

# Neurorespiratorne bolesti zmija

## *Neurorespiratory Diseases in Snakes*

Vidulin, L<sup>1</sup>., M. Lukač<sup>2</sup>



### Sažetak

Zbog multifaktorske etiologije, širokog spektra kliničkih znakova i visoke smrtnosti, neurorespiratorne bolesti zmija znatan su izazov u veterinarskoj medicini egzotičnih životinja. Etiološki spektar uključuje bakterijske, virusne, gljivične i parazitske uzročnike. Bakterijske infekcije, osobito one uzrokovane bakterijama iz porodice *Chlamydiaceae* i roda *Mycoplasma*, dovode do upala pluća, stomatitisa i encefalitisa. Virusne infekcije, među kojima se ističu nidovirusi, ferlavirusi, reptarenavirusi i sunshinevirus, odgovorne su za teške respiratorne i neurološke poremećaje, s naglašenom visokom stopom smrtnosti i nedostatkom specifične terapije. Parazitske invazije, poput onih uzrokovanih rodovima iz skupine pentastomida, rodovima *Rhabdias* i *Strongyloides* te gljivične infekcije uzrokovane rodovima *Aspergillus* ili *Candida*, dodatno kompliciraju kliničku sliku. Dijagnostički pristup zahtijeva detaljnu anamnezu, klinički pregled, mikrobiološke, molekularne metode kao što su lančana reakcija polimerazom (engl. *polymerase chain reaction*, PCR) i sekvenciranje nove generacije (engl. *next-generation sequencing*, NGS), histopatološke analize i slikovnu dijagnostiku koja uključuje rendgen (engl. *X-ray*, RTG), kompjutoriziranu tomografiju (engl. *computed tomography*, CT), magnetsku rezonanciju (engl. *magnetic resonance imaging*, MR). Lančana reakcija polimerazom zlatni je standard u identifikaciji virusnih i određenih bakterijskih uzročnika, dok je slikovna dijagnostika važna za praćenje terapijskog odgovora. Dokaz gljivičnih hifa i spora ili izolacija gljivica iz različitih tkiva, kao i biopsija granuloma važne su za identifikaciju gljivica. S obzirom na ograničene mogućnosti liječenja, posebice virusnih bolesti, ključnu ulogu imaju preventivne mjere, kao što su provođenje biosigurnosnih postupaka, obveznu karantenu novopridošlih jedinki, redovite veterinarske preglede, održavanje higijenskih uvjeta te edukaciju vlasnika. Primjena sustavnih preventivnih mjera znatno smanjuje pojavnost i širenje neurorespiratornih bolesti u populacijama zmija u zatočeništvu.

**Ključne riječi:** zmije, neurorespiratorne bolesti, bakterijske infekcije, virusne infekcije, dijagnostika, prevencija

### Uvod

Zmije (*Serpentes*) pripadaju razredu gmazova (*Reptilia*), podrazredu Lepidosauria, redu ljuskaša (*Squamata*). Danas je poznato više od 4000 vrsta zmija (UETZ i sur., 2025.) koje su raspoređene u tri glavne skupine: Scolecophidia, Alethinophidia i Caenophidia (PYRON i sur., 2011.). Obilježava ih nedostatak udova, očnih kapaka, vanjskog i srednjeg uha te izduženo tijelo posve pokriveno ljuskama, a poznato je da su se od guštera odvojile u doba krede. Rasprostranjene su diljem svijeta, izostajući samo u polarnim i visokoplaninskim područjima gdje permafrost onemogućuje njihovu hibernaciju. Većina obitava u ekvatorijalnim tropskim kišnim šumama, gdje imaju obilje hrane i gdje prevladava visoka

vлага i temperatura (EVANS, 1986.). Najčešće držane zmije u zatočeništvu čine one iz porodica guževa i udavki, poput kraljevskih pitona (*Python regius*), štakorašica (*Pantherophis obsoleta*), kraljevskih zmija (*Lampropeltis getula*), meksičke mliječne zmije (*Lampropeltis triangulum annulata*) i mnogih drugih (MOHAN-GIBBSON i RAITI, 2010.). Gmazovi trenutačno pripadaju među najpopularnije egzotične kućne ljubimce na svijetu, čineći više od trećine svih opisanih vrsta na tržištu (VALDEZ, 2021.). Očekuje se da će njihova popularnost nastaviti rasti u sljedećem desetljeću, a globalni podaci pokazuju da prvo mjesto po popularnosti među zmijama zauzimaju kraljevski pitoni (*Python regius*) (VALDEZ, 2021.). Zmije držane u zatočeništvu mogu oboljeti od raznih bolesti zarazne i nezarazne etiologije, među kojima su

<sup>1</sup>Lana Vidulin, dr. med. vet., Veterinarska ambulanta Pula d.o.o., e-mail: lana.vidulin99@gmail.com\*

<sup>2</sup>Maja Lukač, doc. dr. sc., Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

vrlo česte bolesti koje uključuju simptome dišnog i živčanog sustava. Bolesti su najčešće multifaktorske etiologije, a uključuju neadekvatne uvjete držanja, nepoštovanje osnova karantene te razne koinfekcije virusima i ostalim mikroorganizmima. U ovom radu pojam neurorespiratorne bolesti odnosi se na infekcije koje se primarno očituju respiratornim simptomima ili neurološkim simptomima, kao i infekcije koje zahvaćaju oba sustava. Cilj ovoga preglednog rada

jest prikazati najvažnije neurorespiratorne bolesti zmija, s naglaskom na njihovu etiologiju, kliničku sliku, dijagnostičke metode, mogućnosti liječenja i preventivne mjere (tablica 1). Posebna pažnja posvećena je bakterijskim, virusnim, parazitskim i gljivičnim uzročnicima koji dovode do oštećenja dišnog i živčanog sustava. Nadalje, cilj je istaknuti važnost pravodobne dijagnostike i biosigurnosnih mjera u smanjenju pojavnosti i širenja bolesti među zmijama u zatočeništvu.

**Tablica 1.** Neurorespiratorne bolesti zmija – uzročnici, klinička slika, dijagnostika i terapija.

BOLEST	Uzročnik	Klinička slika	Dijagnostika	Terapija / Postupak
<b>KLAMIDIOZA</b>	<i>Chlamydia serpentis</i> , <i>C. poikilothermis</i>	Respiratorni simptomi, stomatitis, letargija, neurološki znakovi	Lančana reakcija polimerazom (PCR) iz ispiraka dušnika/nosnica, histopatologija, imunohistokemija (IHC)	Tetraciklini, makrolidi, fluorokinoloni; kirurško uklanjanje granuloma
<b>MIKOPLAZMOZA</b>	<i>Mycoplasma</i> spp.	Disanje otvorenim ustima, letargija, gubitak tjelesne mase	Lančana reakcija polimerazom (PCR) (nosnice, dušnik), histopatologija	Dugotrajna terapija tetraciklinima (45–60 dana)
<b>NIDOVIRUSNA INFEKCIJA</b>	<i>Serpentovirinae</i> (nidovirusi)	Iscjedak iz nosnica, disanje otvorenim ustima, piskanje, letargija	Reverzna transkripcijska lančana reakcija polimerazom (RT-PCR), Kvantitativna lančana reakcija polimerazom (qPCR), sekvenciranje nove generacije (NGS), imunohistokemija (IHC)	Nema specifične terapije; potporna njega i izolacija
<b>INKLUZIJSKA BOLEST</b>	<i>Reptarenavirus</i>	Neurološki znakovi (tremor, disbalans, naginjanje glave), regurgitacija	Lančana reakcija polimerazom, histopatologija (inkluzije), imunohistokemija (IHC)	Nema liječenja; preporučuje se eutanazija i provođenje biosigurnosnih mjera
<b>PENTASTOMIDOZA</b>	<i>Raillietiella</i> spp.	Respiratorni distres, iscjedak, gubitak kondicije	Ispirci dušnika, flotacija izmeta, endoskopija	Endoskopsko uklanjanje parazita; dietilkarbamazin, prazikvantel, ivermektin
<b>RHABDIAZA</b>	<i>Rhabdias</i> spp.	Disanje otvorenim ustima, mukozni iscjedak, letargija	Sedimentacija, flotacija izmeta	Antiparaziti (fenbendazol, levamisol, ivermektin); temeljito čišćenje terarija
<b>GLJIVIČNE INFEKCIJE</b>	<i>Aspergillus</i> spp., <i>Candida</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.	Otežano disanje, plućni granulomi, letargija	Rendgen (RTG), histopatologija, biopsija	Sistemska i lokalna antimikotika (itronazol, flukonazol)

## Anatomija dišnog sustava zmija

Dišni sustav zmija anatomske i fiziološke znatno se razlikuje od ostalih redova gmazova. Gornji dio dišnog sustava sastoji se od nosnica, nosnog predvorja, nosne šupljine, nosnih školjki, nosno-ždrijelnog duktusa, vomeronazalnog organa te hoana. U procesu izduživanja tijela naprednije vrste zmija evoluirale su tako da imaju samo jedno funkcionalno plućno krilo, dok primitivnije vrste iz porodice boida posjeduju dva plućna krila, iako je desno krilo nešto duže (O'MALLEY, 2018.). Desno je plućno krilo glavno funkcionalno plućno krilo u većine zmija (FUNK i BOGAN, 2019.), dok je lijevo zakržljalo ili potpuno nedostaje te obično prelazi u ner-

espiratornu zračnu vrećicu na svom kaudalnom kraju (SCHEELINGS, 2019.). Zbog nedostatka ošita, izostanka kašlja i primitivnog mukocilijarnog transportnog sustava, gmazovi su iznimno skloni dišnim infekcijama (O'MALLEY, 2018.).

## Anatomija živčanog sustava zmija

Živčani sustav gmazova relativno je jednostavan u usporedbi s onim sisavaca te se može podijeliti na središnji živčani sustav, koji se sastoji od linearno organiziranog mozga, kralježnične moždine i perifernog živčanog sustava koji uključuje sve osjetilne i motoričke neurone izvan središnjeg živčanog sustava (SŽS-a) (SCHEELINGS, 2019.). U prednjem dije-

lu nalazi se telencefalom koji uključuje veliki mozak (lat. *cerebrum*) i dišne puteve s olfaktornim bulbusom. U stražnjem dijelu nalaze se upareni reznjevi mezencefalona, tektum, zatim neparni mali mozak (lat. *cerebellum*), (WYNEKEN, 2007.).

### Bakterijske bolesti zmija

Zmije mogu biti domaćini različitih vrsta bakterija koje koloniziraju njihov organizam putem okoliša, hrane i vode ili izravnim kontaktom s drugom životinjom. Oportunističke bakterije prisutne u probavnom i dišnom sustavu mogu se prekomjerno umnožiti ako je životinja pod stresom i uzrokovati infekcije opasne za život (XIA i sur., 2022.). Bakterijske infekcije živčanog sustava zmija mogu biti primarni (infekcija samog živčanog sustava) ili sekundarni uzrok (infekcija okolnih struktura koje uzrokuju kompresiju samih živaca) neuroloških simptoma (GIRLING, 2019.; DIVERS, 2024.).

### Bakterije iz porodice *Chlamydiaceae*

Klamidioza je opisana u slobodnoživućih gmazova i onih u zatočeništvu, uključujući porodice udavki i ljutica (HUCHZERMEYER i sur., 2008.). Bakterije iz porodice *Chlamydiaceae* jesu obvezne unutarstanične bakterije koje dijele jedinstveni, ali iznimno očuvan bifazični razvojni ciklus (TAYLOR-BROWN i sur., 2015.). Klamidije gmazova su se relativno nedavno počele istraživati, a do sada su iz gmazova sa simptomima ili onih asimptomatskih izolirane vrste *Chlamydia serpentis*, *Chlamydia poikilothermis*, i novopredložene *Chlamydia sanzinia* i *Chlamydia corallus* (TAYLOR-BROWN i sur., 2016.; TAYLOR-BROWN i sur., 2017.; STAUB i sur., 2018.). Osim dišnih simptoma, neke vrste klamidija mogu uzrokovati i simptome poput stomatitisa, simptoma od strane živčanog sustava i uginuća (LAROUCAU i sur., 2020.). Infekcija klamidijama u zmija može se dokazati lančanom reakcijom polimerazom (PCR) iz ispiraka nosnica ili dušnika, imunohistokemijskom pretragom (engl. *immunohistochemistry*, IHC), za dokaz antigena u upalnoj sistemskoj reakciji te histološkom pretragom unutarnjih organa poput slezene, pluća, srca i jetara, s obzirom na to da se bolest obično očituje granulomatoznom upalom unutarnjih organa (MARSCHANG i sur., 2021.b). Liječenje klamidioze u zmija provodi se sistemskom antibiotskom terapijom lijekovima kao što su

tetraciklini, makrolidi (eritromicin i azitromicin) te fluorokinoloni (marbofloksacin) (EDLING, 2024.). Najučestalije lezije u gmazova jesu granulomi, koji su često diseminirani u mnogim tkivima, stoga je uz sistemsku terapiju indicirano i njihovo kirurško uklanjanje (WELLEHAN i DIVERS, 2019.).

### Bakterije iz roda *Mycoplasma*

Mikoplazmozu gmazova uzrokuju gram negativne, nepokretne bakterije sferičnog do filamentoznog oblika, bez stanične stijenke (O'ROURKE i LERTPIRIYAPONG, 2015.). U gmazova mikoplazme se smatraju oportunističkim patogenim bakterijama, a mikoplazmoza se često pojavljuje kao mješovita infekcija s nidovirusima u pitona, stoga je potrebno dodatno istražiti interakciju ovih dvaju uzročnika i njihovu ulogu u razvoju simptoma bolesti (WELLEHAN i DIVERS, 2019.). Prema dosadašnjim istraživanjima, ove bakterije mogu biti dio fiziološke mikrobiote dišnog sustava zmija (BROWN i sur., 2007.), dok u nekim slučajevima bolest može biti praćena nespecifičnim simptomima, poput anoreksije, letargije i gubitka tjelesne mase (ULLMANN i sur., 2016.).

Primarne patohistološke promjene povezane s infekcijom mikoplazmama uključuju proliferativni limfocitni traheitis i upalu pluća, s hiperplazijom dišnog epitela (KISCHINOVSKY i sur., 2019.). Infekcije mikoplazmama mogu se dokazati klasičnom (PCR) ili kvantitativnom reakcijom polimerazom u stvarnom vremenu (engl. *real-time polymerase chain reaction*, qPCR), a kao najvjerojatniji uzorci pokazali su se ispirci nosnica i dušnika (MARSCHANG i sur., 2021.b). U liječenju mikoplazmoze uputno je primijeniti tetracikline. Preporučena terapija trebala bi trajati 45 – 60 dana (WELLEHAN i DIVERS, 2019.).

### Virusne bolesti zmija

Unatoč brojnim istraživanjima u virologiji gmazova, koja su opisala odnos patogena i domaćina te ulogu virusa u razvoju bolesti, svi čimbenici uključeni u nastanak bolesti i dalje ostaju nedovoljno razjašnjeni (MARSCHANG, 2019.b).

### Nidovirusna infekcija zmija

Nidovirusi povezani s infekcijama u gmazova svrstani su u podred Tornidovirineae i porodicu Tobaniviridae, dok su oni otkriveni u zmija, kornjača

i guštera grupirani u potporodicu Serpentovirinae, poznati i kao serpentovirusi (PARRISH i sur., 2021.). To su veliki, ovojnicom obavijeni, jednolančani RNA virusi (OSSIBOFF, 2018.). U različitim vrsta zmija u zatočeništvu dokazano je da mogu uzrokovati teške i često životno ugrožavajuće dišne bolesti (PARRISH i sur., 2021.). Do sada su izolirani iz različitih vrsta pitona s dišnim infekcijama, a opisana su i uginuća kraljevskih (*Python regius*), indijskih pitona (*Python molurus*) i zelenih pitona (*Morelia viridis*) uzrokovana traheitisom, ezofagitisom te intersticijskom proliferativnom i mucinoznom upalom pluća (BODEWES i sur., 2014.; UCCELLINI i sur., 2014.; DERVAS i sur., 2017.). Najčešći simptomi bolesti uključuju upalu gornjih dišnih puteva u ranoj fazi bolesti, dok u uznapredovalim slučajevima mogu biti zahvaćeni i donji dišni putevi, što se najčešće očituje intersticijskom upalom pluća (MARSCHANG i sur., 2021.a). Virus se može dokazati iz orofarinksa, hoana, kloake i izmeta metodama reverzne transkripcijske lančane reakcije polimerazom (engl. *reverse transcription polymerase chain reaction*, RT-PCR), kvantitativnom lančanom reakcijom polimerazom (qPCR) i sekven-

ciranjem nove generacije (NGS), a ostale metode dokaza uzročnika uključuju izdvajanje virusa na staničnim kulturama, imunohistokemijske metode (IHC) i hibridizaciju *in situ* (engl. *in situ hybridization*, ISH) (HOON-HANKS i sur., 2018., PARRISH i sur., 2021.). HOON-HANKS i suradnici (2019.) opisali su karantenske mjere kako bi se smanjio prijenos virusa između jedinki.

### Inkluzijska bolest zmija

Inkluzijska bolest jest zarazna, progresivna i smtonosna bolest (STENGLEIN i sur., 2012.), opisana u zmija držanih u zatočeništvu još 1970-ih godina, a 2012. godine reptarenavirus je identificiran kao mogući uzročnik ove bolesti (ALFARO-ALARCÓN i sur., 2022.). Kod virusa ovih rodova mogu se pojaviti mutacije i rekombinacije, što pridonosi njihovoj genetskoj raznolikosti i stvaranju novih vrsta arenavirusa (ABOUELKHAIR i sur., 2023.). Naziv inkluzijska bolest zmija proizlazi iz prisutnosti velikih citoplazmatskih inkluzija u različitim vrstama stanica u životinja zaraženih ovim virusom. Najčešće obolijevaju udavke koje mogu biti asimptomatski nositelji



**Slika 1.**  
Starazing u šarene boe (*Boa constrictor*) (izvor: Lukač, M.).



**Slika 2.**  
Nepravilno presvlačenje u šarene boe (*Boa constrictor*) zaražene reptarenavirusom (izvor: Lukač, M.).

ili mogu razviti tešku neurološku bolest koja može rezultirati uginućem (AQRAWI i sur., 2015.). Sumnja se da inkluzijska bolest uzrokuje imunosupresiju (DERVAS i sur., 2025.) s obzirom na to da oboljele zmijske često razvijaju simptome bolesti i ugibaju od bakterijskih, gljivičnih i protozoalnih infekcija te od neoplastičnih stanja poput limfoma, koji se može pojaviti istodobno s koinfekcijom reptarenavirusom (SCHILLIGER i sur., 2011.). STENGLEIN i suradnici (2017.) eksperimentalno su uzrokovali inkluzijsku bolest inokulacijom izolata reptarenavirusa u jedinki pitona i boa venepunkcijom srca. Nakon inokulacije došlo je do stvaranja inkluzijskih tjelešaca u različitim tkivima šarene boe (*Boa constrictor*), dok su zaraženi kraljevski pitoni (*Python regius*) pokazivali pretežno znakove bolesti središnjeg živčanog sustava, poput gubitka refleksa ispravljanja, naginjanja glave, disbalansa, tremora glave i gubitka koordinacije. HETZEL i suradnici (2013.) opisuju simptome poput anizokorije, opistotonusa (tzv. *stargazing*) (slika 1) te anoreksije. U udavki jedan od prvih simptoma koji se može uočiti jest regurgitacija (STENGLEIN i sur., 2017.). STENGLEIN i suradnici (2012.) opisuju i simptome nadutosti, paralize, nepravilna presvlačenja (slika 2) i polijeganja neoplođenih jaja u zaraženih šarenih boa (*Boa constrictor*) i prstenastih udava (*Corallus annulatus*). Reptarenavirusi su izrazito infektivni. Iako točan način prijenosa trenutno nije poznat, čini se da se brzo šire među jedinkama, a dokazan je i prijenos virusa grinjama vrste *Ophiomyces natricis* (HETZEL i sur., 2013.). Budući da ne postoji učinkovita terapija niti cjepivo protiv inkluzijske bolesti, a infekcija može uzrokovati visok pobol i pomor, trenutačna je preporuka eutanazija zaraženih životinja kako bi se spriječilo daljnje širenje zaraze. Bolest je moguće kontrolirati održavanjem higijene, držanjem životinja u optimalnim mikroklimatskim uvjetima, kontrolom ektoparazita i karantenom prilikom nabave novih životinja (O'ROURKE i LERTPIRIYAPONG, 2015.).

### Parazitske bolesti zmijske

Velik broj parazita provodi dio svoga životnog ciklusa u plućima gmazova (COMOLLI i DIVERS, 2021.). Osim u slučajevima kada je prisutna izrazita invazija, većina parazitskih invazija zmijske izaziva lokalizirane upalne procese koji se mogu sekundarno inficirati bakterijama i uzrokovati upalu pluća (MURRAY, 2006.). Pentastomidi su dugoživući endoparaziti

koji invadiraju dišni sustav kralježnjaka i pripadaju među najstarije poznate parazite. Razvojni ciklus pentastomida uključuje barem jednog prijelaznog domaćina različitih vrsta, poput sisavaca, gmazova, kukaca, riba i vodozemaca (KELEHEAR i sur., 2014.). Zmije su krajnji domaćini za mnoge pentastomide, ali mogu poslužiti i kao intermedijarni domaćini (PÁRE, 2008.). Pentastomidi imaju različit utjecaj na zdravstveno stanje zmijske, uključujući oštećenje tkiva uzrokovano migrirajućim nimfama ili larvama, oštećenje plućnog tkiva uzrokovano hranjenjem odraslih jedinki te sekundarnu upalu pluća i sepsu, povezane s oštećenjima tkiva (FARELL i sur., 2023.). Paraziti prolaze opsežne visceralne migracije prije nego što se smjeste u pluća (KNOTEK i DIVERS, 2019.). Ispirici traheje najadekvatniji su uzorci za dokaz pentastomida, a jajašca parazita mogu se dokazati u izmetu metodom flotacije (PÁRE, 2008.; MARSCHANG i sur., 2021.b). Liječenje se u većih zmijske provodi endoskopskim uklanjanjem parazita iz plućnoga krila (MADER 2000.; PÁRE 2008.; LOCK i WELLEHAN 2015.), a od antiparazitika najčešće se primjenjuju dietilkarbamazin, prazikvantel, levamisol, tiabendazol i ivermektin (LOCK i WELLEHAN, 2015.).

### Rhabditoidea

Natporodica Rhabditoidea klinički je važna za zmijske jer oni dovršavaju svoj životni ciklus unutar nastambe u kojoj životinja boravi. Ličinke ovih parazita izlučuju se u okolinu i razvijaju u slobodnoživuće odrasle jedinke. One polažu jajašca iz kojih se izvale ličinke koje ulaze u domaćina oralnim putem. Unutar domaćina, ličinke migriraju do pluća, gdje se razvijaju u hermafroditne ženke koje proizvode sljedeću generaciju jajašca (ŠLAPETA i sur., 2018.). Kliničko očitovanje bolesti može uključivati kliničke znakove respiratornog sustava, poput disanja otvorenim ustima, prošireni glotis, mukozni eksudat u nosnim putevima i oko glotisa kada odrasle jedinke roda *Rhabdias* nastanjuju pluća. Proliferativna upala pluća također se povezuje s invazijom ovih nematoda, kao i nastanak teške verminozne i sekundarne bakterijske upale pluća (HEATHER i sur., 2021.).

Liječenje uključuje temeljito i redovito čišćenje terarija, posebice uklanjanje izmeta, te se preporučuje upotreba supstrata koji se lako čisti i uklanja, poput papira, kako bi se spriječilo sazrijevanje larvi. Zmije s parazitskom upalom pluća potrebno je in-

dividualno liječiti pripravcima levamisola, ivermektina ili fenbendazola, te smjestiti u čiste nastambe i redovito uklanjati izmet (ŠLAPETA i sur., 2018.).

### Gljivične bolesti zmijsa

Gljivične upale pluća rijetke su u zmijsa, a mogu nastati zbog neadekvatnih uvjeta držanja, imunosupresije (hipotermija, istovremena infekcija s drugim uzročnikom) ili dugotrajne primjene antibiotika širokog spektra (COMOLLI i DIVERS, 2021.). Nekoliko je vrsta gljivica povezano s razvojem upale pluća u gmazova, uključujući *Aspergillus* spp., *Candida* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp., *Geotrichum* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp., *Chrysosporium* spp., *Paecilomyces* spp. i *Beauveria* spp. (COMOLLI i DIVERS, 2021.). Najčešće makroskopske promjene uzrokovane gljivičnim infekcijama uključuju plućne granulome, konsolidaciju pluća i povremeno širenje infekcije na susjedne organe. Teško je dijagnosticirati bolest bez biopsije granuloma (KNOTEK i DIVERS, 2019.). Dokaz gljivičnih hifa i spora ili izolacija gljivice iz ispirka dušnika, može upućivati na gljivičnu upalu pluća, a budući da većina plućnih gljivičnih infekcija dovodi do formiranja fokalnih ili difuznih granuloma, nalaz plućnih čvorića rendgenom može biti znak gljivične infekcije. U akutnim slučajevima i onima gdje inkapsulacija nije prisutna, protugljivična terapija može biti učinkovita, pri čemu se preporučuje kombinacija lokalnih i sistemskih antimikotika (KNOTEK i DIVERS, 2019.). Triazoli poput itrakonazola, ketokonazola, enilkonazola i flukonazola upotrebljavaju se za liječenje teških sistemskih respiratornih gljivičnih infekcija u gmazova, poput aspergiloze, kokcidiodomikoze, blastomikoze i kriptokokoze (KNOTEK, 2019.).

### Dijagnostika neurorespiratornih bolesti zmijsa

Dijagnostika bolesti gmazova kompleksnija je od dijagnostike bolesti sisavaca zbog brojnih anatomskih i fizioloških karakteristika, poput oklopa, debele kože te brojnih drugih. Dijagnostika neurorespiratornih bolesti uključuje detaljnu anamnezu, klinički pregled te dodatne laboratorijske pretrage. Pregled se preporučuje započeti uzimanjem detaljne anamneze. Prilikom kliničkog pregleda obraća se pažnja na disanje te pregledava okolina nosnica i usne šupljine. U nosnicama ili hoanama

može biti prisutna tekućina ili gnojni iscjedak, usna šupljina može biti blijeda ili hiperemična, a često dolazi do povećane proizvodnje sluzi i slina. Tijekom pregleda moguće je primijetiti i ubranu respiratornu frekvenciju ili respiratorni distres (piskanje i stridor) (STAHL, 2010.). Cilj neurološkog pregleda jest lokalizacija lezija u mozgu ili jedne od četiri glavne regije kralježnične moždine. Precizna lokalizacija patologije omogućuje kliničaru da odabere odgovarajuće dijagnostičke testove za potvrdu dijagnoze bolesti (HUNT, 2015.), što se radi na temelju procjene stanja svijesti, posturalnih reakcija, spinalnih i kutanih refleksa, funkcije kranijalnih živaca te odgovora na bol (MARIANI, 2007.). Slikovna i laboratorijska dijagnostika rade se u svrhu postavljanja dijagnoze i pravilne terapije (PEES, 2011.).

### Laboratorijska dijagnostika

Za etiološku dijagnostiku preporučuje se uzimanje obrisaka usne šupljine i kloake te ispirci dušnika i nosnica jer pružaju informacije o glavnim mjestima izlučivanja patogena. Ispirci dušnika pokazali su se kao najpouzdaniji uzorci pri dijagnostici većine bakterijskih i virusnih infekcija dišnog sustava (STENGLEIN i sur., 2014.), no podložni su kontaminaciji. Većina virusnih upala pluća dijagnosticira se lančanom reakcijom polimerazom (PCR) i histopatološkom pretragom, a rjeđe elektronskom mikroskopijom, izolacijom virusa ili sekvenciranjem genoma (COMOLLI i DIVERS, 2021.). Elektronska mikroskopija i izolacija virusa pružaju izravne dokaze o prisutnosti virusa, ali su tehnički zahtjevne i rijetko dostupne u rutinskoj dijagnostici. Paraziti koji invadiraju dišni sustav mogu se dijagnosticirati pregledom usne šupljine, pretragom izmeta ili endoskopijom. Najčešće primjenjivana metoda jest mikroskopska pretraga nativnog preparata ili preparata dobivenog metodom flotacije ili sedimentacije ako je riječ o težim jajašcima (MITCHELL, 2009.). Iako su ove metode jednostavne i jeftine, njihova točnost ovisi o količini parazita u uzorku te znanju osobe koja provodi analizu, što može dovesti do pogrešne identifikacije.

### Slikovna dijagnostika

Rendgenska pretraga (RTG) dišnoga sustava uključuje dorzoventralne i lateralne projekcije kako bi se otkrile tekućinske razine i spriječila pogrešna interpretacija zbog pomicanja organa (COMOLLI i

DIVERS, 2021.). Kompjutorizirana tomografija (CT) pokazala se korisnom u dijagnostici i praćenju liječenja upale pluća zmijs (BANZOTO i sur., 2011.) te je uz magnetsku rezonanciju (MR) korisna za procjenu stanja pluća i lokalizaciju lezija (ZEHTABVAR i sur., 2014.).

### Preventiva neurorespiratornih bolesti zmijs

Preventivna medicina ključan je dio veterinarske medicine i brige o egzotičnim kućnim ljubimcima. Redoviti odlasci doktoru veterinarske medicine omogućuju vlasnicima kućnih ljubimaca da se savjetuju o pravilnom držanju životinja i pravodobno uoče potencijalne zdravstvene probleme u ranoj fazi (SUTHERLAND i sur., 2021.). Biosigurnosne mjere razlikuju se za svaku vrstu gmaza, a pisani biosigurnosni protokoli trebali bi biti dostupni osoblju koje skrbi za pojedinu kolekciju zmijs. Analiza rizika od bolesti uključuje procjenu trenutne prisutnosti, izloženosti i posljedica uvođenja uzročnika u kolekciju te bi se trebala provoditi za odabrane zarazne bolesti pojedinih vrsta koje se nabavljaju, kao i u onih koje se već nalaze u kolekciji. Nakon procjene rizika provodi se karantena (ZANTEN i SIMPSON, 2021.). Tijekom karantene potrebno je pratiti ponašanje i stanje životinje, apetit, učestalost defekacije i konzistenciju izmeta. Svako odstupanje od ovih osnovnih parametara može upućivati na bolest i zahtijevati daljnju dijagnostiku. Ako se tijekom karantene utvrde klinički znakovi bolesti, potrebno je produljiti njezino trajanje kako bi se provela dijagnostika i terapija te provjerila njez-

ina učinkovitost (RIVERA, 2019.). Za svaku jedinku treba osigurati zaseban pribor za čišćenje, hranjenje i liječenje (THE UNUSUAL PET VETS, 2020.). Idealno bi bilo da se tijekom trajanja karantene ne uvode nove životinje dok prethodna skupina ne završi svoj karantenski period (ZANTEN i SIMPSON, 2021.). Jednostavno rečeno, karantena omogućuje vlasniku i doktoru veterinarske medicine da se uvjere da je nova jedinka zdrava prije njezina uvođenja u postojeću kolekciju, a trajanje može varirati minimalno 1 – 2 mjeseca pa sve do 9 – 12 mjeseci (VARGA, 2019.). Redovito čišćenje i dezinfekcija sprječavaju nakupljanje potencijalnih uzročnika i smanjuju širenje bolesti. Većina dezinficijensa nije učinkovita u prisutnosti organske tvari, stoga je prije dezinfekcije ključno temeljito čišćenje blagim deterdžentom, nakon čega slijedi ispiranje vrućom vodom (HUNT, 2019.). Različiti se dezinficijensi upotrebljavaju za različite mikroorganizme gmazova, a najčešće su to kalij-peroksimonosulfat, natrij-diklorizocijanurat, aldehidni spojevi te kvartarni amonijevi spojevi. Moguće je provoditi i fizikalnu dezinfekciju plamenom ili isušivanjem. Edukacija osoblja i vlasnika o prepoznavanju ranih znakova bolesti ima ključnu ulogu u učinkovitoj prevenciji i kontroli zaraznih bolesti. Stjecanjem znanja o uobičajenom ponašanju životinja moguće je pravodobno uočiti odstupanja koja upućuju na zdravstvene probleme. Takva rana reakcija omogućuje brzu veterinarsku intervenciju, sprječava širenje bolesti te pridonosi očuvanju zdravlja i dobrobiti cijele kolekcije životinja.

### Zaključak

Neurorespiratorne bolesti zmijs znatan su izazov u veterinarskoj praksi, s obzirom na njihovu raznolikost etiologiju i kompleksna klinička očitovanja. Iako je većina virusnih infekcija gmazova neizlječiva, pravodobna dijagnostika, izolacija, edukacija vlasnika i kontrola bolesti mogu znatno smanjiti njihovu pojavnost i poboljšati dugoročne izgleda za zdravlje zmijs u zatočeništvu. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se bolje shvatili mehanizmi patogeneze i unaprijedile terapijske metode, a pravilna skrb i preventivne mjere mogu znatno smanjiti učestalost zaraznih bolesti u kolekcijama zmijs u zatočeništvu. Rano prepoznavanje kliničkih znakova, uz preciznu dijagnostiku, od presudne je važnosti za pravodoban početak liječenja i unapređenje ishoda bolesti u oboljelih jedinki, a provođenje analize rizika od bolesti za sve novopridošle životinje važno je za odabir uzročnika koji će se testirati prilikom karantene, što omogućuje donošenje odluke o njezinu trajanju i troškovima.

## Literatura

- ABOUELKHAIR, M. A., A. ROOZITALAB, O. K. EL-SAKHAWY (2023): Molecular characterization of a reptarenavirus detected in a Colombian Red-Tailed Boa (*Boa constrictor imperator*). *Virol. J.* 20, 265. DOI: 10.1186/s12985-023-02237-2
- ALFARO-ALARCÓN, A., U. HETZEL, T. SMURA, F. BAGGIO, J. A. MORALES, A. KIPAR, J. HEPOJKI (2022): Boid Inclusion Body Disease Is Also a Disease of Wild Boa Constrictors. *Microbiol. Spectr.* 10, e0170522 DOI: 10.1128/spectrum.01705-22
- AQRAWI, T., A. C. STÖHR, T. KNAUF-WITZENS, A. KRENGEL, K. O. HECKERS, R. E. MARSCHANG (2015): Identification of snake arenaviruses in live boas and pythons in a zoo in Germany. *Tierärztl. Prax.* 43, 239–247. DOI: 10.15654/TPK-140743
- BANZOTO, T., E. RUSSO, A. D. TOMA, G. PALMI-SANO, A. ZOTTI (2011): Evaluation of radiographic, computed tomographic, and cadaveric anatomy of the head of boa constrictors. *Am. J. Vet. Res.* 72, 1592-1599. DOI: 10.2460/ajvr.72.12.1592
- BODEWES, R., C. LEMPP, A. C. SCHURCH, A. HABBIERSKI, K. HAHN, M. LAMERS, K. Von DORNBERG, P. WOHLSEIN, J. F. DREXLER, B. L. HAAGMANS, S. L. SMITS, W. BAUMGÄRTNER, A. D. M. E. OSTERHAUS (2014): Novel divergent nidovirus in a python with pneumonia. *J. Gen. Virol.* 95, 2480-2485. DOI: 10.1099/vir.0.068700-0
- BROWN, D. R., L. D. WENDLAND, D. S. ROTSTEIN (2007): Mycoplasmosis in green iguanas (*Iguana iguana*). *J. Zoo Wildl. Med.* 38, 348–351. DOI: 10.1638/1042-7260(2007)038[0348:MIGIII]2.0.CO;2
- COMOLLI, J. R., S. J. DIVERS (2021): Respiratory Diseases of Snakes. *Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract.* 24, 321-340. DOI: 10.1016/j.cvex.2021.01.003
- DERVAS, E., J. HEPOJKI, A. LAIMBACHER, F. ROMERO-PALOMO, C. JELINEK, S. KELLER, T. SMURA, S. HEPOJKI, A. KIPAR, U. HETZEL (2017): Nidovirus-associated proliferative pneumonia in the green tree python (*Morelia viridis*). *J. Virol.* 91, e00718-17. DOI: 10.1128/JVI.00718-17
- DERVAS, E., E. MICHALOPOULOU, J. HEPOJKI, T. THIELE, F. BAGGIO, U. HETZEL, A. KIPAR (2025): Haemolymphatic tissues of captive boa constrictor (*Boa constrictor*): Morphological features in healthy individuals and with boid inclusion body disease. *Dev. Comp. Immunol.* 162, 105302. DOI: 10.1016/j.dci.2024.105302
- DIVERS, S.J. (2024): Bacterial Diseases of Reptiles. *MSD Vet. Man.* <https://www.msddvetmanual.com/exotic-and-laboratory-animals/reptiles/bacterial-diseases-of-reptiles> (22.03.2024.)
- EDLING, T. (2024): Chlamydiosis in Animals. *MSD Vet. Man.* <https://www.msddvetmanual.com/infectious-diseases/chlamydiosis/chlamydiosis-in-animals> (04.04.2025.)
- EVANS, H. E. (1986): Reptiles – Introduction and anatomy. U: *Zoo and Wild Animal Medicine*. 2. izd. (Fowler, M. E., Ur.), WB Saunders, Philadelphia, Sjedinjene Američke Države, str. 108-132.
- FARELL, T. M., H. D. S. WALDEN, R. J. OSSIBOFF (2023): The invasive pentastome *Raillietiella orientalis* in a banded water snake from the pet trade. *J. Vet. Diagn. Invest.* 35, 201-203. DOI: 10.1177/10406387221147856
- FUNK, R. S., J. E. BOGAN Jr. (2019): Snake Taxonomy, Anatomy, and Physiology. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 58-61.
- GIRLING, S.J. (2019): Neurology. U: *BSAVA Manual of Reptiles*. 3. izd. (Girling, S. J., P. Raiti, Ur.), British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 360-362.
- HEATHER, D. S., E. WALDEN, E. C. GREINER, E. R. JACOBSON (2021): Parasites and parasitic diseases of reptiles. U: *Infectious diseases and pathology of reptiles*. 2. izd. (Jacobson, E. R., M. M. Garner, Ur.), Taylor and Francis Group, Boca Raton Florida, Sjedinjene Američke Države, str. 859-968.
- HETZEL, U., T. SIRONEN, P. LAURINMÄKI, L. LIJEROOS, A. PATJAS, H. HENTTONEN, A. VAHERI, A. ARTELT, A. KIPAR, S. J. BUTCHER, O. VAPALAHTI, J. HEPOJKI (2013): Isolation, Identification, and Characterization of Novel Arenaviruses, the Etiological Agents of Boid Inclusion Body Disease. *J. Virol.* 87, 10918-10935. DOI: 10.1128/JVI.01123-13
- HOON-HANKS, L. L., M. L. LAYTON, R. J. OSSIBOFF, J. S. L. PARKER, E. J. DUBOVI, M. D. STENGLEIN (2018): Respiratory disease in ball pythons (*Python regius*) experimentally infected with ball python nidovirus. *Virology* 517, 77-87. DOI: 10.1016/j.virol.2017.12.008
- HOON-HANKS, L. L., R. J. OSSIBOFF, P. BARTOLINI, S. B. FOGELSON, S. M. PERRY, A. C. STÖHR, S.

- T. CROSS, J. F. X. WELLEHAN, E. R. JACOBSON, E. J. DUBOVI, M. D. STENGLEIN (2019): Longitudinal and cross-sectional sampling of serpentovirus (nidovirus) infection in captive snakes reveals high prevalence, persistent infection, and increased mortality in pythons and divergent serpentovirus infection in boas and colubrids. *Front. Vet. Sci.* 338, 1-17. DOI: 10.3389/fvets.2019.00338
- HUCHZERMEYER, F. W., E. LANGELET, J. F. PUTTERILL (2008): An outbreak of chlamydiosis in farmed Indopacific crocodiles (*Crocodylus porosus*). *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 79, 99-100. DOI: 10.4102/jsava.v79i2.253
- HUNT, C. (2015): Neurological examination and diagnostic testing in birds and reptiles. *J. Exot. Pet Med.* 24, 34–51. DOI: 10.1053/j.jepm.2014.12.005
- HUNT, C. J.-G. (2019): Disinfection. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 139.
- KELEHEAR, C., D. M. SPRATT, D. O'MEALLY, R. SHINE (2014): Pentastomids of wild snakes in the Australian tropics. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 3, 20-31. DOI: 10.1016/j.ijppaw.2013.12.003.
- KISCHINOVSKY, M., S. J. DIVERS, L. D. WENDLAND, M. B. BROWN (2019): Otorhinolaryngology. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*, 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 744
- KNOTEK, S. (2019): Therapeutics and medication. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 192.
- KNOTEK, Z., S. J. DIVERS (2019): Pulmonology. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 801-803.
- LAROUCAU, K., R. AAZIZ, A. LÉCU, S. LAIDEBEURE, O. MARQUIS, F. VORIMORE, S. THIERRY, A. BRIEND-MARCHAL, J. MICLARD, A. IZEMBART, N. BOREL, L. REDON (2020): A cluster of *Chlamydia serpentis* cases in captive snakes. *Vet. Microb.* 240, 108499. DOI: 10.1016/j.vetmic.2019.108499
- LOCK, B. A., J. WELLEHAN (2015): Ophidia (Snakes). U: *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. Vol. 8. (Miller, R. E., M. E. Fowler, Ur.), Elsevier Science, Amsterdam, Nizozemska, str. 61-73.
- MADER, D. (2000): Treating pentastomids in an eastern indigo snake, *Drymarchon corais*. Proceedings of the 7th Annual Conference of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians, 18-22. listopada, Reno, Nevada, Sjedinjene Američke Države, str. 105-106.
- MARIANI, C. L. (2007): The Neurologic Examination and Neurodiagnostic Techniques for Reptiles. *Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim Pract.* 10, 855–891. DOI: 10.1016/j.cvex.2007.04.004
- MARSCHANG, R. E. (2019.a) *Virology*. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*, 3. izd. (Divers, S.J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 247-265.
- MARSCHANG, R. E. (2019.b): Antiviral Therapy. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers, S.J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 1160-1161.
- MARSCHANG, R. E., E. SALZMANN, M. PEES (2021.b): Diagnostics of Infectious Respiratory Pathogens in Reptiles. *Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract.* 24, 369-395
- MARSCHANG, R. E., F. C. ORIGGI, M. D. STENGLEIN, T. H. HYNDMAN, J. F. X. WELLEHAN, E. R. JACOBSON (2021.a): Viruses and Viral Diseases of Reptiles. U: *Infectious diseases and pathology of reptiles*. 2. izd. (Jacobson, E. R., M. M. Garner, Ur.), Taylor and Francis Group, Boca Raton Florida, Sjedinjene Američke Države, str. 621-622.
- MITCHELL, M. A. (2009): Snakes. U: *Manual of Exotic Pet Practice*. (Mitchell, M. A., T. N. Tuly, Ur.): Elsevier Science, Missouri, Sjedinjene Američke Države, str. 150-168.
- MOHAN-GIBBSON, H., P. RAITI (2010): Snakes. U: *Behavior of Exotic Pets*. (Tynes, V. V., Ur.), John Wiley & Sons, Chichester, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 21-31.
- MURRAY, M. J. (2006): Pneumonia and Lower Respiratory Tract Disease. U: *Reptile Medicine and Surgery*. 2. izd. (Mader, D. R., Ur.), Elsevier Science, St. Louis, Sjedinjene Američke Države, str. 872-875.
- O'MALLEY, B. (2018): Anatomy and Physiology of Reptiles. U: *Reptile Medicine and Surgery in Clinical Practice*. (Doneley, B., D. Monks, R. Johnson, B. Carmel, Ur.), John Wiley & Sons, Hoboken, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 26.
- O'ROURKE, D. P., K. LERTPIRIYAPONG (2015): Biology and Diseases of Reptiles. U: *Laboratory Animal Medicine*. 3. izd. (Fox, J. G., G. M. Otto, M. T. Whary, L. C. Anderson, K. R. Pritchett-Corning, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 967-1005.

- OSSIBOFF, R. J. (2018): *Serpentes*. U: *Pathology of Wildlife and Zoo Animals*. 1. izd. (Terio, K. A., D. McAloose, J. St. Leger, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 899-904.
- PÁRE, J. A. (2008): An Overview of Pentastomiasis in Reptiles and Other Vertebrates. *J. Exot. Pet. Med.* 17, 285-294. DOI: 10.1053/j.jepm.2008.07.005
- PARRISH, K., P. D. KIRKLAND, L. F. SKERRATT, E. ARIEL (2021): Nidoviruses in Reptiles: A Review. *Front. Vet. Sci.* 8, 733404. DOI: 10.3389/fvets.2021.733404
- PEES, M. (2011): *Reptiles*. U: *Diagnostic Imaging of Exotic Pets: Birds-Small Mammals-Reptiles*. (Jungmanns-Krautwald, M. A., M. Pees, T. Tully, S. Reese, Ur.), Schlütersche, Hannover, Njemačka, str. 308-440.
- PYRON, R. A., F. T. BURBRINK, G. R. COLLI, A. N. M. DE OCA, L. J. VITT, C. A. KUCZYNSKI, J. J. WIENS (2011): The phylogeny of advanced snakes (Colubroidea), with discovery of a new subfamily and comparison of support methods for likelihood trees. *Mol. Phyl. Evol.* 58, 329-342. DOI: 10.1016/j.ympev.2010.11.006
- RIVERA, S. (2019): *Quarantine*. U: *Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery*. 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, London, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 142-144.
- SCHEELINGS, T. F. (2019): *Anatomy and physiology*. U: *BSAVA Manual of Reptiles*. 3. izd. (Girling, S. J., P. Raiti, Ur.), British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 14-25.
- SCHILLIGER L., P. SELLERI, F. L. FRYE (2011): Lymphoblastic lymphoma and leukemic blood profile in a red-tail boa (*Boa constrictor*) with concurrent inclusion body disease. *J. Vet. Diagn. Invest.* 23, 159-162. DOI: 10.1177/104063871102300131
- STAHL, S. J. (2010): How I approach snake respiratory disease: the five-minute consult: Proceedings of the North American Veterinary Conference, Small animal and exotics, 16.-20. siječnja, Orlando, Florida, Sjedinjene Američke Države, str. 1724-1726.
- STAUB, E., H. MARTI, R. BIONDI, A. LEVI, M. DONATI, C. A. LEONAR, S. D. LEY, T. PILLONEL, G. GREUB, H. M. B. SETH-SMITH, N. BOREL (2018). Novel *Chlamydia* species isolated from snakes are temperature-sensitive and exhibit decreased susceptibility to azithromycin. *Sci. Rep.* 8, 5660. DOI: 10.1038/s41598-018-23897-z
- STENGLEIN, M. D., C. SANDERS, A. L. KISTLER, J. G. RUBY, J. Y. FRANCO, D. R. REAVILL, F. DUNKER, J. L. DeRISI (2012): Identification, Characterization, and In Vitro Culture of Highly Divergent Arenaviruses from Boa Constrictors and Annulated Tree Boas: Candidate Etiological Agents for Snake Inclusion Body Disease. *Mbio.* 3, e00180-12. DOI: 10.1128/mBio.00180-12
- STENGLEIN, M. D., E. R. JACOBSON, E. J. WOZNIAK, J. F. X. WELLEHAN, A. KINCAID, M. GORDON, B. F. PORTER, W. BAUMGARTNER, S. STAHL, K. KELLEY, J. S. TOWNER, J. L. DERISIA (2014): Ball python nidovirus: a candidate etiologic agent for severe respiratory disease in *Python regius*. *Mbio.* 5, e01484-14. DOI: 10.1128/mBio.01484-14
- STENGLEIN, M. D., D. SANCHEZ-MIGALLON GUZMAN, V. E. GARCIA, M. L. LAYTON, L. L. HOON-HANKS, S. M. BOBACK, M. K. KEEL, T. DRAZENOVICH, M. G. HAWKINS, J. L. DeRISI (2017): Differential disease susceptibilities in experimentally reptarenavirus-infected boa constrictors and ball pythons. *J. Virol.* 91, e00451-17. DOI: 10.1128/JVI.00451-17
- SUTHERLAND, M., H. BARON, J. LLINAS (2021): Recommended Health Care and Disease-Prevention Programs for Herds/Flocks of Exotic Animals. *Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract.* 24, 697-737. DOI: 10.1016/j.cvex.2021.05.003
- ŠLAPETA, J., D. MODRY, R. JOHNSON (2018): *Reptile Parasitology in Health and Disease*. U: *Reptile Medicine and Surgery in Clinical Practice*. (Doneley, B., D. Monks, R. Johnson, B. Carmel, Ur.), John Wiley & Sons, Hoboken, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 425-441.
- TAYLOR-BROWN, A., L. VAUGHAN, G. GREUB, P. TIMMS, A. POLKINGHORNE (2015): Twenty years of research into *Chlamydia*-like organisms. *FEMS Pathog. Dis.* 73, 1-15. DOI: 10.1093/femspd/ftu009
- TAYLOR-BROWN, A., N. L. BACHMANN, N. BOREL, A. POLKINGHORNE (2016): Culture-independent genomic characterisation of *Candidatus Chlamydia sanzinia*, a novel uncultivated bacterium infecting snakes. *BMC Genomics.* 17, 710. DOI: 10.1186/s12864-016-3055-x
- TAYLOR-BROWN, A., L. SPANG, N. BOREL, A. POLKINGHORNE (2017): Culture-independent metagenomics supports discovery of uncultivable bacteria within the genus *Chlamydia*. *Sci. Rep.* 7, 10661. DOI: 10.1038/s41598-017-10757-5
- THE UNUSUAL PET VETS (2020): *Reptile Quarantine. The when, the why and the how*. Unusual Pet Vets.

<https://www.unusualpetvets.com.au/wp-content/uploads/2020/04/Reptile-Quarantine-UPV-Article.pdf> (22.03.2025)

UCCELLINI, L., R. J. OSSIBOFF, R. E. C. de MATOS, J. K. MORRISEY, A. PETROSOV, I. NAVARRETE-MACIAS, K. JAIN, A. L. HICKS, E. L. BUCKLES, R. TOKARZ, D. McALOOSE, W. I. LIPKIN (2014): Identification of a novel nidovirus in an outbreak of fatal respiratory disease in ball pythons (*Python regius*). *Virol. J.* 11, 144. DOI: 10.1186/1743-422X-11-144

UETZ, P., P. FREED, R. AGUILAR, F. REYES, J. KUDE-RA, J. HOŠEK (2025): The Reptile Database. Reptile Database.

<http://www.reptile-database.org> (08.06.2025)

ULLMANN, L. S., R. Das N. DIAS-NETO, D. Q. CAGNINI, R. S. YAMATOJI, J. P. OLIVEIRA-FILHO, V. NEMER, R. H. F. TEIXEIRA, A. W. BIONDO, J. P. ARAÚJO Jr. (2016): Mycobacterium genavense infection in two species of captive snakes. *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 22, 27. DOI: 10.1186/s40409-016-0082-7

VALDEZ, J. (2021): Using Google Trends to Determine Current, Past, and Future Trends in the Reptile Pet Trade. *Animals.* 11, 676. DOI: 10.3390/ani11030676

VARGA, M. (2019): Captive maintenance. U: BSA-VA Manual of Reptiles. 3. izd. (Girling, S. J., P. Raiti,

Ur.), British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, Ujedinjeno Kraljevstvo, str. 47-48.

WELLEHAN, J. F. X., S. J. DIVERS (2019): Bacteriology. U: Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery. 3. izd. (Divers, S. J., S. J. Stahl, Ur.), Elsevier Science, Missouri, Sjedinjene Američke Države, str. 245.

WYNEKEN, J. (2007): Reptilian neurology: anatomy and function. *Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract.* 10, 837–853. DOI: 10.1016/j.cvex.2007.05.004

XIA, Y., S. LONG, Y. PENG, S. QIN, Y. SHEN (2022): Isolation and identification of four pathogenic bacterial strains from edible snake (*Elaphe carinata* and *Ptyas mucosus*) farms with pneumonia in China. *Anim. Dis.* 2, 30. DOI: 10.1186/s44149-022-00062-8

ZANTEN, T. C., S. C. SIMPSON (2021): Managing the Health of Captive Groups of Reptiles and Amphibians. *Vet. Clin. North. Am. Pract. Ex. Anim. Pract.* 23, 609-645. DOI: 10.1016/j.cvex.2021.05.005

ZEHTABVAR, O., Z. TOOTIAN, A. VAJHI, B. SHOJAEI, A. ROSTAMI, S. DAVUDYPOOR, J. SADEGHINEZHAD, H. GHAFARI, I. MEMARIAN (2014): Computed tomographic anatomy and topography of the lower respiratory system of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Iranian J. Vet. Surg.* 9, 9-16.

## Abstract

Because of their multifactorial etiology, wide range of clinical signs, and high mortality, neurorespiratory diseases in snakes represent a significant challenge in exotic animal veterinary medicine. The etiological spectrum includes: bacterial, viral, fungal, and parasitic pathogens. Bacterial infections, particularly those caused by the family *Chlamydiaceae* and *Mycoplasma* spp., result in pneumonia, stomatitis, and encephalitis. Viral infections, most notably caused by nidoviruses, ferlaviruses, reptarenaviruses, and sunshineviruses, are responsible for severe respiratory and neurological disorders, characterized by high lethality and a lack of specific therapy. Parasitic invasion, such as by Pentastomida, *Rhabdias*, or *Strongyloides*, and fungal infections with *Aspergillus* or *Candida*, further complicate the clinical picture. The diagnostic approach requires integration of a thorough medical history, clinical examination, microbiological and molecular methods (polymerase chain reaction, next-generation sequencing), histopathological analyses, and imaging techniques (X-ray, computed tomography, magnetic resonance imaging). Polymerase chain reaction represents the gold standard for identification of viral and bacterial pathogens, while imaging is essential for monitoring therapeutic response. The demonstration of fungal hyphae, spores, or the isolation of fungi from various tissues, as well as granuloma biopsy, are critical diagnostic methods for accurate fungal identification. Given the limited treatment options, particularly for viral diseases, preventive measures play a key role. These include implementation of biosecurity protocols, mandatory quarantine of newly acquired individuals, regular veterinary check-ups, maintenance of hygienic conditions, and owner education. The systematic application of preventive measures significantly reduces the occurrence and spread of neurorespiratory diseases in captive snake populations.

**Keywords:** snakes, neurorespiratory diseases, bacterial infections, viral infections, diagnostics, prevention.