8° С до 3—

Рис.
зов

По

Одержані в організмі білих зниженні температури одночасно рівняти реакцій У багатьох (0,1—0,3° С) з намаганням тварин. Дальше під температури тіла кровообігу і зниження температури тіла (рис. 4) (1963; А. С. Барановський). Досить однієї прямої кишки і накових умов дослідів на дію радіоактивних речовин.

Прискорення у 32,7—40 g (13—15-ий дні досліду) супроводжувалося найбільшим зниженням температури тіла, яке досягало від 2,5—2,8° C до 3—3,5° C.

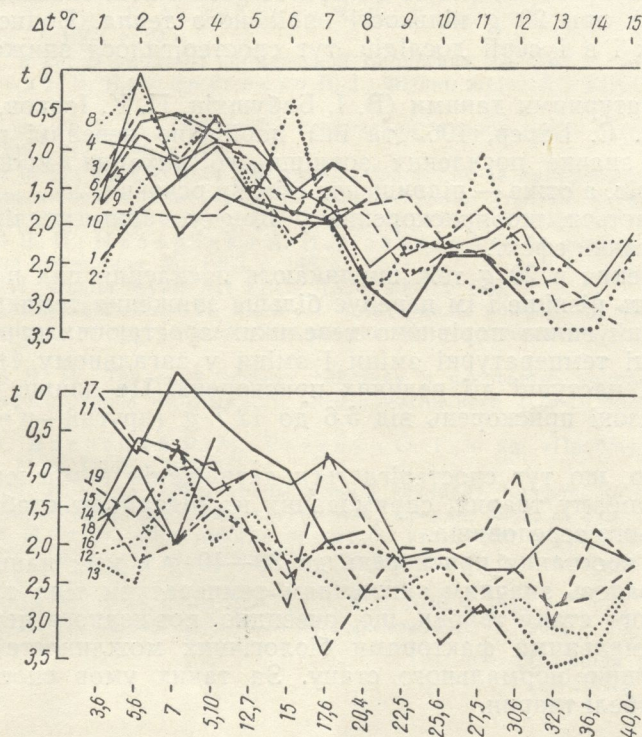


Рис. 4. Зміни температури тіла білих щурів при багаторазовому впливі зростаючих величин радіальних прискорень від 3,6 до 40 g (внизу).

По горизонталі (вгорі) — дні досліду, по вертикалі — зниження температури. 1—19 номери тварин.

Обговорення результатів досліджень

Одержані нами дані показали, що під впливом гіпергравітації в організмі білих щурів відбуваються певні зміни, які проявляються у зниженні температури мозку, печінки, м'язів та прямої кишки.

Застосована у наших дослідках безперервна реєстрація температури одночасно з чотирьох ділянок тіла однієї тварини дозволила порівняти реакцію цих органів на вплив прискорень у динаміці.

У багатьох дослідках на початку дії прискорень відзначалось невелике (0,1—0,3° C) підвищення температури тіла, що можна пов'язати з намаганням тварин активно протидіяти прискоренню.

Дальше підвищення величини прискорень приводило до зниження температури тіла внаслідок порушення зовнішнього дихання, розладу кровообігу і зниження інтенсивності обміну речовин (В. П. Дударев, 1963; А. С. Барер та ін., 1963; В. І. Бабушкін, 1958 та ін.).

Досить одноманітне зниження температури мозку, печінки, м'язів і прямої кишки, органів з різною топографією та функцією, за однакових умов досліду, свідчить про те, що температурна реакція тварин на дію радіальних прискорень носить загальний характер. Наші

дані щодо величини температурних змін в основному збігаються з літературними.

У дослідах по вивченню виділення тепла тваринами було виявлено невелике збільшення (на 13%) при 10 g та більш виявлене зменшення (на 35%) при 20 g кількості виділеного тепла. Водночас в обох випадках, як і в I серії дослідів, тут спостерігалось зниження температури тіла.

За літературними даними (В. І. Бабушкін, П. К. Ісаков, В. П. Малкін, 1963; А. С. Барер, 1962 та ін.) порівняно невеликі прискорення викликають значне посилення зовнішнього дихання, кровообігу, активності м'язів, а отже — підвищення обміну речовин.

Нам здається, що прискорення у 10 g у наших дослідах спричиняють саме такий ефект.

Прискорення в 20 g теж викликають посилення цих процесів, але вони настають пізніше і їм передують зниження температури тіла.

Повторний вплив порівняно невеликих зростаючих прискорень викликає менші температурні зміни і зміни у загальному стані тварин, ніж перша і наступні дії великих прискорень. Це явище спостерігається у діапазоні прискорень від 5,6 до 12,7 g (другий—п'ятий дні дослідів).

Можливо, що тут спостерігається активізація компенсаторних механізмів організму тварин, спрямованих на підтримку стабільності його внутрішнього середовища.

Дальше зростання прискорень до 30—40 g в усіх наших дослідах супроводжувалось значним зниженням температури тіла та погіршенням загального стану тварин, що, очевидно, пов'язано з перевищенням цими екстремальними факторами біологічних можливостей організму по забезпеченню нормального стану. За таких умов спостерігаються випадки загибелі тварин.

Висновки

1. Під впливом радіальних прискорень від 3,6 до 40 g, тривалістю 2,5—5 хв у напрямку спина — груди, у білих щурів спостерігається закономірне зниження температури тіла.

2. Зниження температури починається під час впливу прискорень та продовжується ще від 2 до 15 хв після зупинки центрифуги, а нормалізація або стабілізація її спостерігається через 11—75 хвилин після зупинки центрифуги.

3. Існує пряма кореляція між величиною прискорень, ступенем зниження температури та часом її нормалізації. Вона найбільш виявлена при одноразовій дії прискорень від 10 до 30 g, значно менша при 40 g та багаторазовому впливі зростаючих прискорень від 3,6 до 40 g.

4. Температурні зміни, що відбуваються у мозку, печінці, м'язах та прямій кишці, незважаючи на значну різницю як топографії, так і функції цих органів, досить одноманітні. Отже, зниження температури тіла тварин під впливом радіальних прискорень носять загальний характер.

5. Невелике підвищення кількості виділеного тваринами тепла під впливом прискорень у 10 g, очевидно, пов'язано з посиленням діяльності серцево-судинної системи, зовнішнього дихання, активності м'язів та обміну речовин.

6. Менш виявлену температурну реакцію білих щурів на повторні дії зростаючих величин прискорень від 3,6 до 12,7 g можна розцінювати як результат адаптації або тренуваності.

Бабушкін
Бабушкін
ционная н
Барер А. С.
биол. и мед
Барер А. С.,
Березовськ
с. 827.
Боришполь
3, 1896, с. 2
Данилейко
с. 58; Меди
делируемых
Данилейко
космическая
Дударев В. Г.
Зайко Н. Н.,
ции, тренир
ца, 1962, с. 8
Мирутенко
сверхвысоко
1963.
Парин В. В.,
биологии», М
Потоцкая И.
защитно-прис
Путилин Н. И.
1951; в кн. «
Киев, 1958, с.
Сиротинин М.
Сиротинин Н.

Темпера
пр

В трех сериях
у белых крыс пр
корений.

В 64 опытах
типа ЭПП-09 из
временно в мозг
однократно дейс
температуры этих
ло при 10 g. При
При 30 и 40 g те
Изменение темпер
дило параллельно
турной реакции жи

В 20 опытах
ние у белых крыс
деленного животн
большим, чем у кон

ЛІТЕРАТУРА

- Бабушкин В. И., Военно-мед. журн., № 8, 1959, с. 50.
Бабушкин В. И., Исаков П. К., Малкин В. Б., Усачев В. В., в кн. «Авиационная и космическая медицина», М., 1963, с. 47.
Барер А. С., Голов Г. А., Зубавин В. Б., Тихомиров Е. П., Бюлл. exper. биол. и мед., 7, 1963, с. 24.
Барер А. С., в кн. «Проблемы космической биологии», II, 1962, с. 255.
Березовський В. Я., Мирутенко В. І., Фізіол. журн. АН УРСР, VIII, 6, 1962, с. 827.
Боришпольский Е. С., Обзорение психиатрии, неврологии и exper. психологии, 3, 1896, с. 216—217; 1896, с. 756.
Данилейко В. И., в кн. «Отчет Киевского областн. об-ва патофизиологов», К., 1958, с. 58; Медико-биол. анализ действия экстремальных условий космич. полета, моделируемых в наземной лаборатории. Автореферат дисс., Киев, 1962.
Данилейко В. И., Назаренко А. И., Савченко О. С., в кн. «Авиационная и космическая медицина», М., 1963, с. 146.
Дударев В. П., Фізіол. журн. АН УРСР, IX, 5, 1963, с. 676.
Зайко Н. Н., Симеонова Н. К., в кн. «Материалы конфер. по проблеме адаптации, тренировки и другим способам повышения устойчивости организма». Винница, 1962, с. 8.
Мирутенко В. И., Тепловой эффект действия и некоторые вопросы дозиметрии сверхвысокочастотного импульсного электромагнитного (СВЧ) поля, Дисс., Киев, 1963.
Парин В. В., Бзевский Р. М., Газенко О. Г., в кн. «Проблемы космической биологии», М., 1, 1962, с. 104.
Потоцкая И. И., в кн. «Материалы второй закавказ. конфер. патофизиологов по защитно-приспособит. реакциям организма», Ереван, 1962, с. 315.
Путилин Н. И., в кн. «Физиология процессов утомления и восстановления», Киев, 1951; в кн. «Процессы утомления и восстановления в деятельности организма», Киев, 1958, с. 13; с. 33.
Сиротинин М. М., Мед. журн. АН УРСР, X, 5, 1940, с. 1415.
Сиротинин Н. Н., Патол. физиол. и exper. терапия, 5, 1961, с. 13.

Надійшла до редакції
20.III 1963 р.

Температура тела и тепловыделение у белых крыс при действии радиальных ускорений

В. В. Мацынин

Резюме

В трех сериях опытов изучали температуру тела и тепловыделение у белых крыс при одно- и многократных воздействиях радиальных ускорений.

В 64 опытах методом непрерывной регистрации на потенциометре типа ЭПП-09 изучали температурные изменения, происходящие одновременно в мозге, печени, мышцах и прямой кишке белых крыс при однократном действии ускорений в 10, 20, 30, 40 g. Отмечено снижение температуры этих органов на 0,4—1,7° С, причем минимальным оно было при 10 g. При 20 g температурные сдвиги были вдвое большими. При 30 и 40 g температура снижалась почти так же, как и при 20 g. Изменение температуры изучаемых органов в каждом опыте происходило параллельно, что свидетельствует об общем характере температурной реакции животных на ускорения.

В 20 опытах методом прямой калориметрии изучали тепловыделение у белых крыс при ускорениях 10 и 20 g. При 20 g количество выделенного животными тепла было на 35% меньшим, а при 10 g на 13% большим, чем у контрольной группы животных.

В III серии опытов 19 животных в течение 15 дней ежедневно подвергались воздействию нарастающих величин радиальных ускорений от 3,6 (первый день опыта) до 40 g (15-й день опыта). До и после каждого воздействия ускорения у них измеряли ректальную температуру и отмечали общее состояние. Снижение ректальной температуры и общая реакция крыс на радиальные ускорения от 5,6 до 12,7 g (второй—пятый дни опыта) были менее выражены, чем на 3, 6 и 15 и более (6—15-й дни опыта). Такое снижение реакции животных на ускорения, очевидно, можно связать с повышением их устойчивости к ускорениям в этот период опыта.

Body Temperature and Heat Generation in Albino Rats under the Effect of Radial Acceleration

V. V. Matsynin

Summary

The body temperature and heat generation in albino rats under single and multiple effects of radial acceleration were studied in three series of experiments.

In 64 experiments the method of continuous recording on a ЭПП-09 potentiometer was used to study temperature changes occurring simultaneously in the brain, liver, muscles and rectum of albino rats on a single acceleration effect of 10, 20, 30, 40 g. A reduction in temperature of 0.4—1.7°C was noted in these organs, the minimum temperature drop occurring at 10 g. At 20 g the temperature changes were twice as high. At 30 and 40 g the temperature fell almost as much at 20 g. The change in temperature of the investigated organs was parallel in each experiment, indicating that the temperature reaction of animals to acceleration is of a general nature.

In 20 experiments the method of direct calorimetry was used to study heat generation in albino rats at accelerations of 10 and 20 g. At 20 g the quantity of generated heat was 35 p. c. less and at 10 g 13 p. c. greater than in the control group of animals.

Вплив змін на потенціал

Раніше про
промінням ізольо
мембранних поте
Згодом бул
нених м'язах зни
бити висновок, щ
зменшенням граді
Відповідності
потенціалу, обчис
конної концентра
висновку [2].

Однією з пр
колішнім середов
іонопереносну фун
саркоплазми, які
м'язів, опромінени
електропотенціалів

Для підтверд

Досліди прово
з м'язів був піддос
гій камері апарато
фільтр — 0,49 ал, ф
мінення — 162 кр.

Після опроміне
станок і досліджува
ціал спокою м'язови
тів [4, 5, 6]. Зовніш
Na⁺; 2,0 мМол К⁺;

В дослідах бул
ся з п'яти дослідів;
мірів. Загальна кільк
ко 3600.

Перша серія до
не опромінених м'язів
ганий на калій розчи
рівнювала 10 мМол/
зменшенням концентр

Результати дослі
зових волокон, вміщен
вий і дорівнював 80—8