

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Výrůstky na hlavě hadů a jejich funkce

Bakalářská práce

Jindřich Pavlas

Chov exotických zvířat (PETIBE)

Ing. Ivona Svobodová, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výrůstky na hlavě hadů a jejich funkce" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ivoně Svobodové, Ph.D. za vedení bakalářské práce, za její čas a trpělivost. Její ochotný přístup mi byl cennou pomocí v celém průběhu tvoření této práce. Děkuji také Ing. Danielovi Kolečkovi Ph.D. za poskytnutí odborných rad. Dále bych rád poděkoval mým kamarádům a rodině za podporu a trpělivost.

Výrůstky na hlavě hadů a jejich funkce

Souhrn

Výrůstky na hlavě hadů jsou bez pochyb jedním z nejobjevuhodnějších úkazů vyskytujících se mezi zvířaty. Hadi jsou svým evolučním vývojem nejnověji vyvinutou skupinou plazů, pravděpodobně pocházejících z ještěřů. Geografické rozšíření v průběhu evoluce dalo za vznik několika čeledí s mnoha druhy. Jednotlivé čeledi, rody, ale i druhy se na úkor samostatného vývoje v různých oblastech světa od sebe mohou vzájemně velmi lišit nebo se naopak velmi podobat. Konvergentním vývojem tak vznikli jedinci z různých částí světa, kteří se velice podobají svou stavbou těla, barvou či vystupujícími útvary z čenichu (supranazální) nebo v nadoční části hlavy (supraokulární), tvořící rohovité výrůstky. Nejpočetnějšími skupinami zástupců s výrůstky na hlavě jsou druhy z čeledí zmijovití (Viperidae) a užovkovití (Colubridae), které se vyskytují mimo chladných oblastí a několika výjimek po celém světě. Obývají různé biotopy, kde jednotlivé druhy upřednostňují odlišné způsoby života od hrabání v zemi, přes schovávání v listí a šplhání po nízkých keřích až po lezení na stromech. Můžeme pozorovat několik typů cefalických výrůstků lišících se tvarem, stavbou i počtem. Supranazální rohy mohou být tvořeny jedním nebo několika výrůstky s různou stavbou, či výrazným protažením hlavy a zašpičatěním čenichu. Supraokulární rohy mohou mít taktéž různou stavbu a jsou tvořeny jedním nebo několika výrůstky sestavených blízko sebe nebo v řadě za sebou. První vědecké spekulace tvrdily, že by supraokulární výrůstky měli být pouhým rozmarem přírody, fungovat jako zářiče tepla nebo jako stínící kryty před paprsky světla. Novodobější teorie popisuje funkci nadočních rohů jako funkci ochranou při prolézání norami nebo téměř neproniknutelným hustým porostem, či jako ochrana očí před predátory. Dalšími předpoklady pro funkci nadočních rohů je lákání kořisti nebo sexuální stimulace. Tato teorie o sexuální funkci se uplatňuje i u druhů s výrůstky na čenichu. Další hypotézou je přesnější výpad při lovu, kdy protažený čenich pomáhá hadovi lépe zamířit na kořist. U některých hrabavých hadů byl supranazální výrůstek přizpůsoben k hrabání, zatímco výrůstky u vodnářky chapadlové (*Erpeton tentaculatum* Lacépède, 1800) mají ojedinělou hmatovou a pohybovou funkci. Společnou funkcí pro oba typy výrůstků by pravděpodobně mohlo také být maskování v přirozeném prostředí. Rohovité cefalické výrůstky můžeme pozorovat také u dalších plazů a obojživelníků, kteří vynikají i jinými znaky jako jsou hřebeny límce. Na světě existuje mnoho druhů hadů s výrůstky na hlavě, jejichž podoba a funkce je ovlivňována okolním prostředím společně se způsobem života v něm.

Klíčová slova: had, zvíře, rohy, výrůstky, užovka, zmije, lov, maskování

Growths on the head of snakes and their functions

Summary

Growths on the head of snakes are undoubtedly one of the most admirable phenomena found among animals. In their evolutionary development, snakes are the most recently developed group of reptiles, probably descended from lizards. Geographical expansion in the course of evolution gave rise to several families with many species. Individual families, genera, but also species can be very different from each other or, on the contrary, very similar, at the expense of independent development in different regions of the world. Convergent development has resulted in individuals from different parts of the world who are very similar in their body structure, color, or protruding formations from the snout (supranasal) or in the upper part of the head (supraocular), forming horn-like growths. The most numerous groups of representatives with growths on the head are species from the Viperidae and Colubridae families, which are found outside cold regions and with a few exceptions around the world. They inhabit different habitats, where each species prefers different ways of life, from burrowing in the ground, to hiding in leaves and climbing low bushes to climbing trees. We can observe several types of cephalic growths differing in shape, structure and number. Supranasal horns can be formed by one or several outgrowths with different structures, or by significant stretching of the head and pointed snout. The supraocular horns can also have a different structure and are formed by one or several outgrowths assembled close to each other or in a row. Early scientific speculations claimed that the supraocular growths should be a mere whim of nature, acting as heat emitters or as shields from light rays. A more recent theory describes the function of the nasal horns as a function of protection when crawling through burrows or almost impenetrable dense vegetation, or as protection of the eyes from predators. Other prerequisites for the function of the upper horns are the attraction of prey or sexual stimulation. This theory of sexual function also applies to species with growths on the snout. Another hypothesis is a more accurate lunge during hunting, when an elongated snout should help the snake better target its prey. In some burrowing snakes, the supranasal process has been adapted for burrowing, while in the tentacled water snake (*Erpeton tentaculatum*) the processes have a unique tactile and locomotor function. A common function for both types of outgrowths could probably also be camouflage in the natural environment. Horn-like cephalic growths can also be observed in other reptiles and amphibians, which also stand out with other features such as collar ridges, etc. There are many species of snakes in the world with growths on the head, whose appearance and function are influenced by the surrounding environment together with the way of life in it.

Keywords: snake, animal, horns, growths, grass snake, viper, hunting, camouflage

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1. Úvod..... | 1 |
| 2. Cíl práce | 2 |
| 3. Literární rešerše | 3 |
| 1.1 Evoluce | 3 |
| 1.1.1 Vývoj a podoba dnešních hadů..... | 3 |
| 1.1.2 Konvergence | 4 |
| 1.2 Vybrané čeledi hadů s výrůstky na hlavě | 6 |
| 1.2.1 Zmijovití | 6 |
| 1.2.2 Užovkovití | 11 |
| 1.3 Druhy výrůstků | 15 |
| 1.3.1 Supraokulární (oční) výrůstky | 17 |
| 1.3.2 Supranazální (nosní) výrůstky | 21 |
| 1.4 Funkce supraokulárních (očních) výrůstků | 26 |
| 1.4.1 První vědecké spekulace..... | 26 |
| 1.4.2 Ochrana očí | 26 |
| 1.4.3 Lákání kořisti | 28 |
| 1.4.4 Sexuální funkce | 28 |
| 1.5 Funkce supranazálních (nosních) výrůstků..... | 29 |
| 1.5.1 Sexuální funkce | 29 |
| 1.5.2 Široké binokulární vidění | 30 |
| 1.5.3 Maskování a lov..... | 31 |
| 1.5.4 Hrabání | 32 |
| 1.5.5 Unikát mezi výrůstky na hlavě hadů (<i>Erpeton tentaculatum</i>)..... | 32 |
| 1.6 Rohovité výrůstky a jejich funkce u dalších plazů a obojživelníků | 34 |
| 4. Závěr..... | 35 |
| 5. Literatura..... | 36 |

1. Úvod

Hadi, podobně jako pavouci nebo žraloci, už jen svým pouhým názvem dokážou u člověka vyvolat respekt, nepříjemný pocit nebo dokonce pocit hrůzy či strachu. Vztah lidí k hadům se odjakživa vyznačoval fascinací, která často hraničila až s posedlostí a spojováním s ďáblem. Had je už odpradáвна vyznačován v historickém umění, příbězích, mýtech a pověrách jako symbol zla, který má člověku způsobovat strach a bolest. Již v mýtickém příběhu o Adamovi a Evě byl had vyznačován jako vyobrazení ďábla, zla a pokušení. Svou pozornost si zasloužili částečně velmi podivným tvarem těla a s ním spojeným neobvyklým způsobem pohybu, svlékáním celé kůže, očima, které nemrkají, početnými ostrými zuby, které mohou být smrtící svým jedem anebo svým silným svalnatým tělem, které dokáže oběť zadusit nebo ji i rozdrtit kosti. Lidé tyto hadí vlastnosti považovali za nepřirozené, hadi se tak v lidských očích stali jakýmsi nadpřirozenými tvory. Ale i přes všechny mýty, příběhy apod. je spousta lidí, kteří hady obdivují právě pro jejich stavbu těla, způsob života a množství zajímavých druhů, které upoutávají nejen svou barevnou rozmanitostí a podobou šupin, vytyčující různé výběžky z těla.

Plazi se rozšířili, s výjimkou nejchladnějších oblastí po celé Zemi dávno předtím, než se vyvinuli savci a člověk. Hadi mají mnoho společných rysů od společného předka, takže ani biologie různých skupin hadů se příliš nemění. Některé druhy hadů si jsou velmi podobné nebo naopak značně rozdílné svým zbarvením nebo seskupením a tvarem šupin, tvořící například různě tvarované výrůstky na hlavě.

2. Cíl práce

Některé druhy hadů mají na hlavě rohovité výrůstky, u kterých se předpokládají různé funkce. Tyto šupinaté výběžky jsou herpetology nazývány také „rohy“. Jsou odlišné svou četností a místem výstupu na hlavě, barvou, ale i velikostí a tvarem. Podoba a umístění výrůstků se zřejmě odvíjí dle prostředí a způsobu života hada.

Cílem této bakalářské práce je objasnit jak a k čemu slouží rohovité výrůstky na hlavě hadů.

3. Literární rešerše

1.1 Evoluce

1.1.1 Vývoj a podoba dnešních hadů

Podřád Hadi (Serpentes) je nejnověji se vyvinutou skupinou plazů, která se pravděpodobně objevila během první poloviny období křídly nebo z doby přibližně před 120-130 miliony let, někdy v období konce druhohor „věku plazů“. I když jsou jejich nálezy poměrně ojedinělé, má se za to, že pocházejí z řad ještěrek podobných varanovitým ještěřům, které přijaly podzemní životní styl (Mattison 1998; Halldórsson 2007). Několik úlomků zkamenělé kostry prvního prokazatelného zástupce tohoto podřádu (*Lapparentophis defrennei* (Hoffstetter, 1959)), nalezeného v saharské poušti v severní části Afriky, pocházející ze saharské spodní křídly, jsou staré přibližně třicet milionů let. Další pozůstatky nalezeny v severoafrických a evropských mořských usazeninách jsou staré asi sto milionů let a zatím není ujasněno, zda předkové hadů žili spíše subterestricky (žijící pod zemí) nebo akvaticky (žijící ve vodě). První skuteční hadi se nejspíše podobali dnešním hroznýšům a krajtám, kteří jsou považováni ze všech žijících hadů za nejprimitivnější (Cerha & Kocián 2001; Halldórsson 2007).

Hadi mají segmentovanou páteř, což je jedna z mnoha charakteristik. Sdílí tak četné rysy typické pro tetrapody, ale většinou postrádají končetiny potřebné k pohybu pro většinu členů této skupiny. Všichni z řádu šupinatí (Squamata) sdílejí četné odvozené charakteristiky, včetně párových pohlavních orgánů u samců (Greene 1997). Hadi (Serpentes) jsou řazeni do třídy plazi (Reptilia), přesněji řečeno jsou součástí řádu šupinatí (Squamata), podtřídy šupinovci (Lepidosauria). Řád šupinatí, do nějž hadi spadají, zahrnuje i příbuzný podřád ještěři (Sauria). Dalšími řády Reptilia jsou želvy (Testudines), krokodýli (Crocodylia) a hatérie (Sphenodontida). Všechna tato zvířata spojují společné znaky, jako je schopnost produkovat vejce nebo přítomnost šupinaté kůže, která jim poskytuje ochranu před vysycháním v suchém prostředí. Což je výhoda, která jim vývojově umožnila přerušit silnou závislost na vodě, která omezovala šíření jejich předků a umožnila jim rozšířit se dál na pevninu. Hadi se však od ostatních řádů jistými charakteristikami liší (Mattison 1998; Hunziker 2001; Cerha & Kocián 2001).

Charakteristiky společného předka prvních hadů zahrnovaly značně zmenšené končetiny a oči, chemický smyslový lov, kloakálních pachové žlázy, a především dlouze protažené tělo s velkým počtem obratlů a žeber, z nichž téměř na každý obratel připadá jeden pár žeber. Stejně jako jejich tělo jsou i jejich orgány protažené a levá plíce je mnohem menší než pravá nebo může úplně chybět (Greene 1997; Mattison 1998; Hunziker 2001; Cerha & Kocián 2001).

Celé hadí tělo je pokryto drobnými zrohovatělými šupinami v oblasti kůže mezi nimi mají výrazně nižší obsah keratinu. Na rozdíl od obojživelníků (Amphibia) nemají hadi v kůži prakticky žádné žlázy a regenerace ocasu u nich úplně chybí. Lopatkový pletenec u hadů plně zmizel a pánevní pletenec se zachoval pouze v podobě rudimentu u primitivních druhů. Vnější ucho a bubínek zcela chybí, zvuky vnímají jen pomocí vodivých kůstek. Všichni hadi mají rostlá víčka, která tvoří nepohyblivou průhlednou blanku, která se svléká spolu s kůží. Jazyk

je rozeklaný a je zároveň orgánem hmatu, chuti a čichu. (Greene 1997; Mattison 1998; Hegner 1999; Hunziker 2001; Cerha & Kocián 2001; Weinstein et al. 2011).

Biogeografie, věda, která dešifruje vrcholy života v prostoru a čase, historii rostlin, zvířat a jejich okolí, nám obecně říká, že jsou tyto vztahy mezi sebou poměrně jednoduché. Potrava, voda a další potřeby omezují jednotlivce, následkem čehož se rozšiřují nové druhy, které se rozdělují, anebo naopak spojují s dlouhodobými geologickými a klimatickými změnami. Nehostinné oblasti oddělují populace a vytváří nové výrazné linie, které se časem vyvinou v nový druh (Greene 1997).

Evoluce, centrální organizační princip biologie zahrnuje dvě nevyvratitelné skutečnosti. Za prvé, organismy mají historii odrážející jejich bezprostřední původ od rodičů a tedy jejich odvození i od generací předků po delší časová období. Za druhé, živé organismy jsou závislé na svém okolí a jsou jím ovlivňovány. Aby přetrvávaly, reprodukovaly se a měly tedy historii druhu, musí přežít v konkrétním prostředí (Greene 1997; Mattison 1998)

Na nejzákladnější úrovni jsou nové formy života zahájeny genetickými mutacemi a jejich účinky na vývojové mechanismy, které tvoří celé fungující organismy. K posunům alternativních genetických kombinací dochází v důsledku přirozeného výběru, vazbou na jiné geny, které samy podléhají selekci a náhodě (tzv. genetický drift). Ve větších měřítcích času a prostoru se kontinenty pohybují, podnebí se mění, predátoři napadají jednodušší faunu atd. Tyto „makro“ jevy podporují imigraci, vymírání a specializace, což vede k oblastním a globálním rozdílům v biologické rozmanitosti (Greene 1997; Burbrink & Crother 2011).

Přírodní výběr navržený Charlesem Darwinem utváří vlastnosti populací, protože rozdíly mezi jednotlivci druhu ovlivňují jejich přežití a reprodukci v konkrétním prostředí v určitou dobu. Přirozený výběr hraje hlavní roli v diverzifikaci mezi druhy a vyššími taxony, i když působí primárně na jedince v rámci populací. Nové druhy jsou produktem evoluce a doba potřebná k tomu, aby nové odlišné linie dosáhly nezávislosti od svých předků, se nepochybně velmi liší (Darwin 1979; Greene 1997; Burbrink & Crother 2011).

1.1.2 Konvergence

Od objevení hadů člověkem se hadi přizpůsobili většině biotopů a jejich typů stanovišť na světě (Mattison 1998). Geograficky odlišná hadí společenství se často navzájem podobají kvůli konvergenci mezi vzdáleně příbuznými hady, zatímco regionální a kontinentální rozdíly podtrhují jiné, stejně zajímavé vzory. Biologicky jsou tyto „tetrapodi bez končetin“ vysoce specializovaní a pozoruhodně různorodí. Hadi obývají všechny hlavní ekosystémy mimo polární oblasti a patří mezi nejčastější predátory ostatních obratlovců. Přes nedostatek funkčních končetin se mnoho druhů dokázalo přizpůsobit a daří se jim vylézt na stromy nebo se zavrtat do země (Greene 1997; Mattison 1998). Na světě existuje mnoho druhů hadů, někteří s extrémními adaptacemi na téměř všechna různá stanoviště (Martínez 2020). Někteří hadi se pohybují ve vysokých patrech tropických lesů a zřídka sestupují na zem, jiní vyhledávají podzemní nory nebo se schovávají v nízkém porostu či písku (Greene 1997; Mattison 1998; Martínez 2020).

Konvergence barevného vzoru a obrana proti predátorům je zvláště rozšířená u hadů, pravděpodobně proto, že zjednodušená stavba těla těchto zvířat bez končetin poskytuje

relativně málo možností obrany, proto je běžné napodobování jedovatých druhů nejedovatými hady (Greene 1997). Celková zbarvení různých druhů se pohybuje od typického, pískově hnědého až po velmi tmavé tóny barev a může zahrnovat odstíny žluté, červené, zelené a dokonce i modré (Mattison 1998; Martínez 2020).

Fylogeneticky různorodá menšina druhů hadů vykazuje rostrální a oční výrůstky, které podstatně mění tvar jejich hlavy (Banfi et al. 2023). Nejruznější druhy mají jedny z nejúžasnějších ozdob hlavy mezi všemi žijícími hady. Pravděpodobný evoluční důvod těchto výrůstků zdobících hlavu, mohl být právě za účelem maskování v hadím prostředí (Martínez 2020; Banfi et al. 2023; Bauehler 2024). Například zmije rohatá (*Bitis caudalis* (Smith, 1839)) z Jižní Afriky, která se liší základní barvou, od světle šedé nebo žlutohnědé až po tmavě hnědou nebo dokonce tmavě červenou (podle lokality). Nad očima tohoto hada se tyčí rohy stejné barvy jako je zbarvení těla (Mattison 1998). Hadí hlavy se liší od mohutných až po protáhlé a špičaté jako mají užovky rodu *Ahaetulla* (Greene 1997).

Občas dva jedinci nebo celá skupina zvířat, které jsou taxonomicky a geograficky zcela nepříbuzní, si jsou navzájem velice podobní, jelikož na všechny jedince působí podobné tlaky prostředí. Například: přestože dva druhy hadů nejsou ze stejné čeledi a mohou žít na opačných stranách světa, oba mohou žít podobným stylem života v podobném prostředí a vytvořit si tak nezávisle na sobě podobné nebo dokonce stejné znaky, jako je zbarvení, velikost, potrava nebo dokonce výrůstky v podobě rohů na hlavě (Mattison 1998; Moen 2019; Sansalone et al. 2020). Tento jev je také znám jako paralelismus nebo paralelní evoluce a dalším příkladem je chřestýš rohatý (*Crotalus cerastes* Hallowell, 1854), zmije rohatá (*Cerastes cerastes* (Linnaeus, 1758)) a zmije pouštní (*Bitis caudalis*) z pouštních oblastí Severní Ameriky a Afriky. V tomto případě dotyční hadi nejen vypadají jeden jako druhý, ale také se chovají podobným způsobem. Všechny zmíněné druhy mají supraokulární rohy, to naznačuje, že existuje pravděpodobně důležitý důvod pro vlastnictví těchto nadočních šupin a je tak příkladem konvergentní evoluce. Navíc při podrobném pohledu na rod *Pseudocerastes* je jasně viditelné, že jejich rohy jsou složeny z drobných granulovaných šupin, podobné těm u *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) s rohem na čenichu, což dále podporuje evoluční význam rohů u těchto druhů. (Mattison 1998; Martínez 2020). Někdy taková konvergentní podobnost zahrnuje určitou biologickou roli, jako jsou čenichy používané k hrabání u hadů *Salvadora hexalepis* (Cope, 1867) a *Heterodon nasicus* Baird & Girard, 1852 (Greene 1997).

Tyto cefalické rohy se vyvíjely několikrát v různých nezávislých liniích, což vede k hypotézám o výhodách těchto charakteristických výrůstků (Banfi et al. 2023). Stručně řečeno, strukturální adaptace, nejen v podobě rohů, mají tendenci být spojeny spíše s určitým životním stylem než s úzce souvisejícími taxonomickými skupinami hadů (Mattison 1998). Všichni hadi jsou dokonale přizpůsobeni svému přirozenému prostředí a nejsou jen démonickými stvořeními z mýtů a legend. Jsou to jen zvířata, která se snaží přizpůsobit okolnímu prostředí, aby přežila v někdy drsném světě (Hunziker 2001).

1.2 Vybrané čeledi hadů s výrůstky na hlavě

Po celém světě je k říjnu 2023 zaznamenáno 4108 druhů hadů z celkového počtu 12162 druhů plazů celého světa (Uetz et al. 2024).

1.2.1 Zmijovití

Obývají většinu biomů planety Země a v rámci tak velkého podřádu, jako jsou hadi, jsou zmije pravděpodobně jedním z nejznámějších a nejzajímavějších ze všech hadů (Martínez 2020). Čeleď zmijovití (Viperidae) dělíme do tří podčeledí: Azemiopinae, která zahrnuje jen jeden rod *Azemiops* obsahující pouze jeden vzácný horský druh *Azemiops feae* Boulenger, 1888 z Číny, zmije (Viperinae) neboli pravé zmije, které pochází výhradně ze starého světa a chřestýšovité (Crotalinae), jinak také označovány jako Pitvipers, které obývají oblasti nového i starého světa (Mattison 1988; Hunziker 2001; Uetz et al. 2024). Zmije k roku 2024 dohromady tvoří 36 rodů s 396 druhy po celém světě mimo Austrálii a Antarktidu (Weindensaul 1996; Kořínek 1999; Uetz 2024).

Autoři Mattison (1998) a Kořínek (1999) považují zmije za obecně nejpokročilejší hady, avšak si jsou sami vědomi, že jako u jiných tvrzení by ne všichni odborníci souhlasili. Není však sporu o tom, že se z nich vyvinuli nejsofistikovanější adaptace na zabíjení své kořisti: dlouhé jedové tesáky umístěné v přední části tlamy a upevněné tak, aby je bylo možné složit, když je není potřeba.

Typický zmijovitý had má krátké tlusté tělo s kýlovitými šupinami, širokou hlavou ve tvaru rýče (aby se do ní vešli jeho velké jedové žlázy) a oči se svisle eliptickými zornicemi. Zmije se vyskytují po celém světě mimo australských oblastí, kde zmije zcela chybí, protože se objevily až poté, co byli australské oblasti odděleny od hlavní pevniny. Přestože obývají téměř všechna stanoviště kromě oceánů, nejvíce jsou zastoupeny ve světových oblastech pouští, polopouští a hor. Především v chladnějších oblastech hor dokáží účinně zadržovat teplo a reprodukovat se vejcoživorodým nebo živorodým způsobem. Zmije se tedy nacházejí severněji a jižněji a také ve vyšších nadmořských výškách než ostatní hadi (Mattison 1998).

Jsou to převážně pomalu pohybující se hadi, kteří spoléhají na svůj maskovací vzhled a čekají, dokud se kořist dostatečně nepřiblíží. Jsou ovšem i zmijovití hadi, kteří loví aktivně. Lze tedy říci, že dravá zvířata, ne tedy jen hady můžeme klasifikovat jako aktivní lovce a případy takzvaného lovu sit-and-wait (sedni a počkej) (Secor & Nagy 1994; Warner 2009; Horesh et al. 2017; Buehler 2024). Při dostatečné blízkosti kořisti zmije útočí rychlým výpadem a zakousnutím se do kořisti. Zmije produkují hemotoxický jed, který jedovými zuby vpravují do těla oběti, což znamená, že oběti způsobí rozklad červených krvinek. Některé druhy, spíše ty pozemní, kořist kousnou a pustí ji, nechávají tak působit jed, který jí vpravily do těla kousnutím a čekají, dokud nezemře na následky otravy, poté kořist spolykají. Druhou možností lovu je, kdy had zakousne kořist, ale nepouští ji a čeká, dokud kořist nepodlehne jedu. Tento způsob lovu, kdy had kořist nepustí, používají spíše stromoví hadi nebo hadi, kteří se pohybují v oblastech, kde pro ně není moc potravy a nemůžou si dovolit riskovat, že by jim už kousnutá kořist ještě někam utekla (Hunziker 2001). Primární funkce hadího jedu je jeho pomoc při lovu kořisti, až druhořadá funkce je jeho role v obraně (Campbell & Lamar 1989). Jed není u žádného hada určen k usmrcení člověka, hadi by ho mnohem raději použili na kořist. Obranný

úder je pro hada poslední možností (Hunziker 2001). Kousnutí člověka hadem je tak téměř vždy výsledkem náhodného nebo neopatrného kontaktu, kdy had udeří v reakci na bolest nebo strach (Campbell & Lamar 1989).

Stejně jako všechna zvířata, se i hadi vyhýbají nebezpečí, a proto není pravděpodobné, že by byli vůči lidem bezdůvodně agresivní. Jednou z možností úniku před nechtěným kontaktem se mnoho hadů uchyluje k tomu, že jednoduše zůstane v klidu, dokud nebezpečí nepomine. Většina těchto hadů při tom využívá svoje zbarvení a různě přizpůsobené tvary těla, aby splynuli s okolím (Campbell & Lamar 1989). U některých druhů z čeledi zmijovití se podobně jako u jiných čeledí vytvořily rohovité výrůstky v supranazální a supraokulární části hlavy (Martínez 2020).

Rohy v této čeledi jsou morfologicky variabilní (obrázek 1 až 4), skládají se z jedné nebo více šupin, postavených nad očima (supraokulární) nebo nosního výrůstku (supranazálního) tvořeného z jedné nebo více šupin, které jsou detailněji popsány v tabulkách 3, 4 a 7. Výrůstky jsou přítomné u druhů v několika rodech a vyskytují se u zmijí obývajících různé biotopy po celém světě, od písčité a skalnaté pouště (např. *Bitis caudalis*) až po tropické lesy na suchozemských (např. *Bitis rhinoceros* (Schlegel, 1855)) a stromových mikrohabitátech (např. *Atheris ceratophora* Werner, 1896), viz tabulka 1 (Busschau & Boissinot 2022).

Tabulka 1: Typ výrůstku, biotop, způsob života a potrava vybraných druhů z čeledi Viperidae

| Rod | Druh | Typ výrůstku | Biotop | Způsob života | Potrava | autor |
|----------------------|--|--------------|--|-------------------|---|--|
| <i>Atheris</i> | <i>A. cerathopora</i> | O | horské pralesy (2000 m n.m.) - křoviny, nebo zem | stromový | malé žáby | (Hegener 1999; Read 2020) |
| <i>Bitis</i> | zmije pouštní (<i>B. caudalis</i>) | O | písčité oblasti s chudou vegetací, polosuchá buš | pozemní | malé ještěrky, scinci, gekoni, obojživelníci, drobní hlodavci | (Broadley 1972; Shine et al. 1998; Hegner 1999) |
| | zmije mnohorohá (<i>B. cornuta</i>) | O | skalnaté až písčité pouště | pozemní | drobní hlodavci, ještěrky | (Branch 1999; Hegner 1999) |
| | zmije nosorohá (<i>B. nasicornis</i>) | N | pralesní oblasti v blízkosti vody | pozemní | drobní savci, obojživelníci, ryby | (Hughes 1968; Hegner 1999; Cayuela et al. 2019) |
| | zmije gabunská nosorožčí (<i>B. rhinoceros</i>) | N | deštný prales | pozemní | savci (od hlodavců po malé opice), ptáci, žáby | (Hegner 1999, Martínez 2020) |
| <i>Bothriechis</i> | křovinář ostnitý (<i>B. schlegelii</i>) | O | tropické vlhké pralesy, mlžné lesy | stromový | žáby, ještěrky, ptáci, drobní savci | (Weidensaul 1996; Hegner 1999; Hunziker 2001; Sorrell 2009; Sinnet 2011) |
| <i>Bothrocophias</i> | <i>B. hyoprora</i> | N | nízké lesy v Amazonské pánvi | pozemní | ještěrky, žáby, hlodavci | (Bernarde et al. 2011) |
| <i>Bothrops</i> | křovinář růžkatý (<i>B. ammodytoides</i>) | N | písčité a kamenité stepy a savany, duny, polopouště, břehy řek | pozemní | ještěrky, hlodavci | (Hegner 1999; Roodt et al. 2000; Carrasco et al. 2010) |
| <i>Causus</i> | <i>C. defilippii</i> | N | vlhčí i sušší typy savan, křovin | pozemní | převážně žáby | (Hegner 1999; Miguel et al. 2023) |
| | pazmije zelená (<i>C. resimus</i>) | N | vlhké savany, zalesněné oblasti, v blízkosti bažin nebo řek | pozemní | převážně žáby | (Hegner 1999; Akani et al. 2001) |
| <i>Cerastes</i> | zmije rohatá (<i>C. cerastes</i>) | O | písčité, kamenité a skalnaté oblasti s řídkým porostem křovin | pozemní / hrabavý | hlodavci, ještěrky, drobní ptáci | (Hegner 1999; Rhadi et al. 2015; Hester 2019) |

| | | | | | | |
|------------------------|--|----|--|-------------------|--|--|
| | <i>C. gasperetti</i> | O | pouště, polopouště | pozemní | hlodavci, ještěrky, ptáci | (Hegner 1999; Rhadi et al. 2015; Al-Sadoom & Paray 2016) |
| <i>Crotalus</i> | chřestýš rohatý (<i>C. cerastes</i>) | O | suché pouště s písčítými dunami a sporou vegetací | pozemní | drobné ještěrky, hlodavci | (Hegner 1999; Webber et al. 2016; Tingle et al. 2022) |
| <i>Deinagkistrodon</i> | ploskolebec nosorohý (<i>D. acutum</i>) | N | v blízkosti vody nižších hor, skalnaté kopce, údolí | pozemní | žáby, hlodavci, ptáci, ještěrky | (Hegner 1999; Lin et al. 2005; Huang et al. 2007) |
| <i>Eristicophis</i> | <i>E. macmahoni</i> | N | písčité pouště s křovinami | pozemní / hrabavý | drobní savci, ještěrky, žáby | (Hegner 1999; Erwin & Emmanuel 2005; Khan 2014) |
| <i>Hypnale</i> | ostrolebec indický (<i>H. hypnale</i>) | N | lesy a džungle, travnaté plochy, plantáže | pozemní | žáby, ještěrky, v menší míře hlodavci | (Hegner 1999; Kularatne et al. 2011) |
| <i>Ophryacus</i> | <i>O. undulatus</i> | O | borovicové a mlžné horské lesy (1800-2800 m n.m.) | stromový | neuveďeno | (Villela et al. 1992; Hegner 1999; Grünwald et al. 2015) |
| <i>Porthidium</i> | <i>P. melanurum</i> | O | suchá buš, trnitě suché lesy | neuveďeno | neuveďeno | (Gutberlet 1993; Hegner 1999; Lamar & Sasa 2003) |
| | křovinář nosatý (<i>P. nasutum</i>) | N | tropické suché i vlhké pralesy | neuveďeno | neuveďeno | (Hegner 1999; Lamar & Sasa 2003) |
| <i>Protobothrops</i> | <i>P. cornutus</i> | NO | suché míšené lesy, krasové oblasti | neuveďeno | neuveďeno | (Hoge & Lemos 1974; Herrmann et al. 2004) |
| | <i>P. sieversorum</i> | O | pralesy, krasové lesy | neuveďeno | neuveďeno | (Ziegler et al. 2000; Herrmann et al. 2002) |
| <i>Pseudocerastes</i> | <i>P. fieldi</i> | O | písčité, kamenité a skalnaté oblasti | pozemní | hlodavci, ještěrky, drobní ptáci | (Hegner 1999; Gholamifard & Esmacili 2010; Martínez et al. 2016) |
| | <i>P. persicus</i> | O | písčité, kamenité a skalnaté oblasti | pozemní | hlodavci, ještěrky, drobní ptáci | (Hegner 1999; Martínez et al. 2016; Pous et al. 2016) |
| | <i>P. urarachnoides</i> | O | písčité, kamenité a skalnaté oblasti | pozemní / norový | hlodavci, ještěrky, drobní ptáci | (Hegner 1999; Anderson 2002; Martínez et al. 2016) |
| <i>Trimeresurus</i> | chřestýšovec bornejský (<i>T. borneensis</i>) | N | nižší horské tropické vlhké lesy, vlhké buše, plantáže, poblíž bažin | stromový | drobní hlodavci, ještěrky, žáby, ptáci | (Hegner 1999; David et al. 2006; Anita et al. 2022) |

| | | | | | | |
|---------------|--|----|---|------------------|--|--|
| | <i>T. brongersmai</i> | NO | tropické lesy, plantáže, křoviny | stromový | drobní hlodavci, ještěrky, žáby, ptáci | (Hoge & Lemos 1974; David et al. 2006; Harvey & Sidik 2013; Anita et al. 2022) |
| | <i>T. puniceus</i> | NO | tropické lesy, plantáže, křoviny | pozemní/stromový | drobní hlodavci, ještěrky, žáby, ptáci | (Hoge & Lemos 1974; David et al. 2006; Herrmann et al. 2004; Anita et al. 2022) |
| <i>Vipera</i> | zmije růžkatá (<i>V. ammodytes</i>) | N | suché oblasti, kopce a pahorkatiny, křoviny, okraje lesů | pozemní | hlodavci, ještěrky, ptáci | (Hegner 1999; Dyugmedzhiev et al. 2020; Busschau & Boissinot 2022) |
| | zmije skvrnitá (<i>V. aspis</i>) | N | křovinaté stráně, horské louky, řídké lesy | pozemní | hlodavci, ještěrky, žáby | (Zwahlen 2020; Martínez 2023) |
| | zmije Latasteova (<i>V. latastei</i>) | N | otevřené lesy, písčité a kamenný terén, křoviny a pastviny v horských oblastech | pozemní | malí hlodavci, ještěrky (v mládí i bezobratlí) | (Hegner 1999, Brito et al. 2008; Martínez-Freiria et al. 2021; Martínez 2023) |
| | zmije horská (<i>V. monticola</i>) | N | kamenité svahy, trnité křoviny a pastviny | pozemní | ještěrky, scinci, gekoni | (Hegner 1999, Brito et al. 2008; Martínez-Freiria et al. 2021; Martínez-Freiria et al. 2023) |

Legenda: N = nosní výrůstky, O = nadoční výrůstky, NO = nosní i nadoční typ výrůstku

1.2.2 Užovkovití

Užovkovití jsou velmi početnou a úspěšnou skupinou, hlavně malých, či středně velkých hadů. Tato skupina hadů je rozšířena kromě Antarktidy a Austrálie po celém světě, kde obývá různé biotopy s rozdílným přizpůsobením života a typu výrůstku u vybraných druhů (tabulka 2). Systematické uspořádání této čeledi je poměrně složité a nejednotné (Weidensaul 1996; Weinstein et al. 2011; Berkovitz & Shellis 2017). Čeleď užovkovití (Colubridae) je největší hadí čeledí. K roku 2024 je většinou rozdělována do 14 podčeledí s více než 300 rody, zahrnujících 2119 druhů (Uetz et al. 2024).

Zhruba před 36 miliony let se na Zemi objevila skupina menších a rychlejších hadů, které dnes označujeme jako užovkovití. K rychlejšímu rozvoji užovek došlo před dvaceti miliony let, kdy se kontinenty usadily do své současné polohy. Při pohybu kontinentů došlo k ochlazení částí země vzdalující se od rovníku a většinu primitivních hroznýšovců tak vyhubila změna teploty. Užovkovití využili šanci a obsadili skoro všechny dříve hroznýšovci obývané niky. V současné době jsou užovkovití nejpočetnější skupinou, která představuje zhruba dvě třetiny všech známých druhů hadů a prokazují tak svou evoluční úspěšnost.

Současný areál výskytu všech užovek je tak velký, že je jednodušší vypsát lokace, kde se užovky nevyskytují. Přirozeně neobývají Antarktidu a severní oblasti Severní Ameriky a Evropy od 60. rovnoběžky výše a v Asii oblast za polárním kruhem. Užovky také nežijí na několika ostrovech v Oceánii, v nejjihnější části výběžku Jižní Ameriky, v Irsku a na Novém Zélandu. Nevyskytují se také na Azorských ostrovech, na Havaji a na Bermudách. Jejich rozšíření je prakticky celosvětové od tropických deštných lesů, suchých tropických a subtropických lesů, vysokých hor, savan až po pouště a polopouště (tabulka 2), na mnoha místech jsou dominující čeledí mezi ostatními hady, výjimku tvoří jen Austrálie (Weidensaul 1996; Cerha & Kocián 2001; Weinstein et al. 2011; Berkovitz & Shellis 2017).

Užovkovití jsou typičtí hadi s denní aktivitou, mají dlouhá štíhlá těla a rychle se pohybují nízkou vegetací, křovinami nebo větvemi stromů, které pokrývají převážnou část oblastí, ve kterých se užovky vyskytují. Bývají přizpůsobeni do všech možných tvarů, barev a velikostí v rozmezí od 25 cm do 3 metrů, nepatří tak mezi největší ani mezi nejmenší druhy hadů. Oči mají kulaté zorničky, jejich zrak je velmi dobrý, což je jedna ze základních vlastností pro druhy, které aktivně loví svou kořist (hlavně ještěrky) (Mattison 1998; Cerha & Kocián 2001; Weinstein et al. 2011; Berkovitz & Shellis 2017).

Můžeme je s trochou nadsázky definovat jako hady, kteří jsou příliš vyvinutí na slepákovce (Scolophoridae) a hroznýšovce (*Epicrates*), ale ještě nejsou na takovém evolučním stupni jako jedovatí hadi z čeledi korálovcovitých (Elapidae) a vodnářovitých (Hydrophiidae), natož pak zmije (Viperidae) a chřestýši (*Crotalus*). Užovky už nemají ani rudimenty pánevního pletence a levou plíci mají zcela zakrnělou (Cerha & Kocián; Berkovitz & Shellis 2017).

Jinak řečeno, při počtech cca 2119 druhů užovek (přibližně tři pětiny všech hadů) rozdělených do cca 300 rodů se vědci netají tím, že do čeledi užovkovití (Colubridae) zařadili všechny zbylé hady, kteří nebyli zařazeni do ostatních skupin hadů (Kořínek 1999; Cerha & Kocián 2001; Weinstein et al. 2011; Uetz et al. 2024). Je ale zřejmé, že užovky ve své čeledi zahrnují několik různých vývojových linií, jinými slovy, nemají společného předka, což znamená, že je velice pravděpodobné, že se v budoucnu rozdělí do více samostatných čeledí.

Zatímco některé skupiny lze poměrně snadno definovat, jiné jsou velice sporné a značně diskutované, při tak velkém počtu v tolika rodech. S taxonomií této skupiny se stále pracuje a neustále se mění (Kořínek 1999; Cerha & Kocián 2001).

Jak již bylo zmíněno u zmijovitých hadů, klasifikujeme hady na lovce aktivní a lovce sit-and-wait (sedni a počkej). Obecně platí, že aktivní lovci se častěji setkávají s větším množstvím kořisti a více jí i uloví, častěji přijímají potravu a konzumují větší rozmanitost druhů potravy oproti lovcům využívajícím metodu sit-and-wait. Pohybující se aktivní lovci však vynakládají na lov více energie a je u nich větší pravděpodobnost, že je zahlédne nějaký predátor. Proto je u nich větší riziko, že je predátor chytí spíše, než hady využívající metodu lovu sit-and-wait (Mattison 1998; Horesh et al. 2017; Buehler 2024). Je pravděpodobné, že u druhů s cefalickými výrůstky je tato taktika nehybného číhání účinnější (Buehler 2024).

Tabulka 2: Typ výrůstku, biotop, způsob života a potrava vybraných druhů z čeledi Colubridae

| Rod | Druh | Typ výrůstku | Biotop | Způsob života | potrava | autor |
|------------------|---|--------------|--|-----------------|--------------------------------------|---|
| <i>Ahaetulla</i> | bičovka nosatá (<i>A. nasuta</i>) | N | tropické lesy, plantáže, křoviny, nízké stromy | stromový | drobné ještěrky, drobní savci, ptáci | (Cerha & Kocián 2001; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020) |
| | bičovka stromová (<i>A. prasina</i>) | N | tropické lesy – převážně keře | stromový | drobné ještěrky, drobní savci, ptáci | (Cerha & Kocián 2001; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020) |
| <i>Gonyosoma</i> | užovka nosatá (<i>G. boulengeri</i>) | N | horské tropické lesy, krasové oblasti v okolí vodních ploch | stromový | drobní savci, ptáci | (Nguyen et al. 2020; Stone 2020) |
| <i>Erpeton</i> | vodnářka tykadlová (<i>E. tentaculatum</i>) | N | vodní prostředí (bažiny, louže, pomalé toky řek) | vodní | ryby | (Greene 1997; Mattison 1998; Catania et al. 2010) |
| <i>Ficima</i> | <i>F. streckeri</i> | N | trnitá buš, řídké lesy | hrabavý | drobní bezobratlí | (Smith & Tailor 1941; Hardy 1976; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Heterodon</i> | heterodon nosatý (<i>H. nasicus</i>) | N | suché písčité keřové prémie, řídké lesy, pole, louky, říční koryta | pozemní/hrabavý | žáby, ještěrky, hadi, plazi vejce | (Weidensaul 1996; Walley & Eckerman 1999; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005) |
| | heterodon obecný (<i>H. platyrhinos</i>) | N | suché písčité keřové prémie, řídké lesy, pole, louky, říční koryta | pozemní/hrabavý | žáby, ještěrky, hadi, plazi vejce | (Weidensaul 1996; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005) |
| <i>Langaha</i> | <i>L. alluaudi</i> | NO | suché i deštné tropické lesy | stromový | obojživelníci, plazi, mláďata ptáků | (Cerha & Kocián 2001; Hošek 2008; Tingle 2012; Read 2020) |
| | langaha listonosá (<i>L. madagascariensis</i>) | N | suché i deštné tropické lesy | stromový | obojživelníci, plazi, mláďata ptáků | (Hošek 2008; Tingle 2012; Read 2020) |
| | <i>L. pseudoalluaudi</i> | NO | suché i deštné tropické lesy | stromový | obojživelníci, plazi, mláďata ptáků | (Cerha & Kocián 2001; Hošek 2008; Tingle 2012; Read 2020) |

| | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|---|--|-------------------|---|---|
| <i>Leioheterodon</i> | <i>L. madagascariensis</i> | N | vlhké i sušší lesy poblíž vody | pozemní / hrabavý | drobní savci, plazi, obojživelníci, ptáci | (Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005; Jimison 2020; Spain et al. 2020) |
| | <i>L. modestus</i> | N | poblíž vody | pozemní / hrabavý | drobní savci, plazi, obojživelníci, ptáci | (Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005; Rose et al. 2010) |
| <i>Oxybelis</i> | všechny druhy (<i>Oxybelis</i> spp.) | N | tropické lesy, plantáže, křoviny, nízké stromy | stromový | menší ještěrky, žáby, malí ptáci | (Weidensaul 1996; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Philodryas</i> | užovka růžkatá (<i>P. baroni</i>) | N | stromy v blízkosti vody | stromový | menší savci, ptáci, žáby, ryby | (De Lisle 1991; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Phyllorhynchus</i> | <i>P. browni</i> | N | pouště a polopouště v nižších pahorkatinách | hrabavý | ještěrky | (McCleary & McDiarmid 1993; Cerha & Kocián 2001) |
| | <i>P. decurtatus</i> | N | kamenité pouště a polopouště | hrabavý | ještěrky | (McCleary & McDiarmid 1993; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Rhamphiophis</i> | <i>R. oxyrhynchus</i> | N | savany, stepi, trnitá buš, polopouště, okraje pouští | hrabavý | drobní obratlovci (hlodavci) | (Sweeney 1959; Kocourek 2005) |
| <i>Salvadora</i> | <i>S. hexalepis</i> | N | otevřené pastviny, pouštní křoviny, buš, nižší svahy hor | pozemní | ještěrky a jejich vejce, malí hadi, ptáci, drobní savci | (Jacobson & Ehitford 1971; Stebbins 2003; Degenhardt et al. 2005) |
| <i>Uromacer</i> | <i>U. oxyrhynchus</i> | N | křovinaté lesy | stromový | drobné ještěrky, žáby | (Henderson et al. 1981; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Xenocalamus</i> | <i>X. bicolor</i> | N | písčité oblasti | hrabavý | obojživelníci | (Shine et al. 1998; Cerha & Kocián 2001; Trape 2023) |
| | <i>X. mechowii</i> | N | písčité oblasti | hrabavý | obojživelníci | (Savitzky 1983; Cerha & Kocián 2001; Trape 2023) |

Legenda: N = nosní výrůstky, O = nadoční výrůstky, NO = nosní i nadoční typ výrůstku

1.3 Druhy výrůstků

Mezi druhy rohovitých útvarů na hlavě hadů můžeme řadit hned několik typů rohů a výrůstků. Hlavové výběžky můžeme rozdělit do dvou skupin a to výrůstky supraokulární neboli výrůstky nadoční a výrůstky supranazální neboli výrůstky nosní. Tyto takzvané rohy nebo výrůstky mohou být samostatné nebo i početné na jednom místě (nad okem nebo na nose) a jsou tvořeny a sestaveny několika způsoby viz obrázky 1 (Martínez 2020; Buehler 2024)

Pánové Greene (1997), Mattison (1998) a Hegner (1999) uvádí, že se hadí kůže stejně jako kůže všech ostatních živočichů skládá z pokožky (epidermis) a škály (dermis). Vnější strana pokožky se skládá z vrstvy zrohovatělých (keratinizovaných) buněk, které se neustále obnovují ze zárodečné vrstvy pod ní. Kůže hadů se podobá kůži většiny ostatních plazů tím, že její šupiny jsou složené a zesílené části nejkrajnějších vrstev dermis a epidermis. Každá šupina se skládá z vnějšího povrchu, vnitřního povrchu, závěsné zóny, kde dochází k upevnění šupiny ke kůži a z tenkého volného okraje, který obvykle překrývá sousední šupiny. To vše je velmi dobře pozorovatelné na čerstvě svlečené hadí kůži. Hadí šupiny jsou hladké nebo mají podélné hřebeny (známé jako kýly) a obvykle překrývají ostatní šupiny. Malé důlky a výstupky jsou někdy viditelné pouhým okem zejména na hlavě a povrchy šupin jsou také posety mikroskopickými hřebeny, výstupky a dalšími strukturami, které se liší mezi druhy a vyššími taxony. Hroznější, krajty a mnohé zmije mají, malé, nepravidelně uspořádané šupiny na hlavě, na rozdíl od velkých, symetrických šupin na hlavě (známých také jako talíře nebo štíty) nejpokročilejších hadů. Lidé si často myslí, že had na své kůži potažené šupinami nic necítí. Toto tvrzení však není správné, had má v kůži umístěno mnoho receptorů vnímající dotek či bolest nebo změny teploty a chvění země.

Hadí tělo je celé pokryto štítky a šupinami, ale rohovité útvary na hlavě jsou jen u některých druhů a jsou tak u hadů poměrně vzácné. U mnoha druhů hadů jsou tyto šupiny na hlavě překvapivě uspořádány do tvarů připomínající růžky nad očima a na nose nebo způsobují protažení čenichu (Greene 1997; Martínez 2020). Zástupci druhů vyznačujících se nadočnými růžky jsou křovinář ostnitý (*Bothriechis schlegeli* (Berthold, 1846)), zmije rohatá (*Cerastes cerastes*) nebo zmije perská (*Pseudocerastes persicus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)). Výrůstky v podobě nosních růžků mohou být někdy spárované jako u zmije nosorohé (*Bitis nasicornis* Shaw, 1802), a v menší míře u některých jedinců zmije gabunské (*Bitis gabonica* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)), někdy supranazální roh tvoří jen jeden výrůstek jako má zmije růžkatá (*Vipera ammodytes*) a zmije Latasteova (*Vipera latastei* Bosca, 1878) (Greene 1997; Mattison 1998; Hegner 1999). Můžeme je dále pozorovat u křovináře růžkatého (*Bothrops ammodytoides* Leybold, 1873) nebo u zmije nosorohé (*Bitis nasicornis*). Za další formou supranazálního výrůstku se dá považovat prodloužený čenich u druhů jako je bičovka nosatá (*Ahaetulla nasuta* Lacépède, 1789) nebo pohlavně rozdílný útvar vystupující z čenichu u madagaskarské bojgy *Langaha nasuta* Bonaterre, 1790 (Hegner 1999; Tingle 2012, Read 2020). Štítky na konci hlavy hrabavých hadů jsou často zvětšené a tvarem připomínají pluh nebo rýč (Mattison 1998). Zajímavým je také druh vodního hada, a to vodnářka tykadlová (*Erpeton tentaculatum*), která má na čenichu dva výrůstky připomínající tykadla (Greene 1997; Cerha & Kocián 2001). Několik dalších druhů hadů má mimo hlavových výrůstků neobvykle přizpůsobené ocasy, např.: špičaté ocasní šupiny, které mohou pomáhat při zahrabávání,

třásnitě zakončení pro lákání kořisti jako má zmije pavoučí (*Pseudocerastes urarachnoides* Bostanchi, Anderson, Kami & Papenfuss, 2006) nebo chřestidla na špičkách ocasů vytvářející hluk zastrašující predátory u chřestýše rohatého (*Crotalus cerastes*) (Greene 1997; Mattison 1998; Hegner 1999; Martínez et al. 2016; Reiserer & Schuett 2016).

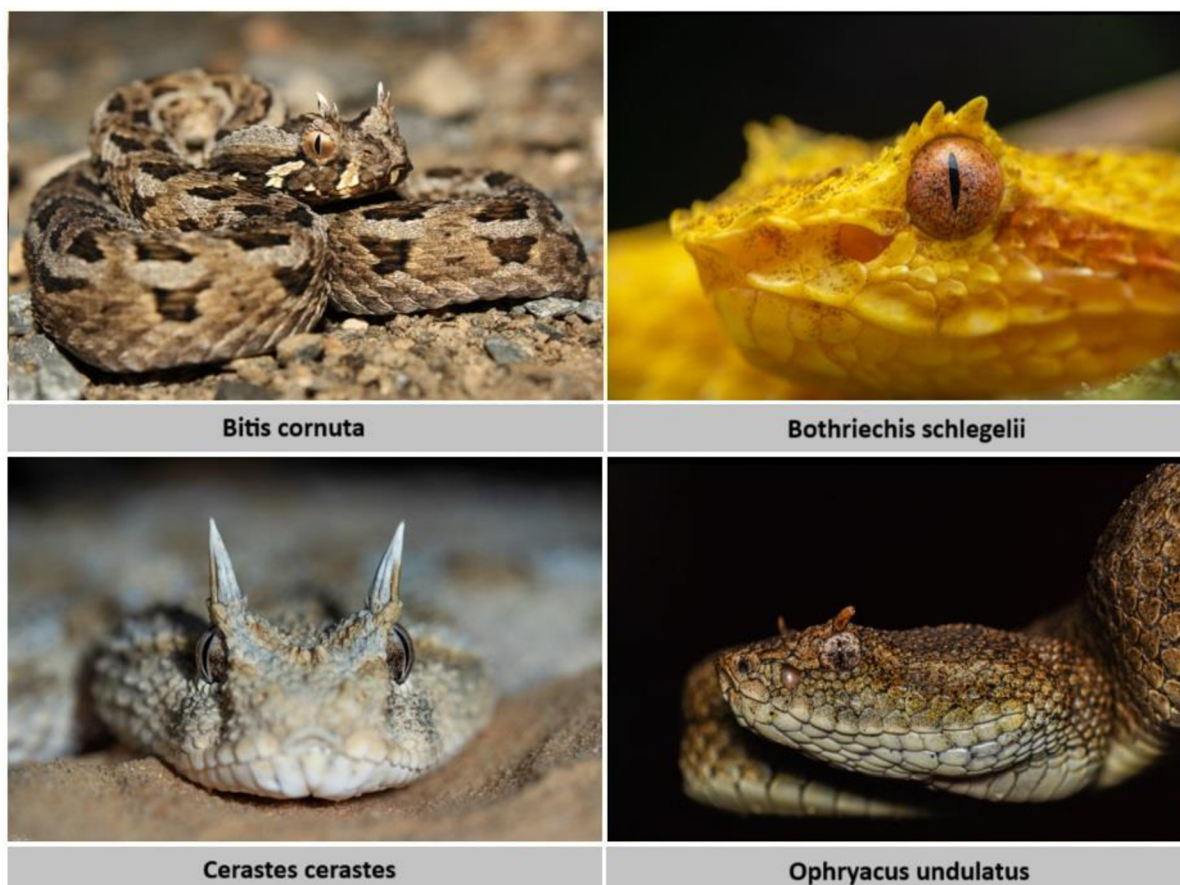


Obrázek 1: Rozmanitost cefalických výrůstků u vybraných druhů z čeledi Viperidae. Obrázek ukazuje příklady druhů se supranazálními (nosními) a supraokulárními (očními) rohy spolu s širokou geografickou oblastí výskytu těchto hadů (Busschau & Boissinot 2021).

1.3.1 Supraokulární (oční) výrůstky

Takzvané supraokulární výrůstky neboli oční výrůstky, jak již vychází z jejich pojmenování, se nachází v oblasti očí, přesněji vystupují ze šupin přímo nad okem (Greene 1997; Mattison 1998; Hunziker 2001; Rhadi et al. 2015; Martínez 2020). Nadoční rohy nalezneme u hadů pohybujících se na zemi, ale i jedinců pobývajících v nadzemní části keřů, i ve výškách, kde se pohybují ve vysokých větvích stromů. Obývají biotopy od pouští a polopouští, přes travnaté oblasti po tropické lesy nacházející se po téměř celém světě, tak jak můžeme detailně vidět v tabulce 1 (Mattison 1998; Stebbins 2003; Horesh et al. 2017; Martínez 2020).

Tvarová rozmanitost supraokulárních rohů a výrůstků a jejich složení je mezidruhově odlišné (obrázek 2), ale může být naopak velice podobné bez ohledu na příbuznost druhů. Početnost a zbarvení jsou jedním z hlavních znaků, které jsou na první pohled jasně viditelné. Nápadným rozdílem mezi výrůstky z hlavy hada může být, zda se skládá z jedné nebo z několika šupin, tvořící jeden nebo několik růžků (viz tabulky 3, 6 a 7). Zbarvení supraokulárních výrůstků bývá shodné nebo se přibližuje stejnému zbarvení jako má zbytek těla hada, přesněji s barvami šupin hlavy (Greene 1997; Mattison 1998; Hunziker 2001; Martínez 2020).



Obrázek 2: Zástupci se supraokulárními (nosními) rohy z čeledi Viperidae. Zdroj: <https://www.inaturalist.org/>

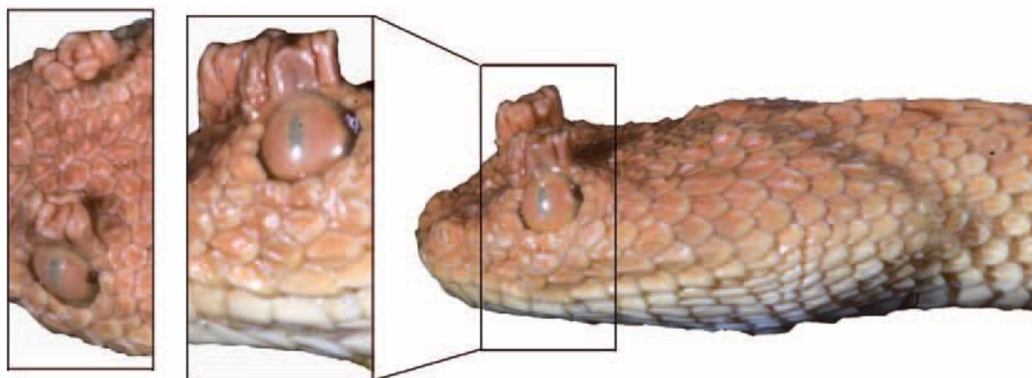
Tabulka 3: Popis supraokulárních výrůstků u vybraných druhů z čeledi Viperidae

| Rod | Druh | počet | podoba | stavba | funkce | autor |
|----------------------|--|-----------|--------------------------------------|--|-----------|--|
| <i>Atheris</i> | <i>A. cerathopora</i> | 1-3 | početné růžky trnitého tvaru | výrazně protáhlé vztyčené šupiny, tvořící jednotlivé růžky | neuveďeno | (Hegener 1999; Read 2020) |
| <i>Bitis</i> | zmije pouštní (<i>B. caudalis</i>) | 1 | nad každým okem je jeden špičatý roh | prodloužená šupina trnitého tvaru | neuveďeno | (Broadley 1972; Shine et al. 1998; Hegner 1999) |
| | zmije mnohorohá (<i>B. cornuta</i>) | 2-7 | početné špičaté růžky | samostatně vystupující protáhlé šupiny různých velikostí | neuveďeno | (Branch 1999; Hegner 1999) |
| <i>Bothriechis</i> | křovinář ostnitý (<i>B. schlegelii</i>) | neuveďeno | ploché rohy tvořící nadoční řasu | samostatně v řadě šikmě vystupující zploštělé šupiny | neuveďeno | (Weidensaul 1996; Hegner 1999; Hunziker 2001; Sorrell 2009; Sinnet 2011) |
| <i>Cerastes</i> | zmije rohatá (<i>C. cerastes</i>) | 1 | nad každým okem je jeden špičatý roh | dlouhá šupina trnitého tvaru | neuveďeno | (Hegner 1999; Rhadi et al. 2015; Hester 2019) |
| | <i>C. gasperetti</i> | 1 | nad každým okem je jeden špičatý roh | dlouhá šupina trnitého tvaru | neuveďeno | (Hegner 1999; Rhadi et al. 2015; Al-Sadoom & Paray 2016) |
| <i>Crotalus</i> | chřestýš rohatý (<i>C. cerastes</i>) | 1 | rohy trojúhelníkovitého tvaru | neuveďeno | neuveďeno | (Hegner 1999; Webber et al. 2016; Tingle et al. 2022) |
| <i>Ophryacus</i> | <i>O. undulatus</i> | neuveďeno | početné trnovité růžky | samostatně vystupující štítky | neuveďeno | (Villela et al. 1992; Hegner 1999; Grünwald et al. 2015) |
| <i>Porthidium</i> | <i>P. melanurum</i> | 1 | jeden zašpičatělý roh | vyvýšené šupiny | neuveďeno | (Gutberlet 1993; Hegner 1999; Lamar & Sasa 2003) |
| <i>Protobothrops</i> | <i>P. sieversorum</i> | 3 | ploché rohy tvořící nadoční řasu | vyvýšené vícenásobné zploštělé, v řadě postavené šupiny | neuveďeno | (Ziegler et al. 2000; Herrmann et al. 2002) |

| | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|-----------|--|
| <i>Pseudocerastes</i> | <i>P. fieldi</i> | 1 | roh trojúhelníkovitého tvaru | výrůstky pokryté drobnými šupinkami | neuveďeno | (Hegner 1999; Gholamifard & Esmaeili 2010; Martínez et al. 2016) |
| | <i>P. persicus</i> | 1 | špičatý roh | výrůstky pokryté drobnými šupinkami | neuveďeno | (Hegner 1999; Martínez et al. 2016; Pous et al. 2016) |
| | <i>P. urarachnoides</i> | 1 | roh trojúhelníkovitého tvaru | výrůstky pokryté drobnými šupinkami | neuveďeno | (Hegner 1999; Anderson 2002; Martínez et al. 2016) |

Rod *Cerastes* patřící do podčeledi *Viperinae*, je rod malých jedovatých zmijí vyskytujících se v pouštích a polopouštích severní Afriky a na Arabském poloostrově. Používaný název „Horned Vipers“ (rohaté zmijs) není úplně přesný, jelikož ne všichni zástupci tohoto rodu rohovité výrůstky mají. Největší zajímavostí tohoto rodu ale je, že přítomnost a nepřítomnost supraokulárních rohů není vždy pravidlem u stejné populace stejného druhu. U druhu *Cerastes cerastes* a *Cerastes gasperettii* Leviton & Anderson, 1967 ne všechny populace mají supraokulární rohy. Na mnoha lokalitách se společně vyskytují rohatí i bezrozí jedinci druhu *Cerastes cerastes*. U *Cerastes gasperettii* došlo k rozdělení na dva poddruhy *Cerastes gasperettii gasperettii* Leviton & Anderson, 1967, který je rohatý a *Cerastes gasperettii mendelssohni* Werner & Sivan in Werner et al., 1999, který je bezrohý. Tyto dvě populace se výskytem taktéž vzájemně překrývají, ale není známo, zda se tyto rohaté a bezrohé poddruhy mezi sebou kříží nebo se páření mezi sebou vyhýbají (Hegner 1999; Rhadi et al. 2015).

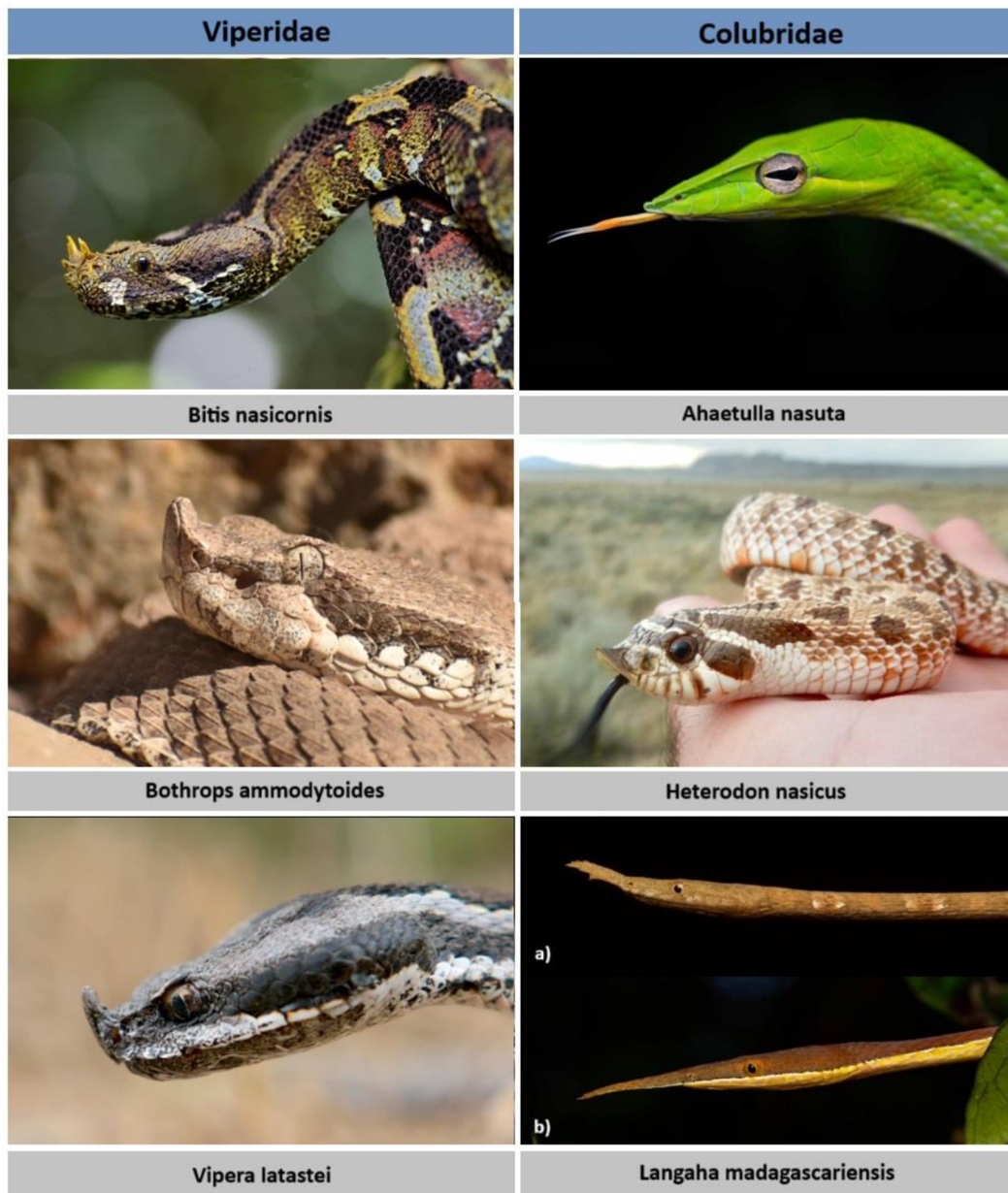
Cerastes boehmei Wagner & Wilms, 2010 je dle autorů Wagner & Wilms (2010) údajně pravděpodobně novým druhem do rodu *Cerastes*. Tento had je velmi zvláštní svými supraokulárními rohy, které mají nezvyklý tvar. *Cerastes boehmei* má doposud zdokumentovaného jen jednoho zástupce, holotyp samice z Tuniska, nalezenou východně od národního parku Djebel. Holotyp byl uchován v nálevu lihu, který později znemožnil vědcům provést výzkum tkání a porovnat jej tak s ostatními druhy rodu *Cerastes*, zda se jedná o genetickou mutaci nebo nový druh. Rohy tvořené z několika jednotlivých velkých šupin dohromady tvoří jakési dvě hranaté korunky, viz obrázek 3. I když je *Cerastes boehmei* pojmenována jako druh, uznávají se spíše spekulace o genetické mutaci jednoho z jiných druhů tohoto rodu, neboť žádný jiný jedinec tohoto druhu doposud nebyl nalezen.



Obrázek 3: Detail rohů holotypu *Cerastes Boehmei* sp. č.: ZFMK 58054 ze SW Remada, Tunisko (Wagner & Wilms 2010).

1.3.2 Supranazální (nosní) výrůstky

Supranazální výrůstky neboli nosní výrůstky, jak již vychází z jejich pojmenování, se nachází na špičce hlavy v oblasti nosu. Tyto nosní výběžky nalezneme stejně jako u hadů se supraokulárními výběžky v biotopech od pouští a polopouští po tropické oblasti téměř po celém světě. Taktéž nosní výrůstky nalezneme u hadů pohybujících se na zemi, ale i u druhů obývajících nadzemní patra v keřích a ve výškách větvích stromů (tabulka 1 a 2). Zbarvení se stejně jako u supraokulárních rohů od zbarvení těla a hlavy příliš výrazně neliší. Tvar a složení supranazálního výrůstku je stejně tak mezidruhově rozdílné i naopak velmi podobné, jak znázorňuje obrázek 4 a detailnější popis v tabulkách 4, 5, 6 a 7. (Greene 1997; Mattison 1998; Stebbins 2003; Martínez 2020).



Obrázek 4: Zástupci se supranazálními (nadočními) rohy z čeledí Viperidae a Colubridae, (*Langaha madagascariensis* Bonaterre 1790 a) samice, b) samec). Zdroj: <https://www.inaturalist.org/>

Tabulka 4: Popis supranazálních výrůstků u vybraných druhů s výrůstky z čeledi Viperidae

| Rod | Druh | počet | podoba | stavba | funkce | autor |
|------------------------|--|--------------------|---|---|-----------|---|
| <i>Bitis</i> | zmije nosorohá (<i>B. nasicornis</i>) | 3 páry (růžice) | početné, různě velké rohy, vzhůru vystupující z čenichu | výrazně protáhlé šupiny, tvořící jednotlivé rohy | neuvedeno | (Hughes 1968; Hegner 1999; Cayuela et al. 2019) |
| | zmije gabunská nosorožčí (<i>B. rhinoceros</i>) | 1 pár | dva rohy vedle sebe, tyčící se kolmo vzhůru | dvě výrazně prodloužené silné šupiny tvořící rohy | neuvedeno | (Hegner 1999, Martínez 2020) |
| <i>Bothrocophias</i> | <i>B. hyoprora</i> | 1 | zdvížený čenich | neuvedeno | neuvedeno | (Bernarde et al. 2011) |
| <i>Bothrops</i> | křovinář růžkatý (<i>B. ammodytoides</i>) | 1 | Zdvížený čenich | neuvedeno | neuvedeno | (Roodt et al. 2000; Carrasco et al. 2010) |
| <i>Causus</i> | <i>C. defilippii</i> | 1 | zahrocený, mírně nadzdvížený | zvětšená nadzdvížená rostrální šupina | neuvedeno | (Hegner 1999; Miguel et al. 2023) |
| | pazmije zelená (<i>C. resimus</i>) | 1 | mírně zahrocený | zvětšená, zploštěle zašpičatělá rostrální šupina | neuvedeno | (Hegner 1999; Akani et al. 2001) |
| <i>Deinagkistrodon</i> | ploskolebec nosorohý (<i>D. acutum</i>) | 1 | roh vystupující vzhůru | silně zahrocený protáhlý rostrální štítek, vystupující vzhůru | neuvedeno | (Hegner 1999; Lin et al. 2005; Huang et al. 2007) |
| <i>Eristicophis</i> | <i>E. macmahoni</i> | 1 | útvár ve tvaru motýlích křídel | do stran rozšířený rostrální štítek | neuvedeno | (Hegner 1999; Erwin & Emmanuel 2005; Khan 2014) |
| <i>Hypnale</i> | ostrolebec indický (<i>H. hypnale</i>) | 1 | nevytváří úplný růžek | silně zahrocený čenich nepatrně vystupuje vzhůru | neuvedeno | (Hegner 1999; Kularatne et al. 2011) |
| <i>Porthidium</i> | křovinář nosatý (<i>P. nasutum</i>) | 1 | mírně zdvižený zploštělý růžek | silně zahrocený zploštělý čenich | neuvedeno | (Hegner 1999; Lamar & Sasa 2003) |
| <i>Trimeresurus</i> | chřestýšovec bornejský (<i>T. borneensis</i>) | 1 | vodorovně zploštělý roh | protážený, zploštělý, zahrocený čenich | neuvedeno | (Hegner 1999; David et al. 2006; Anita et al. 2022) |
| <i>Vipera</i> | zmije růžkatá (<i>V. ammodytes</i>) | 1 | špičatý, vztyčený roh | výrůstek pokrytý drobnými šupinami | neuvedeno | (Hegner 1999; Dyugmedzhiev et al. 2020; Busschau & Boissinot 2022) |
| | zmije skvmitá (<i>V. aspis</i>) | 1 | nevytváří úplný růžek | ostře nadzdvížený čenich | neuvedeno | (Zwahlen 2020; Martínez 2023) |

| | | | | | | |
|--|--|---|---------------------|---------------------------|-----------|---|
| | zmije Latasteova (<i>V. latastei</i>) | 1 | krátký, vztyčený | zdvižený čenich | neuveďeno | (Hegner 1999, Brito et al. 2008; Martínez-Freiria et al. 2021; Martínez 2023) |
| | zmije horská (<i>V. monticola</i>) | 1 | roh zdvižený vzhůru | zvětšená rostrální šupina | neuveďeno | (Brito et al. 2008; Martínez-Freiria et al. 2021; Martínez-Freiria et al. 2023) |

Tabulka 5: Popis supranazálních výrůstků u vybraných druhů s výrůstkem z čeledi Colubridae

| Rod | Druh | počet | podoba | stavba | funkce | autor |
|------------------|--|-------|--|---|-----------|---|
| <i>Ahaetulla</i> | bičovka nosatá (<i>A. nasuta</i>) | 1 | zahrocen do nápadně ostré špičky | velmi protáhlý čenich | neuveďeno | (Cerha & Kocián 2001; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020) |
| | bičovka stromová (<i>A. prasina</i>) | 1 | zahrocen do nápadně ostré špičky | velmi protáhlý čenich | neuveďeno | (Cerha & Kocián 2001; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020) |
| <i>Gonyosoma</i> | užovka nosatá (<i>G. boulengeri</i>) | 1 | dlouhý zašpičatělý výrůstek | výrůstek pokratý drobnými hladkými šupinami | neuveďeno | (Nguyen et al. 2020; Stone 2020) |
| <i>Erpeton</i> | vodnářka tykadlová (<i>E. tentaculatum</i>) | 1 pár | párová "tykadla" | výrůstky pokryté šupinami | hmat | (Greene 1997; Mattison 1998; Catania et al. 2010) |
| <i>Ficima</i> | <i>F. streckeri</i> | 1 | zahrocený směrem vzhůru | zvětšená rostrální šupina | hrabání | (Smith & Tailor 1941; Hardy 1976) |
| <i>Heterodon</i> | heterodon nosatý (<i>H. nasicus</i>) | 1 | mírně zaoblený, směrem nahoru, lopatkovitého tvaru | zvětšená rostrální šupina | hrabání | (Weidensaul 1996; Walley & Eckerman 1999; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005) |
| | heterodon obecný (<i>H. platyrhinos</i>) | 1 | mírně zaoblený, směrem nahoru, lopatkovitého tvaru | zvětšená rostrální šupina | hrabání | (Weidensaul 1996; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005) |

| | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|--|--------------------------------|---|
| <i>Langaha</i> | langaha listonosá (<i>L. madagascariensis</i>) | 1 | samci – tvar kopí; samice – zploštělý a zubatý tvar připomínající list | neuvedeno | sexuální, lov, maskování | (Hošek 2008; Tingle 2012; Read 2020) |
| <i>Leioheterodon</i> | <i>L. madagascariensis</i> | 1 | vyvýšený, prodloužený a lehce zploštělý | zvětšený nosní štítek | neuvedeno | (Cerha & Kocián 2001; Jimison 2020; Spain et al. 2020) |
| | <i>L. modestus</i> | 1 | vyvýšený, prodloužený a lehce zploštělý | zvětšený nosní štítek | neuvedeno | (Cerha & Kocián 2001; Rose et al. 2010) |
| <i>Oxybelis</i> | všechny druhy (<i>Oxybelis</i> spp.) | 1 | nápadně vodorovně zašpičatělý | prodloužený čenich | neuvedeno | (Weidensaul 1996; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Philodryas</i> | užovka růžkatá (<i>P. baroni</i>) | 1 | zašpičatělý, nahoru mírně zahnutý | prodloužený čenich | neuvedeno | (De Lisle 1991; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Phyllorhynchus</i> | <i>P. browni</i> | 1 | stočený směrem nahoru | zvětšený rostrální štítek | neuvedeno | (McCleary & McDiarmid 1993; Cerha & Kocián 2001) |
| | <i>P. decurtatus</i> | 1 | stočený směrem nahoru | zvětšený rostrální štítek | neuvedeno | (McCleary & McDiarmid 1993; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Rhamphiophis</i> | <i>R. oxyrhynchus</i> | 1 | Vyčnívající horní čelist, zobákovitého tvaru | zvětšený zašpičatělý rostrální štítek | hrabání | (Sweeney 1959; Kocourek 2005) |
| <i>Salvadora</i> | <i>S. hexalepis</i> | 1 | stočený směrem nahoru | zvětšená rostrální šupina | neuvedeno | (Jacobson & Ehitford 1971; Stebbins 2003; Degenhardt et al. 2005) |
| <i>Uromacer</i> | <i>U. oxyrhynchus</i> | 1 | zašpičatělý, mírně zdvižený nahoru | prodloužená hlava s výrazně zašpičatělým čenichem | neuvedeno | (Henderson et al. 1981; Cerha & Kocián 2001) |
| <i>Xenocalamus</i> | <i>X. bicolor</i> | 1 | vodorovně zašpičatělý | výrazně prodloužený rostrální štítek | hrabání | (Shine et al. 1998; Trape 2023) |
| | <i>X. mechowii</i> | 1 | vodorovně zašpičatělý | výrazně prodloužený rostrální štítek | hrabání | (Savitzky 1983; Cerha & Kocián 2001; Trape 2023) |

Tabulka 6: Popis supranazálních a supraokulárních výrůstků u vybraných druhů hadů z čeledi Colubridae, u kterých se vyskytují obě formy těchto výrůstků

| Rod | Druh | Nosní výrůstek | počet | podoba | stavba | funkce |
|----------------|--------------------------|----------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Langaha</i> | <i>L. alluaudi</i> | ANO | 1 | neuveдено | neuveдено | neuveдено |
| | <i>L. psauдоalluaudi</i> | ANO | 1 | neuveдено | neuveдено | neuveдено |

| Oční výrůstek | počet | podoba | stavba | funkce | autor |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| ANO | neuveдено | neuveдено | neuveдено | neuveдено | (Cerha & Kocián 2001) |
| ANO | neuveдено | neuveдено | neuveдено | neuveдено | (Cerha & Kocián 2001) |

Tabulka 7: Popis supranazálních a supraokulárních výrůstků u vybraných druhů hadů z čeledi Viperidae, u kterých se vyskytují obě formy těchto výrůstků

| Rod | Druh | Nosní výrůstek | počet | podoba | stavba | funkce |
|----------------------|-----------------------|----------------|-------|---------------------|---|-----------|
| <i>Protobothrops</i> | <i>P. cornutus</i> | ANO | 1 | protažený do špičky | mírně prodloužený a zašpičatělý čenich | neuveдено |
| <i>Trimeresurus</i> | <i>T. brongersmai</i> | ANO | 1 | tvar špachtle | špička čenichu je zřetelně prodloužená a mírně vyzdvižená | neuveдено |
| | <i>T. puniceus</i> | ANO | 1 | méně výrazný | vystupující čenich | neuveдено |

| Oční výrůstek | počet | podoba | stavba | funkce | autor |
|---------------|-----------|------------------------------------|---|-----------|---|
| ANO | 1 | vztyčené, trojúhelníkovitého tvaru | silně vztyčené šupiny tvořící jeden roh | neuveдено | (Hoge & Lemos 1974; Herrmann et al. 2004) |
| ANO | neuveдено | početné rohy tvořící řasu | silně vztyčené a špičaté rozdělené šupiny | neuveдено | (Hoge & Lemos 1974; David et al. 2006; Harvey & Sidik 2013; Anita et al. 2022) |
| ANO | neuveдено | malé, početné rohy tvořící řasu | malé vztyčené šupiny | neuveдено | (Hoge & Lemos 1974; David et al. 2006; Herrmann et al. 2004; Anita et al. 2022) |

1.4 Funkce supraokulárních (očních) výrůstků

Obecně existence rohů u hadů vyvolává různé debaty (Martínez 2020). U dochovaných exemplářů supraokulární výběžky vypadají mnohem pevněji, než ve skutečnosti jsou (Cohen & Myres 1970).

1.4.1 První vědecké spekulace

Mezi první vědecké spekulace patří teorie pana Cowles (1953), který tyto výrůstky považoval za pouhý rozmar přírody. Je jasné, že se nemůže jednat o rozmar evoluce, protože takové příklady najdeme u mnoha druhů v různých oblastech světa. Jasný příklad najdeme u dvou evropských zmijí: *Vipera latastei* a *Vipera ammodytes*. Roh musí mít schůdný důvod pro svůj vývoj, vezmeme-li v úvahu, že u dvou různých zmijí se vyvinuly rohy, ačkoli jeden je tvořen několika protáhlými šupinami a jiný roh je složen z mnoha zrnitých šupin (Martínez 2020).

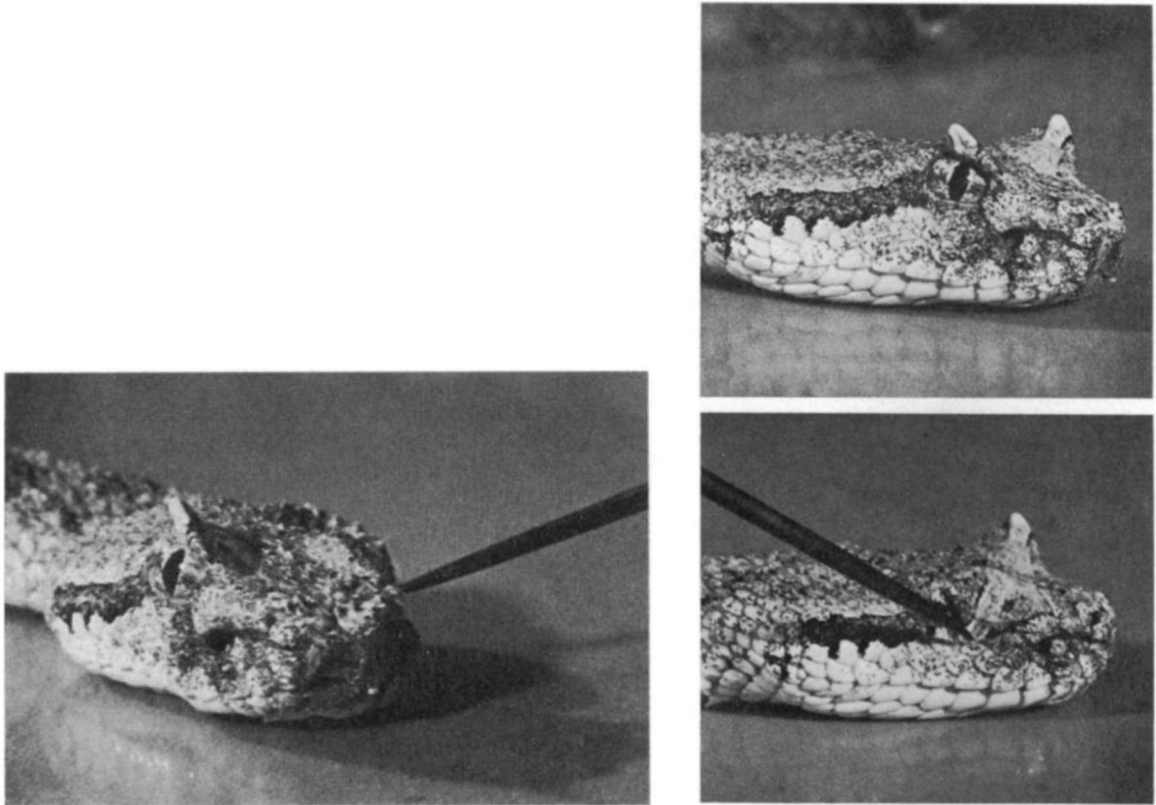
Zatímco Klauber (1956), který zmínil, že rohy u *Crotalus cerastes* slouží jako zářiče tepla nebo jako stínící kryty očí před slunečními paprsky. Tato teorie o zářičích tepla je částečně správná, neboť chřestýši termoreceptory mají. Rozdíl je ale v tom, že tyto receptory mají umístěny mezi očima, a ne ve zmíněných rozích. Pokud by termoreceptory byly umístěny v rozích, byla by velká skupina nejen chřestýšů znevýhodněna o tuto funkci. (Martínez 2020). Klauber (1956) nakonec od myšlenky odstoupil, protože *Crotalus cerastes* je druhem pohybujícím se převážně v noci. Pochyboval tak i o své dřívější spekulaci, že tyto šupiny slouží k tomu, aby byly oči chráněné i když jsou stále díky srostlým víčkům odhalené, zatímco je had částečně pohřben v písku (Cohen & Myres 1970).

1.4.2 Ochrana očí

Jedna z uznávanějších teorií je ta, že supraokulární výrůstky mají funkci chránící, tedy ochranu oka. Tato ochrana není myšlena tak, jak se domníval pan Klauber (1956), s funkcí šupin proti vnikání slunečních paprsků do oka. Jedná se spíše o myšlenku ochrany fyzické (Martínez 2020). Autoři Cohen & Myres (1970) se domnívají, že rohy mají funkce očního víčka, které chrání hadí oči, když zvíře prolézá norami propletenými takovými překážkami, jako jsou kořeny, kameny a šterk, které by mohly oči odřít nebo nějak vážněji poškodit. Oči mohou být chráněny malými rohovitými výrůstky, které se však vyvinuly jen u některých druhů, jako jsou například *Crotalus cerastes* a *Cerastes cerastes* (Mattison 1998).

Při provádění experimentů u *Crotalus cerastes* si Cohen & Myres (1970) všimli, že když se had pohyboval dopředu, jakýkoliv tlak na supraokulární šupiny způsobil, že se výrůstky sklápěly přes oči, viz obrázek 5. Při bližším zkoumání se ukázalo, že roh nejen dokonale sedí na oku, ale také mediální úpon šupiny slouží jako pružný závěs, který se plynule natahuje tlakem a pohybem šupiny. Také postokulární části obsahují prohlubeň, která slouží jako pouzdro pro složený nadoční výrůstek. Mírný tlak na supraokulární roh působí tlak i na oko, který způsobí pohyb oka do očního důlku a roh tak překryje oko. Na místě nadočního rohu je tak hlava hladká a bez překážek. Aby při experimentu určili přítomnost nervové kontroly, která by ve skutečnosti dala hadovi „mrkací reflex“, dotkli se oka přímo. To však nevedlo k pohybu

rohu, zřejmě tak musí být tlak aplikován přímo na supraokulární šupiny, aby došlo k uzavření oka. Martínez (2020) se domnívá, že tato teorie pánů Cohen & Myres (1970) příliš neodpovídá danému problému. Velká většina hadů, kteří tráví čas pod zemí v norách savců a úzkých trhlínách, supraokulární ani supranasální rohy nemají (Martínez 2020).



Obrázek 5: Sklopený supraokulární výrůstek přes oko u *Crotalus cerastes* – dosažený při experimentu za pomoci bočního tlaku na roh směrem dolů (Cohen & Myres 1970).

Jedním z druhů, který má modifikaci supraokulárních šupin, ale nejedná se o hada, který by navštěvoval nory, je křovínář ostnitý (*Bothriechis schlegelii*) ze středoamerických tropů. Destičkovité nadoční šupiny u tohoto druhu se také skládají přes oko (Cohen & Myres 1970; Hunziker 2001; Sinnott 2011). Cohen & Myres (1970) předpokládají, že téměř neproniknutelný porost, jímž stromový křovínář ostnitý proniká, je, pokud jde o překážky, srovnatelný s kořeny v norách, jimiž prolézá například zmíněný *Crotalus cerastes*. Pan Hunziker (2001) se k této teorii také přiklání a domnívá se, že rohy u *Bothriechis schlegelii* nejsou pouze dekorativní, ale mohou zřejmě sloužit k ochraně hadích očí před zraněním od zvířete v podobě hadí kořisti, od větví, kterými prolézá nebo k zastínění očí před jasným slunečním zářením.

Pravděpodobnější hypotézou supraokulárních rohů pro ochranu očí je jejich funkce pro obranu. Herpetolog Juan Timms k této hypotéze poznamenal, že podle jeho zkušeností s rohatými zmijemi jak v terénu, tak chovanými v zajetí, by funkce nadočnicových rohů měla spočívat v ochraně očí při zachycení kořisti. Lovená kořist se může skládat z ptáků, drobných savců nebo ještěrek, kteří mají na svých končetinách drápy. Těmito drápy mají možnost se bránit a drápáním tak poškrábat a poranit hadovi oči. Faktem je, že všechny zmije se supraokulárními výrůstky, ať už jsou to hadi stromoví nebo pozemní, mají při lovu tendenci

kořist držet. Ostatní zmije svou kořist kousnou, vypustí a pak ji teprve jedem usmrcenou sežerou (Martínez 2020).

1.4.3 Lákání kořisti

Další hypotézou k funkci supraokulárních rohů je lákání kořisti. Většina rohatých hadů se za potravou nehoní. Místo toho na svou kořist číhají a útočí výpadem ze zálohy (metodou sit-and-wait). Když leží had nehybně na místě, nadoční výrůstky by v tomto případě měly připomínat části vegetace semenáčků nebo nově vznikající klíčky rostlin, které k nim mohou přitahovat potenciální kořist (Martínez 2020; Buehler 2024). Tento druh „návnady“ by k hadům měl nalákat drobné obratlovce (hlodavce). Toto tvrzení by také mohlo vysvětlovat, proč například *Bitis peringueyi* (Boulenger, 1888) nebo *Cerastes vipera* Linnaeus 1758 nemají rohy, tyto dva druhy se totiž výhradně zaměřují na lov různých ještěrek. Zatímco například zástupci rohatých hadů *Bitis caudalis*, *Cerastes cerastes* nebo *Crotalus cerastes* loví drobné savce. Tyto tři druhy rohatých hadů jsou obvykle částečně pohřbeny v písku, takže jejich kořist by předtím, než by byla ulovena, viděla pouze z písku vystupující rohy, připomínající dvě malé rostlinné struktury (Martínez 2020). Například zmije rohatá (*Cerastes cerastes*) zahrabává většinu svého těla v pouštním písku a nechává vykukovat jen své oči se supraokulárními rohy. Zahrabání v písku pomáhá hadovi schovat se před vysokými teplotami, predátory, ale také mu umožňuje připravit se na výpad na nic netušící kořist. Písečné oblasti jsou pro tyto hady snadno propustné, ale nevytvářejí tu tunely, jsou tak výhodné pro malé druhy hadů a větší druhy se tak pohybují bočním navíjením těla nad zemí. (Greene 1997; Mattison 1998; Hester 2019).

Tato hypotéza se však ale může zdát pochybná, vezmeme-li v úvahu, že nadoční rohy můžeme vidět i u mnoha stromových hadů, kteří se nezahrabávají do země a drobnými savci se živí jen zřídka nebo vůbec. A ačkoli zmije perské (*Pseudocerastes persicus*) mohou žít v písečných oblastech, jsou to druhy typické pro výskyt ve skalách, kde přepadávají svou kořist a schovávají se do skalních štěrbin, aniž by se musely zahrabávat do písku (Martínez 2020).

1.4.4 Sexuální funkce

Wagneer a Wilms (2010) navrhli, že nadoční rohy by mohly mít sexuální funkci jako u jiných skupin zvířat. Ačkoli rohy mohou mít sexuální funkci, u hadů mají rohy obě pohlaví.

Možná důvodem není soutěživost samců, jako je tomu u jiných zvířat, ale spíše způsob, jakým mohou využívat rohy jako jakousi ozdobu hlavy pro sexuální stimulaci. Výrůstky tak mohou mít funkci k zaujmutí opačného pohlaví při námluvách (Martínez 2020; Buehler 2024).

1.5 Funkce supranazálních (nosních) výrůstků

Tyto výrůstky zaujaly nejednoho zoologa natolik, že se samy během vědeckého popisu staly českým nebo dokonce vědeckým názvem hada, např.: *Vipera ammodytes*, *Bitis gabonica rhinoceros*, *Porthidium nasutum* Bocourt, 1868, atd... (Martínez 2020).

Pro poněkud podivný vzhled madagaskarských stromových hadů rodu *Langaha* mají Malgaši zajímavou povídku. Podle ní se langahy napnou jako struna a vrhají se z větvi kolmo dolů, kde do špičky tvarovaná hlava probodává nic netušící kořist. Výběžek na hadí hlavě je však měkký a zdaleka ne u všech druhů a pohlaví tak špičatý, aby mohl plnit funkci kopí (Hošek 2008).

1.5.1 Sexuální funkce

Samci a samice hadů se navenek obvykle podobají, i když se také liší jemnými, často špatně pochopenými znaky. Samci mají větší ocasy, které jsou potřebné pro uložení párových hemipenisů. Samice mají delší těla, která poskytují větší prostor pro vyvíjející se vajíčka nebo mláďata. Samice hadů jsou obecně větší než samci. Celkový velikostní dimorfismus je častější u středních až velkých druhů než u malých (Greene 1997; Mattison 1998; Hegner 1999; Cerha & Kocián 2001; Weinstein 2011).

Pohlavní dimorfismus v barevných vzorech je u živočichů běžný (např. někteří ještěři, mnoho ptáků). U hadů je obvykle omezen jen na malý počet znaků (např. skvrny na těle a kroužky na ocasu). U mnoha druhů jsou ale opačná pohlaví stejného druhu od sebe rozlišitelná jiným odstínem nebo barvou šupin celého těla. Možná jsou tyto rozdíly spojeny s odlišnými strategiemi proti predátorům se zvýšenou zranitelností hadích samců při hledání samic (Greene 1997; Buehler 2024). U madagaskarských užovek *Langaha* se obě pohlaví liší celkovým zbarvením, ale také odlišnými tvary protaženého čenichu. Tento bizarní dimorfismus, který nemá u jiných hadů obdoby, by mohl odrážet rozdíl v mikrostanovištích (Greene 1997; Hošek 2008; Tingle 2012; Read 2020).

U užovek rodu *Langaha*, jehož zástupci mají značný pohlavní dimorfismus, se vyvinula teorie o sexuální funkci těchto výrůstků. *Langaha madagascariensis* je nejčastěji vyskytující se druh z čeledi *Langaha*, u kterého je asi nejlépe pozorovatelný pohlavní dimorfismus supranazálních výrůstků (Tingle 2012; Read 2020). Tyto výrůstky se liší jednak druh od druhu a jednak mezi pohlavími téhož druhu u *Langaha madagascariensis*. Mohutné listové rohy jsou u tohoto druhu sice rozšířeny nebo roztrženy, ale vždy směrem vzhůru nebo dolů, jejich postranní část zachovává přímou linii od očí ke špičce hlavy (Hošek 2008). Tyto dlouhé, měkké nosní výběžky mají u samců tvar připomínající kopí a u samic jsou zploštělého a zubatého tvaru připomínající list. Jestli se skutečně jedná o sexuální funkci, kdy by se opačná pohlaví mezi sebou rozeznávala nebo si vybírala partnera k páření s hezčím nebo větším výrůstkem podobně, jak je tomu u jiných zvířat, se nedá s jistotou potvrdit (Hošek 2008; Tingle 2012). Obývají suché a vlhké lesy v nízkých nadmořských výškách a loví jeden až dva metry nad zemí. Po terénním výzkumu paní Tingle (2012) bylo zjištěno, že tyto hady preferují zastíněné oblasti a zřídka se vyhřívají na přímém slunci. Obývají keře s větvemi podobnými tloušťce hada samotného. Striktně se živí ještěrkami a příležitostně pojídají žáby. Jsou to predátoři ze zálohy, kde zůstávají nehybní po dlouhou dobu a čekají na průchod gekona, felsemy nebo chameleona.

Langaha alluaudi Mocquard, 1901 je o něco větší druh než *Langaha madagascariensis*, má tvarově odlišné nosní rohy a také u něj navíc můžeme pozorovat supraokulární šupiny tvořící nadoční rohy. *Langaha pseudoalluaudi* Domergue, 1988 je nejméně se vyskytujícím druhem. Tento druh má jedinečné nosní výběžky, které se liší od ostatních členů rodu. Opět u tohoto druhu, stejně jako u *Langaha alluaudi* vidíme vyčnívající supraokulární rohy (Tingle 2012; Read 2020).

Zůstává ale záhadou, jaká je funkce šupin vystupujících nahoru nad očima. Madagaskarské langahy patří k velice vzácným případům pohlavního dimorfismu u hadů. Možným vysvětlením by tedy mohla být sexuální selekce. Díky rozdílným znakům na hlavě se obě pohlaví mohou dobře rozeznávat a tyto znaky také mohou sloužit k posouzení daného protějšku (Dolinay 2015).

1.5.2 Široké binokulární vidění

Stromoví hadi jsou obvykle dlouzí, štíhlí a mnozí z nich mají chápavé ocasy. Protože řada z těchto hadů má tendenci lovit rychle se pohybující kořist, jako jsou ještěrky a ptáci, mají k lovu přizpůsobené velké oči, takže mohou být obě oči zaměřeny na stejný objekt. Řada z nich má také prodloužené a ostře zašpičatělé čenichy. Většinou jsou zbarveni převážně do odstínů zelené nebo hnědé, aby byli dobře maskováni, když odpočívají nebo loví nataženi mezi listy nebo větvemi (Mattison 1998; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020).

Mezi tento typ stromových hadů patří například asijský rod *Ahaetulla*, africký *Thelotornis* či americké rody *Uromacer* a *Oxybelis*. Všechny tyto rody spojuje společný znak, a tím je široké binokulární vidění, které je nejširší, jaké u hadů známe. Hadi s tímto viděním mají své velké oči postavené velmi dopředu. A doplňuje je barevná (většinou bílá nebo černá) páska nebo obličejová rýha vedoucí od očí ke „špičce“ hlavy, viz obrázek 4 (Hošek 2008).

Užovky rodu *Langaha* mají čenich protažený dlouhým výrůstkem. Bičovky rodu *Ahaetulla* zase během lovu vyplazují jazyk, který drží rovně a zpříma, také jako jakási prodloužení hlavy. Zornice těchto hadů jsou vodorovně rozšířené a mají protáhlý kapkovitý tvar, který je protažený ve stejném směru, ve kterém je vedena barevná páska nebo obličejová rýha. Všechny tyto hady tedy spojují podobné znaky, které by měly mít stejnou funkci nebo stejný evoluční důvod. Všechny tyto morfologické charakteristiky zlepšují vidění směrem dopředu a pomáhají při lovení kořisti (Mattison 1998; Hošek 2008; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020).

Klátivé pohyby, kterými se tyto hadi pohybují způsobují, že se poloha sledované kořisti zdánlivě mění. Kývajícím hadem proto vidí objekt před sebou z několika různých úhlů najednou. Aby had neztratil zrakovou orientaci, slouží mu protažení hlavy jako mířící bod, jako jakási muška, pomocí níž had míří na cíl. Dosvědčuje to mimo jiné i skutečnost, že langahy skoro vždy uchopí svou kořist velmi přesně na určitém místě (za krkem nebo v pánevní oblasti, tedy tak, aby oběť měla co nejmenší možnost způsobit zranění) (Greene 1997; Hošek 2008; Dolinay 2015).

1.5.3 Maskování a lov

O funkci jakýchkoliv druhů výrůstků na hlavě hadů lze spíše jen spekulovat, ale pan Hegner (1999) připouští, že by měla svoji logiku hypotéza právě o tom, že výrůstky mají plnit funkci v rozšíření jinak přesných linií tvaru těla hada v jeho přirozeném prostředí, tak aby opticky splynul s okolním prostředím a stal se tak méně nápadným pro svou kořist, ale také méně nápadným a chráněným vůči svým potenciálním predátorům. Pan Mattison (1998) ve své knize podotkl, že se hadi vyskytují v různých barevných kombinacích a odstínech a stěží by se našli naprosto totožně zbarvení dva jedinci různých druhů. Barevné variace hadí kůže se však nevyskytují náhodně. Každé zbarvení má svým způsobem funkci maskování, které se vyvinulo tak, aby bylo svému majiteli přínosné a vyhovovalo tak konkrétním podmínkám, ve kterých různé druhy hadů žijí. Lze tak s jistotou předpokládat, že každé zbarvení stejně jako výrůstky na hlavě byly zdokonalovány evolučním procesem.

V případě rohu nebo několika rohů na čenichu, některých hadů, jako je *Ahaetulla pulvurulenta* (Duméril, Bibron & Bibron, 1954), *Gonyosoma boulengeri* (Mocquard, 1897) nebo *Langaha madagascariensis*, se předpokládá, že hlavní funkcí těchto rohů by mohla být pomoc při maskování hadů schovávajících se ve větvích s možnou sexuální funkcí. U *Langaha madagascariensis* kvůli odlišným tvarům rohu na čenichu u samců a samic (Martínez 2020). Někteří zoologové se domnívají, že zvláštní tvar hlavy pomáhá langahám žijícím ve větvích stromů splynout s prostředím a uniknout tak predátorům. Přitom je ale dostatečné maskování už jen jejich zbarvení (Dolinay 2015). Pan Hošek (2008) ve svém článku zmiňuje, že pan Kenneth L. Krysko, který několik let studoval *Langaha madagascariensis* v teráriu, přišel s vysvětlením, že se langaha ke své kořisti přibližuje velmi pomalu a opatrně zezadu. Nosovým výrůstkem se pak loveného zvířete téměř dotýká nebo dokonce opravdu dotýká. Had se při tom zároveň kýve ze strany na stranu, aby ještě lépe napodobil větvíčku chvějící se ve větru. Přibližovací manévry je pomalý a může trvat až 6 nebo 7 minut a kořist si tak vůbec nevšimne, že se k ní blíží predátor. Následný rychlý útok se děje z bezprostřední blízkosti a nedává tudíž oběti mnoho šancí na útek. Obdobným způsobem se ve větvích pohybují a loví i hadi z rodu *Ahaetulla* (Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005; Mohapatra et al. 2017; Mallik et al. 2020).

Většina druhů se při lovu raději pohybuje v místech, kde se pravděpodobně objeví požadovaná kořist, a pak ji opatrně pronásledují a udeří dříve, než si jich kořist všimne. Jejich maskování a schopnost zůstat nehybní po dlouho dobu je pro tyto hady výhodné především při lovu ještěrek, žab nebo drobných hlodavců, kdy se často přibližují tak blízko, že je mají přímo před sebou a lze je ulovit jediným výpadem na krátkou vzdálenost (Mattison 1998). Tuto strategii používá například zmije nosorohá (*Bitis nasicornis*), která vyniká svou pestrou kresbou na vrchu hlavy a především svými početnými růžky na špičce čenichu. Tyto růžky jí umožňují zlepšit své maskování v substrátu a splynout s okolím, zmije se tak stává prakticky neviditelnou (Hegner 1999).

Pan Greene (1997) konstatuje, že na maskování hadů v jejich přirozeném prostředí by se mohly mimo nosních výrůstků podílet i supraokulární rohy. Třásnité nadoční šupiny zmije *Atheris ceratophora* by podle něj možná mohly mít funkci „rozbíjení“ obrysu hlavy tohoto hada, čímž ji lépe skryjí před predátory, ale i před kořistí, viz obrázek 1.

Ovšem, jak je tomu u hadů, kteří neloví metodou sit-and-wait nebo velmi pomalými a klátivými pohyby jako langahy, ale naopak loví aktivně. V tomto případě by had tak docela

nesplýval v prostředí a výrůstky na hlavě by naopak mohly hada nechat vyniknout a odhalit tak jejich přítomnost kořisti nebo i predátorům. Byla zmapována data, která hady roztřídila na predátory útočící ze zálohy a na aktivní pronásledovatele. Podle očekávání byly rohy mnohem častější u lovců typu sit-and-wait. Dalo by se tedy říci, že rohy jsou téměř výhradně u predátorů lovicích metodou sit-and-wait. Toto zjištění podtrhuje, jak princip shánění potravy může omezovat morfologii plazů (Banfi et al. 2023; Buehler 2024).

1.5.4 Hrabání

Hadi pohybující se po zemi jsou poněkud náchylní k tunelování díky svému malému obvodu, protaženému tělu a ztrátě končetin. Obecně lze říci, že hrabaví hadi jsou většinou malého vzrůstu. Vyznačují se válcovitým tělem pokrytým většinou hladkými a lesklými šupinami, ocas je obvykle tupý a často slouží jako páka pro odrážení v noře. Ačkoliv mnoho spíše pozemních hadů se schovává, opravdoví hrabaví hadi mají obvykle modifikace hlavy, které snižují tření a umožňují jim lépe proniknout půdou. Hadi specializovaní k životu pod zemí mají často zpevněnou lebku, která odolává a absorbuje sílu a tlak při tunelování. Většina hrabavých hadů má špatně viditelné oči a v některých případech jsou oči překryty šupinami, čímž jsou prakticky nefunkční. Hlava bývá zakončena zašpičatělou tlamou s klínovitou rostrální šupinou na čenichu, která je často zvětšena a tvarově přizpůsobena hrabání. Užovka madagaskarská (*Leioheterodon madagascariensis* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)), heterodon nosatý (*Heterodon nasicus*) a další druhy s takto upravenými srostlými šupinami prokopávají a zvětšují svým přizpůsobeným čenichem tunely. (Greene 1997; Mattison 1998; Walley & Eckerman 1999; Cerha & Kocián 2001).

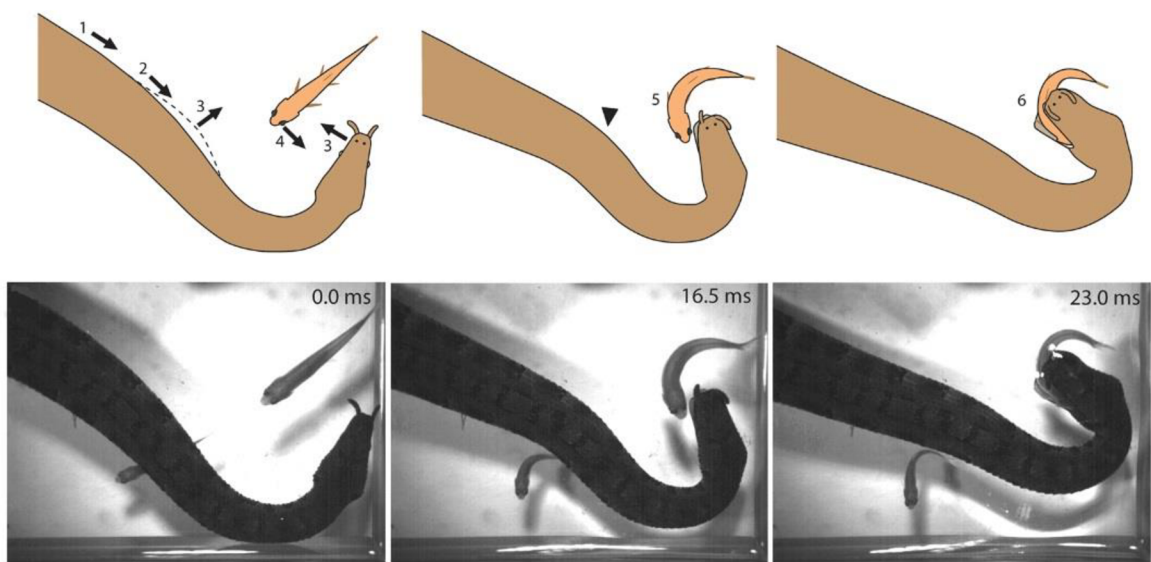
1.5.5 Unikát mezi výrůstky na hlavě hadů (*Erpeton tentaculatum*)

Homalopsinae (vodnářky) je podčeleď hadů patřící do čeledi Colubridae (užovkovití). Homalopsinae zahrnuje asi 12 druhů v 10 rodech vodních hadů obývajících jihovýchodní Asii, Papuu novou Guineu a severní oblast Austrálie. Jsou vejcoživorodí a až na jednu výjimku (rod *Brachyorrhos*) jsou všechny rody akvatické a mají velký tracheální plicní lalok. Jsou tak přizpůsobené životu ve vodě. Obývají sladkovodní biotopy, jejich štěrbinovité nozdry a těsně přiléhající rostrální a labilní šupiny brání vniknutí vody, když jsou ponořeni pod hladinou. Nosní otvory jsou posazeny na vršku čenichu, oči jsou malé a obrácené nahoru. Mají opistoglifní chrup, jedové rýhované zadní tesáky používají k znehybnění své kořisti. Většina druhů je však neškodná, protože jsou obvykle mírné a nekoušou, nejsou tak člověku nebezpečné. Jejich potrava se skládá z ryb, obojživelníků a korýšů. Svou kořist loví pomalým přibližujícím se pohybem nebo na ni nehybně číhají (Greene 1997; Mattison 1999; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005).

Vodnářka tykadlová (*Erpeton tentaculatum*) je druh hada z monotypického rodu *Erpeton* vyskytující se v Thajsku, Kambodži a v jižním Vietnamu. Pohyb po zemi je pro tohoto hada velice namáhavý, zdržuje se tak převážně ve vodním prostředí jako jsou bažiny, louže a pomalu tekoucí řeky. Většinu dne tráví odpočinkem ve vodě, kde je ocasem zachycen za převislé větve a setrvává bez hnutí (Greene 1997; Cerha & Kocián 2001; Kocourek 2005). Při kombinaci, kdy je zachycena o větve pod vodou a je ve strnulém stavu, připomíná svým tělem větvičku a stává se tak prakticky neviditelnou (Greene 1997). Aktivní bývá v noci, kdy bleskurychlými údery

loví proplouvající ryby a během několika sekund je spolkně. Strategie lovu tohoto hada spočívá v detekci výřeni vody, které způsobují okolo proplouvající ryby. Had při lovu zaujme pozici ve tvaru J a nehybně čeká, dokud ryba nevpluje do oblasti mezi hadovou hlavou a tělem, a v tu chvíli udeří (obrázek 6) (Smith et al. 2002; Murphy 2007; Catania 2009).

Vodníčka tykadlová má malé oči se štěrbinovitou zornicí, tělo je štíhlé a šupiny kýlnaté. Horní strana těla je zbarvení nažloutlé až načervenalé a po stranách hřbetu se táhnou dva podélné pruhy. Další tmavé pruhy se táhnou ze spánků až po boky. Břicho je nažloutlé až hnědavé, často bývá nepravidelně skvrnitě (Cerha & Kocián 2001). Tato vodnářka má silně kýlovité hřbetní šupiny, extrémně úzké ventrální šupiny a žádné výrazné subkaudální šupiny. Hlavu má podlouhlou, hranatou a špička čenichu je pozoruhodná svými dlouhými, ohebnými, párovými rostrálními výběžky (tykadly), které měří 6-7 mm (Greene 1997; Cerha & Kocián 2001). Pánové Green (1997), Cerha & Kocián (2001) a Kocourek (2005) se domnívají, že by tato „tykadla“ mohla napomáhat jako určitá forma maskování nebo sloužit jako mechanoreceptor, tedy hmatový aparát. Svého času byla tato „chapadla“ považována za návnadu, kterou by had lákal ryby nebo jiné vodní živočichy, ale od této teorie se postupně upustilo (Mattison 1998).



Obrázek 6: Vodnářka tykadlová (*Erpeton tentaculatum*) zaujímající lovíci pozici ve tvaru J, ze které při vplutí ryby mezi hlavu a tělo hada, udeří (Catania 2009).

První studie chapadel poukazyvaly na úplnou absenci nervového zakončení v chapadlech, což naznačovalo, že výrůstky nemají žádnou smyslovou, přesněji hmatovou funkci (Hahn 1973). Následné zkoumání chapadel panem Winokurem (1977) však potvrdilo, že chapadla nervové zakončení mají. To poskytuje možnost, že by chapadla mohla mít smyslovou roli.

Catania et al. (2010) ve své studii popisují, že chapadla jsou pokryta šupinami ze všech stran včetně špičky. Vnitřek chapadel se skládá převážně z kolagenových vláken protkaných hladkou svalovinou s řadou krevních dutin a cév. Středem chapadla prochází velmi hustá síť jemných nervových vláken.

Tento chapadlovitý had je specializovaný na rybolov, proto se dá předpokládat, že by tyto neobvyklé výrůstky mohly sloužit k detekci pohybu vody způsobeným potenciální kořistí (Winokur 1977; Smith et al. 2002, Murphy 2007). Jsou tu ovšem další, již zmíněné možnosti. Z anatomického hlediska jsou však chapadla dobře inervovaná a mají vlastnosti, které naznačují, že by mohla mít funkci reagovat na pohyb ve vodě v okolí hadovy hlavy. Vnitřní pole nervových vláken je vhodné pro detekci pohybu a ohybu samotného chapadla, ale je méně vhodné pro detekci chemických podnětů, elektrických polí nebo tepelných podnětů (Catania et al. 2010).

Přímější důkazy o funkci chapadel jakožto orgánu určeného k detekci pohybu jsou pokusy, při kterých had prokázal citlivost výrůstků, když zareagoval na dotyk, a to i když měl had hlavu ponořenou ve vodě, kdy chapadla reagovala na pohyb a vibrace ve vzdálenosti 2 cm. Tyto výsledky naznačují, že chapadla mají funkci vyhodnocovat vhodnou velikost kořisti a vhodné místo a načasování pro úder (Catania et al. 2010).

1.6 Rohovité výrůstky a jejich funkce u dalších plazů a obojživelníků

Buvoli, pakoně, antilopy, tur domácí, nosorožci a mnoho dalších zvířat mají rohy. Ale plazi? Mimo již zmíněných hadů, mají také některé druhy ještěrek na hlavě hřebeny, límce, špičaté struktury a další ozdobné útvary připomínající rohy podobně jako u podřádu Serpentes (Greene 1997; Buehler 2024). Zrovna, jako u hadů, se výrůstky vyskytují na čenichu, v oblasti obočí nebo na hlavě. Tyto rohovité výrůstky jsou tvořené kostí nebo keratinem do nejrůznějších tvarů (Buehler 2024). Výzkumný tým Banfi et al. (2023) zjistil, že 94 % ještěrů a hadů s rohy využívají lovicí techniku sit-and-wait. Není ale jasné, zda druhy s těmito cefalickými výrůstky přizpůsobily svůj způsob lovu tak, aby vyhovoval jejich rohům poté, co se vyvinuly pro jiný účel, jako je zastrašení predátora nebo boj se soupeři nebo zda se rohy vyvinuly jako morfologické zvýhodnění u druhů, které začaly využívat lov typu sit-and-wait.

U rohatých ještěrek, jako je ropušník, (*Phrynosoma* spp.), se cefalické rohy vyvinuly jako obrana proti predátorům (Bergmann & Berk 2012). Chameleoni (Chamaeleonidae) využívají své rohy k teritoriálním projevům nebo k zaujmutí samic během období kopulace a jsou tak spojeny se silným sexuálním výběrem (Karsten et al. 2009; Stuart-Fox 2013). Podobně se předpokládá, že rostrální výrůstky u agamovitých (Agamidae) jsou určeny pro sexuální výběr, ale také u některých druhů přirozená forma maskování (Karunarathna et al. 2020).

U některých obojživelníků, ale i bezobratlých se také vyvinula struktura výrůstků (Buehler 2024). Typickými zástupci obojživelníků s rohy jsou žáby z rodu *Ceratophrys*. Rohatka Cranwellova (*Ceratophrys cranwelli* Barrio, 1980) a rohatka brazilská (*Ceratophrys cornuta* (Linnaeus, 1758)) jsou charakteristické svými, nad očima umístěnými rohy trojúhelníkovitého tvaru (Barrio 1980; Bartlett & Bartlett 2003; Valetti et al. 2012).

4. Závěr

Stanovení funkce výrůstků na hlavě hadů není tak jednoznačné, jak by se dalo zprvu předpokládat. Tyto cefalické výrůstky se nachází v nejrůznějších podobách na čenichu a nadoční části hlavy, u více druhů z několika čeledí rozprostřených téměř po celém světě. Výrůstky jsou až na pár výjimek většinou přítomny jen u pár zástupců z rodu, nejedná se tak o znak určující rod nebo čeleď hadů.

Byli vytvořeny tabulky (1-2) s většinou druhů, které znázorňují typ výrůstku u hadů obývajících různé biotopy s různým způsobem života a potravou. Z těchto tabulek vyplývá, že prostředí, ve kterém hadi žijí, nemá zřejmě na typ výrůstku vliv. Neboť hadi se supranazálními i supraokulárními výrůstky žijí jak pozemním, tak i stromovým způsobem života v suchých i pralesních oblastech a jejich potrava se mění v závislosti na lokalitě výskytu hada. Můžeme však s jistotou říci, že velká většina užovek disponuje supranazálními výrůstky.

Další tabulky (3-7) znázorňují počet, podobu, stavbu a funkci výrůstků. Všechny tyto informace nám uvádí, že u některých druhů jsou rohy velice podobné a u jiných naopak velice odlišné. Informace o funkci výrůstků u většiny druhů nejsou však prozatím známy. Ovšem pokud spojíme informace z tabulek 1-2 (popisujících styl života) a z tabulek 3-7 (popisujících podobu výrůstku), vytvoří se nám pomyslné skupiny hadů žijících v podobných biotopech, obdobným způsobem života a typem výrůstku s podobnou stavbou. I přes podobný způsob života, podobu a stavbu výrůstků se však nejedná o příbuzné druhy.

Dá se tedy předpokládat, že se výrůstky vyvinuly nezávisle na příbuznosti druhů nebo rodů, z evolučního hlediska ve prospěch jednoho druhu. Z hlediska konvergentního vývoje by se dalo předpokládat, že všechny výrůstky na hlavách hadů nemusí mít jen jednu jedinou společnou funkci. Tak, jak uvádí někteří herpetologové, držíci se myšlenky, že všechny výrůstky vznikly ze stejného důvodu a mají proto i stejnou funkci. Pravděpodobnější hypotézou by bylo, že se nezávisle na sobě vyvinuly podobné nebo dokonce stejné útvary připomínající rohy, které mohou, ale i nemusí mít odlišný důvod vzniku a tedy i funkci. Rohovité výrůstky by pravděpodobně měly hadům poskytnout jistá zvýhodnění, zůstává ale otázkou, proč by měla být pouze u některých druhů a ne u všech. Nabízí se i možnost, že se jedná pouze o genetickou vadu, která se dále vyvíjela křížením jedinců stejného druhu. Je ale nepravděpodobné, že by podobnou genetickou vadou disponovalo více druhů z různých čeledí vyskytujících se po celém světě.

Byly provedeny studie a experimenty, které se pokusily u některých druhů objasnit jejich funkci. Jedná se však jen o malou část všech druhů s těmito výrůstky a u několika dalších jsou uváděny pouze vědecky nepotvrzené spekulace. O funkci cefalických výrůstků u hadů se tedy prozatím ví poměrně málo. Proto je potřeba se výzkumu druhů hadů s rohy na hlavě v budoucnu více věnovat a ujasnit, k čemu výrůstky u jednotlivých druhů opravdu slouží.

5. Literatura

- Akani GC, Luiselli L, Tooze Z, Angelici FM, Corti C, Zuffi MAL. 2001. Tropical Zoology **14**:185-195.
- Al-Sadoon MK, Paray BA. 2016. Ecological aspects of the horned viper, *Cerastes cerastes gasperettii* in the central region of Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences **23**(1):135-138.
- Anderson SC. 2002. An introduction to the literature of the vertebrate zoology of Iran. Zoology in the Middle East **26**(1):15-28.
- Anita S, Sadjuri AR, Rahmah L, Nugroho HA, Mulyadi, Trilaksono W, Ridhani W, Safira N, Bahtiar H, Maharani, Hamidy A, Azhari A. 2022. Venom composition of *Trimeresurus albolabris*, *T. insularis*, *T. puniceus* and *T. purpureomaculatus* from Indonesia. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases DOI: 10.1590/1678-9199-jvatitd-2021-0103.
- Banfi F, Meiri S, Shine R, Dammea R, Baeckens S. 2023. Foraging mode constrains the evolution of cephalic horns in lizards and snakes. Biology Letters **19**(11), DOI:10.1098/rsbl.2023.0395.
- Barrio A. 1980. Una nueva especie de *Ceratophrys* (Anura: Ceratophryidae) del Domino Chaqueno. Physis **39**(96):21-30.
- Bartlett RD, Bartlett PP. 2003. Reptiles and Amphibians of the Amazon. University Press of Florida, Florida.
- Bergmann PJ, Berk CP. 2012. The evolution of positive allometry of weaponry in horned lizards (*Phrynosoma*). Evolutionary Biology **39**:311-323.
- Berkovitz B, Shellis P. 2017. The Teeth of Non-Mammalian Vertebrates. Elsevier, London.
- Bernarde PS, Souza do Amaral E, Damasceno do Vale MA. 2011. Squamata, Serpentes, Viperidae, *Bothrocophias hyoprora* (Amaral, 1935): Distribution extension in the state of Acre, northern Brazil. Check List **7**(6):813-814.
- Branch WR. 1999. Dwarf adders of the *Bitis Cornuta-inornata* complex (Serpentes: Viperidae) in southern Africa. Kaupia **8**:39-63
- Brito JC, Santos X, Pleguezuelos JM, Sillero N. 2008. Inferring evolutionary scenarios with geostatistics and geographical information systems for the viperid snakes *Vipera latastei* and *Vipera monticola*. Biological Journal of the Linnean Society **95**:790-806.
- Broadley DG. 1972. The Horned Viper *Bitis Caudalis* (A. Smith) in the Central Kalahari. Botswana Notes & Records **4**(1):263-264.
- Buehler J. 2024. Why do reptiles have horns?. Science News Magazine of the Society for Science **205**(2):12-13.
- Burbrink FT, Crother BI. 2011. Evolution and Taxonomy of Snakes. Pages 36 in Aldridge RD, Sever DM, editors. Reproductive Biology and Phylogeny of Snakes. CRC Press, Boca Raton.

- Busschau T, Boissinot S. 2022. Habitat determines convergent evolution of cephalic horns in viper. *Biological Journal of the Linnean Society* **135**:652-664.
- Campbell JA, Lamar WW. 1989. *The Venomous Reptiles of Latin America*. Cornell University Press. Department of Biology, The University of Texas at Arlington.
- Carrasco PA, Leynaud GC, Scrocchi GJ. 2010. Redescription of the southernmost snake species, *Bothrops ammodytoides* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). *Amphibia-Reptilia* **31**:323-338.
- Catania KC, Leitch DB, Gauthier D. 2010. Function of the appendages in tentacled snakes (*Erpeton tentaculatus*). *The Journal of Experimental Biology* **213**(3):359-367.
- Catania KC. 2009. Tentacled snakes turn C-starts to their advantage and predict future prey behavior. *Proceeding of the National Academy of Sciences (PNAS)* **106**(27):11183-11187.
- Cayuela H, Akani GC, Hema EM, Eniang EA, Amadi N, Ajong SN, Dendi D, Petrozzi F, Luiselli L. 2019. Life history and age-dependent mortality processes in tropical reptiles **128**(2):251-262.
- Cerha V, Kocián M. 2001. Užovky. POLARIS, Podkopčí 464, Frenštát p.R.
- Cohen AC, Myres BC. 1970. A Function of the Horns (Supraocular Scales) in the Sidewinder Rattlesnake, *Crotalus cerastes*, with Comments on Other Horned Snakes. *Copeia* **1970**(3):574-575.
- Darwin Ch. 1979. *The Origin of Species*. The Rainbird Publishing Group Ltd, London.
- David P, Vogel G, Vijayakumar SP, Vidal N. 2006. A revision of the *Trimeresurus puniceus*-complex (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) based on morphological and molecular data. *Zootaxa* **1293**:1-78.
- De Lisle HF. 1991. Captive reproduction and biology of the Argentine snake *Philodryas baroni*. NCHS Captive Propagation and Husbandry Conference, Davis, CA.
- Degenhardt W, Painter ChW, Price AH. 2005. *Amphibians and Reptiles of New Mexico*. University of New Mexico Press, New Mexico.
- Deufel A. 2017. Burrowing with a kinetic snout in a snake (*Elapidae: Apidelaps scutatus*). *Journal of Morphology* **278**(12):1706-1715.
- Dolinay M. 2015. Had ze světa fantazie. *Příroda* **11-12**:58-60.
- Dyugmedzhiev A, Popgeorgiev G, Tzankov N, Naumov B. 2020. Population Estimates of the Nose-horned Viper *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) (Reptilia: Viperidae) from Five Populations in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* **73**(3):397-407.
- Erwin VdenE, Emmanuel B. 2005. Envenoming by the viperid snake *Eristicophis macmahonii*. *Toxikon* **46**(8):918-920.
- Gholamifard A, Esmaili HR. 2010. First record and range extension of Field's horned viper, *Pseudocerastes fieldi* Schmidt, 1930 (Squamata: Viperidae), from Fars province, southern Iran. *Turkish Journal of Zoology* **34**:551-552.

- Greene HW. 1997. Snakes: the evolution of mystery in nature. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Grünwald Ch, Jones JM, Franz-Chávez H, Ahumada-Carrillo IT. 2015. A new species of *Ophryacus* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from eastern Mexico, with comments on the taxonomy of related pitvipers. *Mesoamerican Herpetology* **2**(4):387-416.
- Gutberlet RL. Jr. 1993. Descriptive morphology and phylogenetic position of the Mexican black-tailed pitviper. The university of Texas at Arlington, Arlington.
- Gutberlet RL Jr. 1993. Descriptive morphology and phylogenetic position of the Mexican black-tailed pitviper. The University of Texas at Arlington, Arlington.
- Hahn DE. 1973. Comments on Tentacle Structure and Function in *Erpeton tentaculatum* (Serpentes: Colubridae). *Journal of Herpetology* **7**(3):304-306.
- Halldórsson JM. 2007. *Vísindavefurinn*. *Vísindavefurinn*, Chicago. Available from <https://www.visindavefur.is/svar.php?id=6518> (accessed April 2024).
- Hardy LM. 1976. *Ficimia streckeri*. *Cat. Amer. Amphib. Rep.* **18**:1-2.
- Harvey MB, Sidik I. 2013. Review of the Morphology of *Trimeresurus brogersmai* (Serpentes: Viperidae), A Rare Pitviper of Simeulue and the Mentawai Islands, Indonesia. *Treubia* **40**:1-8.
- Hegner D. 1999. Jedovatí hadi v přírodě a v teráriích. *Ratio, Úvaly*.
- Henderson RW, Binder MH, Sajdak RA. 1981. Ecological Relationships of the Tree Snakes *Uromacer catesbyi* and *U. oxyrhynchus* (Colubridae) on Isla Saona, República Dominicana. *Amphibia-Reptilia* **2**:153-163.
- Herrmann H-W, Ziegler T, Malhotra A, Thorpe RS, Parkinson ChL. 2004. Redescription and systematics of *Trimeresurus cornutus* (Serpentes: Viperidae) based on morphology and molecular data. *Herpetologica* **60**(2):211-221.
- Herrmann H-W, Ziegler T, Stusrt BL, Orlov NL. 2002. New findings on the distribution, morphology and natural history of *Triceratolepidophis sievesrorum* (Serpentes: Viperidae). *Herpetological Natural History* **9**(1):89-94.
- Hester JL. 2019. Atlas Obscura. Available from <https://www.atlasobscura.com/articles/snakes-with-horns> (accessed April 2019).
- Hoge AR, Lemos R de SA. 1974. Notes on *Trimeresurus brongersmai* Hoge 1969 (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). *Memórias do Instituto de Butantan* **38**:147-158.
- Hošek P. 2008. Proč takový nos, Nové vysvětlení bizardního tvaru hlavy. *Vesmír* **87**:422.
- Huang S, He S, Peng Z, Zhao K, Zhao E. 2007. Molecular phylogeography of endangered sharp-snouted pitviper (*Deinagkistrodon acutus*; Reptilia, Viperidae) in Mainland China. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **44**(3):942-952.
- Hughes B. 1968. An unusual rhinoceros, from Ghana, West Africa. *Zoologische Mededelingen* **43**(9):107-115.

- Hunziker R. 2001. The Guide to Owning Eyelash and Temple Vipers. TFH Publications, Neptune City, New Jersey.
- Inaturalist. 2024. Available <https://www.inaturalist.org>. (accessed April 2024).
- Jacobson ER, Whitford WG. 1971. Physiological responses to temperature in the patch-nosed snakes, *Salvadora hexalepis*. *Herpetologica* **27**(3):289-295.
- Jimison R. 2020. Herpetoculturenetwork. Herp Magazine. Available from <https://herpetoculturenetwork.com/madagascar-giant-hognose-snake-leioheterodon-madagascariensis-by-riley-jimison/> (accessed February 2020).
- Karsten KB, Andriamandimbarisoa LN, Fox SF, Raxworthy CJ. 2009. Sexual selection on body size and secondary sexual characters in 2 closely related, sympatric chameleons in Madagascar. *Behavioral Ecology* **20**:1079-1088.
- Karunaratna S, Poyarkov NA, Amarasinghe C, Surasinghe T, Bushuev AV, Madawala M, Gorin VA, De Silva A. 2020. A new species of the genus *Ceratophora* Gray, 1835 (Reptilia: Agamidae) from a lowland rainforest in Sri Lanka, with insights on rostral appendage evolution in Sri Lankan agamid lizards. *Amphibian and Reptile Conservation* **14**:103-026.
- Khan MS. 2014. The snakebite problem in Pakistan. *Bulletins Chicago Herpetological Society* **49**(12):165-167.
- Kocourek I. 2005. Nejedovatí hadi v přírodě a v teráriích. Ratio, Úvaly.
- Kořínek M. 1999. Zoologická zahrada. RUBICO s.r.o., Olomouc.
- Kularatne K, Budagoda S, Maduwage K, Naser K, Kumarasiri R, Kularatne S. 2011. Parallels between Russell's viper (*Daboia russelii*) and hump-nosed viper (*Hypnale* sp. spec.) bites in the central hills of Sri Lanka amidst the heavy burden of unidentified snake bites. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* **4**(7):564-567.
- Lamar WW, Sasa M. 2003. A new species of hognose pitviper, genus *Porthidium*, from the southwestern Pacific of Costa Rica (Serpentes: Viperidae). *Revista de Biología Tropical* **51**(3-4):797-804.
- Lin Z, Ji X, Luo L, Ma X. 2005. Incubation temperature affects hatching success, embryonic expenditure of energy and hatchling phenotypes of a prolonged egg-retaining snake, *Deinagkistrodon acutus* (Viperidae). *Journal of Thermal Biology* **30**(4):289-297.
- Mallik AK, Srikanthan AN, Pal SP, D'souza PM, Shanker K, Ganesh SR. 2020. Disentangling vines: a study of morphological cryptic and genetic divergence in vine snakes (Squamata: Colubridae: *Ahaetulla*) with the description of live new species from Peninsular India. *Zootaxa* **4874**:1-62.
- Martínez G del M, Mozaffari O, Gállego J. 2016. *Pseudocerastes urarachnoides*: the ambush specialist. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* **27**(1):36-42.
- Martínez G del M. 2020. Moroccoherps. Martínez del Marmol. Available from www.moroccoherps.com/en/bitis-article/ (accessed April 2020).

- Martínez GdelM. 2023. Moroccoherps. Martínez del Mármol. Available from www.moroccoherps.com/en/ficha/Vipera_monticola/ (accessed October 2023).
- Martínez-Freiría F, Bouazza A, Buldain J, Freitas I, Avella I, Scaramuzzi A, Sioumpoura K, Oliveira D, Fahd S. 2023. Fieldwork campaigns and citizen science data increase the distributional range of the elusive *Vipera monticola* in Morocco. *Basic and Applied Herpetology* **37**:95-105.
- Martínez-Freiría F, Freitas I, Velo-Antón G, Lucchini N, Fahd S, Larbes S, Pleguezuelos JM, Santos X, Brito JC. 2021. Integrative taxonomy reveals two species and intraspecific differentiation in the *Vipera latastei-monticola* complex. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* **59**(8):2278-2306.
- Mattison Ch. 1998. *Snakes Of The World*. Sterling Publishing Co Inc. 387 Park Avenue South, New York.
- McCleary RJR, McDiarmid RW. 1993. *Phyllorhynchus decurtatus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* **580**:1-7.
- Miguel AR, Borges-Mertins M, Kaiser H. 2023. There is a first for everything: feet-first feeding by a Snouted Night Adder, *Causus defilippii* (Jan, 1863), on a Shovel-footed Squeaker, *Arthroleptis stenodactylus* Pfeffer, 1893, the first live predator-prey interaction reported for these genera and species and the first for Mozambique. *Herpetology Notes* **16**:623-626.
- Moen DS. 2019. What determines the distinct morphology of species with a particular ecology? The roles of many-to-one mapping and trade-offs in the evolution of frog ecomorphology and performance. *The American Naturalist* **194**:E81-E95.
- Mohapatra PP, Dutta SK, Kar NB, Das A, Murthy BHCK, Deepak V. 2017. *Ahaetulla nasuta anomala* (Annandale, 1906) (Squamata: Colubridae), resurrected as a valid species with marked sexual dichromatism. *Zootaxa* **4263**(2):318-332.
- Murphy JC. 2007. *Homalopsid Snakes: Evolution in the Mud*. Krieger Publishing Company, Malabar.
- Nguyen LT, Kane D, Van Le M, Nguyen TT, Van Hoang H, McCormack TEM, Tapley B, Nguyen SN. 2020. The southernmost distribution of the Rhinoceros Snake, *Gonyosoma boulengeri* (Mocquard, 1897) (Reptile, Squamata, Colubridae), in Vietnam. *Check List* **16**(2):337-342.
- Pous P, Simó-Riudalbas M, Els J, Jayasinghe S, Amat F, Carranza S. 2016. Phylogeny and biogeography of Arabian populations of the Persian Horned Viper *Pseudocerastes persicus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Zoology in the Middle East* **62**(3):231-238.
- Read N. 2020. Herpetoculturenetwork. *Herp Magazine*. Available from <https://herpetoculturenetwork.com/the-wide-world-of-atheris-vipers-with-nipper-read/> (accessed June 2020).
- Read N. 2020. Langaha – Nipper Read goes in-depth on these uncommonly kept Malagasy gems!. *Herpetoculture Magazine* **9**:3-6.

- Reiserer RS, Schuett GW. 2016. The origin and evolution of the rattlesnake rattle: misdirection, clarification, theory, and progress. Pages 245-274 in Schuett GW, Feldner MJ, Smith ChF, Reiserer RS, editors. Rattlesnake of Arizona (volume 2). ECO Publishing, Rodeo, New Mexico.
- Rhadi FA, Rastegar-Pouyani N, Mohammed RG, Karamiani R. 2015. On the occurrence and range extension of the nominotypic form of the Arabian horned viper, *Cerastes g. gasparettii*, Leviton and Anderson 1967, (Ophidia: Viperidae), in central and southern Iraq. *Amphibian and Reptile Conservation* **9**(2):1-5.
- Roodt AR de, Dolab JA, Hajos SE, Gould E, Dinápoli H, Troiano JC, Gould J, Dokmetjian JCh, Carfagnini JC, Fernández T, Amoroso M, Segre L, Vidal JC. 2000. Some toxic and enzymatic activities of *Bothrops ammodytoides* (yarará ñata) venom. *Toxicon* **38**(1):49-61.
- Rosa GM, Mercurio V, Crottini A, Andreone F. 2010. Predation of the snake *Leioheterodon modestus* (Günther, 1863) upon the rainbow frog *Scaphiophryne gottlebei* Busse & Böhme, 1992 at Isalo, southern Madagascar. *Herpetology Notes* **3**:259-261.
- Sansalone G, Castlione S, Raia P, Archer M, Dickson B, Hand S, Piras P, Profico A, Wroe S. 2020. Decoupling functional and morphological convergence, the study case of Fossorial Mammalia. *Frontiers in Earth Science* **8**:112.
- Savitzky AH. 1983. Coadapted Character Complexes Among Snakes: Fossoriality, Piscivory, and Durophagy. *American Zoologist* **23**(2):397-409.
- Secor SM, Nagy KA. 1994. Bioenergetic correlates of foraging mode for the snakes *Crotalus cerastes* and *Masticophis flagellum*. *Ecology* **75**:1600-1614.
- Shine R, Branch WR, Harlow PS, Webb JK. 1998. Reproductive Biology and Food Habits of Horned Adders, *Bitis caudais* (Viperidae), from Southern Africa. *Copeia* **2**:391-401.
- Sinnett K. 2011. Animal Diversity Web. Available from https://animaldiversity.org/accounts/Bothriechis_schlegelii/ (accessed April 2024).
- Smith TL, Povel GDE, Kardong KV. 2002. Predatory strike of the tentacled snake (*Erpeton tentaculatum*). *Journal of Zoology* **256**(2):233-242.
- Sorrell GG. 2009. Diel Movement and Predation Activity Patterns of the Eyelash Palm-Pitviper (*Bothriechis schlegelii*). *Copeia* **2009**(1):105-109.
- Spain MS, Fuller G, Allard SM. 2020. Effects of Habitat Modifications on Behavioral Indicators of Welfare for Madagascar Giant Hognose Snakes (*Leioheterodon madagascariensis*). *Animal Behavior and Cognition* **7**(1):70-81.
- Stebbins R. 2003. *A Peterson Field Guide to Western Reptiles and Amphibians* (Peterson Field Guides). Houghton Mifflin Harcourt, Boston.
- Stone R. 2020. Observations on the Captive Care & Maintenance of Rhino Rat Snakes. *Herpetoculture Magazine* **10**:11-19.

- Stuart-Fox D. 2013. Chameleon Behavior and Color Change. Pages 115-130 in: Tolley KA, Herrel A, editors. *The Biology of Chameleons*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Sweeney Ch. 1959. Notes on *Rhamphiophis oxyrhynchus rostratus* (Peters) in Nyasaland. *Journal of the Herpetological Association of Rhodesia* **8**(1):2-5.
- Tingle JL, Sherman BM, Garland TJr. 2022. Scaling and relations of morphology with locomotor kinematic in the sidewinder rattlesnake *Crotalus cerastes*. *Journal of Experimental Biology* **225**(7): DOI:10.1242/jeb.243817.
- Tingle JL. 2012. Field Observations on the Behavioral Ecology of the Madagascan Leaf-nosed Snake, *Langaha madagascariensis*. *Herpetological Conservation and Biology* **7**(3):442-448.
- Trape JF. 2023. *Telescopus variegatus* à *Xenocalamus mechowii*. Pages 704-727 in Trapea JF, editors. *Guide des serpents d'Afrique occidentale, centrale et d'Afrique du Nord*. IRD Éditions, Marseille.
- Uetz, P, Freed P, Aguilar R, Reyes R, Kudera J, Hošek J. 2024. *The Reptile Database*. Available from <http://www.reptile-database.org> (accessed March 2024).
- Valetti JA, Salas NE, Martino AL. 2012. Bioacústica del canto de advertencia de *Ceratophrys crawelli* (Anura: Ceratophryidae). *Revista de Biología Tropical* **61**(1):273-280.
- Villela OF, Mendoza F, Hernandez E, Mancilla M, Godinez E, Mayer IG. 1992. *Ophryacus undulatus* in the Mexican state of Hidalgo. *Texas Journal of Science* **44**(2):249-250.
- Wagner P, Wilms TM. 2010. A crowned devil: new species of *Cerastes Laurenti*, 1768 (Ophidia, Viperidae) from Tunisia, with two nomenclatural comments. *Bonn Zoological Bulletin* **57**(2):297-306.
- Walley HD, Eckerman CM. 1999. Reptilia: Squamata: Colubridae *Heterodon nasicus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* **698**:1-10.
- Warner JK. 2009. Conservation biology of the Gaboon adder (*Bitis gabonica*) in South Africa. Thesis, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of the Witwatersrand.
- Webber MM, Ježková T, Rodríguez-Robles JA. 2016. Feeding Ecology of Sidewinder Rattlesnakes, *Crotalus Cerastes* (Viperidae). *Herpetologica* **72**(4):324-330.
- Weidensaul S. 1996. *Snakes of the World*. Grange Book Ltd, Rochester.
- Weinstein SA, Warrell DA, Keyler DE, White J. 2011. "Venomous" Bites from Non-Venomous Snakes – A Critical Analysis of Risk and Management of "Colubrid" Snake Bites. Elsevier, London.
- Winokur RM. 1977. The Integumentary Tentacles of the Snake *Erpeton tentaculatum*: Structure, Funktion, Evolution. *Herpetologica* **33**(2):247-253.
- Zeltzman M, Rumbak M, Barie M, Zwi S. 1984. Neurotoxicity due to the bite of the shield-nose snake (*Aspidelaps scutatus*). *Sa Medical Journal* **66**:111-112.

- Ziegler T, Herrmann H-W, David P, Orlov NL, Pauwels OSG. 2000. *Triceratolepidophis sieversorum*, a new genus and species of Pitviper (Reptilia: Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from Vietnam. *Russian Journal of Herpetology* **7**(3):199-214.
- Zwahlen V, Nanni-Geser S, Kaiser L, Golay J, Dubey S, Ursenbacher S. 2020. Only males care about their environment: sex-biased dispersal in the asp viper (*Vipera aspis*). *Biological Journal of the Linnean Society* **132**:104-115.