

O.V. Romanenko

O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

POISONOUS AMPHIBIANS AS ECOSYSTEM COMPONENTS AND TOXINS PRODUCERS

The article deals with poisonous amphibians and the toxins they produce, as well as the role of these animals in ecosystems. There are discussed the ways in which toxins impact the organism.

Key words: poisonous amphibians, toxins, ecosystem

Рекомендує до друку

Надійшла 15.02.2013

В.В. Грубінко

УДК 591.5:592/599-114.5

О.В. РОМАНЕНКО

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
просп. Перемоги, 34, Київ, 03680, Україна

ТОКСИНИ ОТРУЙНИХ НАЗЕМНИХ І ВОДНИХ РЕПТИЛІЙ ЯК ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ

У статті акцентується увага на отруйних рептиліях, які мешкають на суходолі та у водних екосистемах, та токсинах, що утворюються цими тваринами. Обговорюються шляхи дії токсинів в організмі.

Ключові слова: отруйні рептилії, токсини, екологічний чинник

Отруйні тварини продукують токсини для дії поза межами їхнього організму. Ці сполуки є важливими екологічними чинниками і суттєво впливають на характер біотичних зв'язків в екосистемах. Різноманіття таких сполук, що входять до складу отрут тваринного походження, зумовлене необхідністю максимального пристосування конкретного виду до полювання на придатну здобич у даній місцевості чи акваторії та захисту від ворогів.

В класі Плазуни (Reptilia) об'єднано понад шість тисяч видів тварин. Багато видів плазунів утворюють отрути. Вони належать в основному до ряду Змії (Serpentes), а два види отруйних тварин є в ряді Ящірки (Sauria). До останніх належать отрутозуб жилатсьє (*Heloderma suspectum*) та ескампіон (*Heloderma horridum*) з родини Отрутозуби (Helodermatidae). Вони водяться в напівпустелях та кам'яних передгір'ях південних районів Північної Америки, полюють переважно на дрібних ссавців, рідше – плазунів. Вживають також яйця птахів та рептилій, пташенят, комах. Отруйний апарат отрутозубів включає парні отруйні залози, протоки, якими отруйний секрет надходить до зубів, а також зуби. Отрутозуби вбивають свою здобич, вводючи отруту в жертву під час укусу. Отрута чинить на уражений організм нейротоксичну та гемокоагуляційну дію [1]. Отрутозуби практично нечутливі до власної отрути. Укус отрутозуба викликає в людини сильний біль, місцевий набряк, слабкість, запаморочення, уражається також лімфатична система, а іноді настає смерть.

В слині деяких представників ряду Змії присутні протеолітичні та інші ферменти, що підвищує ефективність полювання. Проте краще пристосовані до нього змії з розвиненим спеціалізованим отруйним апаратом. Вони є в родинах Вужеві (Colubridae), Аспідові (Elapidae), Морські змії (Hydrophidae), Гадюкові (Viperidae), Ямкоголові (Crotalidae). Отрута в них утворюється у верхньогубних та скроневи́х залозах, а для її введення в організм жертви змії використовують розташовані у верхній щелепі зуби, що мають збільшені порівняно з іншими зубами розміри. У тварин з родин Вужеві (Colubridae), Аспідові (Elapidae) та Морські змії (Hydrophidae) отрута надходить в ранку на тілі жертви розташованою на зубі борозною, а з

родин Гадюкові (Viperidae) та Ямоголові (Crotalidae) – розміщеним у зубі каналом, який відкривається біля кінчика зуба. Здатність згаданих плазунів до утворення отрути є адаптивною ознакою, наслідком конвергентної еволюції [4]. Небезпечними для людини є укуси близько 450 видів змій, що, як правило, нападають на неї з метою захисту. При цьому значна летальність спричинюється присутніми в зміїних отрутах токсинами.

Токсичний вплив на людину може зумовлювати слина окремих представників родини Вужеви (Colubridae), зокрема різнокольорового полоза (*Coluber ravergieri*), що зустрічається на Кавказі, в Середній Азії, тигрового вужа (*Rhabdophis tigrinus*), що водиться на Далекому Сході. Укуси окремих представників справжніх вужів (Colubrinae), зокрема африканського бумсланга (*Dispholidus typus*), африканської сірої деревної змії (*Thelotornis kirtlandi*) можуть спричинити смерть в людини, що спряжено зі здатністю отрути викликати перетворення протромбіну в тромбін. Проте отрута більшості вужів не становить небезпеки для людини, а до неї чутливі переважно окремі дрібні хребетні тварини, що являються кормом.

Види родини Вужеви (Colubridae) зустрічаються в прісних водоймах Південно-Східної Азії. Отрута цих вужів впливає на ракоподібних, риб, амфібій, які є джерелом їжі, і характеризується достатньо вираженою вибірковою дією. Зокрема, до отрути змії *Fordonia leucobalia*, що живиться крабами, чутливі тільки ракоподібні, а на інших холоднокровних тварин вона не впливає.

До родини Аспідові (Elapidae) входить близько 200 видів і всі вони небезпечні для ссавців [9, 10, 11]. Ці змії водяться в тропіках та субтропіках Азії, Африки, Австралії, Південної та Північної Америки. Добре вивчені представники цієї родини тайпан (*Oxyuranus scutellatus*), тигрова змія (*Notechis scutatus*), королівська кобра (*Ophiophagus hannah*), плююча кобра (*Naja naja sputatrix*), арлекіновий аспід (*Micrurus fulvius*) та багато інших видів. При небезпеці аспідові змії не ховаються, а виявляють свою присутність характерною позою чи шипінням. Вкусивши жертву, вони не відпускають її одразу, а роблять декілька рухів щелепами, коли та знаходиться в пащі. Аспіди живляться рептиліями, іноді отруйними зміями. В харчовому раціоні кобр та інших тварин з родини Elapidae бувають гризуни, амфібії, комахи. В серпентаріях (в умовах утримання в неволі) кобр годують також новонародженими мишенятами.

В отруті аспідових змій міститься декілька груп токсичних білків, що і визначають основні симптоми отруєння ссавців та людини внаслідок укусу: 1) постсинаптичні нейротоксини, які є блокаторами нікотинових ацетилхолінових постсинаптичних рецепторів; 2) пресинаптичні нейротоксини, які зумовлюють порушення квантової секреції медіатора з нервових закінчень; 3) мембраноактивні поліпептиди, які виявляють гемолітичну, кардіотоксичну або цитотоксичну дію. Окрім них, в отруті аспідових змій є ферменти: ацетилхолінестераза, гіалуронідаза тощо. Постсинаптичні та пресинаптичні нейротоксини, що вводяться в організм жертви під час укусу, спричинюють поступовий параліч скелетних та дихальних м'язів, що може призвести до зупинки дихання і смерті постраждалого [9-11].

Причому, дією присутніх в отруті аспідових змій постсинаптичних нейротоксинів зумовлюється прогресуюче зменшення амплітуди мініатюрних потенціалів кінцевої пластинки та пригнічення деполіризації постсинаптичної мембрани, яка мала б виникати у відповідь на дію нейротрансмітера ацетилхоліна. Завдяки здатності постсинаптичного нейротоксину α -бунгаротоксину, виділеного з отрути крайта *Bungarus multicinctus*, незворотно зв'язуватися з нікотиновими ацетилхоліновими рецепторами, він знайшов використання при вивченні розподілу чутливих до нього рецепторів у тканинах тварин різних систематичних груп і для виділення цих рецепторів з метою подальшого дослідження їхньої структурно-функціональної організації.

Пресинаптичні токсини, що також присутні в отруті аспідових змій виявляють фосфоліпазну активність і у нервово-м'язовому синапсі при зв'язуванні з нервовим закінченням спочатку спричинюють певне послаблення спонтанної квантової секреції нейротрансмітера з нервових закінчень, що проявляється в зменшенні частоти мініатюрних потенціалів кінцевої пластинки та амплітуди потенціалів кінцевої пластинки, проте потім відбувається різке (навіть у сотні разів) посилення квантової секреції нейротрансмітера з

нервових закінчень, внаслідок чого вичерпуються його запаси. Спричинене нейротоксином з фосфоліпазною активністю порушення нервово-м'язової передачі розвивається протягом 1,5-3 годин. В якості “інструментів” для наукових досліджень широко використовуються пресинаптичні токсини: β -бунгаротоксин з отрути *Bungarus multicinctus*, тайпоксин – *Oxyuranus scutellatus*, нотексин – *Notechis scutatus*.

Мембраноактивні поліпептиди, яких можна виявити в отруті багатьох кобр, спричинюють деполяризацію м'язових та нервових клітин жертви. Так, укусу тайпана (*Oxyuranus scutellatus*) спочатку зумовлює розвивиток набряку, а потім відбувається дегенерація м'язових волокон.

У водах Індійського та Тихого океанів з температурою понад 20° С зустрічаються тварини з родини Морські змії (Hydrophidae), а один вид з цієї родини мешкає в прісних водоймах [14]. Представники підродини Плоскохвості (Laticaudinae), що налічує 14 видів, можуть пересуватися суходолом, а підродини Ластохвості (Hydrophiinae), до якої належить 39 видів, на суходолі не зустрічаються оскільки практично не здатні пересуватися по ньому. Серед представників родини найбільш поширеними і небезпечними для людини видами є пеламіда двокольорова *Pelamis platurus* (зустрічається від східних берегів Африки до західних берегів Америки), двокольоровий ластохвіст *Hydrophis cyanocinctus*, морські крайти *Lapemis hardwicki*, *L. coludrina*, а також морська змія з дзьобом *Enchydrina schistosa*. Морські змії зазвичай полюють на риб. Проте, ссавці також дуже чутливі до отрути морських змій. Наприклад, якщо мишам внутрішньом'язово вводити отрути таких морських змій, як *Hydrophis elegans*, *H. ornatus* або *H. belcheri*, то їхня напівлетальна доза становитиме 120-240 мкг/кг. В людини, яку вкусила морська змія місцевих реакцій у вигляді болю, набряку немає, проте розвиваються порушення координації рухів, мовлення, дихання, що реєструються вже через 30 хвилин після укусу, а через 5-10 годин дихання може зупинитися і людина загине. Останнє трапляється рідко через те, що при укусі морської змії отрута потрапляє в жертву у відносно невеликій кількості. Отрути морських та аспідових змій містять токсичні білки, що є блокаторами постсинаптичних нікотинових ацетилхолінових рецепторів в нервово-м'язових синапсах, тому ознаки ураження цими тваринами мають певну схожість.

До родини Гадюкові (Viperidae) входить 60 видів. Вони розподілені між 10 родами. Гадюкові змії мешкають в Африці, на значній частині території Європи та Азії. Для тварин характерне захисне забарвлення. Завдяки йому вони, залишаючись непоміченими, нападають на жертву із засідки і миттєво наносять їй укусу. Живляться гадюки різними хребетними та безхребетними тваринами. Якщо потурбувати гадюкову змію, та відразу намагається вкусити людину. Укус спричинює місцевий біль, набряк. Через те, що отрута гадюкових змій має гемолітичну дію, в місці укусу, а також у внутрішніх органах жертви імовірно крововиливи, можливі також тромбози судин, послаблення серцевої діяльності, а іноді – втрата свідомості. В отруті гадюкових змій знаходяться протеолітичні ферменти, білки, що спричинюють порушення в системі згортання крові, та нейротоксини з пресинаптичною дією [8, 15]. Типовими представниками є гюрза (*Vipera lebetina*), отруту якої використовують для виготовлення препаратів для хворих на гемофілію, дабойя (*Vipera russeli*) – для виготовлення кровоспинних препаратів, піщана ефа (*Echis carinatus*) – для виготовлення препарату для визначення вмісту протромбіну в крові. Проте від укусів гюрзи гине 10 % постраждалих людей, дабойї – 15 %, а африканської шумлячої гадюки (*Bitis arietans*) – 15-20 %.

У Північній Азії, Північній та Середній Європі, зокрема в Україні, водиться гадюка звичайна (*Vipera berus*). Укус цієї тварини спричинює в людини типові симптоми отруєння, крім того, реєструються порушення в діяльності травної та дихальної систем. Від укусів гадюки звичайної (*Vipera berus*) гине 1 % постраждалих людей. До Червоної книги України занесені два види з родини Гадюкові (Viperidae): 1) гадюка Нікольського, гадюка лісостепова *Vipera nikolskii* Vedmederjа, Grubant et Rudaeva, 1986; 2) гадюка степова *Vipera renardi* (Christoph, 1861). Перший вид за природоохоронним статусом являється рідкісним, а другий – вразливим.

До родини Ямкоголові (Crotalidae) віднесено близько 140 видів. Вони водяться в Північній та Південній Америці, Південній та Східній Азії [2, 5, 12]. Між ніздрями та очима

ямоголовоих змії знаходиться парний орган чуття, завдяки чому вони розрізняють навіть незначні коливання температури навколишнього середовища, відчувають на відстані присутність невеликих теплокровних тварин і ефективно полюють уночі.

В родині Ямоголової найчисленнішим за видовим різноманіттям є рід Ботропси (*Bothrops*). Він включає 60 видів, поширених у Південній та Центральній Америці. В отруті цих змії присутні гемотоксини. Вони спричинюють в уражених людини та інших ссавців крововиливи, тромбози, місцеві набряки. Типовими представниками є кайсака (*Bothrops atrox*), від укусів якої гине 10-15 % постраждалих людей, жарарака (*Bothrops jararaca*) – 10-12 %, бушмейстер (*Lachesis mutus*) – 10-12 %. За рядом ознак до ботропсів близькі представлені в Азії куфії, або азійські списоголові змії *Trimeresurus*. Їх відомо понад 30 видів.

Серед ямоголовоих окреме місце належить гримучим зміям. Таку назву ці тварини отримали через наявність у них на кінці хвоста шкірястих чохликів, що створюють гучний тріск, коли збуджена змія згортається в кільце і, піднявши кінчик хвоста, починає ним вібрувати. Утворення цих шкірястих чохликів відбувається під час линьок тварини. Гримучі змії об'єднані у роди Карликові гримучники (*Sistrus*) та Справжні гримучники (*Crotalus*). До першого роду належать 3 види, а до другого – 40. Основними компонентами отруту гримучих змії є гемотоксини, а також нейротоксини. Цими сполуками зумовлюється характер переважних симптомів в уражених гримучими зміями людини та тварин. Карликові гримучники не спричинюють загибелі людини, проте укуси справжніх гримучників, які водяться на американському континенті від Аргентини до Півдня Канади, часто бувають смертельними. Так, присутні в отруті справжнього гримучника каскавели (*Crotalus durissus*) нейротоксини спричинюють порушення квантової секреції нейротрансмітера з нервових закінчень, зменшення чутливості ацетилхолінових постсинаптичних рецепторів до нього, викликають стійку деполаризацію м'язових волокон у ссавців, при цьому внаслідок паралічу дихального центру гине майже 70 % постраждалих.

Для приготування лікарських препаратів, що застосовуються в лікуванні тромбозів, для дефібринізації, використовуються компоненти отруту таких ямоголовоих змії, як гримучника *Crotalus durissus*, ботропсів *Bothrops moojeni*, *B. atrox*, щитомордника *Agkistrodon rhodostoma*. Отрута гримучника *Crotalus atrox* знайшла використання при виготовленні препарату для вивчення функцій тромбоцитів. Виділений півсториччя тому з отрути *Bothrops jararaca* брадикінін-стимулюючий пептид послугував при створенні лікарського засобу каптоприлу. Він – інгібітор ангіотензин І-перетворюючого фактора і використовується для лікування реноваскулярної гіпертонії [6].

Відзначається певна схожість симптомів отруєння, що виникають в людей, уражених ямоголовими та гадюковими зміями. Отрути цих тварин, на відміну від таких аспідів та морських змії, спричинюють геморагічний набряк і некроз тканин у місці укусу, призводять до системних уражень організму внаслідок інтоксикації. При цьому розвиток геморагічних набряків пов'язують з присутніми в отрутах ямоголовоих та гадюкових змії протеолітичними ферментами. Їх поділяють на дві групи: серинові протеази та металопротеази [3, 13]. У тварин різних видів, що належать до одного роду, їх співвідношення не однакове. Наприклад, в отруті гадюки звичайної *Vipera berus* на частку металопротеаз і серинових протеаз припадає відповідно 75 і 25 % загальної протеолітичної активності, а в отруті гюрзи *Vipera lebetina* – 15 і 85 %. Металопротеази – термолабільні сполуки, що гідролізують численні білки (гемоглобін, казеїн, інсулін), а серинові протеази є термолабільними ендопептидазами. Серинові протеази спричинюють порушення процесу згортання крові та фібринолізу, розвиток тромбоемболій та геморагій. Потрапляння в організм ссавця великої кількості отрути більшості гадюкових змії, а також деяких ямоголовоих змії спочатку призводить до внутрішньосудинного згортання крові, проте потім здатність крові до згортання втрачається на тривалий час. Протеази здатні порушувати різні етапи гемокоагуляції. Так, наявний в отруті *Echis carinatus* екарин зумовлює активуацію протромбіну і зменшення агрегації тромбоцитів. Компоненти деяких зміїних отрут можуть викликати перетворення фібриногену на фібрин, виявляючи таким чином тромбіноподібну дію [7, 15]. Протеолітичні ферменти отруту разом з наявними в них нейротоксичними компонентами сприяють ефективному полюванню ямоголовоих та

гадюкових змій та їхньому захисту від ворогів. Крім того в отрутах цих змій буває присутнім нейротоксичний компонент, що виявляє фосфоліпазну активність.

До зміїної отрути мають природну резистентність деякі види тварин, хоча близькі до них у систематичному відношенні інші види виявляються дуже чутливими до неї. Така резистентність описана у їжаків *Erinaceus europeus*, *Periechinus deserti*, мангустів *Herpestes ichneumon*, *H. edwardsii*, американського борсука *Taxidea taxus*, опосумів *Didelphys marsupialis*, *D. virginiana*, лісового хом'яка *Neotoma micropus*, полівки *Microtus ochrogaster*. Наприклад, опосум *Didelphys virginiana* та лісовий хом'як *Neotoma micropus* порівняно з лабораторними мишами набагато стійкіші (більше ніж у сто разів) до отрути техаського гримучника *Crotalus atrox*. У сироватці резистентних до неї тварин знаходяться антигеоморагічні білкові фактори. Такі фактори знайдено і в сироватці деяких змій, зокрема хабу, палестинської гадюки, яка має також і антинейротоксичний білковий фактор. Нейтралізувати токсичні компоненти зміїної отрути можуть і деякі неотруйні змії. Наприклад, представник родини Вужеві *Clelia clelia* нечутливий до отрути гримучника *Bothrops asper*.

Присутні в крові людини α_2 -макроглобуліни можуть послаблювати вплив на неї протеаз зміїної отрути. Сучасні протиотрути містять очищені імуноглобуліни [5]. Слід звернути увагу, що склад речовини, яка використовується для імунізації з метою отримання протиотрути, є специфічним для конкретної країни та регіону внаслідок внутрішньовидової варіабельності вмісту отрути. Тому для подальшого розроблення ефективних засобів імунотерапії важливим є з'ясування антигенних особливостей отрути змій з різних географічних зон.

1. Шувалова Е. П. Болезни, вызываемые ядовитыми животными / Е. П. Шувалова, М. М. Антонов // Тропические болезни / под ред. Е.П. Шуваловой. 5-е изд. перераб. и доп. – СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2004. – С. 621–645.
2. Angulo Y. Biochemistry and toxicology of toxins purified from the venom of the snake *Bothrops asper*/ Y. Angulo, B. Lomonte // *Toxicon*. – 2009. – Vol. 54. – P. 949–957.
3. Fox J. W. Timeline of key events in snake venom metalloproteinase research / J. W. Fox, S.M.T. Serrano // *J. Proteomics*. – 2009. – Vol. 72. – P. 200–209.
4. Fry B. G. Evolution and diversification of the Toxicofera reptile venom system / B. G. Fry, N. Vidal, L. van der Weerd, E. Kochva, C. Renjifo // *J. Proteomics*. – 2009. – Vol. 72. – P. 127–136.
5. Gutiérrez J. M. Snake venomomics and antivenomics: Proteomic tools in the design and control of antivenoms for the treatment of snakebite envenoming / J. M. Gutiérrez, B. Lomonte, G. Leon, A. Alape-Giron [et al.] // *J. Proteomics*. – 2009. – Vol. 72. – P. 165–182.
6. Hayashi M. A. F. The Bradykinin-potentiating peptides from venom gland and brain of *Bothrops jararaca* contain highly site specific inhibitors of the somatic angiotensin-converting enzyme / M. A. F. Hayashi, A. C. M. Camargo // *Toxicon*. – 2005. – Vol. 45. – P. 1163–1170.
7. Isbister G. K. Procoagulant snake toxins: Laboratory studies, diagnosis, and understanding snakebite coagulopathy / G. K. Isbister // *Semin. Thromb. Hemost.* – 2009. – Vol. 35, № 1. – P. 93–103.
8. Kini R.M. Anticoagulant proteins from snake venoms: structure, function and mechanism / R. M. Kini // *Biochem. J.* – 2006. – Vol. 397. – P. 377–387.
9. Kularatnea S. A. M. Epidemiology, clinical profile and management issues of cobra (*Naja naja*) bites in Sri Lanka: first authenticated case series / S. A. M. Kularatnea, B.D.S.S. Budagoda, I.B. Gawarammana, W.K.S. Kularatne // *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* – 2009. – Vol. 103. – P. 924–930.
10. Neurotoxins from Australo-Papuan Elapids: A biochemical and pharmacological perspectives / S. Kuruppu, A. I. Smith, G. K. Isbister, W. C. Hodgson // *Critical Rev. Toxicol.* – 2008. – Vol. 38. – P. 73–86.
11. Olamendi-Portugal T. Proteomic analysis of the venom from the fish eating coral snake *Micrurus surinamensis*: Novel toxins, their function and phylogeny / T. Olamendi-Portugal, C.V.F. Batista, R. Restano-Cassulini, V. Pando [et al.] // *Proteomics*. – 2008. – Vol. 8. – P. 1919–1932.
12. Oliveira-Carvalho A. L. Identification and characterization of a new member of snake venom thrombin inhibitors from *Bothrops insularis* using a proteomic approach / A. L. Oliveira-Carvalho, P. R. Guimaraes, P. A. Abreu, D.L.S. Dutra [et al.] // *Toxicon*. – 2008. – Vol. 51. – P. 659–671.
13. Ramos O.H.P. Snake venom metalloproteases — structure and function of catalytic and disintegrin domains / O.H.P. Ramos, H.S. Selistre-de-Araujo // *Comp. Biochem. Physiol. Part C.* – 2006. – Vol. 142. – P. 328–346.
14. Tamiya N. Studies on sea snake venom / N. Tamiya, T. Yagi // *Proc. Jpn. Acad. Sci.* – 2011. – Ser. B 87. – P. 41–52.
15. White J. Snake venoms and coagulopathy / J. White // *Toxicon*. – 2005. – Vol. 45. – P. 951–967.

A.B. Романенко

Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, Киев, Украина

ТОКСИНЫ ЯДОВИТЫХ НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ РЕПТИЛИЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В статье акцентируется внимание на ядовитых рептилиях, обитающих на суше и в водных экосистемах, а также токсинах, которые образуются этими животными. Обсуждаются пути действия токсинов в организме.

Ключевые слова: ядовитые рептилии, токсины, экологический фактор

O.V. Romanenko

O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

LAND AND WATER POISONOUS REPTILES TOXINS AS ECOLOGICAL FACTORS

The article emphasizes the poisonous reptiles which inhabit land and water ecosystems and the toxins produced by these animals. The ways of toxins action in the organism are discussed.

Key words: poisonous reptiles, toxins, ecological factor

Рекомендує до друку

Надійшла 15.02.2013

В.В. Грубінко

УДК 591.5:592/599-114.5

О.В. РОМАНЕНКО

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
просп. Перемоги, 34, Київ, 03680, Україна

ОТРУЙНІ РИБИ ТА ДІЯ ЇХ ТОКСИНІВ У ПОСТТРАЖДАЛОМУ ОРГАНІЗМІ

У статті йдеться про отруйні риби, які мешкають у різних водних екосистемах, та токсини, що утворюються цими тваринами. Обговорюються шляхи дії токсинів у постраждалому організмі.

Ключові слова: отруйні риби, токсини, шляхи дії токсинів

У світі налічується багато видів отруйних тварин, які мешкають у водних екосистемах. У зв'язку з необхідністю задоволення харчових потреб людині частіше доводиться зустрічатися з рибами, які можуть створювати небезпеку її здоров'ю. Риби, що утворюють отрути, є серед представників класів Хрящові риби (Chondrichthyes) і Кісткові риби (Osteichthyes). Понад 200 видів риб є активно-отруйними тваринами (вони мають спеціальні органи, в яких продукується і накопичується отрута). Серед таких риб бувають малорухомі, що підстерігають свою здобич, а секрет отруйних залоз слугує їм для захисту.

Небезпеку для людини і багатьох хребетних тварин становлять отрути, що продукують такі хрящові риби, як акули, скати, химери. Вони належать до озброєних активно-отруйних тварин (окрім отруйної залози в них є раннячий апарат, за допомогою якого отрута надходить у тіло жертви). Отруйний апарат цих риб утворений модифікованими плакоїдними лусками, що перетворилися на шипи, які в акул та химер знаходяться на спинних плавцях, а в скатів-хвостоколів – на хвості. У розташованих уздовж шипа борознах міститься тканина отруйної залози, до секрету якої чутливі людина та хребетні тварини.