

Д.Г. Луценко, І.В. Слета, В.С. Марченко

**ДОСЛІДЖЕННЯ IN VIVO МІКРОЦИРКУЛЯТОРНИХ ЗМІН,
СПРИЧИНЕНИХ ГІПОТЕРМІЧНИМ ВПЛИВОМ**

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України

Ключові слова: мікрогемоциркуляція, фрактальний аналіз, гіпотермія

Гіпотермічний вплив викликає комплекс адаптаційно-компенсаторних реакцій організму, які яскраво проявляються на мікроциркуляторному рівні. Вже ні в кого не викликає сумнівів фракталоподібність мікроциркуляторного русла, тому доцільне застосування фрактального аналізу, який дозволяє інтегрально охарактеризувати структурно-функціональний стан системи мікроциркуляції та складні динамічні процеси, що не можуть бути однозначно описані традиційними методами.

МЕТОЮ нашого дослідження було виявлення in vivo ранніх відповідей мікрогемоциркуляції шкіри, м'язів та печінки щурів на гіпотермічний вплив за допомогою традиційних методів та методу фрактального аналізу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Експерименти проведені на 24 щурах-самцях масою 180-240 г. Експериментальні тварини були розділені на контрольну й експериментальну групи по 12 тварин у кожній. Загальне охолодження експериментальних тварин проводилося шляхом поміщення їх у воду з температурою +4°C до 15 хвилин. Температуру тканин вимірювали цифровим інфрачервоним термометром Microlife IR 1DE1.

Для дослідження мікрогемоциркуляції проводилася прижиттєва відео- та фотореєстрація мікросудин тканин з об'єктива мікроскопа Люмам К-1. За допомогою комп'ютерної програми «FRAM» проведено вимірювання діаметрів мікросудин, відносної площі судинного русла в одиниці поля зору, а також фрактальну розмірність D , яка є інтегральним показником стану мікрогемоциркуляції органа і характеризує мікроархітектоніку судинного русла. Значення D розраховувалося як кутовий коефіцієнт прямої, що апроксимує залежність кількості пікселів заданого кольору біооб'єкта від площі рамки, у яку вони попадають.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ

Тварини експериментальної групи були досліджені відразу після загального охолодження, яке приводило до зниження ректальної температури у щурів до $31,2 \pm 1,6$ °C. Температура шкіри й м'язів також знижувалася з $29,0$ та $30,7$ °C відповідно до $18,5 \pm 1,5$ °C, а температура печінки - з $38,3$ до $32,1$ °C.

Мікроскопічно картина мікроциркуляторного русла підшкірної клітковини відрізняється від нормальної різким скороченням кількості функціонуючих судин. Всі мікросудини в полі зору були спазмовані, діаметр капілярів зменшився більше ніж у 3 рази з $14,9 \pm 6,1$ мкм у нормі до

$4,2 \pm 1,6$ мкм, а діаметр венул та артеріол майже удвічі з $260,2 \pm 30,5$ мкм до $140,9 \pm 22,3$ мкм, кровоток в усіх мікросудинах уповільнений. Відзначалася агрегація формених елементів крові, що приводило до мікротромбування частини судин. Спостерігалися судини без формених елементів і заповнені тільки плазмою крові, а також мікросудини, що спалися. Цим можна пояснити помітне зменшення площі судинного русла в полі зору до $14,6 \pm 2,1\%$ у порівнянні з контролем $23,8 \pm 6,4\%$.

Застосований гіпотермічний вплив приводив також до скорочення числа функціонуючих судин і у гомілкових м'язах щурів - площа судинного русла в полі зору складала $12,1 \pm 1,8\%$ у порівнянні з контролем $18,9 \pm 1,2\%$. Спостерігався спазм всіх елементів мікроциркуляторного русла - діаметр капілярів зменшився з $7,2 \pm 1,6$ мкм у нормі до $4,2 \pm 1,4$ мкм, а діаметр венул та артеріол з $180,5 \pm 16,8$ мкм до $152,1 \pm 14,9$ мкм. Кровоток швидкий струминний, агрегації формених елементів крові одиничні.

Дослідження печінки показало навпаки повнокров'я органа, площа судинного русла в полі зору складала $54,9 \pm 2,6\%$, а в нормі було $52,6 \pm 1,6\%$. Термінальні печінкові венули значно збільшені $265,4 \pm 46,8$ мкм проти $230,5 \pm 21,3$ мкм у нормі. Синусоїди розширені $11,12 \pm 1,53$ мкм (у нормі - $9,27 \pm 2,15$ мкм), кровоток швидкий струминний.

Одночасно було проведено фрактальний аналіз мікроциркуляторного русла тканин, що вивчалися. В усіх випадках значення фрактальної розмірності D у експериментальних тварин були відмінні в порівнянні з контрольними. У печінці ці відмінності були незначні ($1,29 \pm 0,05$ у нормі та $1,31 \pm 0,18$ після охолодження), тому що геометрія мікроциркуляторного русла в органі мало змінювалася. Більш помітні розходження в значеннях фрактальної розмірності D шкіри ($1,31 \pm 0,18$) і м'язів ($1,25 \pm 0,12$) у порівнянні з контролем ($1,12 \pm 0,10$ і $1,13 \pm 0,04$ відповідно), що корелює з мікроскопічною картиною, що спостерігається.

ВИСНОВКИ. Фрактальний аналіз дозволив виявити і кількісно оцінити зміни у системі мікроциркуляції в ранній термін після гіпотермічного впливу. Значення фрактальної розмірності D корелюють з даними, отриманими методами традиційної морфометрії і можуть використовуватися в діагностичних цілях.