

ГІПОТЕЗИ. НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ РІШЕННЯ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ ПРОБЛЕМ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 621:303.732(075)

СИСТЕМНЕ УЯВЛЕННЯ ФОТОРЕГЕНЕРАЦІЇ СТРУКТУР ОРГАНІЗМУ

Дастжерді А. Х. М., Клочко Т. Р.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Йдеться про процеси взаємодії елементів живого біологічного (біотехнічного) організму із зовнішніми подразниками, які застосовуються при регенерації біологічних тканин під час деяких видів лікування, зокрема світловим випромінюванням, з огляду на системні підходи. Показані аспекти впливу зовнішніх чинників на живі організми при регенерації елементів цілісної відкритої системи організму. Наведено узагальнені системні підходи до взаємодії ієрархічних рівнів живого організму як цілісної відкритої системи для виявлення чинників впливу зовнішніми випромінюваннями при фоторегенерації та стимуляції біологічних структур. Подальші дослідження пов'язані з визначенням оптимальних способів впливу на існуючі структури організму та режимів лікувально-діагностичного обладнання

Ключові слова: *регенерація, живі організми, відкрита система, ієрархічні рівні, системні підходи, взаємодія*

Вступ. Постановка проблеми

Наразі сучасні медичні методи лікування досить широко застосовують процеси регенерації та стимуляції організму впливом різними фізичними полями на патологічні ділянки, на акупунктурні зони [1, 2] тощо. Досягнуто ефективні результати з метою лікування, регенерації та стимуляції біологічних структур організму, зокрема світловим випромінюванням. Результати наукових досліджень [3, 4] свідчать про те, що лазерне випромінювання не є основним терапевтичним агентом на рівні організму в цілому, але усуває дисбаланс у центральній нервовій системі, що впливає на відповідні функції мозку. Це здійснюється можливою зміною фізіології тканин під дією випромінювання, тобто і посилення, і придушення їх метаболізму залежно від вихідного стану організму, дози впливу, що і призводить до загасання процесів патологічного характеру та нормалізації фізіологічних реакцій системи.

З огляду на системний аналіз створено спробу оцінювання ефективності керування біологічними організмами при їх опроміненні лазерним випромінюванням [5], але існують деякі розбіжності в представленні реакцій біологічних структур на зовнішні подразники. Проте питання щодо системного уявлення процесів регенерації та стимуляції організму зовнішніми подразниками і досі є важливою задачею дослідників, лікарів, проектувальників, оскільки саме цей підхід може надати загального розуміння взаємодії структур організму, можливості моделювання процесів та оптимізації застосованих режимів роботи медичного обладнання.

Постановка задачі

Отже, при стимуляції дії організму, наприклад, використовується світлове випромінювання низької інтенсивності, зокрема когерентне, енергетичні параметри якого не ушкоджують системні структури біологічного (біотехнічного) об'єкта. Виникає активація процесів життєдіяльності організму (загоєння ран, опіків, зняття набряків тощо). Природа подальших реакцій, які виникають при цьому, має різні пояснення. Так, у роботах [3, 5] наведено припущення про те, що початковим пусковим моментом біологічної дії лазерного випромінювання низької інтенсивності є не фотобіологічні реакції, а локальне термодинамічне порушення. Порушення термодинамічної рівноваги викликає вивільнення іонів Ca^{2+} та поширення хвилі підвищеної концентрації Ca^{2+} в структурі клітини. Виникають залежні від іонів Ca^{2+} фізіологічні реакції організму, направленість яких може бути різною, що визначено дозою та локалізацією впливу, а також первісним станом організму. Після цього розвиваються вторинні ефекти, які є комплексом адаптаційних і компенсаційних реакцій, що виникають у тканинних, органних підсистемах і цілісному живому організмі.

На підставі цих гіпотез можна припустити, що основний чинник впливу на організм – це поглинена енергія електромагнітного випромінювання. Проте авторськими дослідженнями [6, 7] доведено, що найкращі лікувальні можливості має застосування комплексного впливу когерентного випромінювання з визначеними довжинами хвиль на поверхневі та приповерхневі шари біологічної тканини для досягнення максимального ефекту поглинання з метою розсмоктування патологічних ділянок та рубцевих утворень. Тобто, головним чинником терапевтичної дії низькоенергетичних лазерів є фотодинамічні реакції, пов'язані з резонансним поглинанням світлового випромінювання тканинами та рідкими середовищами організму. Внаслідок цього змінюється енергетична активність клітинних мембран, відбувається активація ядерного апарату клітини, біосинтетичних процесів і основних ферментативних систем тощо. На органному рівні відбувається активація фізіологічної регенерації структур. Несумнівно, енергетичні параметри випромінювання мають значення, але, на думку авторів, просторово-часові параметри при взаємодії структур організму мають пріоритет. Також при цьому є необхідним спостереження за плинним станом організму, який піддають опроміненню, для організації зворотного зв'язку всієї системи. Отже, розгляд цих взаємодій з позицій системного підходу може надати можливості визначити характер процесів регенерації світловим випромінюванням.

Засади системного підходу до фоторегенерації та стимуляції функцій структур біологічного об'єкта

Зрозуміло, що живий біологічний (біотехнічний) організм є цілісною системою, що містить низку сформованих рівнів структурно-функціональної організації, тобто клітинний, тканинний, суборганний, органний, системний, організменний (рис. 1). Структурно-функціональний підхід характеризує розуміння фізіологічної функції як деякого процесу, здійснюваного певним набором органів

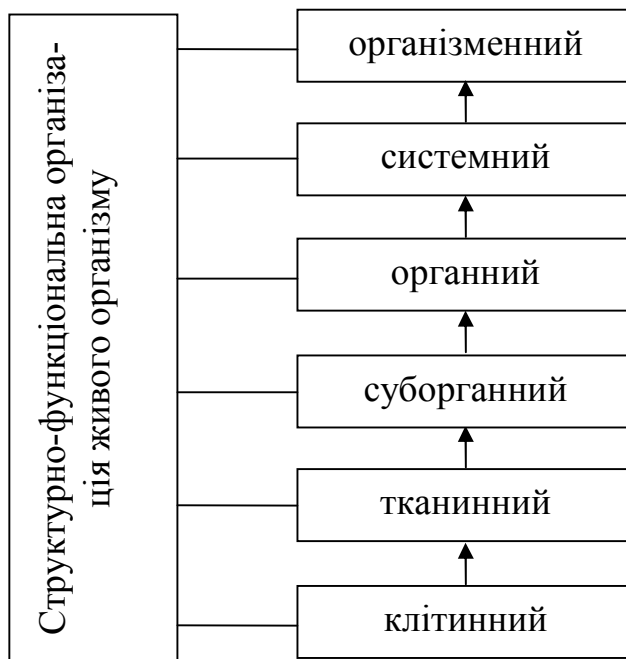


Рис. 1. Організація живого організму

і тканин, що змінює свою активність у відповідності з впливом керувальних структур. У подібній інтерпретації в основі фізіологічної функції є фізико-хімічні процеси, що забезпечують надійність її виконання.

У той же час системний підхід до вирішення поставленої задачі засновано на тому, що всі досліджувані об'єкти розглядаються, як системи. При цьому системі організму можна визначити як сукупність елементарних структур, взаємодією яких досягається певний корисний результат, зокрема регенерація елементарних біологічних структур при поглинанні

зовнішнього електромагнітного випромінювання. Отже, системний підхід до фізичного явища базується на уявленні про доцільність (під функцією розуміємо процес досягнення певної мети та результату, а саме регенерацію та стимуляцію цілісної системи організму). На різних етапах цього процесу потреба в залученні визначених структур може досить істотно змінюватися, тому склад і характер взаємодії елементів функціональної системи є дуже мінливим і відповідає тій задачі, яка вирішується у даний момент. Наявність мети припускає, що існує певна модель стану системи для періоду, який характеризує момент часу до і після досягнення цієї мети, програма дії, а також існує зворотний зв'язок, що дозволяє системі контролювати свій поточний стан як проміжний результат для порівняння з модельованими процесами, і на цій підставі вносити корективи в програму дії системи заради досягнення кінцевого результату. Тому на підставі цього можна визначитися з алгоритмами функціонування модулів системи лікування (регенерації та стимуляції організму) біотехнічного об'єкта під час проведення опромінення.

Основними принципами системного підходу до фоторегенерації та стимуляції функцій структур біологічного (біотехнічного) об'єкта можуть бути:

- цілісність, що дозволяє розглядати одночасно систему біологічного об'єкта як єдине ціле і, в той же час, як підсистему для вищестоящих рівнів;
- ієрархічність будови біологічного (біотехнічного) об'єкта, тобто наявність множини структурних клітинних елементів, розташованих на основі

їх підпорядкування вищим рівням;

- структуризація біологічного (біотехнічного) об'єкта, що дозволяє аналізувати елементарні структури та їх взаємодію в межах визначеної ієрархічно вищої структури. При цьому процес функціонування обумовлений не стільки властивостями окремих елементів, скільки властивостями самої структури;

- множинність, що дозволяє використовувати математичне моделювання для опису окремих елементів, підсистем та системи біологічного (біотехнічного) об'єкту в цілому;

- системність як властивість біологічного (біотехнічного) об'єкту мати всі ознаки системи.

Стан системи біологічного (біотехнічного) об'єкту визначено сукупністю станів її елементів і зв'язків між ними, що залежить від певного інтервалу часу, тобто проведення опромінення та інтервал подальшої регенерації клітин. Входами $\sum I_e(t)$ цілісної системи об'єкту можуть бути енергетичні та просторово-часові параметри випромінювання, тобто наведена в організмі інформація, фармакологічна речовина при інтегрованій регенерації, які сприяють перетворенню елементарних структур організму, а вихід $\aleph(t)$ системи являє собою результат перетворення енергії інформації, речовини тощо, тобто регенерації клітин. Зворотній зв'язок, тобто реакція організму на зміну фізіологічних параметрів, з'єднує вихід зі входом системи і використовується для контролю за зміною виходу системи. Отже, подібні структурні схеми потрібно використовувати при проектуванні адаптивних систем контролю за станом пацієнта під час лікування, що доведено авторськими роботами [8].

Інтеграції систем, органів, структурних елементів складають цілісний організм зі своїм внутрішнім середовищем, яке характеризується масою констант і параметрів, які знаходяться між собою в певних кількісних і якісних стосунках (рис. 2). Відносна постійність і збалансованість цих стосунків у сукупності складає гомеостаз організму з багатьма мірами надійності. Таким чином, біологічне життя організму є ланцюгом адаптаційно-компенсаторних реакцій, що здійснюються на всіх рівнях, направлених на підтримку гомеостазу організму. При правильно визначених дозах та частотних параметрах застосоване лазерне випромінювання дозволяє відновити порушену системну рівновагу та регенерувати структурні елементи та підсистеми організму.

Якщо описати множину U елементарних клітинних структур системи у вигляді

$$U = \{u_i\}, i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

де u_i – i -й елемент системи; n – число елементів у системі, то елемент u_i характеризується властивостями $B_i = (B_{i1}, \dots, B_{im})$, котрі позиціонують його у підсистемі цілісного організму (рис. 2).

При цьому потрібно відмітити, що кожна клітина є, у свою чергу, системою сукупності S елементарних структур

$$S = \{s_\psi\}, \psi = 1, \dots, k, \quad (2)$$

де s_ψ – ψ -й елемент клітинної структури; k – число елементів відомих структур. Найменша елементарна структура організму визначається залежно від рівня знань сучасної теорії та параметрів існуючої дослідницької апаратури, тобто ці показники можуть збільшуватися відповідно $k \rightarrow \infty$.

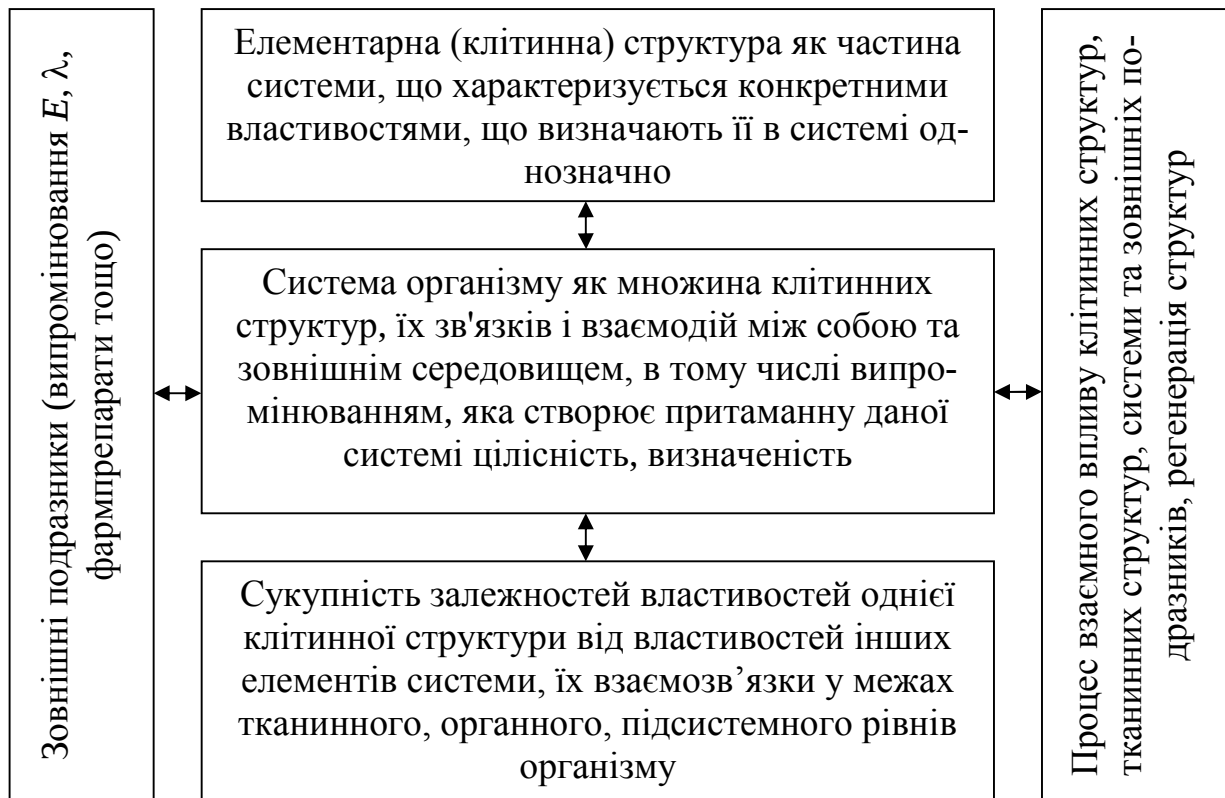


Рис. 2. Схема системного уявлення організму біологічного (біотехнічного) об'єкту

Стан елементарних клітинних структур системи залежно від зовнішніх чинників (просторово-часових, енергетичних параметрів випромінювання, тобто потужності P , довжини хвилі λ , часу експозиції) може змінюватися, що визначає рух визначеної структури при регенерації. Тобто при лазерному опроміненні ділянок організму можливим є ушкодження сусідніх структур системи. Тому реальною метою є оптимізація таких режимів лазерного опромінення, при яких можливим досягати найменшого пошкодження елементарних структур (з розрахунком на його подальшу регенерацію, головним чином внаслідок передачі руху сусіднім неопроміненим структурам).

Таким чином, множину Q -зв'язків між елементами u_i, u_j різних, наприклад тканинних сукупностей елементів можна уявити як

$$Q = \{q_{ij}\}, i, j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

а множину R -зв'язків між елементами s_ψ, s_ξ клітинних структур можна уявити як

$$R = \{r_{\psi\xi}\}, \psi, \xi = 1, \dots, k. \quad (4)$$

Тоді структури цілісної системи можна уявити як сукупність елементарних структур та їх зв'язків множиною

$$D = \{U, S, Q, R\}. \quad (5)$$

Динамічний підхід до системи живого організму полягає у розгляді того, що живі системи існують як інформаційний потік, де зберігається спадкоємність структур організму, з часовими характеристиками (табл. 1).

Таблиця 1. Часова організація організму

Рівень структури	Внутрішньоклітинні елементарні структури	Клітинні структури	Тканинні структури	Підсистемні структури	Організменні структури
Час життя структури	мікросекунди, секунди	години, дні	роки	роки	десятиліття

Якщо розглядати динамічні характеристики системи, то оскільки система залежить від функцій станів у моменти $D(t-1), D(t-2), \dots, D(t-w)$, опис функції $\aleph(t)$ виходу системи на рівні перетворень внаслідок термодинамічних та фотобіологічних реакцій у біологічних структурах організму набуває вигляду

$$\aleph(t) = \Phi_v[I_e(t), D(t), D(t-1), D(t-2), \dots, D(t-w)], \quad (6)$$

де Φ_v – перехідна функція системи, $I_e(t)$ - вхід загальної системи біотехнічного об'єкта (інформаційний сигнал, електромагнітне випромінювання тощо, яке перетворює система під час проведення процедури); t - момент плинного часу, w – кінцевий момент часу впливу на об'єкт.

Наявність множини зв'язків елементів системи живого організму, які взаємно впливають одне на одного, перетворюють їх на нелінійні динамічні механізми, опис функціонування яких вимагає системного підходу.

Висновки

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна уявити вплив зовнішніх подразників, зокрема електромагнітне випромінювання, на структурні елементи живого організму, виходячи з наявних структурних рівнів та множини зв'язків елементів при плинних реакціях в ієрархічних рівнях системи.

Цікавим також є аналіз нелінійних (фрактальних) властивостей живого організму. Опис біологічних елементарних структур системи організму може бути здійсненим за допомогою, наприклад, мультифракталів, тобто з урахуванням

коефіцієнтів подібності, які відрізняються за величинами на різних просторових масштабах або у різних рівнях системи організму. Отже, живий організм має властивості фрактальної будови подібно будові всесвіту, якому притаманний рух елементарних структур у межах певної системи. З огляду на біологічні аспекти дії багатьох чинників у живій системі ці процеси можна пов'язати як два взаємопов'язаних, але протилежних за спрямованістю способу регуляції, що впливають із хвильової природи процесів керування станом рівней системи організму, позиціонуються у просторі та часі. Тому актуальними є подальші дослідження системних підходів до динаміки фрактальних множин діючих структур системи живого організму.

Література

1. Фізичні методи в лікуванні та медичній реабілітації хворих та інвалідів / І. З. Самосюк, М. В. Чухраєв, С. Т. Зубкова та інш.; під ред. І. З. Самосюка. – К.: Здоров'я, 2004. – 624 с.
2. Сосин И. Н. Клиническая физиотерапия. – К.: Здоров'я, 1996. – 623 с.
3. Муфагед М.Л. Лазерная терапия в урологии: монография / М. Л. Муфагед, Л.П. Иванченко, С.В. Москвин и др. – М. -Тверь: ООО «Изд-во «Триада», 2007. – 132 с.
4. Рассохин В.Ф. Лазерная терапия в неврологии. –К.: Здоров'я, 2001. – 128 с., ил.
5. Системный анализ эффективности управления биологическими системами низкоэнергетическим лазерным излучением. Москвин Сергей Владимирович. Тула, спец. ВАК 05.13.01, д-р биол. наук, 2008.
6. Клочко Т.Р. Стимуляція регенерації біологічних структур випромінюванням фізіотерапевтичних приладів серії «ПРОМІНЬ» / Дастжерді А.Х.М., В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко та інш. // Фотобіологія та фотомедицина. - 2010. - № 3(4). – С. 102-105.
7. Голопура С. І. Експериментальні дослідження впливу інтегрованого когерентного випромінювання на показники крові телят / С. І. Голопура, О. О. Скиба, Дастжерді А.Х.М. та інш. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2011. – Вип. 41. – С. 161-167.
8. Тимчик Г.С. Інтегровані фізіотерапевтичні системи ТОНТОР: монографія / Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 216 с., іл.

*Надійшла до редакції
23 вересня 2012 року*

© Дастжерді А.Х.М., Клочко Т.Р., 2012