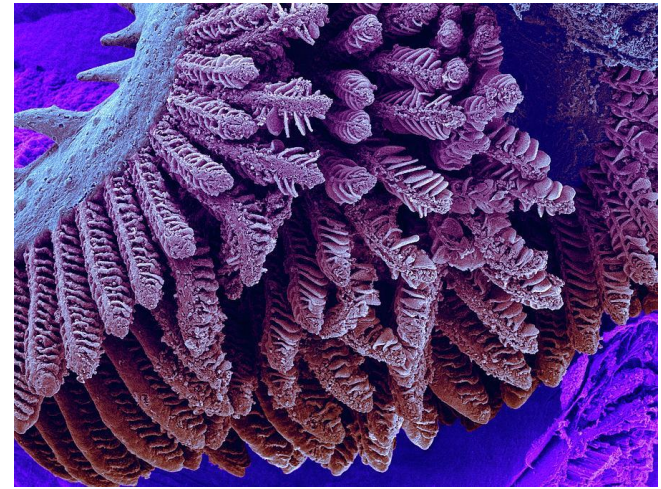


# Dýchacia sústava

Selma de Donnová

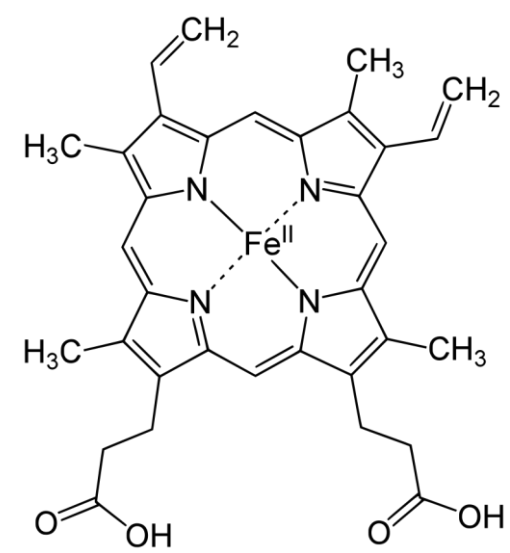
# Dýchanie - úvod

- Takmer všetky živočíchy potrebujú pre svoj metabolizmus kyslík
- Na začiatku dýchanie difúziou vo vodnom prostredí
- So rastúcimi telesnými rozmermi difúzia nestačila (efektivita klesá s rastúcou vzdialenosťou od povrchu)
- Stratégie
  - Obehová sústava – distribúcia kyslíku po celom tele
  - Transportné proteíny s vysokou, ale reverzibilnou afinitou ku kyslíku
  - Zväčšenie povrchu, na ktorom prebieha difúzia
- Dýchacie štruktúry formujú tenké tkanivá s veľkým vonkajším povrchom → efektívnejšia difúzia
- Dýchanie povrchom tela (plyny transportované jednoduchou difúziou alebo za pomoci lymfy, dýchacích pigmentov...), povrchom TS, žiabre, vzdušnice, pľúcne vaky, pľúca...



# Dýchacie pigmenty – hemoglobíny (Hb)

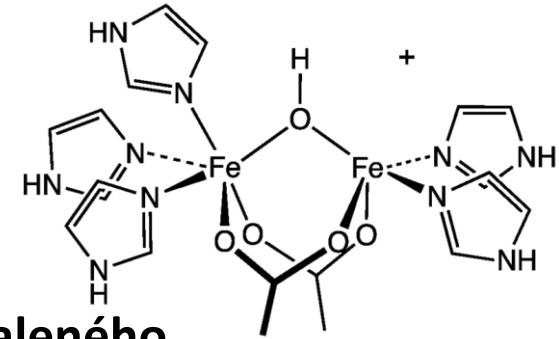
- Základom je **porfyrínový kruh** s centrálnym **železnatým iónom**
- Vytvárajú **reverzibilné väzby s kyslíkom**
- Podobné molekuly prítomné u baktérií, rastlín a húb, u živočíchov roztrúsene
- **Pleziomorfia pre Metazoa**, aj keď ich nenachádzame u „Diploblastica“
- U Bilateria najvýznamnejšími dýchacími pigmentami
- Monoméry, diméry, tetraméry aj veľké polyméry
- **V pohyblivých bunkách**; célomocytoch u Annelida, erythrocytoch u Craniota
- **V tkanivách**; svalových – u Gastropoda (radula), nervových u „Polychaeta“
- **Extracelulárne**; hlavne u Annelida
- **Flexibilná expresia** – u parazitických Platyhelminthes a Nematoda (menej kyslíka, väčšie telo) sa objavujú častejšie, ako u voľne žijúcich foriem
- **U parazitov** – kompetícia o kyslík hostiteľa, ak je anaerobný metabolizmus → imobilizácia kyslíka
- Okrem hemoglobínu aj **myoglobín, cytoglobín a neuroglobín** (evolučne veľmi starý)
- Adaptácie na vysokú nadmorskú výšku, nízku teplotu, vysokú koncentráciu síry



# Dýchacie pigmenty – hemoerytrín a hemocyaníny

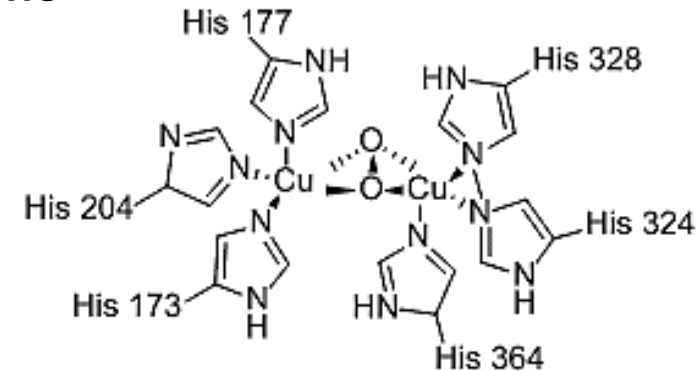
## Hemoerytrín

- **Dva centrálné železnaté ióny bez porfyrínového kruhu**
- Priapulida, Sipunculida, Brachiopoda a rod *Magelona* (Annelida)
- Našli sa u **baktérie** *Desulphurio vulgaris* → pravdepodobne **zdedené od vzdialeného spoločného predka**, nie výsledok konvergencie

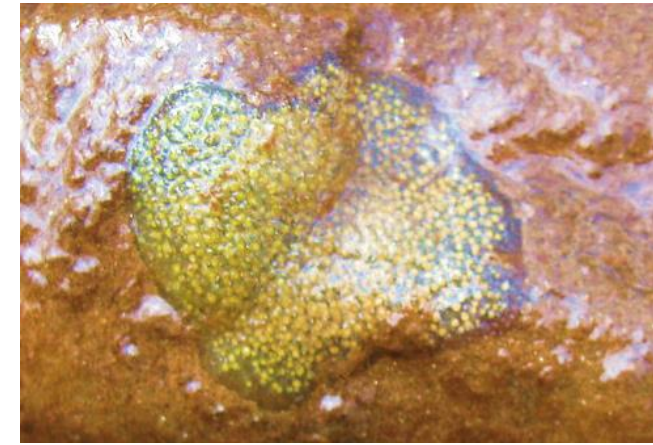


## Hemocyaníny

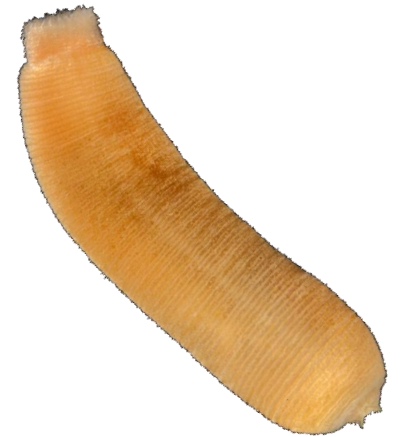
- **Veľké molekuly s dvomi centrálnymi atómami medi**
- Enzýmy, transportné aj zásobne proteíny; **tyrozináza** u Mollusca, **fenoloxidáza** u Arthropoda, **hexamerín** u Insecta, **pseudohemocyanin** u „Crustacea“
- Hemocyaníny pravdepodobne vznikli z **fenoloxidázy** a ďalej sa vyvíjali nezávisle u Arthropoda a Mollusca → **u týchto skupín sú nepodobné**
- **Fenoloxidáza** je dôležitá v **metabolizme melatonínu** a **sklerotizácii kutikuly** → mohla byť významná pri vzniku tvrdých exoskeletov na prelome prekambria/kambria
- Proteín podobný **hemocyanínom** s možnou funkciou **fenoloxidázy** u Onychophora

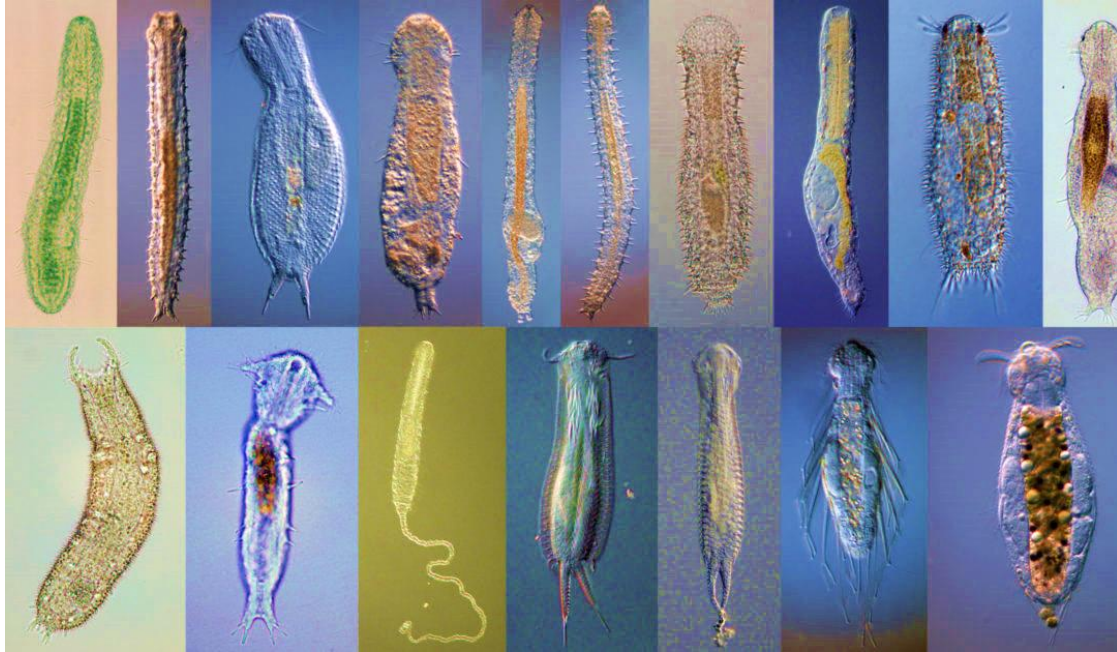


# Adaptácie na nízky obsah kyslíku



- Habitaty ako **vodné sedimenty, pôda, jaskyne, telá iných organizmov**
- Niektorí zástupcovia Gnathostomulida, Priapulida, Annelida, Arthropoda, Mollusca a mnoho druhov skupiny **Nematoda**
- **Zníženie metabolizmu** – na 2 % u *Halicryptus spinulosus*, dočasne až na 0 % u niektorých Nematoda → **kryptobióza**
- **Anoxia** väčšinou **nie je permanentná, výnimkou morské sedimenty** bohaté na sulfidy → **meiofauna** s množstvom **mitochondrií a pretiahnutým tvarom**
- Existencia obligátne anaerobných voľne žijúcich živočíchov sporná
- **Anaerobné metabolické dráhy** u črevných parazitov (Neodermata, Nematoda, Acantocephala) niekedy zachované aj za prítomnosti kyslíka, občas však kyslík potrebujú





## Gastrotricha

- Dýchacie štruktúry nie sú známe, **difúzia** kyslíku cez kutikulu
- *Neodasys* sp. má **hemoglobín v mezodermálnych** bunkách okolo čriev a svaloviny
- *Turbanella ocellata* - **nemá hemoglobín**

## Nematoda

- Dýchacie štruktúry nie sú známe, **difúzia** kyslíku cez kutikulu
- Veľké parazitické druhy **adaptované na málo kyslíka**
- **Hlavne intracelulárne**, ale aj **extracelulárne hemoglobíny** u parazitických a menej u voľne žijúcich druhov
- *Enoplus brevis* z bahnitých sedimentov má viac pigmentov, ako *E. communis* žijúci vo viac okysličenom prostredí
- *Ascaris* sp. má 3 formy hemoglobínu a svalstvo okysličované vďaka Hb v kutikule, kým vnútorné tkanivá a telesná dutina sú pred kyslíkom chránené → extracelulárny Hb s oveľa vyššou afinitou a nižšou disociačnou rýchlosťou



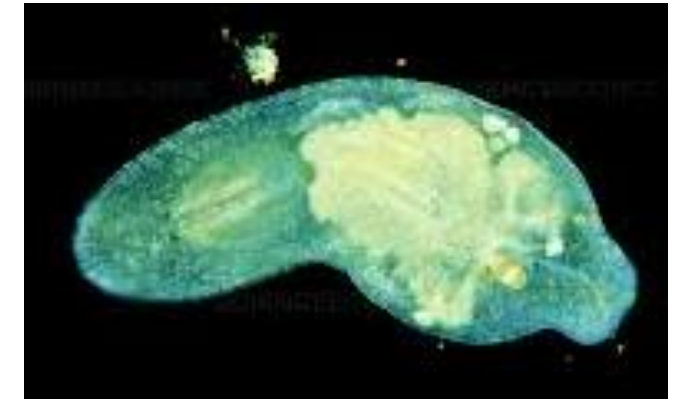
## Priapulida

- *Halicryptus spinulosus* má **v bunkách telesnej dutiny hemerytrín**
- *Priapulus* sp., *Priapulopsis* sp. majú **vetvené kaudálne výbežky**
- *Priapulus caudatus* – experimentálne držanie v málo okysličenom prostredí, po opätovnom okysličení pozorované **sťahy svaloviny vo výbežkoch** → **posun okysličenej hemolymfy** do tela
- *Tubiluchus* sp. – kaudálne **výbežky neslúžia na dýchanie**, sú meiobentickou adaptáciou



## Platyhelminthes

- Bez dýchacích štruktúr, majú **hemoglobín** (výnimkou je *Phaenocora* sp.)
- Dýchacie **pigmenty vo väčšej miere u endoparazitov a endosymbiontov**
- **Difúzia** → veľký povrch, dorzo-ventrálne sploštenie



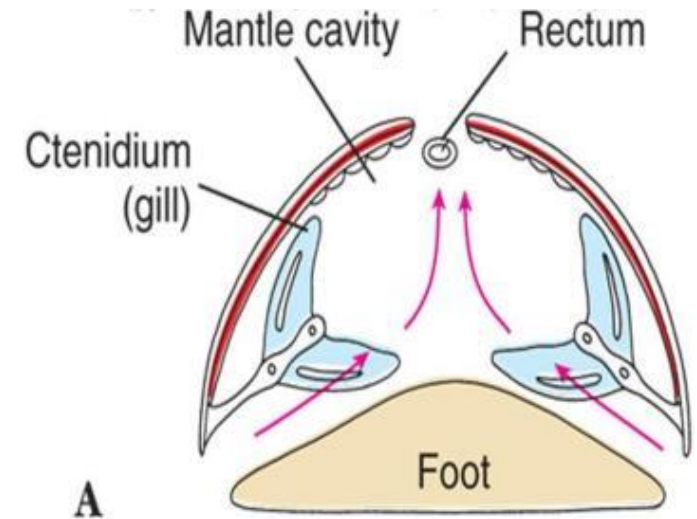
## Nemertini

- Bez dýchacích štruktúr, **difúzia** kyslíka cez povrch tela
- *Cerebratulus lacteus* – **malé molekuly hemoglobínu**
- **Hb v krvných bunkách** *Drepanophorus* sp., *Barlasia* sp., *Eubarlosia* sp., **extracelulárne** v plazme *Polia sanguisorba*, **v nervovom tkanive** *Amphiporus* sp.



## Mollusca

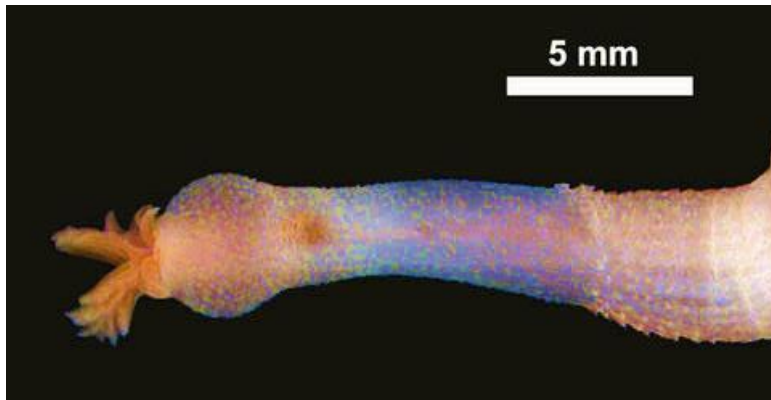
- V hemolymfe hlavne **hemocyaníny**, najdôležitejšie pre transport kyslíka
- Občas malé molekuly **hemoglobínu intracelulárne**, v svalových a nervových tkanivách
- Vzácnne veľké molekuly **Hb extracelulárne** u Gastropoda, napr. *Planorbarius corneus*
- **Ancestrálne žiabre**, chýbajú u Solenogastres a Scaphopoda
- **Perovitá štruktúra - bipektinátne ktenídie** u morských druhov okrem Neopilinida → **monopektinátne**
- Polyplacophora a Nautiloidea – **veľký počet ktenídií**
- Ktenídie sú **obrvené**, okrem Cephalopoda
- **Bivalvia** – Protobranchia ešte bipektinátne ktenídie, Metabranchia už **vláknité - lupenité žiabre s filtrovacou funkciou**
- **Gastropoda** – žiabre aj anus v plášťovej dutine → **štrbiny** u *Pleurotomaria* sp. , **perforácie** u *Halotis* sp. a **sekundárne žiabre** u Patellogastropoda pomáhajú nasmerovať prúd vody tak, **aby nedošlo ku kontaminácií**
- „Nudibranchia“ - o žiabre prišli, nahradili ich kožovité výbežky
- Pulmonata – redukcia žiabier, zväčšenie dýchacej plochy v plášťovej dutine - vznik **pľúca**





## Sipunculida

- **Intracelulárny hemoerytrín rôzneho typu** v dutine chápadiel, v dutine tela (v **célomocytoch**) a v svaloch
- Dýchanie **povrchom tela, introvertom, alebo chápadlami** často smerujúcimi do voľnej vody u druhov žijúcich v štrbinách
- **Hemoerytrín v rôznych častiach tela** môže mať **rôznu afinitu ku kyslíku** → **podľa spôsobu života**
- *Dendrostomum* sp. je endobentický druh, zo sedimentu trčia len chápadlá → afinita v célomovej dutine vyššia
- *Siphonosoma* sp. žije v trubičke, dýcha povrchom tela → afinita hemolymfy a célomovej dutiny podobná



## Echiurida

- Dýchanie **povrchom tela, análnymi vačkami, alebo kloakou**, ktorá býva naplnená vodou, napr. u *Urechis caupo*
- Rôzne typy **intracelulárnych hemoglobínov** v célomocytoch, v „krvných“ bunkách alebo v svaloch
- *Thalassema mellita* má v célomocytoch 3 typy Hb



## Annelida

- Menšie intracelulárne, väčšie extracelulárne **hemoglobíny**
- **Chlorokruonin** – Hb s vinylovou skupinou namiesto formylovej u Sabellidae, Flabelligeridae a Serpulida
- *Magelona pappilicornis* má **hemoerytrín**
- **Povrchom tela**, u „Polychaeta“ špecializovanými **výbežkami, žiabrami na parapódiách**
- Žiabre **prepojené s OS**, prítomné hlavne u **veľkých** druhov žijúcich **v trubičkách** alebo **v sedimente**, po celom tele alebo len v prednej časti, napr. u Cirratulidae
- U Aphroditidae a Polynoidae využívajú prúd vody medzi povrchom tela a dorzálnymi šupinami

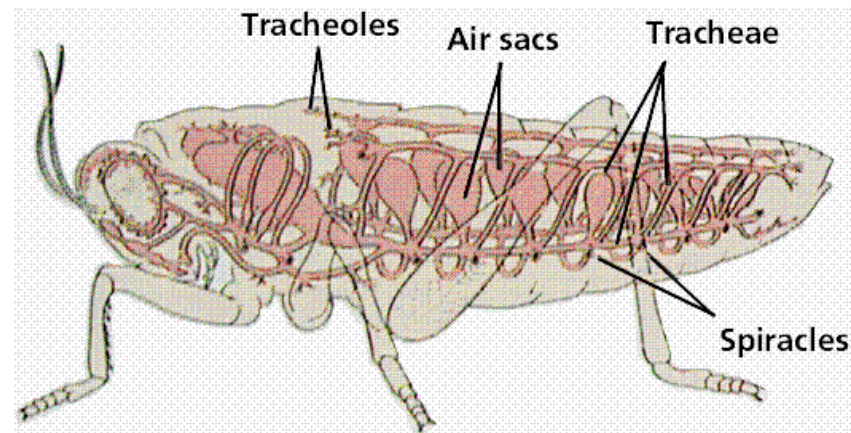
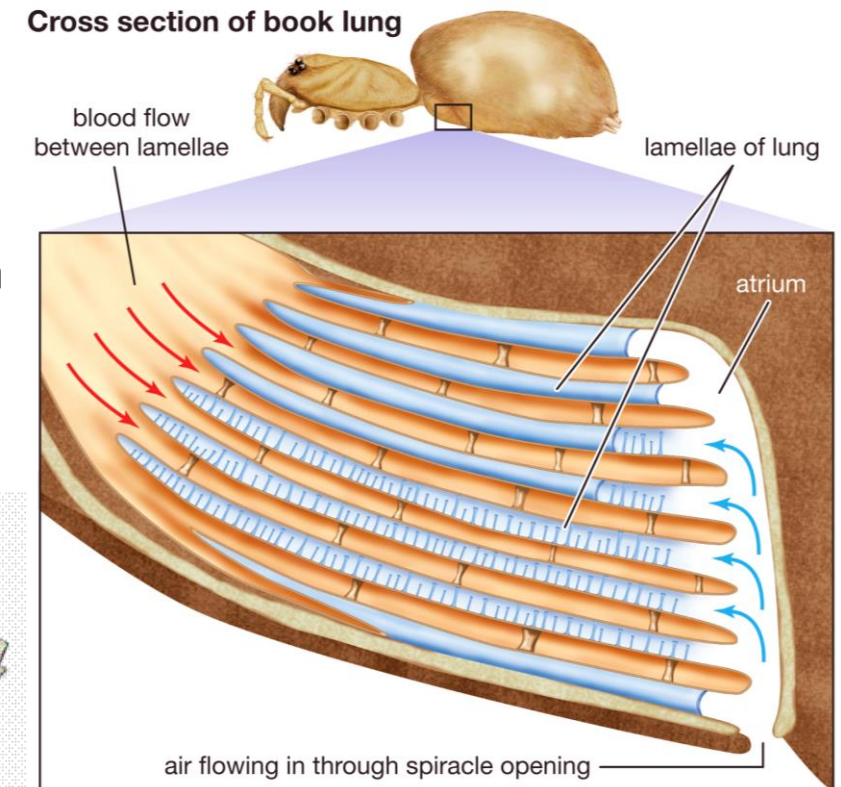


## Onychophora

- Intracelulárne hemocyaníny v hemolymfyzvonku kryté kutikulou
- **Vzdušnice** s mnohými otvormi na každom článku (až 75), kde prebieha **difúzia**

## Euarthropoda (Pancrustacea)

- Hlavne hemocyaníny, ale u Branchipoda a Insecta aj hemoglobíny
- Dýchacie orgány prítomné u všetkých druhov, okrem drobných
- Morskí Xiphosura a „Crustacea“ majú **žiabre ako príspevky na končatinách**
- Žiabre na končatinách **známe už z fosílií z kambria**, napr. *Elrathia kingii* (trilobit), *Opabinia regalis*
- Scorpionida, Uropygi, Amblypygi a bazálni Araneae majú **pľúcne vaky** (book lungs), vyvinuli sa zo žaberných vakov (book gills)
- Neocribellata, Pseudoscorpiones, Solifugae, Opiliones, Acari, Chilopoda a Insecta majú **vzdušnice**
- „Tracheata“ nie je monofylum, **vzdušnice** sa zrejme vyvinuli viac krát nezávisle → **konvergencia**



## Phoronida

- Bez dýchacích štruktúr, dýchajú povrchom tela a majú **intracelulárny Hb**

## Brachiopoda

- Povrchom tela, u Linguilidae **hemoerytrín v bunkách hemolymfy**



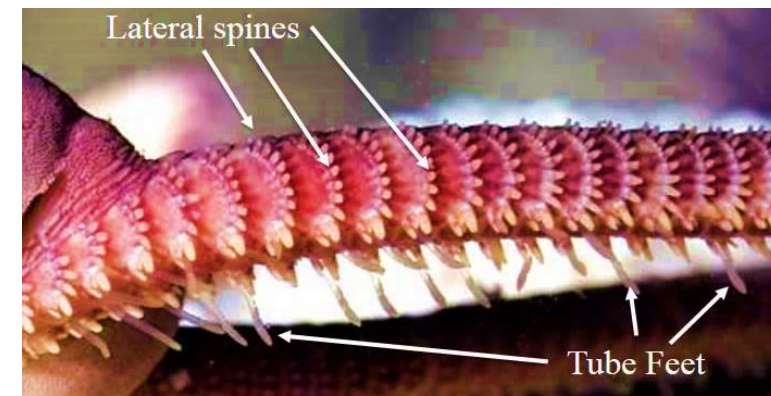
## Hemichordata

- Dýchacie pigmenty neboli identifikované
- U Enteropneusta **séria žaberných oblúkov** v oblasti hltanu – **filtračná** a zrejme aj dýchacia funkcia → v blízkosti sú cievy
- U Pterobranchia (okrem *Cephalodiscus* sp.) žaberné oblúky chýbajú → **difúzia** zrejme cez **chápadlá**



## Echinodermata

- Väčšinou bez dýchacích pigmentov
- U niektorých Ophiuroidea bez búrs a Holothuroidea **intracelulárny Hb**
- Väčšie rozmery → dýchacie štruktúry nevyhnutné
- U Crinoidea len **pódiá** (tube feet), dostatočne **veľký povrch**
- Asteroidea majú namiesto pódií **vreckovité papuly**
- U Ophiuroidea prítomné **obrvené vchlípeniny** zvané **bursy**
- Echinoidea majú peristomálne **žiabre** → výbežky telesnej steny pri ústnom otvore
- Holothuroidea môžu dýchať **povrchom tela**, chápadlami, **vodnými pľúcami** vetviacimi sa z kloaky



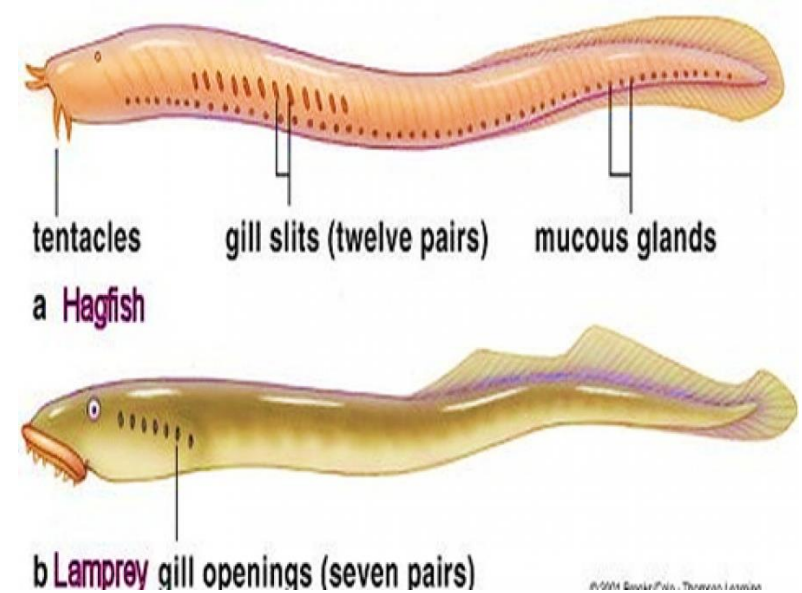
## Tunicata

- Bez dýchacích orgánov, **hemolymfa bez kyslíku**
- *Ciona intestinalis* má **gény na hemocyanín** a 4 ďalšie globíny príbuzné Insecta a Craniota, ale **dýchacia funkcia nebola preukázaná**



## Acrania

- **Žiabre** s chrupavčitou opornou štruktúrou
- Absencia dýchacích pigmentov, **bezfarebná krv**
- Kyslík sa vstrebáva cez plochu átria (takmer uzavretý OS) a iné tkanivá



## Craniota

- Rôzne **hemoglobíny v erythrocytoch** (Cannichtyes bez RBC); myoglobín, cytoglobín, neuroglobín
- **Žaberné oblúky v oblasti hltanu** dôležitejšie pre dýchanie, ako u predošlých Tunicata a Acrania
- U Myxini a Petromyzontida **výbežky žaberných oblúkov** umožňujú dýchanie pri konzumácii potravy
- Rybám podobní zástupcovia majú **rozvetvené žiabre**; 4–7, najčastejšie 5
- **Žiabre** prítomné u larválnych štádií obojživelníkov
- **Pľúca terestrických zástupcov pôvodne ako výbežky čreva** u Osteognathostomata (takto **pretrvali u vodných taxónov** adaptovaných na **málo kyslíku** Cladistia a Dipnoi)
- U Actinopterygi sa z týchto výbežkov čreva stal **plávací mechúr** → osídlenie otvorenej vody s dostatkom kyslíka
- U Aves prechádza **vzduch pľúcami pri nádychu aj výdychu** → vysoká efektivita okysličenia krvi



# Prehľad najčastejších typov dýchania a dýchacích štruktúr

## Dýchanie povrchom tela

- Ak je dostatočný v porovnaní s objemom - u menších a/alebo sploštených organizmov
- Jednoduchá difúzia alebo rozvod plynov pomocou lymfy, dýchacích pigmentov
- Gastrotricha, Nematoda, Platyhelminthes, Nemertini, Sipunculida, Annelida

## Dýchanie povrchom tráviacej sústavy

- Difúzia kyslíka z vody cez hltan, črevo, kloaka alebo anus, môže byť aj aktívne pumpovaná
- Echiurida, Echinodermata (Holothuroidea), Euarthropoda (Odonata)

## Žiabre

- Výbežky na povrchu tela, alebo uzavreté v telesnej dutine s veľkým povrchom, najmä vo vode
- Mollusca (Bivalvia, Gastropoda), Annelida („Polychaeta“), Euarthropoda („Crustacea“), Echinodermata (Echinoidea)

## Vzdušnice

- Často u sklerotizovaných, suchozemských živočíchov
- Póry na povrchu tela (spirákula) → systém trubíc - tracheí → rozvetvené na jemné tracheoly
- Onychophora, Euarthropoda (Neocribellata, Pseudoscorpiones, Solifugae, Opiliones, Acari, Chilopoda, Insecta)

## Plúca

- Zväčšenie dýchacej plochy v plášťovej dutine u Mollusca (Pulmonata)
- U terestrických zástupcov Craniota pôvodne ako výbežky čreva

Typ dýchania	Skupiny
Povrchom tela	Gastrotricha, Nematoda, Priapulida, Platyhelminthes, Nemertini, Sipunculida, Annelida, Phoronida, Brachiopoda, Hemichordata, Tunicata
Povrchom TS	Echiurida, Echinodermata (Holothuroidea), Euarthropoda (Odonata)
Žiabre	Mollusca (Bivalvia, Gastropoda), Annelida („Polychaeta“), Euarthropoda („Crustacea“), Hemichordata, Echinodermata (Echinoidea)
Vzdušnice	Onychophora, Euarthropoda (Neocribellata, Pseudoscorpiones, Solifugae, Opiliones, Acari, Chilopoda, Insecta), Acrania, Craniota
Pľúcne vaky	Euarthropoda (Scorpionida, Uropygi, Amblypygi, bazálni Araneae)
Pľúca	Mollusca (Pulmonata), Craniota



Taxón	Dýchacie pigmenty	Dýchacie štruktúry
Gastrotricha	Hemoglobín	Nie sú – difúzia
Nematoda	Hemoglobín	Nie sú - difúzia
Priapulida	Hemerytrín	Vetvené kaudálne výbežky
Platyhelminthes	Hemoglobín	Nie sú - difúzia
Nemertini	Hemoglobín	Nie sú - difúzia
Mollusca	Hemocyanín, hemoglobín	Ktenídie, žiabre, pľúca
Sipunculida	Hemoerytrín	Povrch tela, introvert, chápadlá
Echiurida	Hemoglobín	Povrch tela, análne vaky a kloaka
Annelida	Hemoglobín, hemoerytrín	Difúzia povrchom tela, žiabre
Onychophora	Hemocynín	Vzdušnice
Euarthropoda	Hemocyanín, hemoglobín	Žiabre na končatinách, pľúcne vaky, vzdušnice
Phoronida	Hemoglobín	Nie sú - difúzia
Brachiopoda	Hemoerytrín	Nie sú - difúzia
Hemichordata	Nie sú	Žiabre, difúzia povrchom tela
Echinodermata	Hemoglobín	Pódiá, papuly, bursy, žiabre, vodné pľúca, difúzia povrchom tela a chápadiel
Tunicata	Hemocyanín	Nie sú - difúzia
Acrania	Nie sú	Žiabre
Craniota	Hemoglobín	Žiabre, pľúca

Zdroj: Schmidt-Rhaesa, A. 2007: *The evolution of organ systems*.

Obrázky:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin#/media/File:Heme\\_b.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin#/media/File:Heme_b.svg)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Riftia\\_pachyptila](https://en.wikipedia.org/wiki/Riftia_pachyptila)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hemerythrin#/media/File:Hemerth.png>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hemocyanin>

<https://www.studyblue.com/notes/note/n/phylum-onychophora-tardigarda-arthropoda/deck/16990495>

<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/233496>

<https://www.flickr.com/photos/48117155@N02/4409117850>

<https://www.senckenberg.de/en/institutes/senckenberg-am-meer/german-center-for-marine-biodiversity-research-dzmb/evolution-and-biogeography-of-meiofauna/evolution-and-biogeography-of-meiofauna-research/biogeography-and-speciation-of-gastrotricha/>

[http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser\\_Taxonpage?taxid=231885](http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=231885)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ascaris\\_suum#/media/File:Adult\\_Ascaris\\_in\\_hand.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Ascaris_suum#/media/File:Adult_Ascaris_in_hand.jpg)

<https://www.flickr.com/photos/ecologywa/29953420843>

[https://www.sciencesource.com/archive/Flatworm-\(Phaenocora-sp.\)-SS2729300.html](https://www.sciencesource.com/archive/Flatworm-(Phaenocora-sp.)-SS2729300.html)

<https://www.barnegatbaypartnership.org/species/milky-ribbon-worm/cerebratulus-lacteus/>

<https://plantsam.com/animals/planorbarius-corneus/>

<https://www.studyblue.com/notes/note/n/lecture-7-mollusca-part-1/deck/13951958>

<https://scubadivingresource.com/nudibranch/>

<http://sipuncula.myspecies.info/taxonomy/term/12/media>

<https://www.inaturalist.org/taxa/423578-Siphonosoma>

<https://alchetron.com/cdn/cirratulidae-96fa221b-0b1a-4ed1-810b-33098bf92f2-resize-750.jpeg>

<https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1697>

<https://alchetron.com/Onychophora>

<https://summitwestenv.com/fairy-shrimp/>

<https://www.britannica.com/animal/arachnid/Respiration>

<https://338373gasexchange.weebly.com/insects.html>

<https://quizlet.com/157954179/phylum-phoronida-flash-cards/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Brachiopod#/media/File:LingulaanatinaAA.JPG>

<https://faculty.washington.edu/bjswalla/Hemichordata/Enteropneusta/Sbromo.html>

<https://www.semanticscholar.org/paper/Ultrastructure-of-the-coenecium-of-Cephalodiscus-Gonz%C3%A1lez-Cameron/695430dc8615047e987164e403b99c2998c836c2/figure/1>

<https://bugguide.net/node/view/811812/bgimage>

<https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2016/05/10/how-this-fish-survives-in-a-sea-cucumbers-bum/>

<http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=669&pic=47684>

<https://www.bioscience.com.pk/topics/zoology/item/693-differences-between-petromyzon-lamprey-and-myxine-hagfish>

<https://www.aquainfo.org/article/polypterus-senegalus-grey-bichir-senegal-bichir/>

<https://www.flickr.com/photos/pogspix/20227913113>

<https://pixels.com/featured/4-cichlid-fish-gills-dennis-kunkel-microscopyscience-photo-library.html>