

# МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗІОЛОГІЇ БОЛЮ

В.О. Макушев, А.О. Новікова,  
Херсонський національний технічний університет

## THE PAIN PHYSIOLOGY MODELING

V.O. Makushev, A.O. Novikova, the Kherson national technical university

*Анотація. Робота присвячена аналізу й побудові моделі фізіології та появи різного роду болю.*

*У роботі проводиться аналіз фізіології появи болю при пошкодженні організму (механічні, хімічні, психологічні).*

*На основі існуючих даних проводиться системний аналіз зі шляхами проведення імпульсу по функціональним системам центральної нервової системи.*

*В результаті побудовано моделі для подальшої побудови систем діагностування та загальна математична модель появи різного роду болю.*

*Ключові слова: модель, біль, фізіологія.*

*Annotation. The work is devoted the analysis and construction of model of physiology and any occurrence of a pain.*

*In work the analysis of physiology of occurrence of a pain is carried out at organism damage (mechanical, chemical, psychological).*

*On the basis of the available data the system analysis with ways of carrying out of an impulse on functional systems of the central nervous system is carried out.*

*It is as a result constructed models for the further construction of systems of diagnosing and the general mathematical model of any occurrence of a pain.*

*The keywords: the model, the pain, the physiology.*

**1. Вступ.** При різних зовнішніх або внутрішніх впливах, що травмують організм (механічні, хімічні, психологічні і т.д.) виникає почуття болю. Біль може впливати на активне існування індивіда. Природні процеси, що протікають в організмі актуально переносити на штучні системи. Тому необхідно провести моделювання фізіології болю.

**2. Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є аналіз та моделювання фізіології болю. Для досягнення мети роботи необхідно виконати наступні завдання:

1. Проаналізувати поняття болю, генетичну основу чутливості до болю; розглянути аналізатори болю на прикладі головний і зубний біль.
2. Провести системний аналіз фізіології появи болю. Провести аналіз використання математичного апарату для моделювання фізіології болю.
3. Провести моделювання фізіології появи болю. Визначити достовірність отриманої моделі.

**3. Матеріали та методи дослідження.** В якості методів дослідження в роботі виступають: системний аналіз, методи математичного моделювання.

**4. Експериментальні данні та їх обробка.** Рецептори, що сприймають пошкодження тканин і формують аферентний потік імпульсів, є специфічними. Вони отримали назву больових.

У сучасній літературі широко використовується термін «ноцицептори» як аналог «больового рецептора», тому що різні за своєю модальністю стимули, здатні викликати біль, є наслідком пошкодження тканин – ноцицепції.

На основі проведеного аналізу побудовано системну модель появи болю (рис. 1).

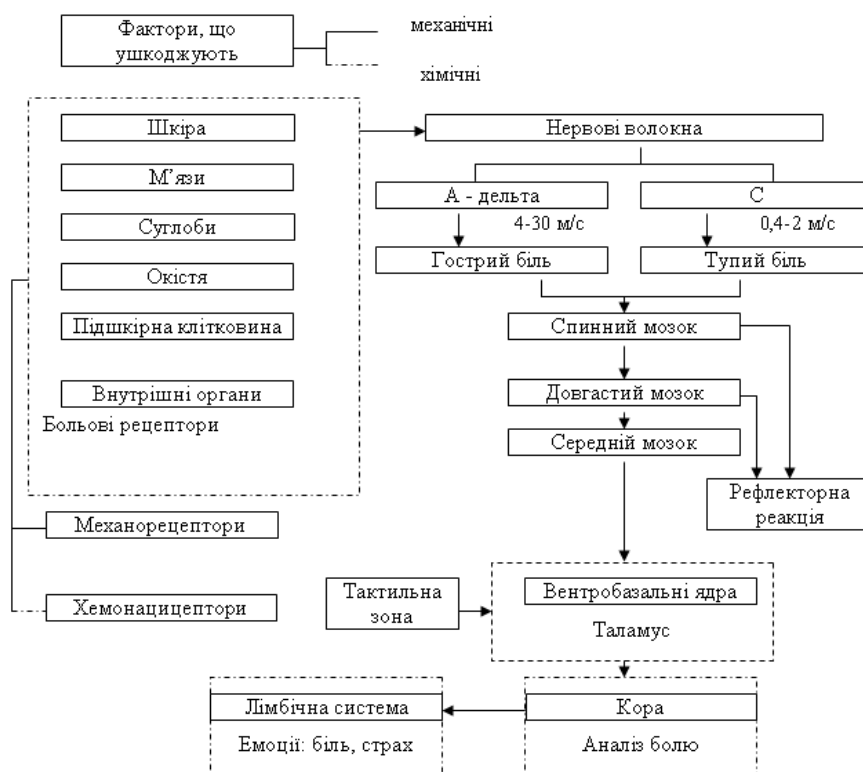


Рис. 1. Системний аналіз фізіології виникнення болю

Провідна роль у формуванні реакції організму на пошкодження належить нервовій та ендокринній системам. При цьому нейрофізіологічні процеси в ЦНС розгортаються в основному під впливом потоку ноцицептивних імпульсів, що беруть початок у відповідних рецепторах пошкоджених тканин. Подразнюючий вплив на структури мозку, які контролюють через аферентні шляхи системи життєзабезпечення організму, часто посилюються впливом з боку психічної сфери. Має значення і прямий збудливий вплив на центральну нервову систему деяких біологічно активних речовин, що потрапляють в кровотік із зруйнованих тканин.

Основними провідниками шкірної та вісцеральної больової чутливості вважають Ad-і C-волокна.

Нейрональна система заднього рогу спинного мозку є першою центральним ланкою, що сприймає різномодальну аферентну інформацію.

Задні роги спинного мозку служать першою "релейною станцією" на шляху імпульсації до вищерозміщених відділів ЦНС. Саме тут відбувається взаємодія між каналами больової і не больової чутливості, на підставі якої формується потік висхідної імпульсації нової якості і відбувається перемикування нервових волокон на нейрони другого порядку, а також на рухові і симпатичні нейрони з утворенням сегментарної ефферентації до виконавчих структур.

Однією з головних супрасегментарних зон сприйняття афферентного припливу і його переробки є ретикулярна формація середнього мозку.

Кінцевою збиральною станцією ноцицептивної імпульсації є таламус. З його структур участь у ноцицепції беруть вентробазальний комплекс, задня група ядер, медіальні і інтраламінарні ядра.

Медіальні і інтраламінарні ядра таламуса відіграють основну роль в інтеграції «вторинного», протопатичного, погано локалізованого болю.

Велике значення у формуванні ноцицепції має і гіпоталамус, як емоціогенний і вищий вегетативний центр.

У формуванні системної больової реакції організму бере участь не тільки сенсомоторні зони кори. Відбувається генералізоване збудження всіх областей кори великих півкуль внаслідок висхідних активуючих впливів ретикулярної формації. Зокрема, дуже важливе значення має порушення лобових відділів кори через зв'язки з таламусом, гіпоталамуса, лімбічної структурами, сенсомоторною зоною. Активацію даної області пов'язують з формуванням мотивації позбавлення від больових відчуттів.

Таким чином, больова реакція є інтегративна реакція практично всіх структур головного мозку і багатьох функціональних процесів, що відбуваються в організмі і забезпечують активацію його захисно-приспосувальних механізмів. На відміну від ноцицепції, біль - це не тільки сенсорна модальність, а й відчуття, емоція і своєрідне психічний стан. Як психофізіологічний феномен він формується на основі інтеграції болю і антиноцицептивних систем і механізмів головного мозку.

На основі проведених досліджень побудуємо загальну модель фізіології болю:

$$b(a_i) = a_i \frac{x_j}{t} \forall \prod_{r=1}^m n_r, \quad (1)$$

де  $b(a_i)$  – функція, що характеризує появу болю;

$a_i$  – пошкоджуючі фактори (тактильні, механічні, хімічні, психологічні);

$i = 1, 2$  – гострий, тупий біль;

$x_j$  – робота нервових волокон;

$j = 1 \dots l$  – кількість нервових волокон;

$t$  – час дії,  $x_j/t$  – швидкість проходження імпульсу по нервових волокнах;

$n_r$  – робота нейронів нервових відділів ЦНС;

$r = 1 \dots m$  – загальна кількість нейронів.

Властивості отриманої моделі представлені в таблиці 1.

## Властивості моделі

Значення параметру	Інформативність	Адекватність	Стійкість		Оцінюючі та властивості, що пророкують
			г між регресорами	г з відгуком	
Розрахункове	0,9	2,1	0,3	0,25	1,7
Табличне	-	1,4	-	-	1,4
Висновок	Інформативна	Адекватна	Стійка		Високі властивості

Отже, модель є стійкою, має властивості, що пророкують (стан організму), а також властивості, що описують (вид факторів, що пошкоджують).

**5. Висновки.** Проведено системний аналіз фізіології появи різних видів болю. Показані шляхи проведення імпульсу по функціональним системам центральної нервової системи. На основі системного аналізу побудовано загальну модель фізіології болю. Розраховано властивості моделі. Моделі є інформативними, адекватними, стійкими, з властивостями, що пророкують та описують.

**Література:**

1. Семенов Е.В. Фізіологія та анатомія людини. М., 2003. - С. 414.
2. Швирьов А.А. Анатомія людини. М.: Просвещение, 2001. С. 221-222.
3. Семенов Е.В. Фізіологія та анатомія людини. М., 2003. С. - 122.
4. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико – биологических исследованиях с использованием Excel. – К: МОРИОН, 2000. – 319 с.