

УДК 612.217

# ДИНАМІКА ЕНЕРГОВИТРАТ ІЗОЛЬОВАНОГО ЛИТКОВОГО М'ЯЗА ЖАБИ ПРИ СТОМЛЕННІ ЗАЛЕЖНО ВІД ЧАСТОТИ ПОДРАЗНЕННЯ

А. Г. Козлов

Кафедра нормальної фізіології Київського медичного інституту

На думку І. П. Павлова [6], діяльність — це баланс двох процесів: стомлення і відновлення. Саме від співвідношення цих двох протидіючих процесів залежать енергетичні характеристики діяльності м'яза, оцінюваної чи з допомогою температурного критерію [7], чи з допомогою вивчення інфрачервоного випромінювання [5, 8], чи якимось іншим методом.

Новим етапом у вивченні енерговитрат м'яза стала пряма мікрокалориметрія, що не тільки підтвердила дані термометрії [1, 2, 9], але й дозволила навести кількісну характеристику енерговитрат під час діяльності м'яза, чого не могла дати термометрія. Проте в літературі нема даних про мікрокалориметричні дослідження стомлення м'яза у динаміці, тобто й кількісної характеристики енерговитрат при цьому, хоча температурна характеристика стомлення добре відома [3, 4, 10].

Велике значення для вивчення енергетичної діяльності м'яза має частота подразнення [11, 12]. Однак, кількісно вплив частоти на енерготрати стомлення також не вивчено. Все це й зумовило наші дослідження, спрямовані на вивчення динаміки енерговитрат м'яза при стомленні залежно від частоти подразнення.

## Методика досліджень

Досліди провадилися восени на ізольованих литкових м'язах жаб. Теплопродукцію вимірювали з допомогою термоелектричного диференціального мікрокалориметра, що має високу чутливість і відносно низьку інерційність, яка не мала великого значення в досліді, тому що вимірювалась сумарна теплопродукція.

Теплопродукцію м'яза реєстрували у вигляді термограми на діаграмній стрічці самописця типу ЕПП-09-МЗ, на який подавався підсилений підсилювачем Ф116/1 сигнал термобатарей калориметра.

Скорочення реєстрували міографічно. Під контролем міографії стимуляція припинялась на певних фазах діяльності м'яза: по закінченню фази впрацювання, в період стійкої працездатності (час діяльності м'яза у цій фазі дорівнював подвійному часу впрацювання), в початковий період стомлення, в середині стомлення (амплітуда скорочення дорівнює  $\frac{1}{2}$  максимальної), при глибокому стомленні (амплітуда скорочення дорівнює 0). Після припинення стимуляції термографія тривала ще 30—40 хв.

Подразнення — пряме з допомогою стимулятора ІСЕ-01, частота подразнення — 1, 2, 5 гц. Навантаження на м'яз постійне вагою 20 г.

## Результати досліджень

Добре відомо, що температура знижується на фоні стомлюючої діяльності м'яза [4, 5].

Як видно з рисунка, стомлення ізольованого литкового м'яза жаби дає нам таку ж динаміку і при прямій мікрокалориметрії. Співвідношення «теплоутворення : праця» ( $\frac{Q}{A}$ ) в певній мірі дає можливість оцінити ефективність енерговитрат. При досліджуваних нами частотах (1, 2 і 5 гц) цей показник змінюється нелінійно (таблиця), причому коливання його найбільш значні при частоті подразнення 5 гц. Відзначимо, що динаміка  $\frac{Q}{A}$  при кожній частоті має два мінімуми: перший — в період стійкої праце-

| Динаміка калоричного еквівалента праці $\frac{Q}{A}$ та темпу теплопродукції $\frac{Q}{t \cdot P}$ при стомлюючій діяльності м'яза залежно від частоти подразнення | Частота подразнення        |                                                                                                   |                             |                                                                                                   |                            |                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                    | 1 гц                       |                                                                                                   | 2 гц                        |                                                                                                   | 5 гц                       |                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                    | $\frac{Q}{A}$              | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\partial \text{ж}}{\partial \text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ | $\frac{Q}{A}$               | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\partial \text{ж}}{\partial \text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ | $\frac{Q}{A}$              | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\partial \text{ж}}{\partial \text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ |
| Впрацювання                                                                                                                                                        | 8,7 ± 1,06<br>< 0,001<br>8 | (6,2 ± 0,84) 10 <sup>-9</sup><br>< 0,001<br>8                                                     | 23,3 ± 3,93<br>< 0,002<br>6 | (17,1 ± 3,57) 10 <sup>-9</sup><br>< 0,01<br>6                                                     | 71,0 ± 12,8<br>< 0,01<br>5 | (23,0 ± 0,24) 10 <sup>-9</sup><br>< 0,001<br>5                                                    |
| $p$                                                                                                                                                                |                            |                                                                                                   |                             |                                                                                                   |                            |                                                                                                   |
| $n$                                                                                                                                                                |                            |                                                                                                   |                             |                                                                                                   |                            |                                                                                                   |

Динаміка калоричного еквівалента праці  $\frac{Q}{A}$  та темпу теплопродукції  $\frac{Q}{t \cdot P}$  при стомлюючій діяльності м'яза залежно від частоти подраження

| Досліджувані показники | Частота подраження         |                                                                                  |                          |                                                                                  |                          |                                                                                  |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                        | 1 зц                       |                                                                                  | 2 зц                     |                                                                                  | 5 зц                     |                                                                                  |
|                        | $\frac{Q}{A}$              | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\text{дж}}{\text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ | $\frac{Q}{A}$            | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\text{дж}}{\text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ | $\frac{Q}{A}$            | $\frac{Q}{t \cdot P} \left( \frac{\text{дж}}{\text{сек} \cdot \text{г}} \right)$ |
| Впрацьовування         | 8,7±1,06<br><0,001<br>8    | (6,2±0,84)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>8                                        | 23,3±3,93<br><0,002<br>6 | (17,1±3,57)10 <sup>-9</sup><br><0,01<br>6                                        | 71,0±12,8<br><0,01<br>5  | (23,0±0,24)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>5                                       |
| Стійка працездатність  | 8,15±1,18<br><0,001<br>6   | (2,94±0,635)10 <sup>-9</sup><br><0,01<br>6                                       | 13,01±4,85<br><0,05<br>6 | (16,25±5,84)10 <sup>-9</sup><br><0,05<br>6                                       | 9,5±1,96<br><0,01<br>5   | (19,4±1,67)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>5                                       |
| Початок стомлення      | 44,0±7,7<br><0,001<br>12   | (7,8±1,3)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>12                                        | 16,5±1,67<br><0,001<br>5 | (11,63±2,18)10 <sup>-9</sup><br><0,01<br>5                                       | 7,7±0,61<br><0,001<br>11 | (26,0±1,14)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>11                                      |
| Середина стомлення     | 20,6±3,75<br><0,001<br>12  | (8,9±1,62)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>12                                       | 26,9±4,3<br><0,01<br>5   | (17,42±3,32)10 <sup>-9</sup><br><0,01<br>5                                       | 56,0±5,05<br><0,001<br>8 | (17,6±1,79)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>8                                       |
| Глибоке стомлення      | 13,2±1,025<br><0,001<br>13 | (5,84±2,52)10 <sup>-9</sup><br><0,05<br>13                                       | 18,1±1,96<br><0,001<br>6 | (11,25±2,24)10 <sup>-9</sup><br><0,01<br>6                                       | 59,2±4,78<br><0,001<br>8 | (13,0±1,87)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>8                                       |
| Повне стомлення        | 52,0±7,9<br><0,001<br>8    | (2,7±0,93)10 <sup>-9</sup><br><0,05<br>8                                         | 20,5±3,8<br><0,01<br>5   | (5,08±1,4)10 <sup>-9</sup><br><0,05<br>5                                         | 15,5±2,68<br><0,01<br>6  | (8,5±1,1)10 <sup>-9</sup><br><0,001<br>6                                         |



здатності, другий — в період глибокого або повного стомлення, які дещо переміщують-ся вправо відносно шкали часу при зростанні частоти.

Вивчення темпу теплопродукції «теплопродукція: тривалість діяльності м'яза  $\times$   $\times$  вага м'яза»  $\frac{Q}{t \cdot P}$  (таблиця) також показало нелінійність його з розвитком стомлення.



Динаміка теплопродукції стомлюючої діяльності м'яза в зіставленні з міограмою.

Дослід № 231 від 10 жовтня 1971 р. Частота подразнення 1 гц, навантаження 20 г. По вертикалі — значення сигналу термобатарей калориметра (після підсилення) на діаграмній стрічці ЕПП-09-МЗ.

Динаміка  $\frac{Q}{t \cdot P}$  має зниження при частотах 1 і 5 гц під час стійкої працездатності, а при частоті 2 гц по її закінченні, причому це зменшення найбільше при частоті 1 гц, а найменше — при 5 гц.

### Обговорення результатів досліджень

Зниження теплоутворення м'яза з розвитком стомлення (див. рисунок) свідчить, що стомлення є не тільки порушенням специфічних функціональних можливостей м'яза у вигляді скорочення, але й порушенням механізму загальних енерговитрат (навіть у такій нерациональній формі, як тепло). Про це свідчить і зменшення темпу теплопродукції  $\frac{Q}{t \cdot P}$  (таблиця). Привертає увагу нелінійність динаміки калоричного еквівалента

праці  $\frac{Q}{A}$  (таблиця), що має характер коливання з двома мінімумами. Перше зниження цього показника можна пояснити енергетичною ефективністю саме періоду стійкої працездатності (з таким поясненням узгоджується і динаміка темпу теплоутворення  $\frac{Q}{t \cdot P}$  в цей період; таблиця). Друге зниження, напевно, пов'язане із зменшенням загальних енерговитрат (як у вигляді праці, так і тепла), причому, зменшення теплоутворення більш значне.

Як ми вже відзначили вище, ці два мінімуми в динаміці показника  $\frac{Q}{A}$  із зростанням частоти переміщуються по шкалі часу праворуч. Це можна пояснити тим, що біохімічні механізми утворення та витрат енергії із зростанням інтенсивності своєї діяльності змінюють свою динаміку, що дістає відображення саме в такому ході енерговитрат.

### Висновки

1. Стомлення м'яза супроводжується не тільки зменшенням його скоротливої здатності, але й зменшенням кількості і темпу теплопродукції.
2. Калоричний еквівалент праці при стомлюючій діяльності м'яза змінюється нелінійно, знижуючись у період стійкої працездатності та глибокому стомленні.

### Література

1. Горбань Є. М. — Фізіол. журн. АН УРСР, 1971, XVII, 4, 492.
2. Горбань Є. М. — Фізіол. журн. АН УРСР, 1971, XVII, 6, 785.
3. Кондрашов С. И. — В сб.: Процессы утомл. и восстан. в деят. организма, К., 1958, 51.

4. Кондрашов С. И. — В сб. 1958, 151.
5. Муратов А. А. — В сб.: Ф.
6. Павлов И. П. — Полн. собр.
7. Путилин Н. И. — Измен. т. цессов в них. Автореф. дисс. И.
8. Путилин Н. И., Мальне
9. Путилин Н. И. с соавт. 11, 342.
10. Ситников А. Д. — Теория
11. Feng T. — J. of. Physiol., 193
12. Fick A. (1884) — цит. по Лай

## ВПЛИВ ВНУТРІШНЬОГО НА ВМІСТ КАТЕХОЛІНУ І АДРЕНАЛІНУ

Лабораторія обміну речовин Ки

В останні роки зібрані чисельні дані про вплив функціонального стану нервової системи в гіпофізі на вибірку локалізації і тварин до введення катехоламінів таламо-гіпофізарно-надниркової системи. Дослід з зруйнуванням або збудженням аденогіпофіза, показали, і тикотропної функції гіпофіза [1, 2]. Проте, незважаючи на чисельні дані про реакції гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи в чому спірним.

Нашими раніше проведені дослідженнями функціонального стану кори надниркової залози виявлені корелятивні зв'язки між катехоламінами в мозку і наднирковій залозі, норадреналіну в мозку.

Враховуючи роль адреналіну в гіпоталамо-гіпофізарно-наднирковій системі, рівняння адреналіну і катехоламінів в експериментальних тваринах.

Ми

Дослідження проводились на інтактних тваринах масою 2—2,5 кг. Надниркові залози у кінці п'ятої доби після операції. Швидкість обміну речовин і кору півкуль, а у інтактних тваринах вміст катехоламінів у мозку і наднирковій залозі визначали через 0,05—0,1 мг/кг. Катехоламіни в тваринах визначали в таломо-гіпофізарно-наднирковій системі (кортикостерон) у крові [19]. Статистичні дані наведені в таблиці.

### Результати дослідження

Дослідження на інтактних тваринах показало, що вміст катехоламінів в таламо-гіпофізарно-наднирковій системі становить 1,4  $\pm$  0,4 мг/кг. Катехоламіни в наднирковій залозі 404,0  $\pm$  33,6 мг/кг. Р