

ZÁKLADY PARAZITOLOGIE

Eva Řehulková

evar@sci.muni.cz



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘEDMĚT **ZÁKLADY PARAZITOLOGIE**

Parazitologie v **užším slova smyslu**

- parazitičtí PRVOCI, HELMINTI, ČLENOVCI
- paraziti živočichů

ODBORNÉ knihy

- Paraziti a jejich biologie, Volf, Horák a kol. 2007, Triton Praha/Kroměříž.
- Biologie helmintů, Horák, Scholz 1998, Karolinum Praha.
- Lékařská helmintologie, Jíra 1998, Galén Praha.
- Praktický atlas lékařské parazitologie, Förstl a kol. 2003, Nucleus HK.
- Protozoologie, Hausmann, Hülsmann 2003, Academia.

POPULÁRNÍ knihy

- Tajné stezky smrtonošů, Daniel 1985, Kolumbus.
- Vládce parazit, Zimmer 2005, Fenix.

biologický pohled ← PARAZITISMUS → lékařský pohled



Parazitismus z pohledu historického

Parazit (cizopasník) – z řeckého slova „*parasitos*“, což doslova znamená „vedle pokrmu“ (*para* = vedle + *sitos* = potrava).

- původně označení těch, kteří obsluhovali při chrámových slavnostech
- později označení prospěchářů (příživníků), kteří dostanou jídlo za potěšení příjemnou konverzací nebo poskytnutí nějaké služby → běžné postavy řecké komedie

maska parazita →

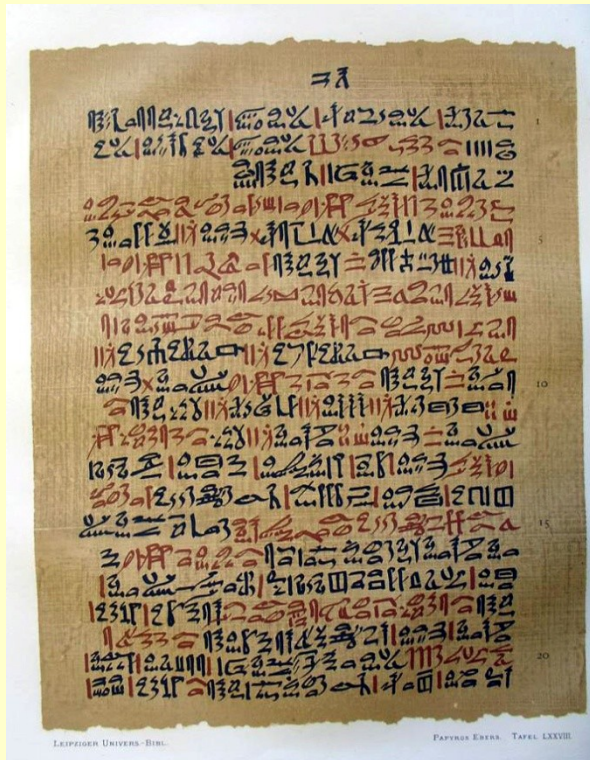


- o několik století později – termín v biologii označující život, který čerpá z životů jiných



Starověký Egypt

- **Škrkavky** – krvavé sputum, škrkavky ve stolici, migrace do dutiny ústní, nosní a ušní
- **Tasemnice** – články ve stolici
- **Krevničky (schistosomy)** – krvavá moč
- **Vlasovec medinský** – kožní léze s vyústěním uteru samičky



Ebersův papyrus (1500 př. n.l): německý egyptolog G.M. Ebers (1873)

Starověký Egypt

- přímé důkazy o parazitárních infekcích
- důkladná analýza vzorků parazitů získaných z mumií a jejich porovnání s „moderními“ představiteli motolic může přispět k odhalení těch částí jejich genetického kódu, jež podporují vznik a vývoj rakoviny.

Chrámová zpěvačka Asru (stáří: 2700 let) →

- střevní stěna - larvální stadia háděte střevního
- tkáň močového měchýře – vajíčka krevničky močové



← Mumie č. 1770: kalcifikovaný samec vlasovce lidského v břišní stěně



Aeskulapova hůl = hůl obtočená hadem nebo vlasovcem?



The Brazen Serpent:
Julius Schnorr von Carolsfeld (1851-60)



Persie (9 stol.n.l.) – lékaři vytahují vlasovce z nohou pacientů namotáváním na klacík.

Starověké Řecko

- **Boubele tasemnic (?)** – tvorové zapouzdření v cystách tvrdých jako kroupy (Aristoteles).

.....Renesance (14. – 17. stol.)

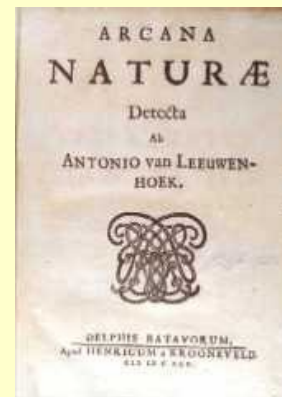
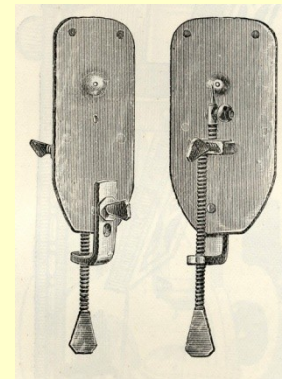
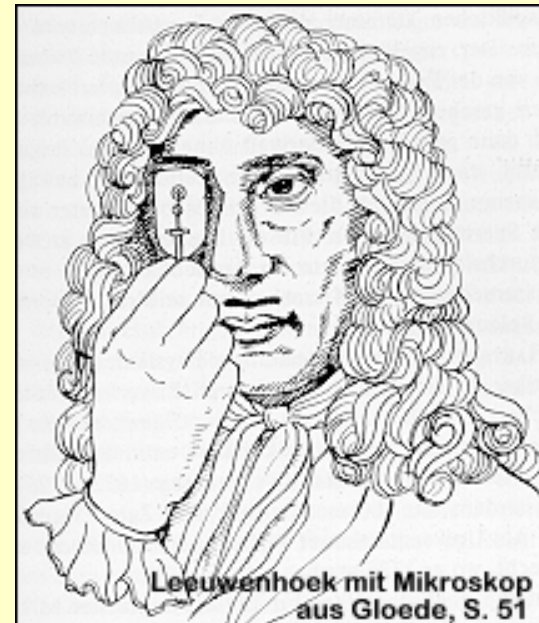
!Paraziti nezpůsobují nemoci, ale jsou produkty vlastního těla (paraziti = symptomy) :

- malárie – vdechování špatného vzduchu
- vlasovci (NE živý tvor) – shnilé nervy, natažené žíly, apod.
- škrkavky, tasemnice, motolice – samovolné vytváření v těle

60. léta 17. století

Antony van Leeuwenhoek (1632 - 1723)

→ jednoduchý mikroskop → pozorování „neviditelných“ parazitů (bakterie, prvoci – např. giardie), ...)



Francesco Redi (1626 - 1697)

- otec biologie
- svrab způsobují roztoči (zákožka svrabová)
- popsal více než 100 druhů cizopasníků
- zpochybnil myšlenku samoplození (roztoči kladou vajíčka z nichž se líhne nová generace a zavrhl tak mýtus neživé podstaty vzniku parazitů)

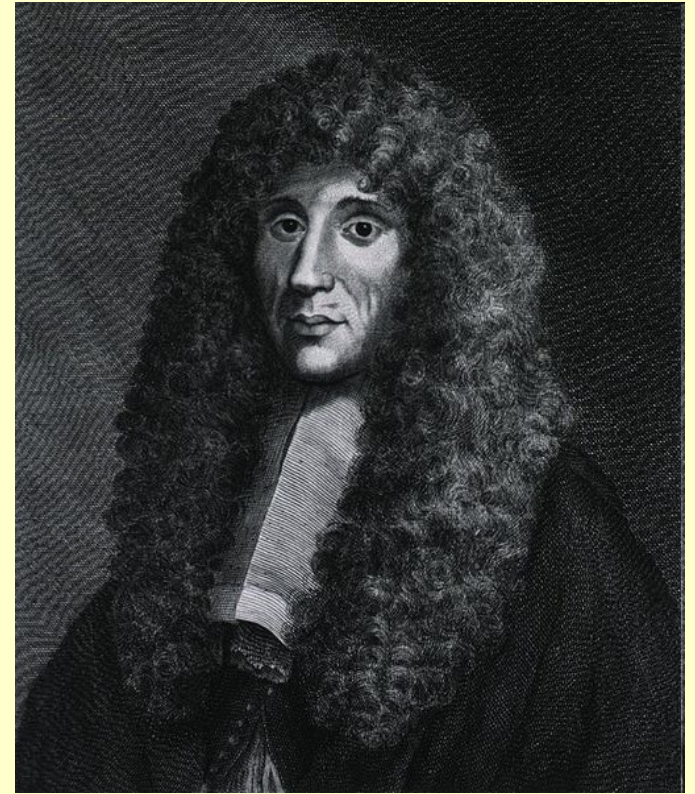
... 18. století

Teorie samoplození

- paraziti jsou spontánně tvořeni svými hostiteli a jsou pasivním příznakem nemoci
- chybí důkaz existence parazitů mimo tělo hostitele

19. století

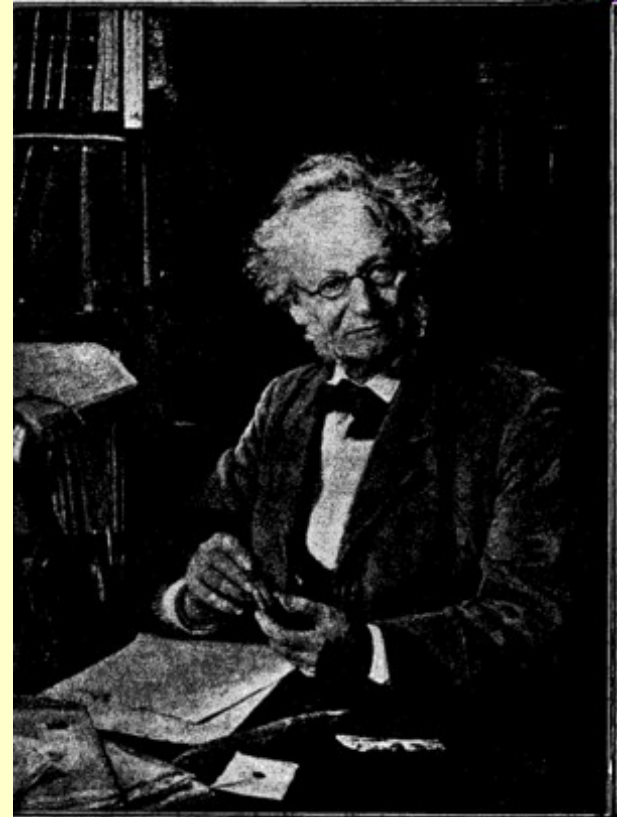
- vyvrácení myšlenky samoplození i u mikroorganismů (**Louis Pasteur**)
- velký pokrok v medicíně



30. léta 19. století

Japetus Steenstrup (1813 - 1897) : “Živočich plodí mladé, kteří jsou a zůstávají odlišní od svého rodiče, ale přivádí na svět novou generaci, která se sama nebo přes své potomky vrací do původní rodičovské formy“.

- motolice s chloupky (miracidium) - cercárie – královští žlutí červi (rédie) = různá životní stadia a generace jednoho jediného živočicha



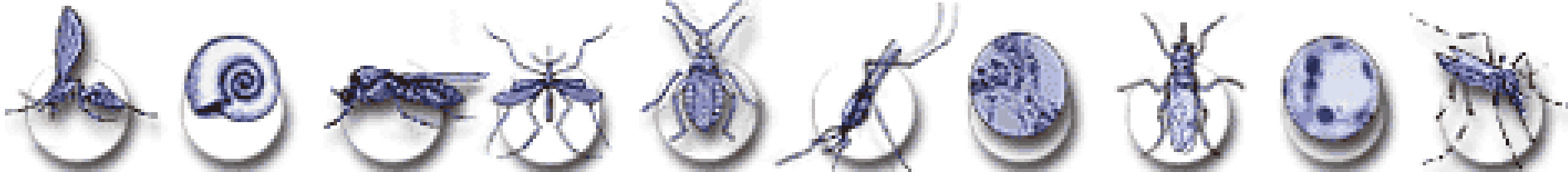
40. léta 19. století

Friedrich Küchenmeister (1821 – 1890): „Paraziti nevznikají samoplozením, ale přicházejí z jiného hostitele, přičemž nemusí vždy cestovat vnějším prostředím.“

- vyvrácení názoru, že boubele jsou zbloudilé zakrslé tasemnice
- pokusy na zvířatech a lidech (trestancích odsouzených k smrti)

Význam parazitů

(z hlediska lidského zdraví)



Leishmaniasis

Onchocerciasis

Chagas disease

Leprosy

Tuberculosis

Schistosomiasis

Lymphatic filariasis

Malaria

African trypanosomiasis

Dengue

RESEARCH AREAS

10 nejvýznamnějších infekčních onemocnění na světě



8 z nich je parazitárních nebo parazity přenášených

WHO



SZO

PŮVODCE ONEMOCNĚNÍ	NEMOC	Počet infikovaných	Počet úmrtí/rok
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Chagasova nemoc	8-16 milionů	20 000
africké trypanosomy	spavá nemoc (africká trypanosomóza)	300 tisíc	50 000
<i>Leishmania</i>	leishmaniózy	12 milionů	40 000
<i>Plasmodium</i>	malárie	500 milionů	1-3 miliony
<i>Schistosoma</i>	schistosomózy	200 milionů	11 000
<i>Onchocerca</i>	říční slepota (onchocerkóza)	18 milionů	nepřímá mortalita
<i>Wuchereria</i>	lymfatická filarióza	120 milionů	nepřímá mortalita
virus Dengue (Flaviviridae)	horečka dengue	50-100 milionů	až 5 000
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	tuberkulóza	1/3 lidí	2 000
<i>Mycobacterium leprae</i>	lepra	11 milionů	výjimečně

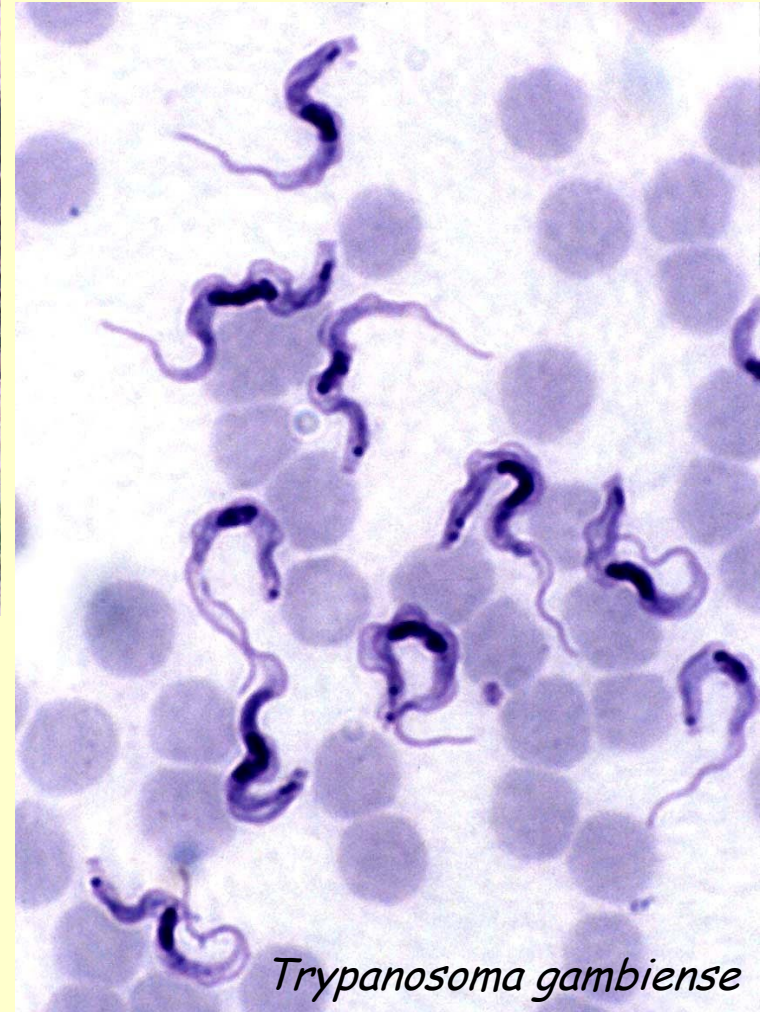
negativní ← vztahy mezi organismy → pozitivní

Typ vztahu	Zisk jednoho	Zisk druhého
PARAZITISMUS	+	-
PREDACE = dravý způsob života, loví kořist pro potravu	+	-
KOMPETICE = negativní vztah, čerpají ze stejných zdrojů	-	-
PROTOKOOPERACE = přechodné, vzájemně prospěšné soužití	+	+
MUTUALISMUS = vzájemně výhodné soužití dvou organismů, které jsou na sobě závislé	+	+
KOMENZALISMUS = neškodné příživnictví	+	0
AMENZALISMUS = jeden druh negativně ovlivňuje jedince druhého druhu	-	0
NEUTRALISMUS = vzájemně se neovlivňují	0	0

Jaký je rozdíl mezi predátorem a parazitem?



- parazit získává živiny z 1 nebo několika málo hostitelů (x predátor z mnoha)
- parazit obvykle škodí, ale nezabíjí okamžitě (x predátor zabíjí → sníží fitness na NULU)



Trypanosoma gambiense

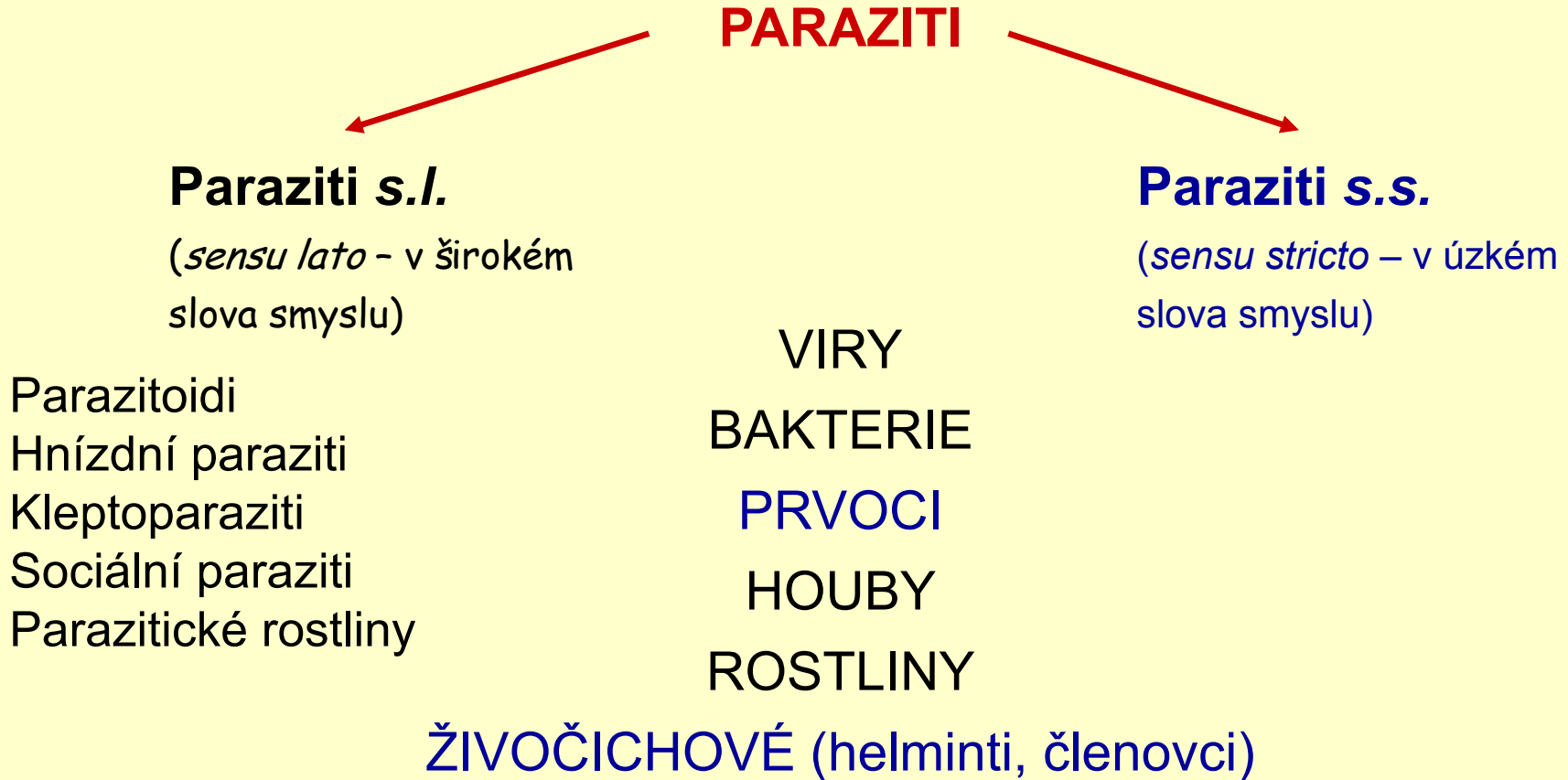
PARAZITISMUS = způsob soužití (koexistence) dvou (heterospecifických) organismů, z nichž jeden využívá druhého jako ZDROJ POTRAVY i jako své ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, přičemž má z této asociace užitek a hostitel škodu.

Parazit získává výhody na úkor hostitele nebo ho nějakým způsobem poškozuje → parazit je metabolicky závislý na svém hostiteli.

PARAZIT = organismus, který alespoň po část svého života (**životního cyklu**) využívá jiné organismy (**hostitele**) jako zdroj potravy i jako stálé nebo dočasné životní prostředí, a tím jim přímo nebo nepřímo škodí.

PARAZITI = ekologická skupina

→ společná vlastnost = žít na úkor ostatních



! 75% organismů na Zemi je parazitických ! → paraziti hlavní silou evoluce

Parazitoidi

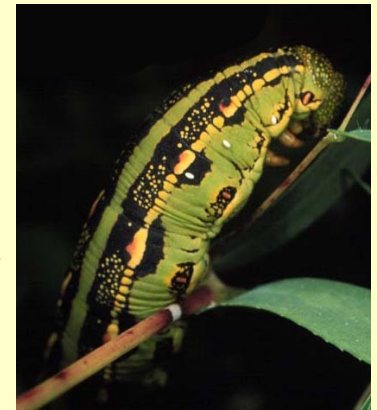
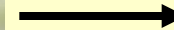
- svého HOSTITELE (různé druhy členovců = živé konzervy pro potomky parazitoidů) téměř vždy ZABÍJEJÍ
- parazitují jen larvální stadia, a to především na blanokřídlých (lumci, lumčící) a dvoukřídlých (tachiny)



Rhyssa persuasoria



Tachina fera



housenka lišaje s
vajíčky Tachinidae

- hostitelé: vývojová stadia hmyzu (housenky motýlů, larvy blanokřídlých) a bezobratlých

Hnízdní paraziti

- nepoškozují hostitele přímo, ale ohrožují jejich mláďata
- obligátní hnízdní paraziti (neznají rodičovskou péči vůbec, např. některé kukačky, vlhovci)
- fakultativní hnízdní paraziti (do cizích hnízd vajíčka snášejí příležitostně, např. kachny, snovači, vlaštovky)



- kukačka obecná (*Cuculus canorus*) snáší vejce do hnízd hmyzožravých pěvců (např. rákosník, pěnice, konipas)
- hnízda mravenců → více jak 5 000 druhů členovců (= myrmekofilní druhy; např. drabčící a larvy modrásků)

Kleptoparaziti (= zloději jídla)

- potravní parazitismus
- častý u ptáků (chaluhy, fregatky, orel bělohlavý...) → pronásledují ostatní ptáky (racek, rybák, kormorán) dokud nepustí svou kořist
- savci (hyeny, šakali → kradou kořist ostatním šelmám)
- hmyz („hovniválové“ si navzájem kradou kuličky trusu)



Stercorarius parasiticus



Crocuta crocuta



Scarabeus sp.

Sociální paraziti

- paraziti závislí na členech kolonie volně žijících druhů
- mravenci (Formicinae, Myrmicinae)



Temporální (dočasný) sociální parazitismus

- oplozená královna pronikne do hostitelské kolonie (původní královna je zabita) a produkuje vlastní potomky s přispěním péče hostitelských dělnic (mravenci rodu *Formica*)

Otrokářství (dulosis)

- otrokářské druhy využívají pro práci ve vlastní kolonii mravenčí dělnice volně žijících druhů (mravenci rodu *Polyergus*)

Permanentní (stálý) parazitismus bez dulosy (= inkvilinismus)

- parazitický druh hostitelskou královnu toleruje, protože při inkvilinismu nevytváří paraziti dělnickou kastu a dělníky nezískávají ani nájezdy do cizích hnízd

Parazitické rostliny

- vnikají do hostitele a napojují se na jeho cévní systém penetračními výběžky = HAUSTORIA (→ fyziologický a morfologický most mezi parazitem a hostitelem)
- asi 1% kvetoucích rostlin je parazitických

Holoparazit

Parazitické rostliny bez chlorofylu, jejich zásobování vodou, živinami a vázaným uhlíkem celkem závisí na jejich hostitelských rostlinách.



Raflézie (*Rafflesia arnoldii*)



Záraza (*Orobanche*)



Kokotice (*Cuscuta*)

X

Hemiparazit

Rostlina schopná fotosyntézy; čerpá minerální látky a vodu kořeny zapuštěnými do jiných rostlin.



Jmelí (*Viscum*)



Světlík (*Euphrasia*)

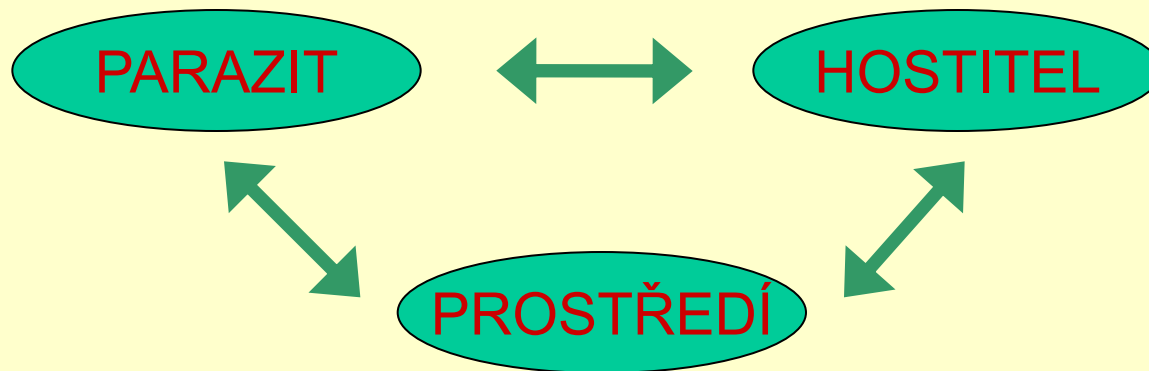


Kokrhel (*Rhinanthus*)

PARAZITOLOGIE = studium cizopasníků - parazita a jeho vztahů s hostitelem a prostředím (→ ekologická disciplína)

- interdisciplinární obor

- lékařsky a veterinárně důležitý obor + obor studující biologický fenomén (ekologické pojetí)



KLASIFIKACE PARAZITŮ

Podle lokalizace

- **Ektoparazit** - lokalizace na povrchu těla nebo povrchových orgánech hostitele (např. žábry ryb)
- **Endoparazit** – žije uvnitř těla hostitele
 1. Kožní a podkožní: larvy ptačích motolic v kůži, podkožní filariózy (*Onchocerca*)
 2. Krevní:
 - v plazmě (*Trypanosoma* spp., mikrofilárie, schistosomy)
 - v krvinkách (*Plasmodium* spp.)
 3. Tkáňoví (orgánoví, systémoví):
 - intracelulární (*Plasmodium* spp., *Leishmania* spp., mikrosporidie, kokcidie)
 - epicelulární (*Giardia intestinalis*, kryptosporidie)
 4. Střevní (intestinální): *Entamoeba histolytica*, Trematoda, Cestoda
 5. Kavitární (dutinoví): *Entamoeba gingivalis*, *Trichomonas vaginalis*

Ektopická (netypická) lokalizace – parazit při své migraci hostitelem mine cílový orgán a usadí se na atypickém místě (např. *Paragonomis westermani* – motolice plicní v mozku nebo játrech, *Fasciola hepatica* – motolice jaterní v mozku nebo v oku, apod.).

Podle časového úseku v životním cyklu kdy parazitují

Permanentní = parazitují po celou dobu své dospělosti (*Plasmodium* spp., *Trypanosoma* spp., helminti, ...)

Temporální (dočasný) = parazitují pouze občas, po určitou dobu se živí na svém hostiteli (klíšťata, komáři, *Argulus foliaceus*, ...)

Periodický parazitismus

- A. Stadijní
 - larvální (glochidia mlžů, larvy dipter – myiasis)
 - imaginální (komáři, muchničky)
- B. Generační - *Strongyloides stercoralis*, *Rhabdias bufonis*

Podle typu životního cyklu

Monoxenní = s účastí jednoho hostitele (Monogenea, *Enterobius vermicularis*, *Giardia*)

Heteroxenní = s účastí více hostitelů (motolice, *Toxoplasma gondii*, ...)

Podle způsobu výživy

Stenofágní (monofágní) = živí se na jednom druhu hostitele, úzký okruh (zpravidla jen 1) hostitelů (monogenea).

Euryfágní (polyfágní) = živí se na více druzích hostitelů, široké spektrum hostitelů (*Toxoplasma gondii*, *Trichinella spiralis*, ...)

Specifičnost cizopasníka = schopnost vyskytovat se na/v jednom nebo více druzích hostitelů (spektrum hostitelů), ať již na úrovni definitivního hostitele nebo mezihostitele.

Podle vazby na hostitele

OBLIGÁTNÍ parazit – bezpodmínečně musí část svého života (životního cyklu) žít paraziticky, aby mohl ukončit svůj vývoj (většina helmintů).

FAKULTATIVNÍ (příležitostní) parazit – volně žijící živočichové, kteří mohou za určitých podmínek (např. oslabení hostitele) přejít k parazitickému způsobu života (např. volně žijící hlístice rodu *Micronema*)

NÁHODNÝ parazit – parazit, který napadne živočicha, jenž není jeho normálním hostitelem, může se však postupně na tohoto hostitele adaptovat (např. vlasovka husí parazitující v žaludku hus - v žaludku hrdličky)

HYPERPARAZIT- cizopasí u jiného druhu parazita (např. rod *Udonella* na parazitických korýších)

Diverzita cizopasníků

- **Mikroparazit**

- množí se v hostiteli (zmnožuje svůj počet)
- úmrtnost hostitele nezávisí na intenzitě nákazy

- **Makroparazit**

- v hostiteli produkuje potomstvo, které infikuje dalšího hostitele (např. po vyloučení do vnějšího prostředí)
- úmrtnost hostitele závisí na intenzitě nákazy

- **Hyperparazit**

- cizopasí u jiného druhu parazita (mikrosporidie v člancích tasemnic nebo u motolic)

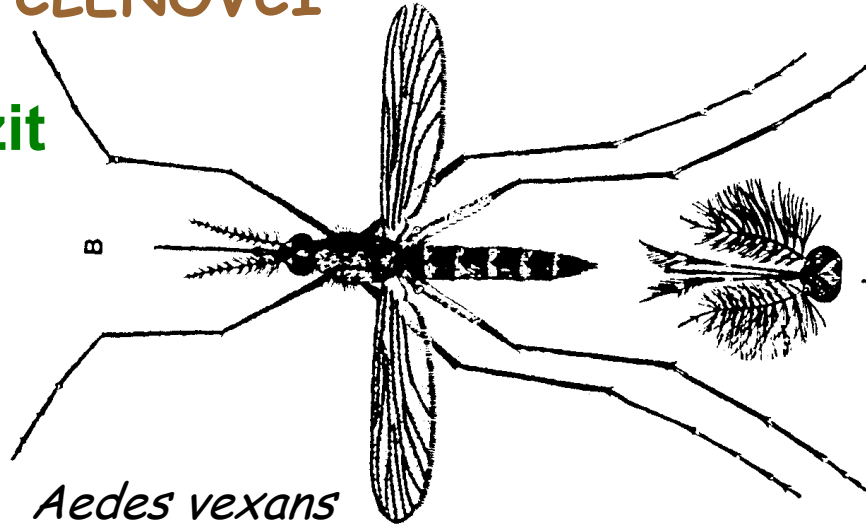
DIVERZITA PARAZITŮ

vícehostitelský

ČLENOVCI

ektoparazit

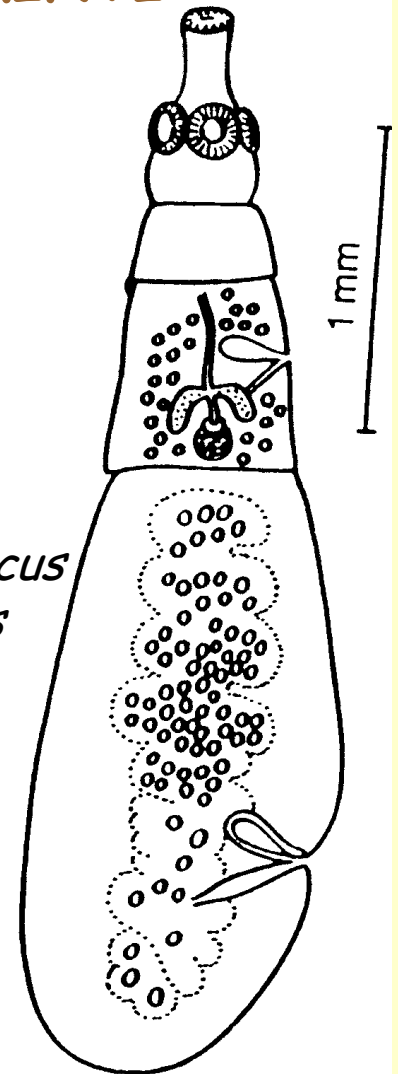
vektor



Aedes vexans

HELMINTI

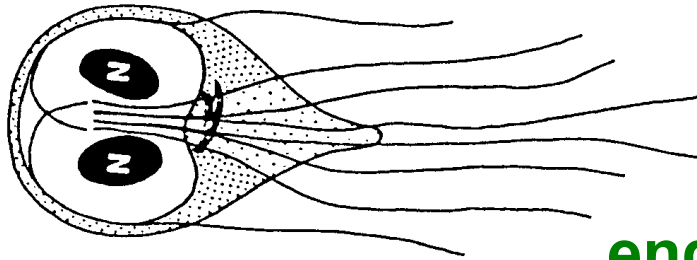
Echinococcus granulosus



jednohostitelský

Giardia intestinalis

PRVOCI



endoparazit

mikroparazit

makroparazit

PARAZITISMUS = způsob soužití (koexistence) dvou (heterospecifických) organismů, z nichž jeden využívá druhého jako ZDROJ POTRAVY i jako své ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, přičemž má z této asociace užitek a hostitel škodu.

Parazit získává výhody na úkor hostitele nebo ho nějakým způsobem poškozuje → parazit je metabolicky závislý na svém hostiteli.

PARAZIT = organismus, který alespoň po část svého života (**životního cyklu**) využívá jiné organismy (**hostitele**) jako zdroj potravy i jako stálé nebo dočasné životní prostředí, a tím jim přímo nebo nepřímo škodí.

Tři ekosystémy Země

A. Suchozemský



B. Vodní (slano x sladko-vodní)



C. Ekosystém hostitele

Prostředí parazitů

Organismus hostitele = prostředí 1. řádu

Faktory - druh hostitele, stáří, velikost, pohlaví, hormon. aktivita, fyz. stav, imunitní odpověď, rezistence, atd.

Prostředí hostitele = prostředí 2. řádu

Faktory - teplota, fotoperioda, salinita, pH, proudění, atd.



Vliv na životní cyklus parazita

HOSTITEL

JANZEN (1968): **Hostitelé jsou ostrovy kolonizovány parazity**

- prostředí hostitele – stabilní a uniformní (→ výhoda), obtížná dostupnost a obrana hostitele (→ nevýhoda)
- interakce mezi hostitelem, parazitem a jednotlivými parazity (např. vrtejší dokáží ze střev hostitele vystrnadit tasemnici, echinostomní redie x sporocysty schistosom, ...)

Typy hostitelů:

1. Definitivní
2. Mezihostitel
3. Paratenický
4. Rezervoárový
5. Náhodný

Typy hostitelů

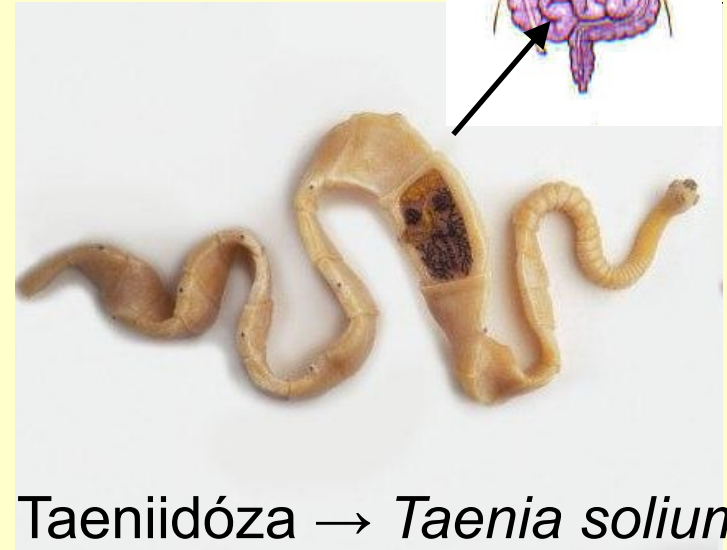
– dle úlohy, kterou z hlediska ŽC daného cizopasníka hrají:

1. Definitivní hostitel (definitive, final host) = hostitel, v němž parazit **POHLAVNĚ DOSPÍVÁ** a produkuje vajíčka nebo larvy

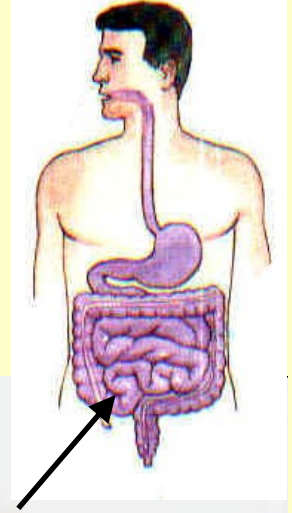
Př. Člověk jako DH: *Schistosoma*, *Ascaris*, *Taenia*



Ascarióza →
Ascaris lumbricoides



Taeniidóza → *Taenia solium*



Schistosomóza → *Schistosoma mansoni*

Typy hostitelů

– dle úlohy, kterou z hlediska ŽC daného cizopasníka hrají:

2. Mezihostitel (intermediate host) = hostitel (často bezobratlý, obratlovec), který je **NEZBYTNÝ PRO VÝVOJ** larválních stadií parazita → parazit se zde vyvíjí do stadia invazního pro dalšího MH nebo pro DH

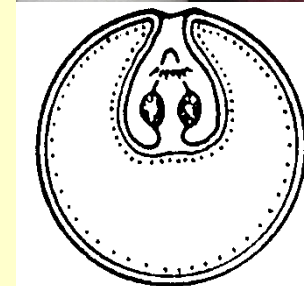
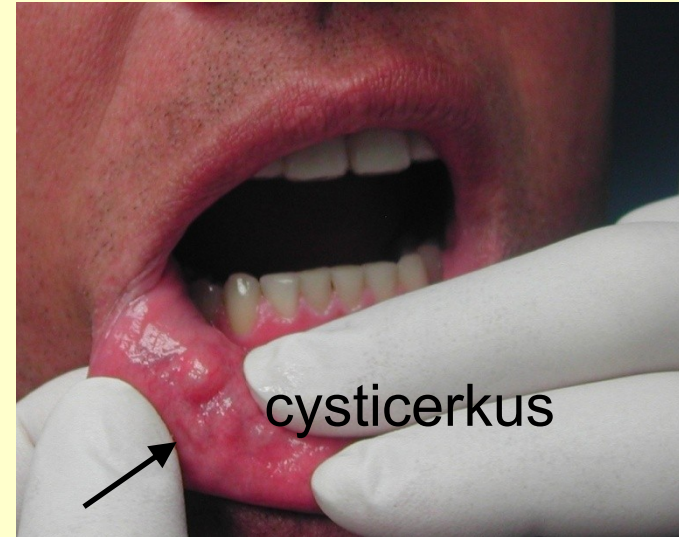
Pr. Člověk jako MH: *Echinococcus*, *Taenia*



Echinokokóza, hydatidóza
(*Echinococcus granulosus*)



hydatida



cysticerkus

Cysticerkóza
(*Taenia solium*)

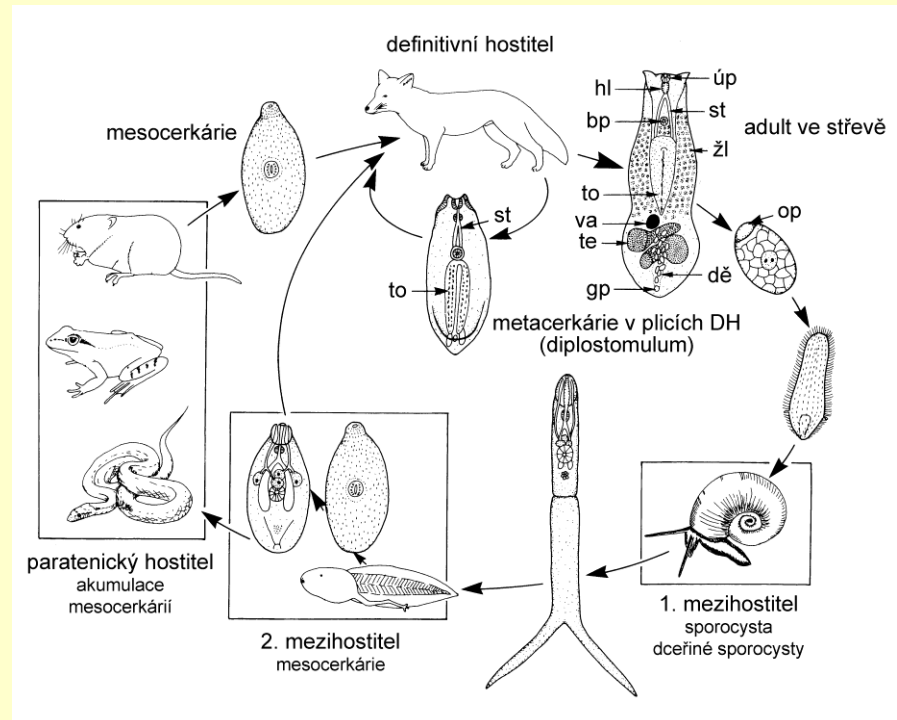
Typy hostitelů

– dle úlohy, kterou z hlediska ŽC daného cizopasníka hrají:

3. Paratenický hostitel (paratenic nebo transport host) = parazit se v tomto hostiteli **NEVYVÍJÍ**, ale je schopen přežít a udržet si svou **INVAZESCHOPNOST** (tj. schopnost nákazy DH nebo MH). Účast PH není nezbytná pro dokončení VC parazita, ale v přirozených podmínkách PH představuje **VÝZNAMNÝ ZDROJ NÁKAZY** pro DH (→ překonání „ekologické mezery“ mezi MH a DH)

Př. Motolice č. Strigeidae

Alaria canis

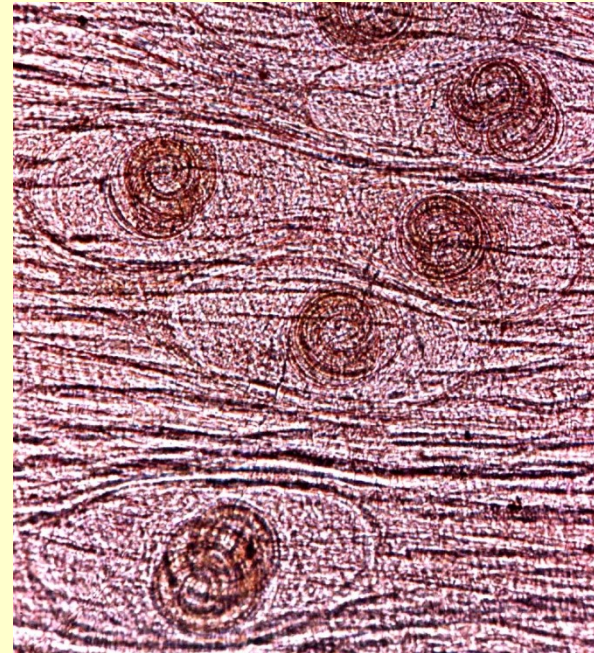
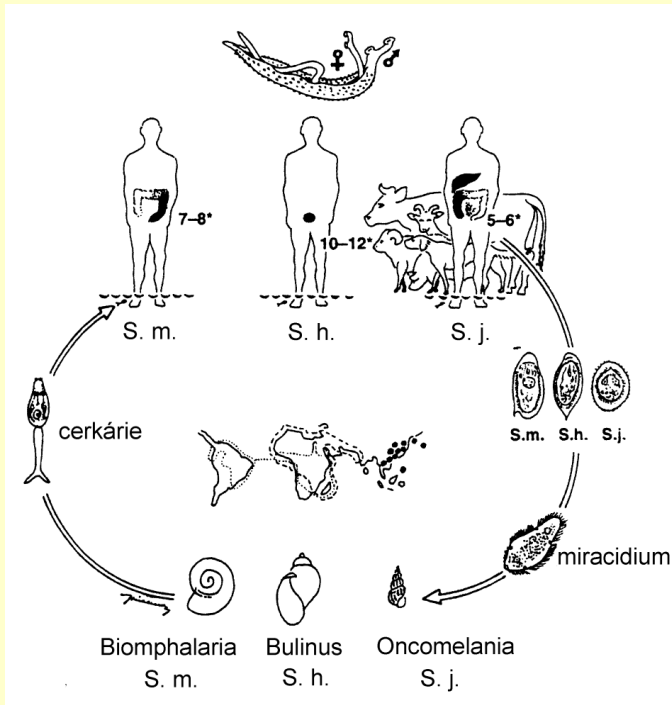


Typy hostitelů

– dle úlohy, kterou z hlediska ŽC daného cizopasníka hrají:

4. Rezervoárový hostitel (reservoir host) = hostitel, který představuje **ZDROJ NÁKAZY** parazitem pro ekosystém a který umožňuje cizopasníkovi přežít i v podmínkách bez jiných vhodných hostitelů

- Př.** *Schistosoma japonicum*: RH = volně žijící živočichové
Trichinella: RH = potkani, šelmy



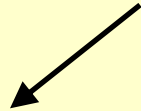
Trichinella spiralis ve svalovině (!DH = MH)

Typy hostitelů

– dle úlohy, kterou z hlediska ŽC daného cizopasníka hrají:

5. Náhodný hostitel (accidental host) = parazit dlouho **NEPŘEŽÍVÁ** a **NEVYVÍJÍ** se!!! Atypická migrace parazitů v NH → pro hostitele silně patogenní.

● Př. „*larva migrans*“ škrkavek rodu *Toxocara* nebo čeled' Anisakidae

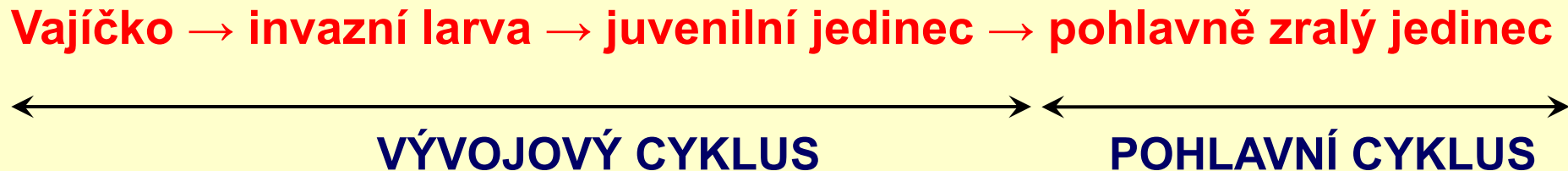


Životní cykly parazitů

- velmi **složitě** → náročné vysledování (zmatky)
 - ↳ střídání hostitelů + změna podoby
- objasnění životních cyklů → efektivní boj s nebezpečnými patogeny

Životní cyklus: zahrnuje všechny jevy probíhající v komplexu

Parazit – Hostitel – Prostředí od vzniku vajíčka v mateřském jedinci do smrti z tohoto vajíčka vzniklého potomstva, včetně všech vývojových stadií dceřiných jedinců morfologicky nestejnorodých s jedincem mateřským.



Dva klíčové momenty v životě každého parazita:

1. schopnost překonat obranu hostitele
2. zajistit přenos potomků do nových hostitelů

Kolonizace nových území (= hostitelů) → pro parazita náročný úkol → produkce velkého množství potomků.

Přenos a šíření cizopasníků:

Horizontálně

= mezi členy téže populace

1) přímý (*Trichomonas vaginalis*, *Sarcoptes hominis*, *Schistosoma* spp.)

2) nepřímý (pomocí vektoru nebo mezihostitele): *Cestoda*, *Trematoda*, *Plasmodium* spp., aj.)

Vertikálně

= mezi rodiči a potomky

(toxoplazmóza, toxokaróza, HIV,...)

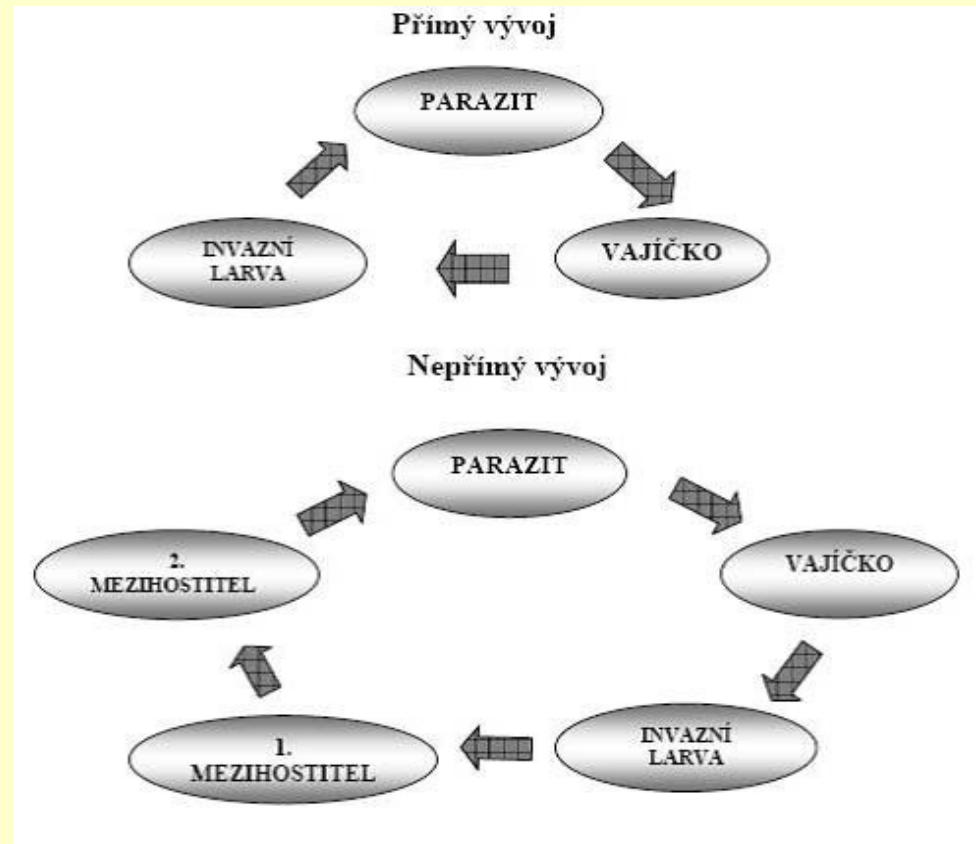
A. Přenos v generační linii (vertikální přenos)

- parazit hostitele neopouští v žádné fázi ŽC, nevytváří žádná odolná stadia, přenos pouze při tvorbě potomstva hostitele (viry, bakterie, prvoci – olizování u býložravců, atd.)

Typy vývojových cyklů (horizontální přenos):

B. Jednohostitelský (přímý)

C. Vícehostitelský (nepřímý)



PŘÍMÝ VÝVOJOVÝ CYKLUS (= monoxenní) → GEOHELMINTI

→ bez účasti mezihostitele

→ larvální stadium napadá přímo DH (někdy bez opuštění hostitele - *Trichinella*)

Výhody: rychlá reprodukce (střídání generací)

Nevýhody: omezené mechanismy snižující riziko spojené s vlivem vnějšího prostředí (eliminace larválních stadií), omezení možnosti mnohonásobného množení v MH

- r-stratégové, rychlá reprodukce + vysoká početnost → závažná onemocnění (!!! velkochovy)

- Monogenea, velká část hlístic (Nematoda)

Přímý vývojový cyklus – PŘENOS

Bez odolných stadií:

1. Parazit přežije, přeletí nebo přeplave z hostitele na hostitele - ektoparaziti (vši, blechy, zákožka, komáři, kapřivci, monogenea, atd.).
2. Potomstvo parazita aktivně proniká do hostitele z vnějšího prostředí (měchovci, háďata, atd.)
3. Parazit je „předán“ při pohlavním styku (*Trichomonas vaginalis*, virus HIV, atd.).

S odolnými stadii:

Parazit produkuje odolná stadia (vajíčka, cysty, spóry), která jsou ve vnějším prostředí schopná delší dobu přetrvávat.

- přenos: vdechnutím, kontaminovaným jídlem nebo vodou (škrkavky, roupi, kokcidie, měňavky)

Jednohostitelský ŽC

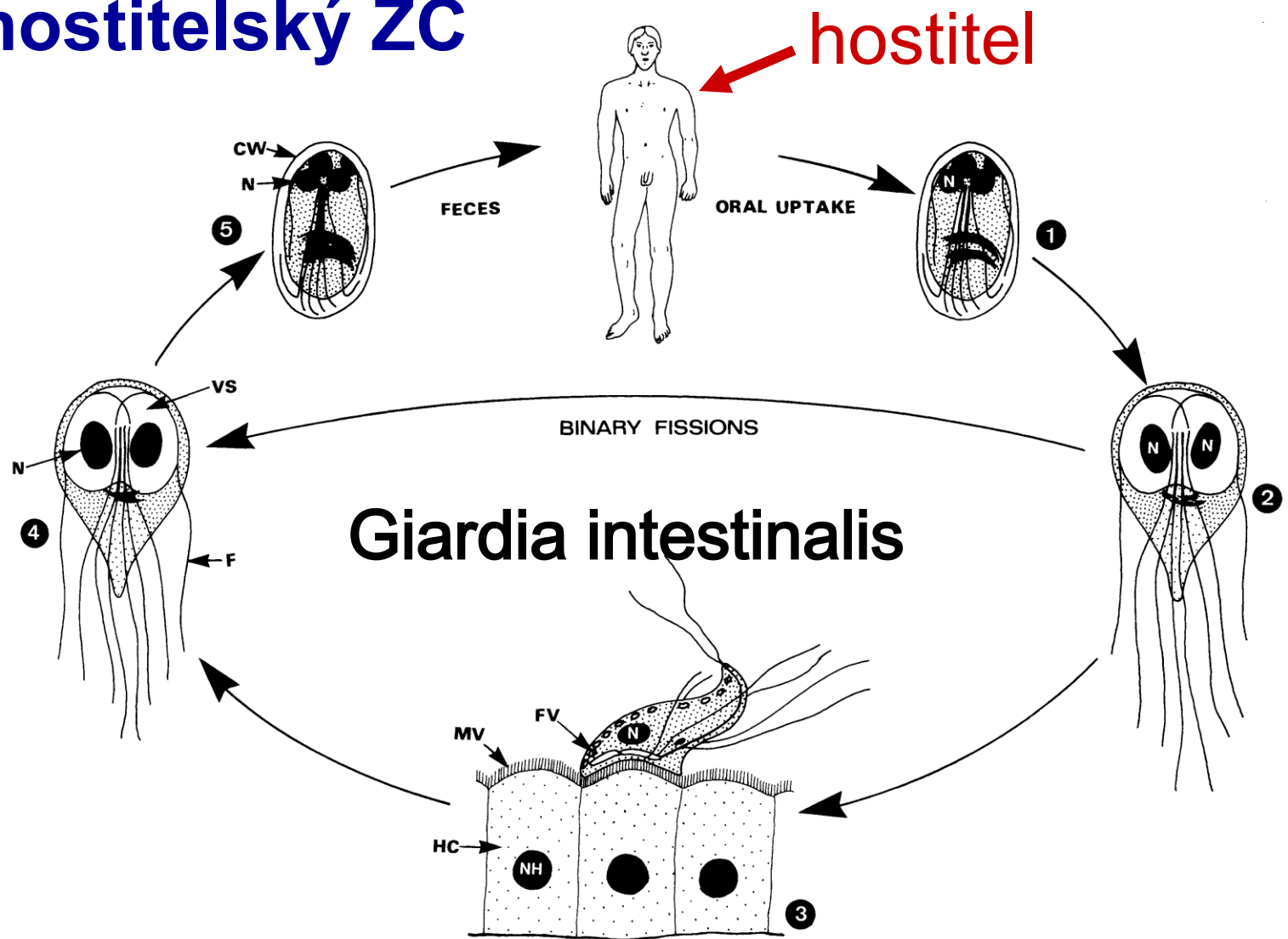


Fig. 1. Life cycle of *Giardia lamblia* (for other species → Diplomonadida/Table 1). 1 Oral uptake of cysts after fecal contamination of food. 2 Trophozoites excyst in small intestine and may divide by binary fission. 3 Trophozoites are attached to the surface of intestinal villi; pinocytosis occurs at their dorsal side (FV). 4, 5 Free trophozoites encyst in the intestine and are passed in feces. CW, cyst wall; F, flagellum (4 pairs); FV, food vacuoles; HC, host cell; MV, microvilli of host cell; N, nucleus; NH, nucleus of host cell; VS ventral → sucker

NEPŘÍMÝ VÝVOJOVÝ CYKLUS (= heteroxenní) → BIOHELMINTI

- pasivní přenos pomocí potravy nebo vody není příliš pravděpodobný
- nezbytná účast alespoň jednoho mezipostitele → STRÍDÁNÍ HOSTITELŮ

Výhody: vysoká produkce infekčních stadií – množení ve 2 fázích vývoje (tj. i na úrovni larválních stadií – larvální stadia motolic v měkkýších) + možnost dlouhodobého přežívání larev v MH

Nevýhody: pomalá reprodukce, malá pravděpodobnost završení celého cyklu vzhledem k jeho složitosti

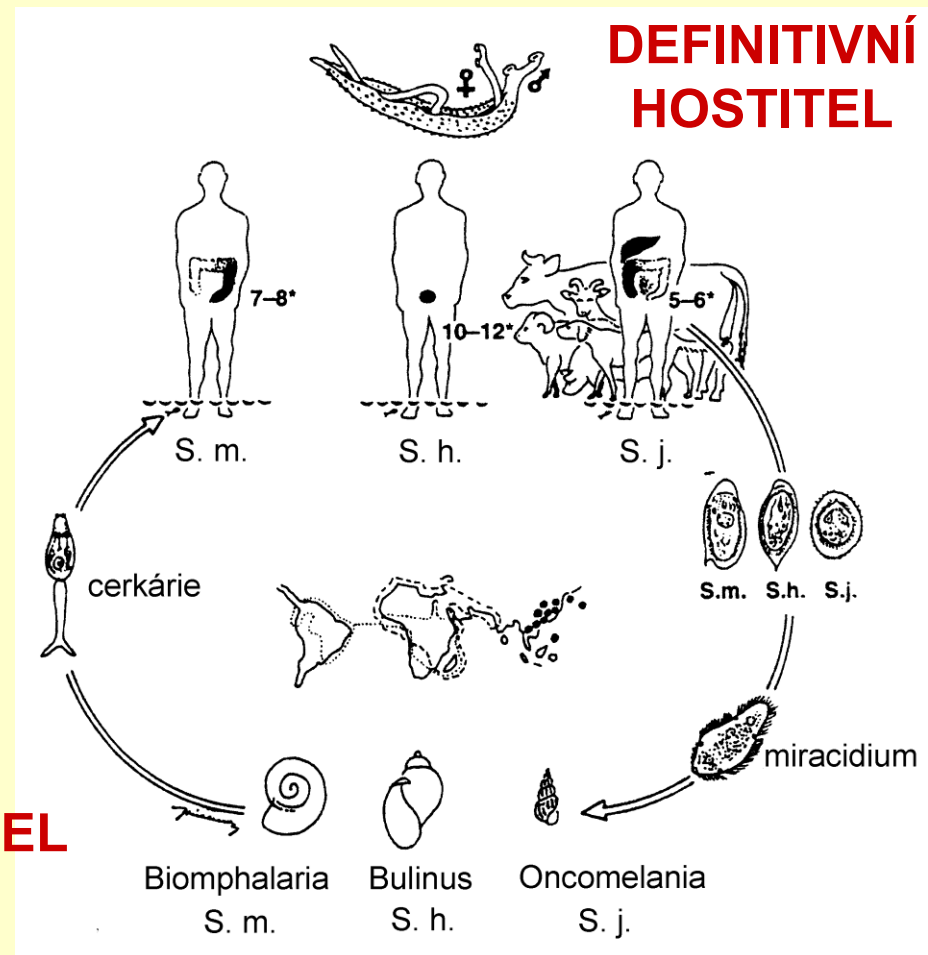
- K-stratégové
- téměř všechny motolice, tasemnice, vrtejší

Nepřímý vývojový cyklus – PŘENOS

1. Přenos se děje na základě vztahu KOŘIST (= mezihostitel) – LOVEC (= definitivní hostitel)
(= definitivní hostitel)
 - tasemnice, vrtejši, hlístice, motolice, kokcidie
2. Aktivní průnik - schistosomy

***Schistosoma mansoni*,
S. haematobium, *S. japonicum***

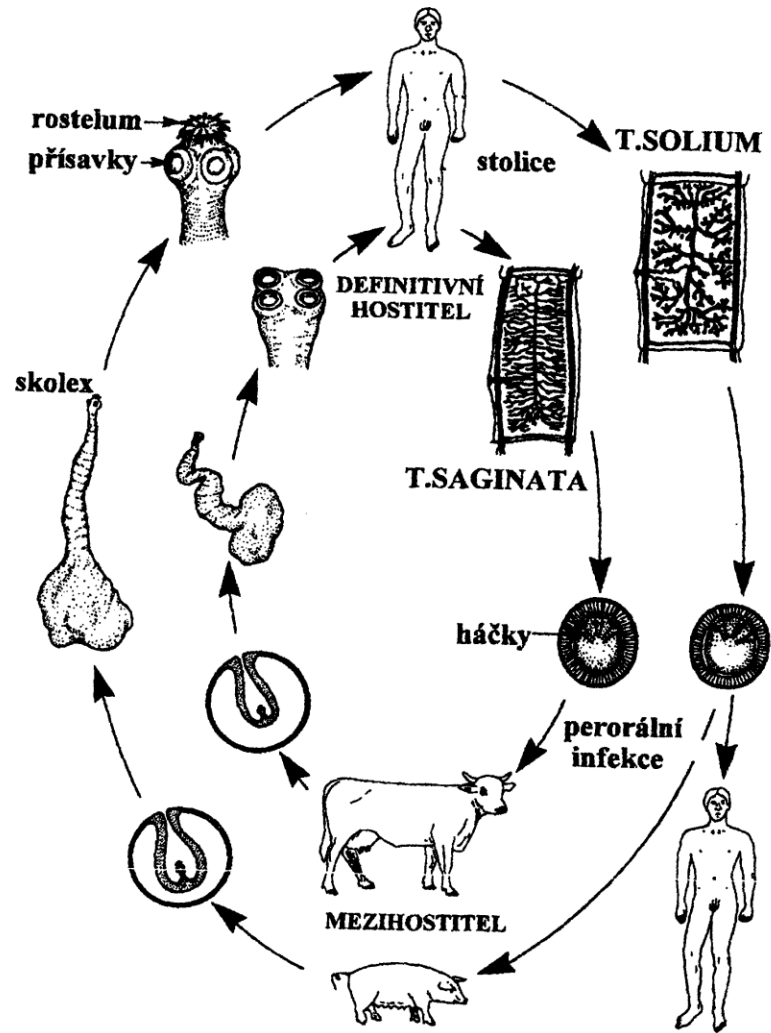
MEZIHOSTITEL



Dvouhostitelský ŽC

**DEFINITIVNÍ
HOSTITEL**

Taenia solium
a *T. saginata*



Obr. 62. Životní cyklus dvouhostitelský

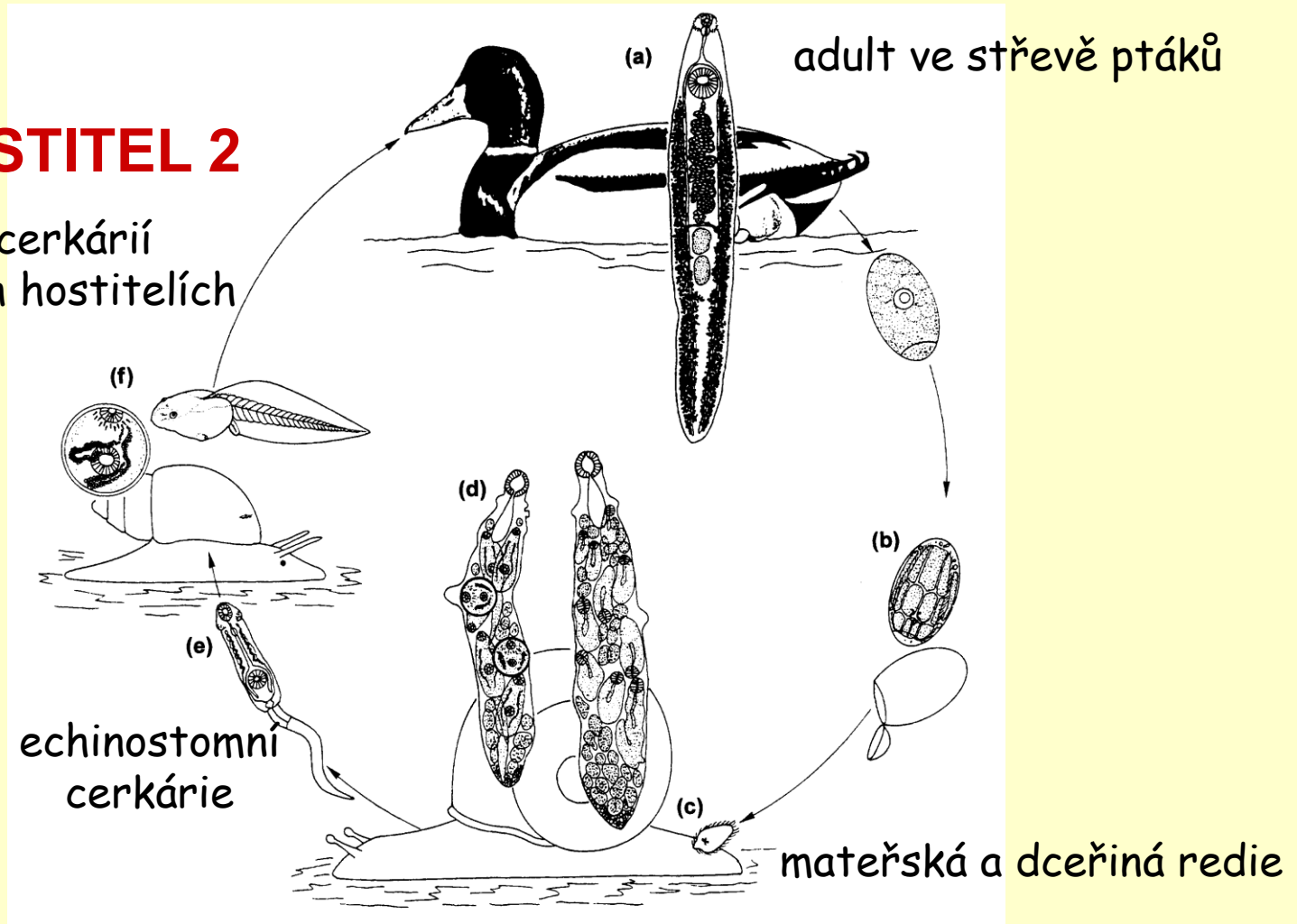
MEZIHOSTITEL

Tříhostitelský ŽC

DEFINITIVNÍ HOSTITEL

MEZIHOSTITEL 2

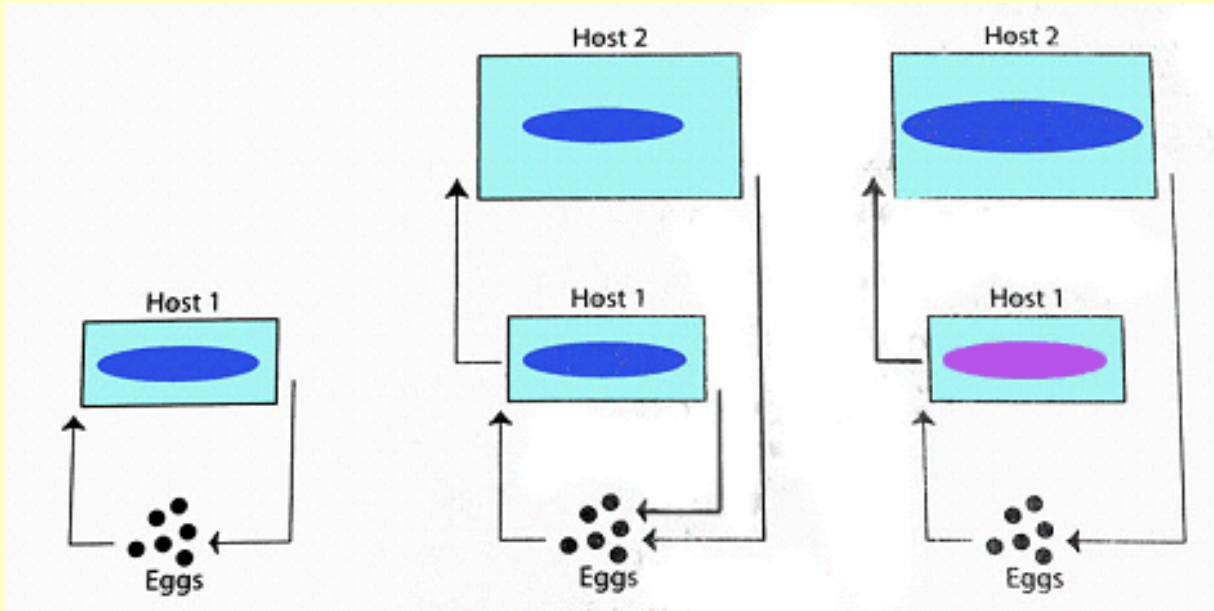
encystace cercárií
v transportních hostitelích



MEZIHOSTITEL 1

Echinoparyphium recurvatum

Přidávání dalších hostitelů do vývojového cyklu



směr evoluce

Původně jediný hostitel je často požírán (i se svým parazitem) nějakým druhem predátora, takže ten se tak stane nejprve fakultativním, později už obligátním hostitelem parazita. Reprodukce parazita se nakonec soustředí pouze do nově získaného hostitele.

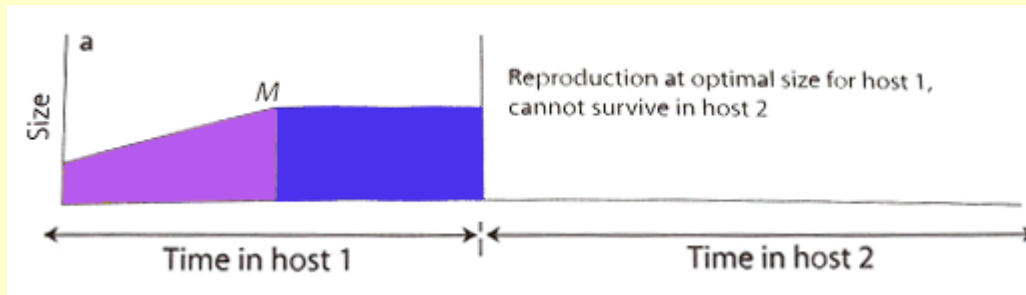
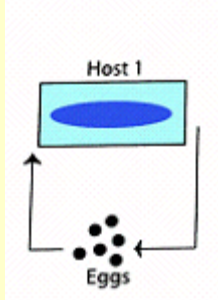


nedospělí parazité
v mezihostitelích

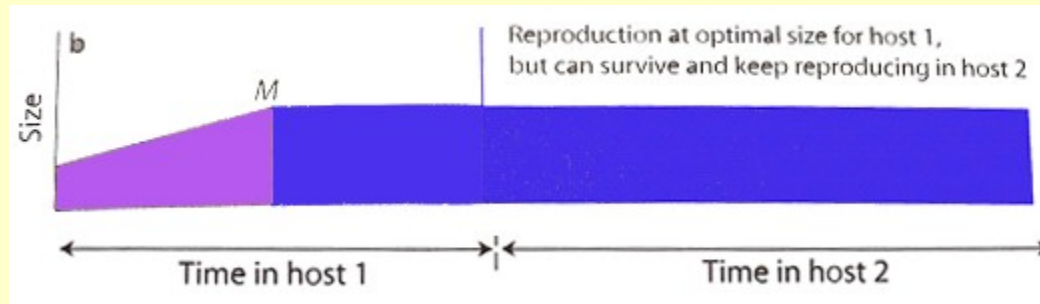
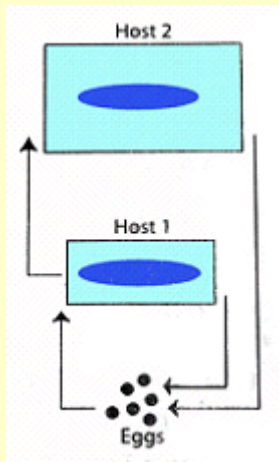


dospělí parazité
v konečném hostiteli

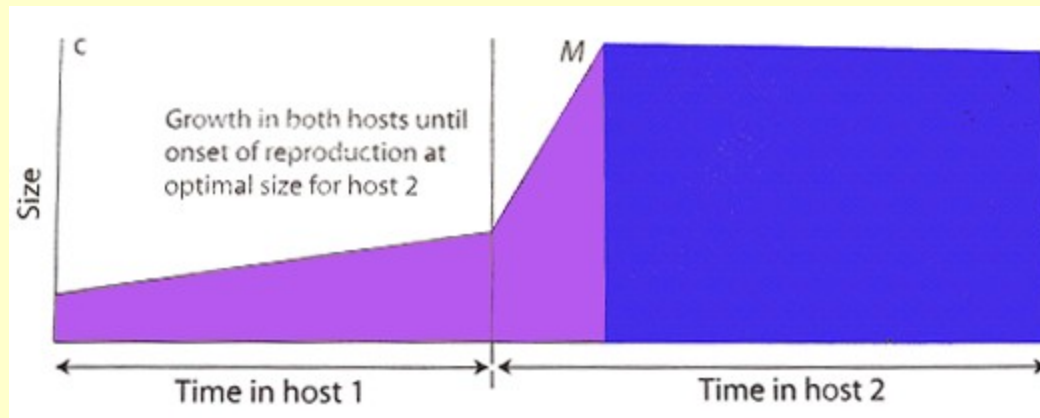
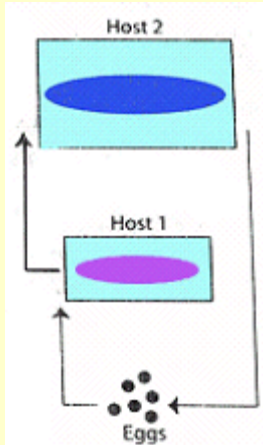
Zisky z nových hostitelů: delší reprodukce, větší velikost těla



růst a rozmnožování
v jednom hostiteli



rozmnožování
pokračuje i v druhém
hostiteli



růst pokračuje i v
druhém hostiteli

K čemu slouží nový mezihostitel?

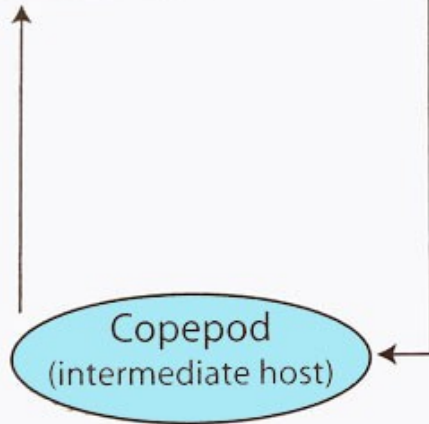
Případ dvou příbuzných tasemnic, *Bothriocephalus barbatus* a *B. gregarius*



Bothriocephalus barbatus

Prevalence = 36%

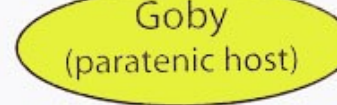
Abundance = 0.6



Bothriocephalus gregarius

Prevalence = 79%

Abundance = 49



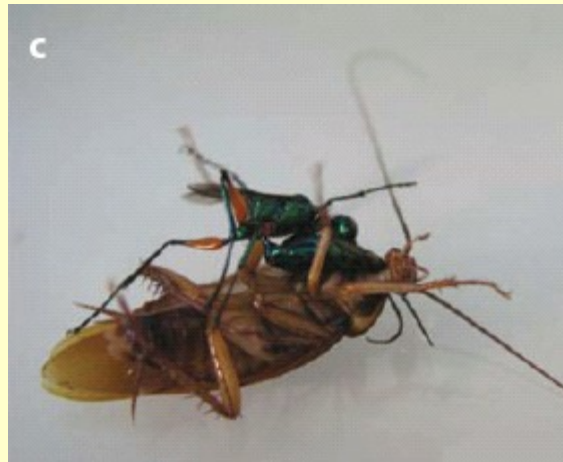
B. barbatus parazituje na platýzovi, mezihostitelem je buchanka. *B. gregarius* může včlenit ještě rybu hlaváče (Gobiidae) jako nepovinného tzv. paratenického mezihostitele, v němž se parazit namnoží a potom tedy intenzivněji parazituje konečného hostitele.

Funguje to? Ve Středozemním moři je 36% platýzů napadeno tasemnicí *B. barbatus* zatímco plných 79% je napadeno tasemnicí *B. gregarius*

Jak parazité manipulují své hostitele



Mravenec (*Camponotus*) napadený houbou (*Cordyceps unilateralis*) se před smrtí zakousne do rostliny, což umožňuje následné šíření spor houby větrem



Šváb (*Periplaneta americana*) je paralyzován vosičkou (*Ampulex compressa*) aby mohl sloužit jako živá zásobárna potravy pro její larvy



Cvrček (*Nemobius sylvestris*) se vrhne do vody, aby se z něj mohl vylíhnout parazitický strunatec (*Tellinii spinochordodes*)

Examples of fatal interactions between parasites and their insect hosts. (a) The *Camponotus* ant, is locked onto a leafstalk, with *Hirsutiella*, the anamorph of *Cordyceps unilateralis*, emerging from the (courtesy and copyright of L. Gilbert). (b) The hairworm *Tellinii spinochordodes* emerging from a *Nemobius sylvestris*, after inducing suicidal behavior in the host (courtesy and copyright of E. Thor). (c) A cockroach *Periplaneta americana* stung in the brain by *Ampulex compressa* (courtesy and copyright

Manipulation of Host Behavior by Parasitic Insects and Insect Parasites

Frederic Libersat, Antonia Delago, and Ram Gal

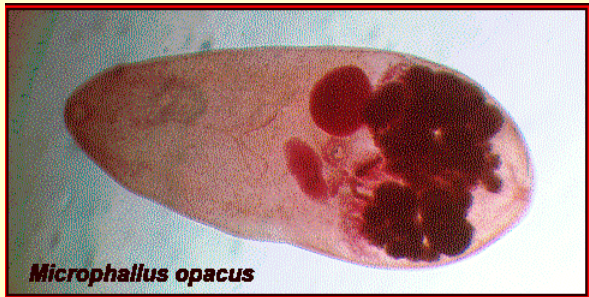
Annual Review of Entomology, Annu. Rev. Entomol., ento, 2009, 54 (189-207 • DOI: 10.1146/annurev.ento.54.110807.090556

Jak parazité manipulují své hostitele

Larvy (metacerkárie) motolice *Microphallus papillorobustus* encystují v hlavové nervové uzlině a v abdomenu svého mezihostitele, korýše *Gammarus insensibilis*. Metacerkárie v hlavě vyvolávají u hostitele pozitivní fototaxii, takže korýši plavou k hladině, kde jsou vystaveni většímu riziku, že je snědí vodní ptáci, a ti jsou také konečnými hostiteli motolice. Metacerkárie v hlavě jsou intenzivně atakovány hostitelem a v 17% zapouzdřeni a tím zabiti, zatímco metacerkárie v abdomenu jen z 1%. Další 3 druhy motolic r. *Microphallus* jež hostitele nemanipulují a usazují se v abdomenu rovněž nejsou hostitelem atakovány.

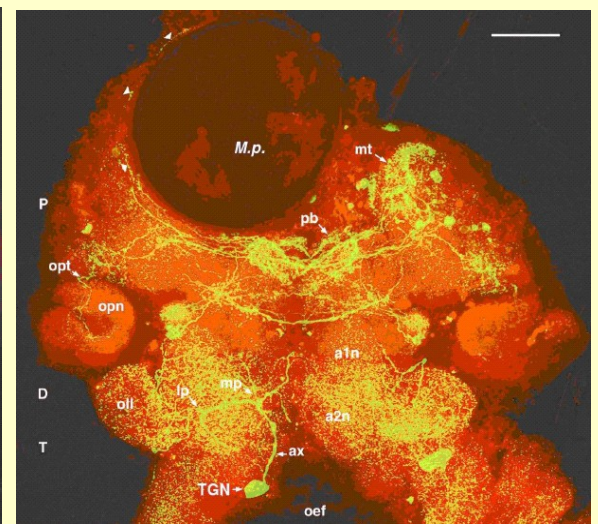
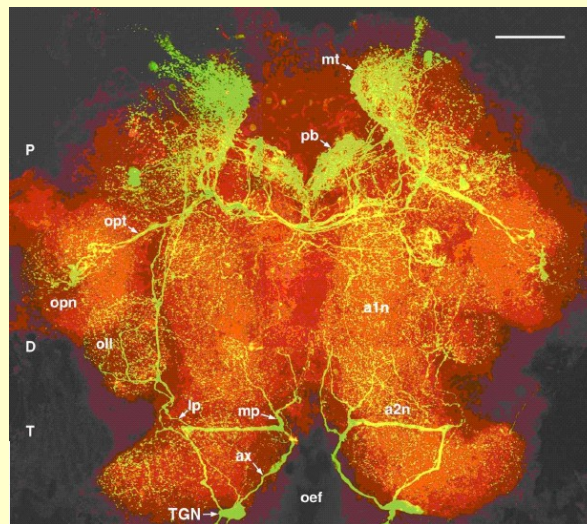


Gammarus insensibilis



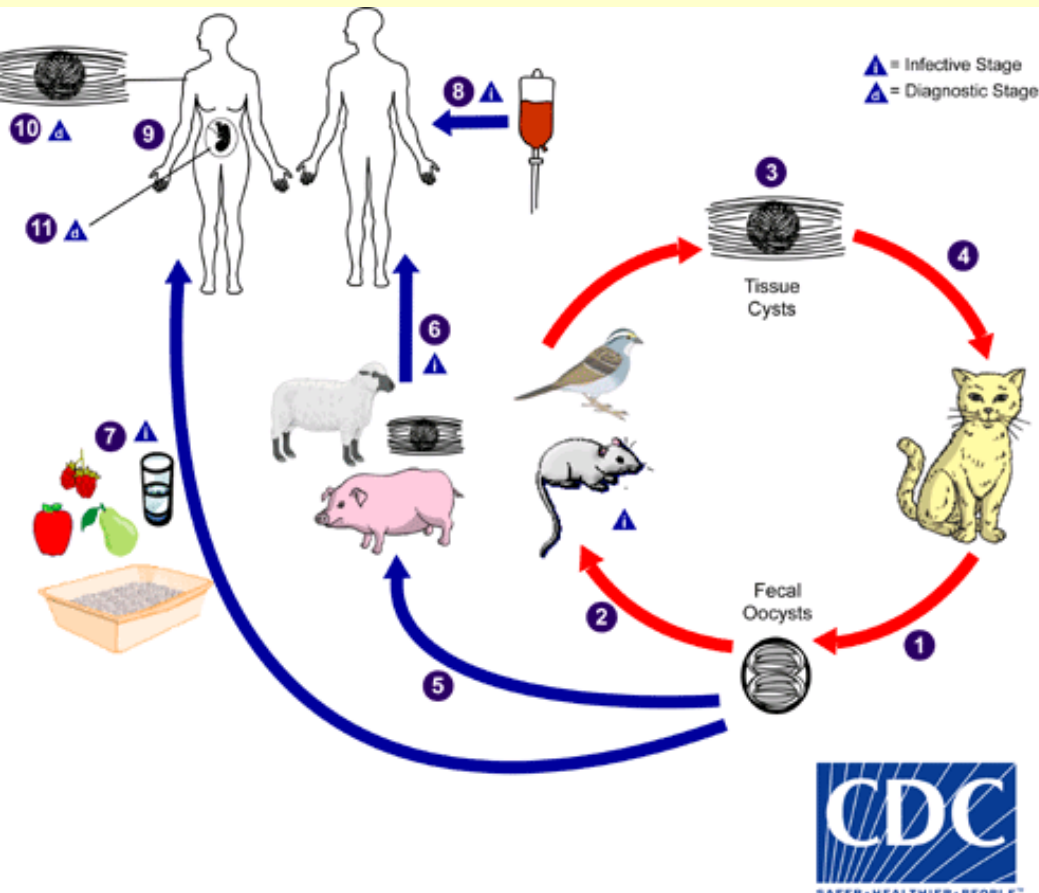
Microphallus opacus

Motolice r. *Microphallus*

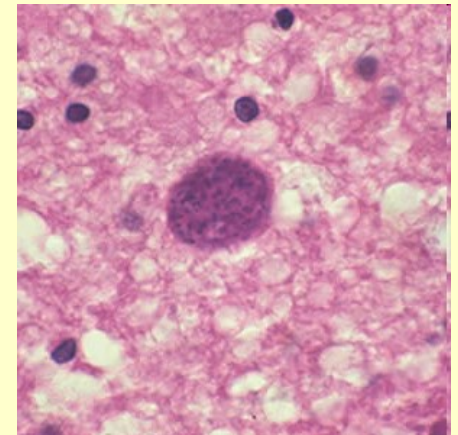


Zdravý mozek korýše *Gammarus insensibilis* (vlevo)
a cysta motolice *Microphallus papillorobustus* (vpravo)

Toxoplazmóza: člověk není cílovým hostitelem



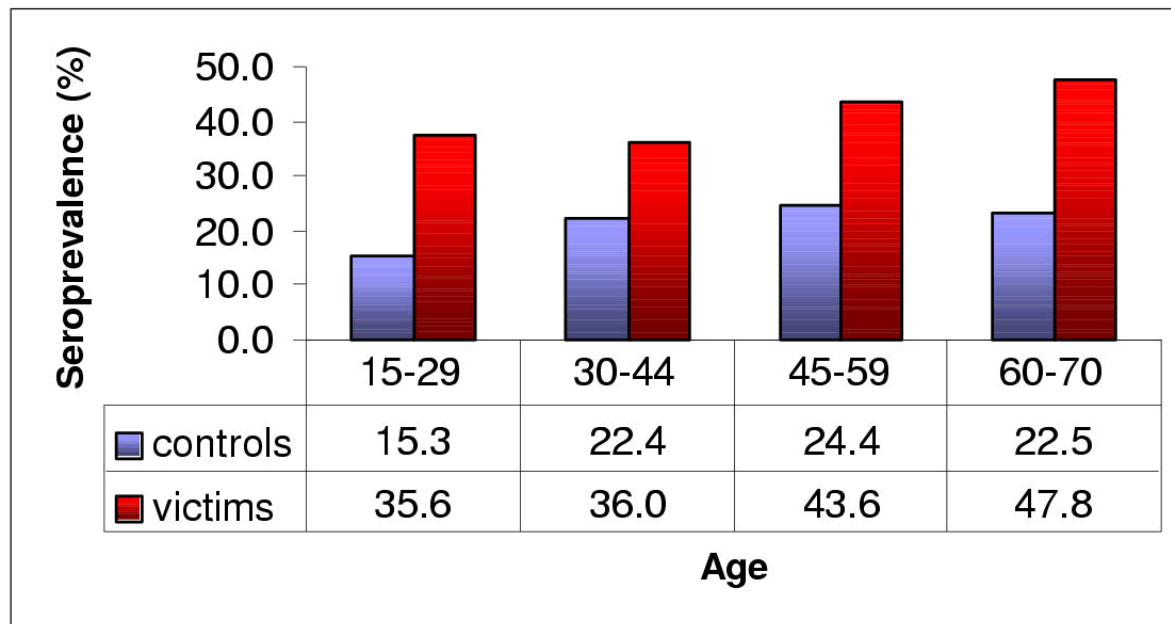
Toxoplasma gondii (Apicomplexa) konečným hostitelem jsou kočkovité šelmy, vajíčka (oocysty) vylučovány trusem, po pozření mezihostitelem (ptáci, hlodavci, prasata, atd.) vede další vývoj k cystám ve svalovině, kde parazit čeká, až mezihostitele uloví konečný hostitel. Člověk se může nakazit pozřením oocyst z kočičího trusu, nebo cyst ve svalovině mezihostitelů.



Jak parazité manipulují své hostitele

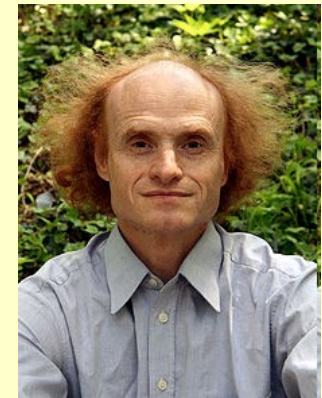
Toxoplazmóza manipuluje chování svých meziphostitelů (myši atd.) tak, aby zvýšila pravděpodobnost, že je uloví konečný hostitel - kočkovitá šelma.

Infikovaní jedinci jsou přitahováni pachem kočičí moči (místo aby jím byli odpuzováni) a mají prodlouženou reakční dobu.



Seroprevalence of latent toxoplasmosis The figure shows difference in seroprevalence of latent toxoplasmosis (%) between the representative sample of general Prague residents (controls) and the sample of Prague residents involved in traffic accidents between 1997–2000 (victims).

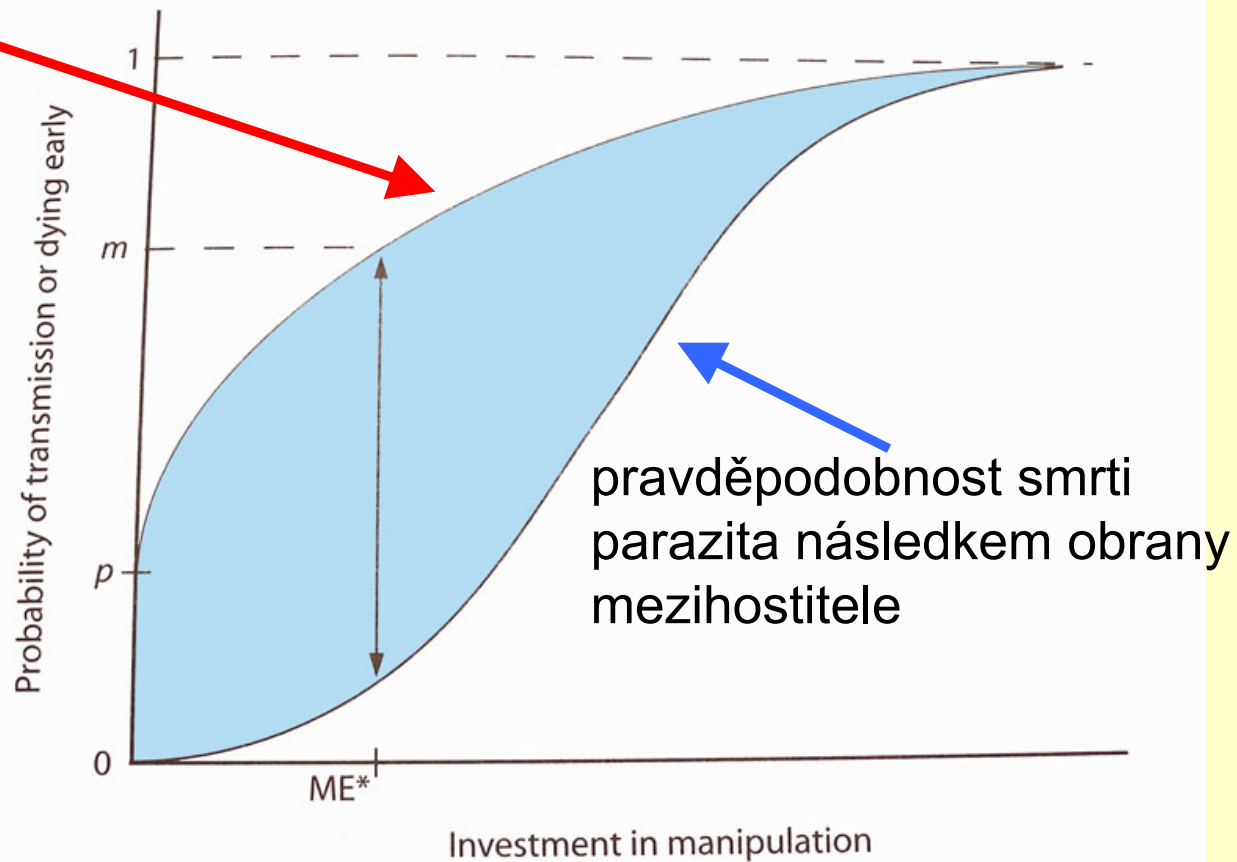
Flegr: lidé infikovaní toxoplazmózou mají větší pravděpodobnost, že se stanou účastníky dopravní nehody



Flegr et al.: Increased risk of traffic accidents in subjects with latent toxoplasmosis

Manipulace meziphostitele zvyšuje šanci parazita na úspěšný přechod do dalšího hostitele, ale také riziko, že parazit zahyne - meziphostitel se manipulaci brání

pravděpodobnost
přenosu parazita
na dalšího
hostitele



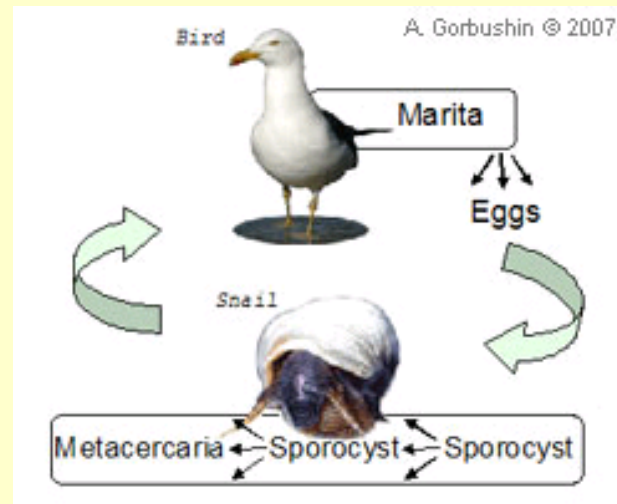
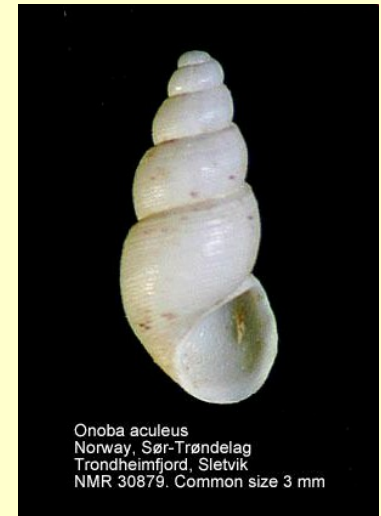
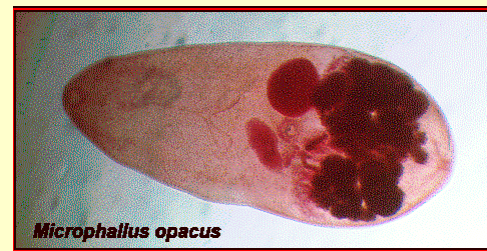
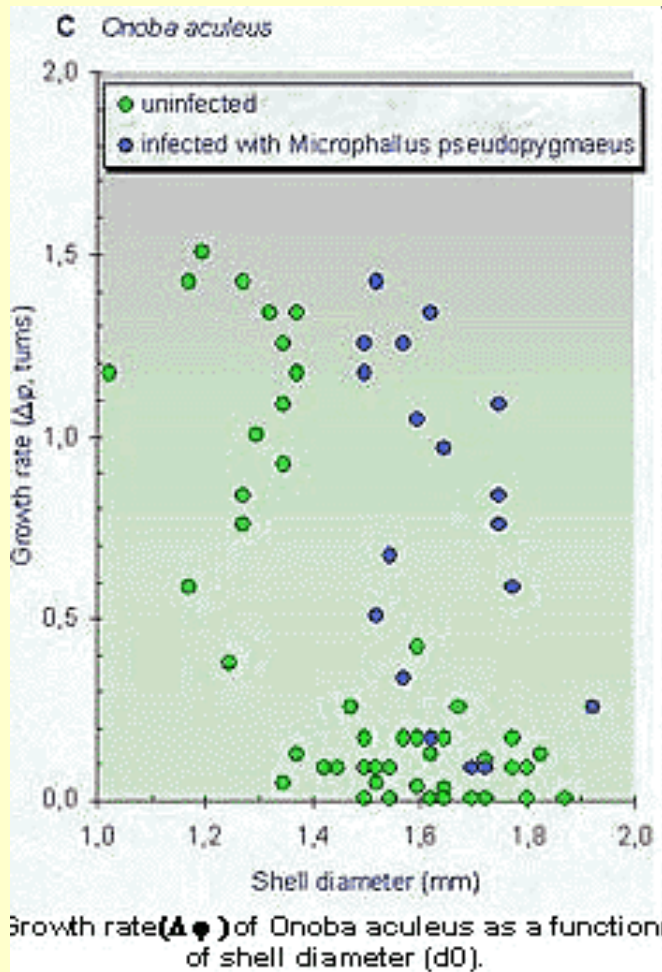
p = pravděpodobnost přenosu parazita na dalšího hostitele bez manipulace

m = pravděpodobnost přenosu při optimální intenzitě manipulace

ME = optimální míra investice parazita do manipulace meziphostitele

Motolice *Microphallus pseudopygmaeus* chemicky vykastuje svého mezipostitele, plže *Onoba aculeus* a ten potom roste rychleji.

parazitem vykastovaní plži (modře) mají pro danou velikost ulity vyšší rychlost růstu, než ti ne parazitovaní (zeleně)



Imunobiologie parazitárních nákaz

Obranné mechanismy = základní prvek vztahu parazit x hostitel

aktivita parazita

reaktivita hostitele

Parazitární aktivita:

1. nakažlivost (infekčnost): schopnost vstoupit do organismu (aktivní – cercárie motolic x pasivní (potravou, vektorem), přežít a případně se množit
2. choroboplodnost (patogenita): schopnost narušovat fyziologickou rovnováhu hostitele → klinické onemocnění
 - virulence (= míra patogenity)
 - invaznost (brána vstupu, rychlost šíření, množení)

Obranné mechanismy hostitele

1. Kůže, sliznice: nízké pH, lysozym, žaludeční enzymy, hlen atd.
2. Imunitní systém

Neadaptivní (vrozená, nespecifická) imunita – evolučně starší, rychlejší zásah proti patogenu

Adaptivní (specifická) imunita

- pouze u obratlovců, zaměřena na konkrétního patogena (→ velmi účinná)
- založena na T- a B- lymfocytech, které nemají vrozenou schopnost rozpoznávat patogeny → nutné sestavení nového genu kódujícího T-receptor (T-lymfocyty) a protilátky (B-lymfocyty)
- nevýhoda – pomalejší imunitní odpověď na patogen

Neadaptivní a adaptivní imunita – založena na spolupráci molekul (humorální složka) a buněk (buněčná složka).

Humorální složka imunitního systému

1. Komplement (nespecifická imunita)

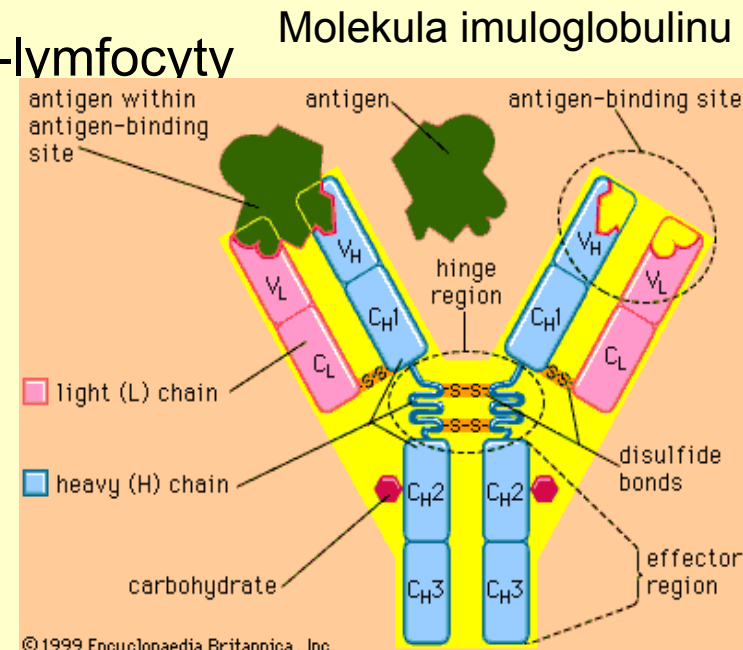
- soubor proteinů z krevního séra (C1-C9): navázání na povrch patogena (samovolné nebo po označení protilátkou) → aktivace složek komplementu → vznik póru v membráně patogena → porušení osmotických poměrů
- proti virům, bakteriím, prvokům (rozrušuje epimastigoty *T. cruzi*)

2. Interferony (nespecifická imunita)

- molekuly produkované napadenými buňkami hostitele → navození „antiparazitárního“ stavu u ostatních buněk org. – tj. pozastavení replikace DNA (vlastní + patogena)
- aktivují makrofágy, NK buňky, cytotoxické T-lymfocyty

3. Protilátky (specifická imunita)

- imunoglobuliny produkovány B-lymfocyty
- variabilní domény – vazebné místo pro antigen (nekovalentní vazby)
- hlavní fce protilátek – označení cizorodých částic → fagocytóza, aktivace komplementu



B-lymfocyty → produkce protilátek lišících se:

a. variabilními oblastmi (vazba různých antigenů)

b. konstantními oblastmi → typ produkovaných imunoglobulinů:

IgA – povrch sliznic (dýchací cesty, střevo)

IgE – vázány granulocyty a mastocyty → zásadní význam v obraně proti mnohobuněčným parazitům

IgM – aktivace komplementu

IgG - fagocytóza

Buněčná složka imunitního systému

- bílé krvinky (leukocyty) – kostní dřeň → diferenciace v:

1. Granulocyty (nespecifická imunita)

- bazofilní granulocyty - receptor pro vazbu IgE → uvolnění hydrolytických enzymů a histaminu (zánět, zvýšená sekrece hlenů)

- eozinofilní granulocyty – vazba s IgE, ochrana proti tkáňovým parazit. červům (svalovec)

- neutrofilní granulocyty (= mikrofágy) – schopnost fagocytózy

2. Lymfocyty (specifická imunita)

- B-lymfocyty (kostní dřeň) → produkce protilátek
- T-lymfocyty (brzlík) → diferenciaci na cytotoxické T-lymfocyty a helpery

Cytotoxické T-lymfocyty

- ničení virem napadených a nádorových buněk
- rozpoznání „nemocné“ buňky na základě přítomnosti „špatného“ proteinu prostřednictvím MHC I a následné „zabití“ působením perforinů

Helpery (TH)

- napomáhají rozvoji imunitní reakce („povzbuzování“ makrofágů a B-lymfocytů)
- kontrola molekul MHC II nacházejících se na antigen-prezentujících buňkách (fagocyty, B-lymfocyty) → MHC II vystavují molekuly fagocytovaných částic !
→ rozpoznání nebezpečného antigenu helperem → změna na podtyp:

TH1 → stimulace množení makrofágu (pomocí cytokinů), který antigen prezentoval
= Th1-buněčná reakce

TH2 → stimulace množení B-lymfocytů (pomocí cytokinů), které produkují příslušné protilátky = TH2-protilátková reakce

Způsob imunitní odpovědi - !!! – životně důležitý pro patogenní organismy

TH1-buněčný typ

TH2-protilátkový typ

TH1 reakce - omezený vliv na střevní hlístice (! naopak TH2 prostřednictvím IgE a jejich vazby na bazofilní granulocyty + zvýšení sekrece hlenu → vypuzení hlístic ze střeva).

!!! Hlístice rodu *Trichostrongylus* oslabují TH2 navozením tvorby interferonu
→ snížení aktivity TH2 buněk.

TH2 reakce - omezený vliv na vnitrobuněčné mikroorganismy (př. leishmanie v makrofázích).

!!! Výhodné snížení aktivity TH1 buněk spouštějících oxidativní vzplanutí makrofágů.

3. NK buňky (Natural Killers)

- ničení buněk se sníženým množstvím MHC I produkcí perforinů (→ vznik póru v membráně a narušení osmotických poměrů)

Strategie úniku parazitů před imunitním systémem hostitele

1. Štěpení IgA protilátek na povrchu sliznic

Př. *Trichomonas vaginalis* – proteázy štěpící protilátky i složky komplementu

2. Povrchové proteázy štěpící protilátky a komplement + fagocytóza

Př. *Entamoeba histolytica*

3. Zvýšená sekrece slizu – přichycovací orgány

Př. Tasemnice, motolice, hlístice – produkce histaminu bazofilními granulocyty → zvýšení sekrece hlenu → znesnadnění uchycení

4. Rychlé svlékání povrchových molekul s navázanými protilátkami

5. Molekulární maskování – navázání molekul hostitele na povrch parazita

Př. Krevničky – splývání membrány parazita s membránami erytrocytů

6. Molekulární mimikry – molekuly hostitele jsou aktivně produkovány parazitem

7. Inhibice komplementu – přítomnost molekul bránících aktivaci komplementu v membránách hostitelových buněk

Př. *Schistosoma mansoni*

8. Antigenní variabilita („převlékání kabátů“)

Př. Periodické množení trypanozom a potlačení populací parazita s určitým typem VSG (= Variant Surface Glycoprotein - povrchové molekuly glykoproteinu)

Borrelia recurrentis – původce návratné horečky

9. Ukrytí do nitra hostitelských buněk

Př. Viry (herpetické viry – snížení množství MHC I)

10. Parazitace v buňkách imunitního systému

Př. Leishmanie chráněné glykoproteiny proti hydrolytickým enzymům v lysozómech fagocytů

Toxoplasma gondii – aktivní průnik do fagocytu → parazitoformní vakuola → zabránění splynutí s lysozomy

Trypanosoma cruzi – aktivní průnik do makrofágu → únik z fagozomu do cytoplazmy

11. Aktivní zásah do imunitních reakcí hostitele

Př. Krevničky- zánět v okolí uvolněných vajíček → usnadnění jejich cesty ven tkání do močových nebo trávicích cest