

Fiziološko djelovanje i biokemijske karakteristike zmijskog otrova

Krivokuća, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:021353>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

**FIZIOLOŠKO DJELOVANJE I BIOKEMIJSKE
KARAKTERISTIKE ZMIJSKOG OTROVA**

**PHYSIOLOGICAL ACTION AND BIOCHEMICAL
COMPONENTS OF SNAKE VENOM**

SEMINARSKI RAD

Ana Krivokuća
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate study Environmental sciences)
Mentor: Doc.dr.sc. Zoran Tadić

Zagreb, 2012.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. OTKRIĆE ZMIJSKOG OTROVA.....	3
2.1. Što su toksini?.....	5
2.2. Klinički aspekti trovanja	
2.2.1. Ugrizi elapida.....	6
2.2.2. Ugrizi viperida.....	6
2.2.3. Ugrizi atraktaspidida.....	7
2.2.4. Ugrizi colubrida.....	7
3. TOKSIČNE I NETOKSIČNE KOMPONENTE.....	7
3.2. Toksične komponente.....	8
3.3. Netoksične komponente.....	9
4. NEUTRALIZACIJA DJELOVANJA TOKSINA.....	9
5. ZAKLJUČAK.....	10
6. LITERATURA.....	11
7. SAŽETAK.....	12
8. SUMMARY.....	13

1. UVOD

Zmije! Ta živa bića oduvijek ljudima tjeraju strah u kosti. Uz njih se vežu mitovi i vjerovanja čiji je uzrok njihova duga prisutnost na planetu Zemlji. Uopćeno je mišljenje i stavljen je znak jednakosti između pojmova zmija i otrov. To mišljenje naravno nije ispravno jer nisu sve zmije otrovne. U relativno nedavnoj prošlosti herpetologija doživljava svoj procvat, a time i istraživanja koja se provode na zmijama, što je uvelike pridonijelo sistematici na temelju znanstveno dokazanih činjenica.

Zmije spadaju u koljeno Chordata, potkoljeno Vertebrata, razred Reptilia, red Squamata i podred Ophidia. Podred se dijeli na još mnogo skupina no nama najzanimljivije su superporodice Henophidia¹ i Colubroidea². Superporodica Colubroidea dijeli se u četiri velike porodice: Elapidae, Viperidae, Atractaspididae i Colubridae. Ima ih sveukupno oko 2 300, s tim da je oko 600 jedinki otrovno, a ugrizi njih 250 mogu uzrokovati teške komplikacije kod ljudi. Podjela u četiri velike porodice izvedena je iz oblika njihove denticije (relativno stare podjele, koja se nerijetko koristi i danas). Elapidae obuhvaćaju sve prednježljebozubice, zmije relativno kratkih, uralih zubi na prednjoj strani gornje čeljusti, u koje spada oko 280-300 vrsta. Postoje i umjetne podjele unutar porodice zbog njihovih različitih prilagodbi, a najčešća je na arborealne i terestričke Elapidae (guje).

U porodicu Viperidae (ljutice) spada oko 230 vrsta i spadaju u kategoriju cjevozubica (Solenoglypha). Zubi su, za razliku od elapida, pomični odnosno smješteni na pomičnoj kosti, s prednje strane gornje čeljusti. Pri napadu mogu biti pomaknuti u skoro okomit položaj na kosti lubanje, dok su inače u zatvorenim ustima u vodoravnom položaju. Također imaju i karakterističan izgled glave s proširenim stražnjim dijelom. Zmije ove porodice rasprostranjene su u svim područjima osim u Australiji, Papua Novoj Gvineji i susjednim područjima. (Menez, 2004.)

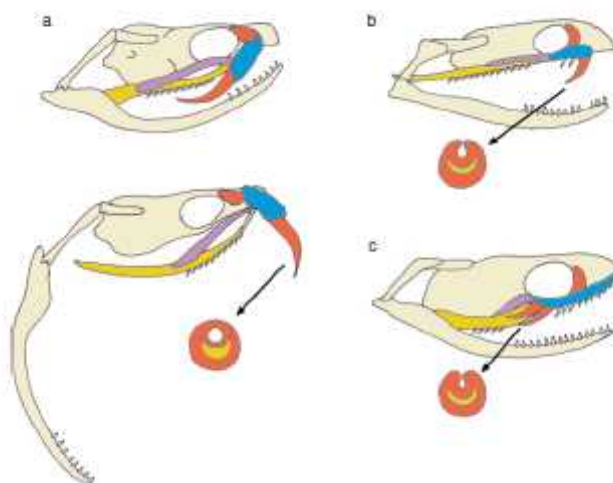
Atractaspididae sada čine posebnu porodicu, no nije oduvijek bilo tako. Često su bile svrstavane u porodicu Viperidae iz razloga što posjeduju zubnu aparaturu cjevozubica i izrazito su otrovne. I danas njihova sistematika djeluje zbunjujuće zbog rasprava o broju vrsta i rodova, no čine zasebnu porodicu. Izrazito su tamne i žive u uskim podzemnim kanalima iz čega je proizašla njihova specifična prilagodba. Naime, da bi ulovili plijen u uskim kanalima

¹ Henophidia - taksonomska kategorija koja obuhvaća najveće svjetske zmije poput pitona i boa koje imaju ostatke kukovlja, a vrhunac razvoja imali su prije 65-23.5 milijuna godina (Menez, 2004.).

² Colubroidea – taksonomska kategorija koja obuhvaća sve otrovne i neotrovne zmije bez ostataka kukovlja uz razvijenost sofisticiranih prilagodbi. Razvijaju se od prije 53-35 milijuna godina do danas. (Menez, 2004.).

mogu ugristi postrance i okrećući glavu u natrag, te im zubi mogu izaći kroz gotovo zatvorena usta. Rasprostranjene su paralelno sa svojim staništima na prostorima središnje i južne Afrike, na Bliskom Istoku, u Sinaju, Jordanu i južnom dijelu Izraela.

Colubridae su daleko najrasprostranjenija porodica s oko 1700 vrsta u čak 290 rodova. Ova porodica obuhvaća i otrovne i neotrovne zmije, a dvije trećine svih posjeduju Duvernoyevu žlijezdu koja služi u lučenju toksina. Također žlijezda koju posjeduju kolubride (guževi) razlikuje se od onih u elapida i viperida. Zmije porodice Colubridae su uglavnom stražnježljebozubice, te zbog toga nisu osobito opasne za ljude, jer moraju jako zagristi i početi žvakati da bi otrov mogao prodrijeti u tijelo. Izuzetak su zmije koje mogu jako otvoriti čeljusti te tako omogućiti ugriz stražnjim zubima kao npr. boomslang (*Dispholidus typus*) koja može čeljusti otvoriti za 170°, te određen broj vrsta koji ne posjeduje nikakvu denticiju.



Slika 1. Dentacija zmija otrovnica : a) Viperidae (solenoglypha), b) Elapidae (proteroglypha), c) Colubridae (opisthoglypha)
(Izvor: Ménez, 2004)

2. OTKRIĆE ZMIJSKOG OTROVA

Prva saznanja o zmijskom otrovu pojavljuju se još prije tri stoljeća. Vjerovalo se da ugriz otrovnice emitira zle duhove i da su ti duhovu toliko „hladni“ da uzrokuju koagulaciju krvi i blokiranje cirkulacije. Takvo vjerovanje zapravo je oprečno samom korijenu latinske riječi *venenum*, koja je označavala izlučene tekućine čarobnog cvijeta. Sve je

oduvijek obavijeno magijom i mistikom, te se tako i vjerovalo da otrovi opijaju, zavode. Neki pozitivno, a neki negativno. U pozitivnom svjetlu pristupa *venes-num* znači „ljubavni filter“ . Čudna povezanost nečeg tako ubojitog i riječi ljubav. Možda će upravo znanost tu odigrati ključnu ulogu analizom komponenata zmijskog otrova, za njegovo iskorištavanja u medicinske svrhe. Tada će mnogi povući znak jednakosti između riječi otrov i ljubav.

Tek 1670-te godine talijanski znanstvenik Francesco Redi usudio se napraviti novi korak. Bio je istinski eksperimentalist i u skladu s time skupljao je žuti „sok“ sa zubi otrovnica (Slika 2.) i nanosio ih na rane životinja, koje su mahom umirale. Zaključio je da je za sve odgovoran žuti „sok“ – otrov i time ustanovio početak znanstvenog pristupa proučavanju zmijskog otrova. Početna pitanja bila su: „Kako otrov djeluje?“ i „Odakle taj otrov dolazi?“ S vremenom znanstvenici su uočili povezanost između djelovanja prirodnih otrova i onih zmijskih. Na temelju građe prirodnih otrova, otkrivala se građa, ali i funkcija zmijskih otrova.



Slika 2. Otrov na zubima čegrtuše *Crotalus horridus*

(Izvor: Ménez, 2004)

Shvaćeno je da sastav zmijskog otrova varira te da njegov sastav određuje koje će posljedice imati na djelovanje različitih fizioloških sustava. Jedna od posebnosti zmija je i ta da kako proizvode otrov, isti nije štetan za njih same.

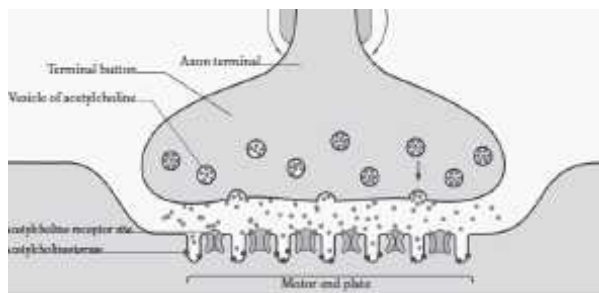
Priroda zmijskog otrova znanstvenim metodama određena je u 19. stoljeću. Nakon brojnih rasprava ustanovljeno je da je otrov tvar proteinske građe, a ne alkaloidne kako su predlagali neki znanstvenici. Tokom 19. stoljeća proteini i dobivaju svoje ime od grčke riječi *protein* što znači prvi, primarni. A ime su smislili švedski i njemački znanstvenici Berzelius i Mulder. Godine 1956. dogodila se još jedna prekretnica. Elbert Peterson i njegovi suradnici predstavili su kromatografsku³ metodu utemeljenu na ionskoj izmjeni, kojom su mogli

³ Kromatografija – obuhvaća niz metoda koje se temelje na prolasku tekuće faze kroz krutu fazu koja sadrži željenu tvar za ispitivanje, a o svojstvima ispitivane tvari ovisi koliko dugo će ostati u stacionarnoj fazi.

odvajati proteine na temelju njihovog ionskog naboja. Skoro istovremeno dolazi do uspostavljanja metode gel filtracije, te je bilo moguće proteine odvajati na temelju različite molekularne veličine. Nedugo nakon toga prvi toksini su izolirani i identificirani.

2.1. Što su toksini?

Kao i riječ otrov i riječ toksin vuče svoje korijene iz Grčke. Toxikon – grčka riječ za otrov nanesen na strjelicu. Djelovanje toksina često se ispituje na miševima. No kako se toksini razlikuju svojim sastavom, razlikuju se i u tome na koju vrstu djeluju, koje je mjesto njihovog djelovanja, koja je doza potrebna za početak djelovanja itd. Također, toksini izrazito opasni za jednu vrstu mogu biti bezopasni za drugu. Svojstva toksina jednako tako mogu biti različita s obzirom na preferirajući tip prehrane (različiti toksini kod zmija koje se hrane sisavcima, od onih koje se hrane npr. pticama). Najčešća mjesta djelovanja toksina su neuromuskularne sinapse (Slika 3.). Zmijski toksini slični kurareu i nikotinu sprječavaju prijenos signala između osjetilnih i motoričkih živaca, djelujući na acetilkolinske receptore, uzrokujući paralizu. To su neurotoksični otrovi, poput onih koje možemo naći kod kobri.



Slika 3. Prikaz neuromuskulturne sinapse s acetilkolinom
(Izvor: Fry, 2005.)

Za razliku od prirodnih otrova kurarea i nikotina, kod ovakvih zmijskih otrova blokada acetilkolinskih receptora je dugotrajna i nepovratna. Struktura samih toksina je bitna, jer sadrže enzime i proteine bez enzimskih aktivnosti. Stoga toksini koji imaju slično djelovanje biti će sličnog sastava i sličnog načina namatanja aminokiselinskih lanaca. (Menez, 2004.)

2.3. Klinički aspekti trovanja zmijskim otrovom

2.3.1. Ugrizi elapida (guja)

Najčešći su ugrizi terestričkih elapida (kobre, mambe, kraitovi, koraljne zmije). Najčešći simptomi ovakvih ugriza je progresivna paraliza kao posljedica neurotoksičnosti. Mišići koji su najviše inervirani prvi pokazuju simptome (npr. nekontrolirano zatvaranje kapaka (tzv. ptoza) i zamućeni vid). Ostali uobičajeni pokazatelji trovanja su povraćanje, glavobolja i obilno slinjenje. Često dolazi do ukočenosti čeljusti i paralize dijafragme što dovodi do gušenja. Ukoliko pacijent uspije brzo doći u bolnicu, može ga se održavati na životu pomoću respiratora. Afričke kobre pljuvačice i azijske kobre u svom otrovu posjeduju velike količine citotoksina koji uzrokuju i raspadanje membrana stanica uz dodatak djelovanju neurotoksina. Ugrizi australskih elapida najviše pridonose raznolikosti kliničkih aspekata trovanja. Otrovnost taipana može uzrokovati lokalno otjecanje, nekrozu tkiva, grčeve, oštećenje mišića, otkazivanje bubrega i tešku ireverzibilnu paralizu.

Ugrizi morskih zmija jako su rijetki, no njihovi otrovi djeluju i na mišićni i na živčani sustav. Ugriz se u vodi teško može osjetiti i bez oticanja je, no kroz nekoliko sati može se pojaviti bol u mišićima, grčevi, ukočenost, glavobolja, žeđ, obilno znojenje, osjećaj hladnoće te progresivna paraliza.

2.3.2. Ugrizi viperida (ljutica)

Ugrizi ljutica karakteristični su po tome što dolazi do djelovanja otrova već na samom mjestu ugriza. Prvo dolazi do oticanja koje se širi i kroz cijeli ugrizeni ud (dio tijela). Nekroza tkiva oko mjesta ugriza može se pojaviti kroz nekoliko sati ili dana i imati teške posljedice za rad ugrizenog dijela tijela. Iznimke su kada se na mjestu ugriza ne pokažu nikakvi znakovi trovanja, a opet može doći do smrtnog slučaja kroz par dana. Česta je pojava šoka već oko 10 minuta nakon ugriza, popratne pojave su krvarenje iz mjesta ugriza, ali i u cijelom tijelu, pojava ugrušaka, nagli pad tlaka, već spomenuta nekroza tkiva te moguće otkazivanje bubrega.

Ugrizi atraktaspidida

Ove zmiје, slične ljuticama, imaju i slično djelovanje otrova. Prvo se javlja lokalno oticanje, nekroza tkiva i bol. Ovisno o jačini ugriza i simptomi mogu biti drugačiji. Ako se radi o teškom ugrizu ubrzo dolazi do mučnine i povraćanja, respiratornih poteškoća, hipertenzije i ubrzanog rada srca i ponekad smrti. Najveći udio otrova atraktaspidida čine jaki toksini izrazitog kardiovaskularnog djelovanja.

2.3.3. Ugrizi colubrida (guževa)

Svakako jedan od najboljih primjera otrovnih colubrida je afrički boomslang (Slika 4.). Ugriz ove vrste ili njezinih rođaka može uzrokovati oticanje i krvarenje. Žrtve povraćaju i osjećaju jaku bol u trbuhu. Otrov često počinje djelovati punom snagom tek nakon 24 sata. Onemogućuje zgrušavanje krvi te time uzrokuje obilno krvarenje i otkazivanje rada bubrega.



Slika 4. *Dispholidus typus* - boomslang – stražnježljebozubica

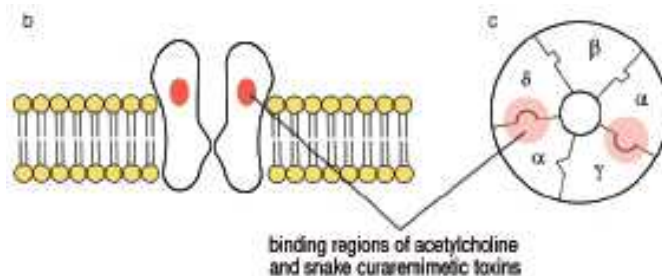
3. TOKSIČNE I NETOKSIČNE KOMPONENTE

Proteini prisutni u zmijskom otrovu ne razlikuju se evolucijski od ostalih proteina. Njihova struktura jednostavno je prilagođena bržem pronalaženju ciljanog odredišta za vezanje u domaćinu. Još uvijek nije zapravo poznato koji su to točno mehanizmi koji ubrzavaju i povećavaju broj mutacija u određenim dijelovima gena za kodiranje proteina

prisutnih u otrovu. Čini se da se i ovdje radi o ubrzanoj metodi pokušaja i pogreške, te one varijante koje se pokazuju uspješnima ostaju odmah zadržane. Neka nagađanja temelje se na pretpostavci da se većina tih proteina razvila iz jednog ribonukleaznog pretka.

3.1. Toksične komponente

Djelovanje zmijskih toksina možemo usporediti sa djelovanjem ranije poznatih toksina poput kurarea i nikotina. Kod zmija možemo razlikovati dva razreda toksina sličnih kurareu. Toksini dugih lanaca imaju prednost pred onima kratkih lanaca, jer se mogu vezati za mišićne, ali i za receptore živčanih stanica ($\alpha 7$ -receptori), dok se kratki lanci mogu vezati samo za mišićne receptore. Rezidualni ostatci nekih toksina poput erabutoksina i α -kbratoksina postoje u svim toksinima sličnima kurareu. Nemaju svi toksini isti princip vezanja bez obzira na sličan sastav. Neki toksini se vežu specijalno na jedno mjesto (npr. erabutoksin), dok se neki sa drugačijom strukturnom raspodjelom aminokiselina mogu vezati na više mjesta (trodijelni α -kbratoksin⁴). Još jedan od trodijelnih toksina važnih u vezanju na acetilkolinesterazu je fascikulin, sličnog djelovanja kao erabutoksin. Oba toksina vežu se za acetilkolininske receptore sprječavajući time vezanje acetilkolina na receptor (Slika 5.)



Slika 5. Longitudinalni i transverzalni presjek nikotinskog acetilkolinetskog receptora u membrani

(Izvor: Ménez, 2004)

Neki od najčešćih toksina su i 3FTx alfa neurotoksin koji uzrokuje hidrolizu kolina, ADAM koji uzrokuje nekrozu tkiva, BNP koji izaziva nesvjesticu, CRISP koji uzrokuje paralizu perifernih glatkih mišića, faktor V u kombinaciji sa faktorom X kod taipana i smeđih zmija uzrokuju pretvaranje protrombina u trombin, crotamin uzrokuje mionekrozu, cystatin inhibira obrambene tjelesne enzime i još mnogi drugi sa sličnim djelovanjima. (Fry, 2005.)

⁴ α -kbratoksin ujedno spada i u toksine dugih lanaca što pridonosi njegovoj konformnosti.

Sam ovaj širok spektar djelovanja toksina govori nam o tome koliko su se evolucijski prilagodili i međusobno isprepleli svoja djelovanja. Princip favoriziranja pojedinih mutacija i dan danas nije jasan, no zna se da su svi ti toksini i dalje u stalnoj mjeni.

3.2. Netoksične komponente

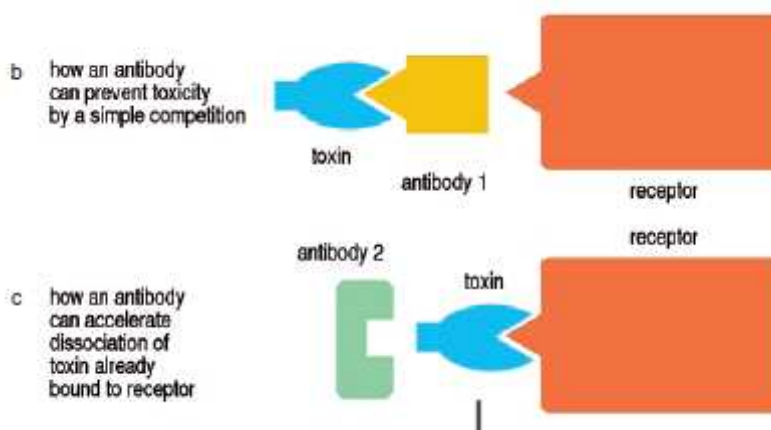
Oko 90% sastava zmijskog otrova čine proteini i ostalih 10 % anorganskih tvari. Oko 26 enzima pronađeno je u zmijskom otrovu i svi su proteini od 150 do 1500 aminokiselina dugi. Prisutnost tih neletalnih proteina dovela je znanstvenike do zaključka da njihova prisutnost pridonosi razgradnji i probavi plijena. Vezivna tkiva sadrže proteoglikane (koji se sastoje od ponavljajućih disaharidnih jedinica poput hijalouronata). Kao odgovor na to skoro svi zmijski otrovi sadrže hijalouronidazu za razgradnju tih tkiva. Za lakšu razgradnju lipida posjeduju fosfolipazu A₂. Skoro svi otrovi sadrže i jake nukleaze koje razaraju DNA i RNA. Metaloproteaze su specifične po tome što za svoju aktivnost trebaju prisutnost određenog metala, a različitih su funkcija. Kolagenaza razgrađuje kolagen, elastaza je probavni enzim i mnogi drugi enzimi povezani s koagulacijom i cirkulacijom krvi. Jedan od najučestalijih enzima je i alfa-aminooksidaza koja uzrokuje razgradnju aminokiselina, a u međudjelovanju s FAD⁵, koji je koenzim, može prepoznati i promijeniti gotovo sve aminokiseline. Zmijski otrov može sadržavati i neuobičajene enzime poput NGF-a (faktor rasta živčanih stanica) čija prisutnost do danas nije objašnjena. Uz mnoge enzime otrov sadrži i nešto lipida, šećera, flavina, nukleozida, aminokiselina, kao i pozitivno nabijene metale potrebne za funkcije metaloproteaza (natrij, kalij, kalcij, magnezij, cink i ponekad bakar, mangan i željezo). (Menez, 2004.)

NEUTRALIZACIJA DJELOVANJA TOKSINA

Dva su vrlo važna čimbenika prisutna u životinja otpornih na zmijski otrov. To su antitijela koja proizvodi sam organizam i imunološki faktori prisutni u plazmi otpornih životinja. Cilj navedenih čimbenika spriječiti je dolazak toksina do željenog receptora. Sam pojednostavljen princip djelovanja temelji se na tome da se toksini ne mogu istovremeno vezati i za receptore i za prisutna antitijela. Tako prisutnost antitijela zapravo ograničava

⁵ FAD – flavin adenin dinukleotid, također odgovoran i za žućkastu boju otrova.

količinu toksina koji se mogu vezati za druga receptorska mjesta (Slika 6). Kod toksina sličnog djelovanja poput kurarea najviše se dostiglo u istraživanju. Ukoliko dođe do nastanka kompleksa toksin-receptor on može biti stabilan i do nekoliko sati. Dodavanjem antitijela kompleks se raspada vrlo brzo, brže nego u odsutnosti antitijela, što nam je pokazatelj da se ne radi samo o neutralizaciji. Antitijelo uzrokuje pucanje veze toksina s receptorom i njegovim uklanjanjem, a još jedna moguća varijanta je da antitijelo mijenja prirodu veze između toksina i receptora. Druga varijanta je uobičajena u međudjelovanju ostalih proteina.



Slika 6. b) kompeticija sličnog receptorskog mjesta i antitijela, antitijelo sprječava vezanje toksina na receptor, c) antitijelo ima strukturni dio koji odgovara toksinu, veže se za njega i uzrokuje promjenu konfiguracije veze toksin-receptor i njeno kidanje

(Izvor: Ménez, 2004)

4. ZAKLJUČAK

Strah od zmija uobičajena je pojava širom svijeta. Mali pomaci koji se rade u upoznavanju ljudi sa pravim problemima proizašli su iz ustrajnosti znanstvenika koji pokušavaju što više upoznati ta tajnovita bića. Zmije su sofisticirane životinje, prilagođene gotovo za sve životne uvjete na svijetu.

Napretkom tehnologije otkrilo se puno toga o sastavu i strukturi samih otrova koje posjeduju. Kako se i znanost razvija, shvaća se da protuotrovi dobiveni konvencionalnim tehnikama nisu toliko učinkoviti te da se treba pronaći novi proces njihove proizvodnje.

Saznavanje odgovora na brojna pitanja koja smo do sada postavljali za sobom povlači nova, još kompliciranija pitanja. Prema tome mogu zaključiti da je herpetologija tek u početnom zamahu i da vrhunac tek slijedi. Kako teoretski, tako i u praksi!

5. LITERATURA

1. Fry, B.G. (2005): From genome to „venome“ : Molecular origin and evolution of the snake venom proteome inferred from phylogenetic analysis of toxin sequences and related body proteins, *Genome Research* 2005, **15**:403-420,
2. Mackessy, S. (2010): Venoms and Toxins of Reptiles, CRC Press, Boca Raton
3. Ménez, A. (2004): The Subtle Beasts, Taylor & Francis, London
4. Roger and Janet Knapp (1997.) : Snake bites
<http://www.rogerknapp.com/medical/snakebite.htm>, preuzimano 05.07.2012.
5. Online Encyclopedia http://encyclopedia.jrank.org/SIV_SOU/SNAKES.html ,preuzimano 09.07.2012.

6. SAŽETAK

U ovom radu opisala sam pregled otkrića otrova, njegovih svojstava i strukture, kroz povijest pa do danas. Pošto govoriti, odnosno pisati, o toksinima nije lako, morali smo proći i osnovnu podjelu zmija. Podjela prema dentaciji najjednostavnija je i opće prihvaćena. Prema njoj razlikujemo tri skupine: prednježljebozubice (Elapide), stražnježljebozubice (Colubride) i cjevozubice (Viperide i Atractaspidide). Prema dentaciji možemo ih podijeliti i na to koju „vrstu“ otrova posjeduju i kako ju ubrizgavaju. „Vrsta“ je pod navodnicima, jer zapravo niti jedna vrsta otrova nije u potpunosti čista. Zmije poput čegrtuša sa velikim udjelom hemotoksičnih komponenti u otrovu često zadrže i nešto neurotoksičnih komponenti. Isto vrijedi i za zmije poput taipana kod kojih prevladavaju neurotoksične komponente.

Kada je prvi problem bio uspješno riješen, definiranje proteina i njihova uloga, moglo se krenuti na detaljnije istraživanje samih toksina. Utvrđeno je da je 90% građe toksina upravo proteinska te da za njihove analize mogu primijeniti sada utvrđene tehnike za analizu proteina. Prvenstveno se koristila kromatografija. Jedne od češćih bile su kromatografija ionskom izmjenom i gel filtracija (kromatografija na stupcu) koje su odvajale proteine na temelju različitog ionskog naboja ili određene molekulske mase.

8. SUMMARY

This work contains overview of history of discovery, structure and properties of snake venoms. Because writing about snake toxins is not an easy task, we needed to make some kind of classification of snakes themselves. The most common classification is based on their dentition. According to this classification there are three groups of snakes : front-fanged (proteroglyphous - Elapids), rear-fanged (opisthoglyphous - Colubrids) and tubular-fanged (solenoglyphous – Vipers and atractaspids). Because of their dentition, we can differ which “kind” of poison snakes posses and how they inject it. “Kind” has quotation marks because no poison is completely pure. Snakes like rattlesnakes with big percentage of cytotoxic compounds in their venom always have some neurotoxic compounds. The same holds true for snakes like taipans, with big percentage of neurotoxic compounds, but also some cytotoxic components.

When the first problem was solved, i.e. definition of proteins and their function, it was possible to move on to the research of toxins. It was discovered that 90% of snake toxin is made of proteins. The most often used method in this research was chromatography, specially ion exchange chromatography and gel filtration in which proteins can be divided on the basis of their ionic charge or molecular weight.