

# VIRY - PŮVODCI NEMOCÍ ČLOVĚKA, ZVÍŘAT A ROSTLIN

Růžičková Vladislava

## Úvod

*Tento článek je určen k rozšíření výuky biologie na úrovni základních, ale zejména středních škol v problematice virů a virologie. Je v souladu s nejnovějšími poznatky v celosvětovém měřítku. Vzhledem k tomu, že v současné době dynamicky vzrůstá význam molekulární biologie v biologických disciplínách vůbec, je v tomto článku zohledněna právě molekulárně-biologická problematika velmi složitého a rozmanitého života a vlastností virů. Text je určen pedagogickým pracovníkům, kteří mohou sami učinit výběr těch informací, které považují za nejvhodnější.*

## ***Viry - definice - charakteristika***

Viry představují zvláštní kategorii živých soustav. Jsou to velmi malé (submikroskopické) částice, složené z nukleové kyseliny a bílkovin, které jsou schopny infikovat buňku a v ní se reprodukovat. Vně hostitelské buňky viry neprojevují známky života, které jsou typické pro všechny organizmy. Teprve až virus infikuje buňku, množí se v ní, což je jedna ze základních vlastností života. Je nutno zdůraznit, že reprodukce virů je plně závislá na hostitelské buňce. Rovněž viry nejsou schopny mimo buňku samostatně tvořit bílkoviny, neboť neobsahují translační systém, tvořený z ribozómů a z transferových RNA, který je pro syntézu proteinů nezbytný. Proto syntéza virových proteinů může proběhnout jen s použitím translačního systému hostitelských buněk organismů, jako jsou bakterie, živočichové a rostliny. Některé viry, např. poxviry, herpesviry nebo rabdoviry obsahují enzymy uvnitř svých virionů. Tyto enzymy se uplatňují hlavně při vlastní reprodukci a při sestavování virionů uvnitř hostitele. Virion je kompletní zralá virová částice schopná infikovat buňku.

## ***Vlastnosti virových nukleových kyselin***

Z biologického hlediska je nejdůležitější složkou viru nukleová kyselina. Nukleová kyselina plní funkci chromozomu, není to však chromozom v pravém slova smyslu, jak je definován pro živočišnou a rostlinnou buňku. Tato funkce spočívá v tom, že obsahuje geny, které nesou informaci o primární struktuře virových proteinů. Nukleová kyselina, plnící v tomto smyslu funkci chromozomu se označuje jako virový genofor (genofor je nosič genů), nebo virový genom, (což znamená soubor virových genů). Genofor viru je tvořen buď jen kyselinou deoxyribonukleovou (DNA), nebo kyselinou ribonukleovou (RNA), nikoliv oběma současně. Podle typu nukleové kyseliny se viry dělí na DNA-viry a RNA-viry. Nukleové kyseliny se mohou vyskytovat ve formě jednořetězcového nebo dvouřetězcového vlákna, které má buď volné konce, nebo je uzavřeno do kružnice.

### ***Velikost a tvar virů***

Viry jsou částice velmi malých rozměrů (10 nm - 450 nm). Tvar většiny živočišných a rostlinných virů je sférický, oválný nebo vláknitý. Bakteriální viry (nazývané také bakteriofágy) mají polyedrickou hlavu (nejčastěji dvacetistěn) a bičík. Při zjišťování rozměru, tvaru a vnitřní struktury virů měla a do značné míry stále má význam elektronová mikroskopie.

Existují dva základní typy symetrie kapsidu.

a) **helikální** (šroubovicová) - např. u viru tabákové mozaiky (avšak výsledný vzhled virionu je tyčinkový).

b) **kubická** (ikozaedrová) - nejčastěji jsou to dvacetistěny, např. adenoviry, pikornaviry apod. U některých zástupců bakteriálních virů mají kompletní virionové částice ikozaedrickou hlavu a bičík s helikální symetrií.

c) **komplexní symetrie**, při které virové částice nemají ani helikální, ani kubickou symetrii. Například poxviry mají tvar oválný, rabdoviry zase tvar patrony apod.

Lze tedy shrnout, že výsledný vzhled a tvar virionu může být ovlivněn tvarem kapsidu a uspořádáním vnějších obalových vrstev.

### ***Stavba a složení kapsidu***

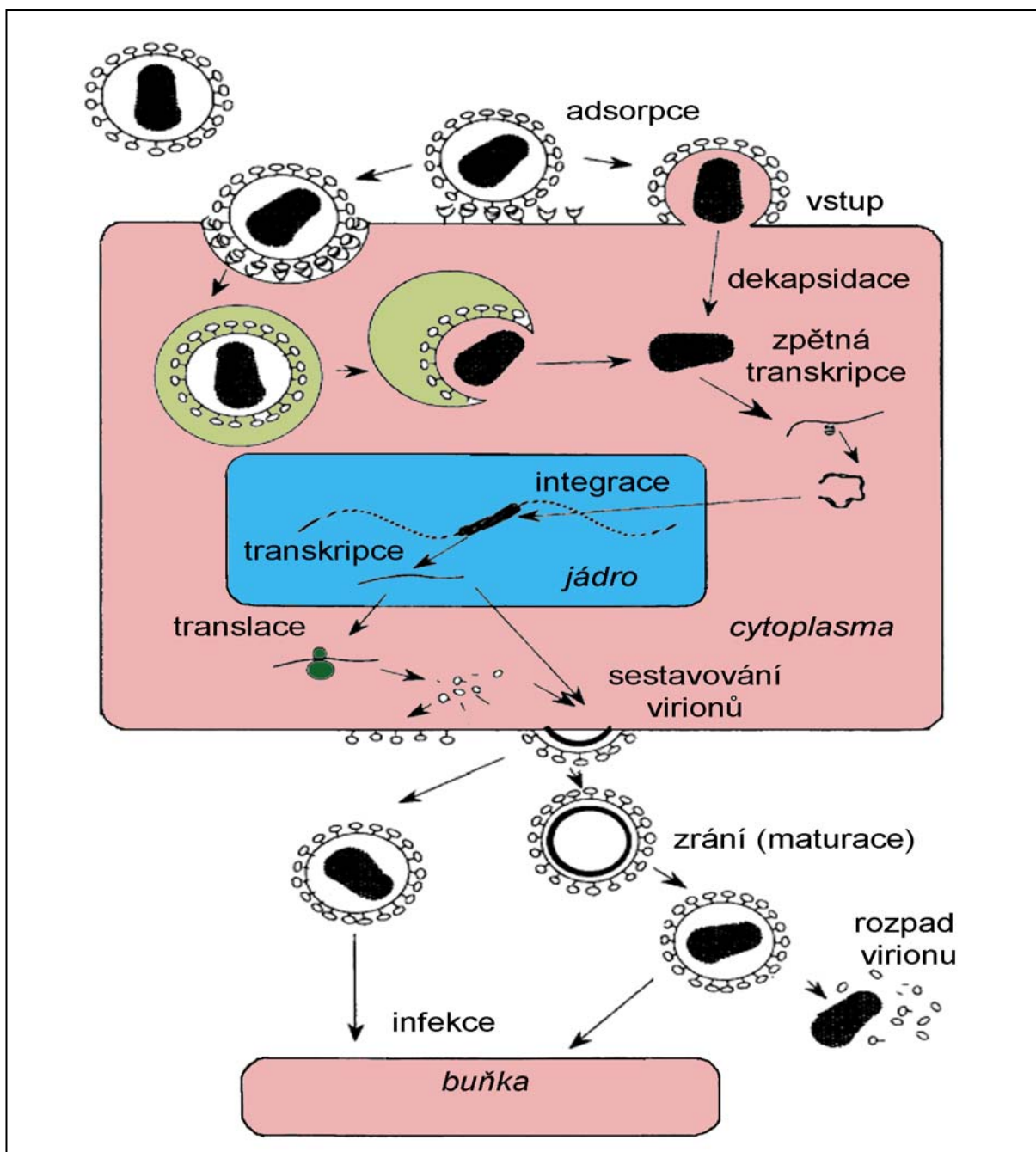
Bílkovinné makromolekuly vytvářejí základní morfologické jednotky - protomery. Ty se obvykle spojují za vzniku struktur vyššího typu, tzv. kapsomery, které tvoří stavební jednotky kapsidu a jsou viditelné elektronovým mikroskopem. Bílkovinný obal, který se spojuje přímo s nukleovou kyselinou a vytváří s ní strukturální komplex, se nazývá nukleokapsid. Viry, jejichž částice mají na povrchu pouze kapsid (např. adenoviry, reoviry, pikornaviry) se řadí do skupiny neobalených virů. Naproti tomu u obalených virů je kapsid obklopen lipidovou dvojvrstvou a glykoproteiny, které často tvoří na povrchu výčnělky. Ty se uplatňují především při adsorpci virionů na povrchu buněk a jsou cílovým místem protilátek. Interakce a vzájemné seskupení makromolekul stavebních bílkovin určují symetrii a výsledný tvar virové částice. Proces sestavování kapsidu je kódován geny nacházejícími se výlučně ve virové nukleové kyselině.

## Životní cyklus virů

Úvodním procesem v životním cyklu bakteriálních a živočišných virů je adsorpce virionu na povrch hostitelské buňky. Účinnost přichycení závisí na interakcích určitých povrchových složek virionu (nejčastěji proteinů) a specifickou bílkovinou (receptorem), obsaženou v buněčné membráně hostitelské buňky.

Při infekci živočišné buňky (Obr. 1) se virová částice dostává dovnitř buňky buď celá, nebo

Obr. 1. Životní cyklus retroviru HIV



ve formě nukleokapsidu, procesem nazývaným endocytóza, tzn., vchlípením plazmatické membrány a vytvořením endocytické vakuoly (zvané endozóm). U bakteriálních virů dochází mnohdy k injekci samotné nukleové kyseliny dovnitř buňky prostřednictvím stažitelného (kontraktilního) bičíku. U rostlinných buněk probíhá infekce nejčastěji mechanicky porušením kutikuly, ať již cestou experimentální nebo v přirozených podmínkách hmyzem, nebo hád'átky, houbami apod.

### ***Transport virového genoforu***

Po uvolnění z endozómu se uskuteční transport virového genoforu podél cytoplazmatického cytoskeletu (ten je tvořen *mikrotubuly* a *mikrofilamenty*) do místa replikace. DNA-viry se replikují v jádře buňky, tzn., že vytvářejí nové kopie svého genoforu, které se pak stanou součástí virionových částic potomstva. Výjimku tvoří zástupci čeledi *Poxviridae*, kteří se pomnožují v cytoplazmě. RNA-viry se replikují v cytoplazmě s výjimkou zástupců čeledi *Orthomyxoviridae* (virus chřipky A), které se naopak pomnožují v jádře. Genofor, který je transportován do jádra, proniká přes póry jaderné membrány.

### ***Množení virů***

Reprodukce virů v buňce zahrnuje dva základní procesy, které jsou společné všem virům:

- 1) ***replikace virové nukleové kyseliny***
- 2) ***syntéza virových bílkovin (tj. bílkovin kapsidu, případně enzymů).***

Procesy replikace a syntéza proteinů mají u virů různý průběh, který závisí na vlastnostech nukleové kyseliny. Virové genofory se liší typem nukleové kyseliny a její formou. Podle typu genoforu je možné rozlišit 7 následujících skupin virů. Jsou to viry s genoforem tvořeným:

- 1) dvouřetězcovou (dvouvláknovou) DNA (***dsDNA-viry***)
- 2) jednořetězcovou (jednovláknovou) DNA (***ssDNA-viry***)
- 3) dvouřetězcovou (dvouvláknovou) RNA (***dsRNA-viry***)
- 4) jednořetězcovou (jednovláknovou) pozitivní RNA (***+ssRNA***)
- 5) jednořetězcovou (jednovláknovou) negativní RNA (***-ssRNA***)
- 6) jednořetězcovou (jednovláknovou) pozitivní RNA podrobující se zpětné transkripci (***+ssRNA s RT***)
- 7) dvouřetězcovou (dvouvláknovou) DNA podrobující se zpětné transkripci (***dsDNA s RT***)

---

#### **\* Vysvětlivky**

*DNA* a *RNA* jsou převzaty z anglického originálu *deoxyribonucleic acid* a *ribonucleic acid* = deoxyribonukleová kyselina a ribonukleová kyselina

*ds* = *double stranded* (dvouvláknová); *ss* = *single stranded* (jednovláknová)

*+ssRNA* = řetězec RNA, který se může překládat na ribozómech

-ssRNA = řetězec RNA, který se nepřekládá na ribozómech, slouží jako matrice pro syntézu komplementárního +RNA řetězce

RT = reverse transcriptase (zpětná transkriptáza)

### ***Stručný přehled zástupců jednotlivých skupin virů***

#### ***dsDNA-viry***

Do skupiny dsDNA-virů patří např. zástupci čeledí *Adenoviridae* (virus respiračních onemocnění), *Papovaviridae* (papilomavirus - virus bradavic), *Myoviridae* (T4-fág), *Siphoviridae* (bakteriofág lambda), *Herpesviridae* (virus oparu, plané neštovice), *Poxviridae* (virus vakcinie).

#### ***ssDNA-viry***

Zástupci jsou např. čeleď *Parvoviridae* (panleukopenie koček), čeleď *Circoviridae* (virus anemie kuřat), čeleď *Geminiviridae* (choroby rostlin: zakrslost pšenice, zlatá mozaika rajčete). Virové částice jsou neobalené. Exprese virových genů této skupiny je nejednotná.

#### ***dsRNA-viry***

Do této skupiny patří viry čeledi *Reoviridae* (např. rotaviry způsobující onemocnění trávicího systému u zvířat a člověka). Genofor této skupiny virů je členěn do 10 – 12 samostatných segmentů. Každý segment zpravidla obsahuje jeden gen, který kóduje funkční nebo stavební proteiny.

#### ***+ssRNA-viry***

V této skupině virů je zastoupeno velké množství virů, např. čeledi *Picornaviridae* (např. původci slintavky a kulhavky, hepatitida A = zánět jater, virus dětské obrny), dále čeledi *Togaviridae* (virus zarděnek, zánět mozkových blan), *Flaviviridae* (klíšťová encefalitida, mor prasat). Zástupcem obalených virů z čeledi *Coronaviridae* je i virus SARS.

#### ***-ssRNA-viry***

V této skupině se rozlišují viry s nesegmentovaným genomem např. čeleď *Paramyxoviridae* (příušnice, spalničky), čeleď *Filoviridae* (virus Ebola – původce haemorrhagické horečky, dále virus marburgské horečky), čeleď *Rhabdoviridae* (virus vztekliny). Zástupci se segmentovaným genomem jsou např. viry čeledi *Orthomyxoviridae* (chřipka A) s 8 segmenty a viry čeledi *Bunyaviridae* (např. virus nairobské horečky, virus rodu *Hantavirus*) se 3 segmenty.

### ***ssRNA-viry se zpětnou transkriptázou***

Do této skupiny patří viry čeledi *Retroviridae* (např. virus *HIV*-původce AIDS, viry leukémie aj.). Od předcházejících skupin virů se liší atypickým přenosem genetické informace. Výchozí ssRNA, nacházející se ve virionu ve dvou identických kopiích, se za katalytického účinku zpětné transkriptázy (tento enzym je součástí virionu) přepisuje do dsDNA. Ta se pak začlení do chromozomu hostitelské buňky. Poté se uskuteční transkripce provirové DNA, která se přepisuje do molekul RNA. Následuje translace, jejíž výsledkem jsou polypeptidy, které se štěpí do funkčních (tj. zpětná transkriptáza, polymeráza, proteáza aj.) a stavebních proteinů. Některé molekuly RNA se (opět ve dvou kopiích) zabalí do virionu (Obr. 1).

### ***dsDNA-viry se zpětnou transkriptázou***

Představiteli této skupiny virů jsou zástupci např. čeledi *Hepadnaviridae* (virus hepatitidy B, virus ptačí hepatitidy). Exprese genomu začíná přepisem výchozí DNA za katalytického působení RNA-polymerázy hostitelské buňky do molekul RNA, které působí jednak ve funkci mRNA tj., překládají se do funkčních a stavebních proteinů a jednak slouží jako matrice pro syntézu nových řetězců DNA, které se vytvoří zpětnou transkripcí za katalytického účinku virové zpětné transkriptázy. Ty se pak stanou součástí virových částic potomstva. Podobný mechanismus reprodukce má rostlinný virus kaulimovirus (virus mozaiky kvěťáku) z čeledi *Caulimoviridae*.

### ***Zrání (maturace) virových částic***

Tento proces zahrnuje závěrečnou fázi životního cyklu virů, tzn., vytvoření nového potomstva virionů. Počet nově vytvořených virionů závisí na genetické vybavenosti viru a na fyziologických podmínkách uvnitř hostitelské buňky. Zralé viriony se uvolňují z buňky procesem nazývaným *exocytóza*. Celý proces je založený na četných fúzích transportních vezikul a na spoluúčasti buněčných struktur jako je hladké a drsné endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát apod. Vlastní uvolnění do extracelulárního prostoru se děje rozrušením buněčné membrány lytickými enzymy např. lysozymem (kódovanými virovými geny u většiny bakteriálních virů), anebo tzv. *pučením*.

### ***Interakce virů a buňky (infekce hostitelské buňky)***

Základním požadavkem pro vznik virové infekce je vnímavá hostitelská buňka. Interakce se může uskutečnit v několika následujících formách.

- a) **cytoidní produktivní infekce** – při této infekci proběhne životní cyklus viru uvnitř buňky, která je silně poškozena a hyne.
- b) **produktivní infekce bez cytoidních změn**, kdy se virus uvnitř buňky pomnoží, avšak po jeho uvolnění se buňka zotaví a nehyne.
- c) **perzistentní infekce**, při které se uvnitř buňky tvoří nové viriony, avšak v malém množství. Ty pak přecházejí během buněčného dělení do dceřinných buněk.
- d) **latentní infekce**, při které je virový genofor, tvořený dsDNA, začleněn do chromozomu buňky (označuje se jako provirus). Pod vlivem provirového stavu nukleové kyseliny dochází buď k slabé reprodukci, nebo k žádné. Teprve po uvolnění proviru z chromozomu hostitelské buňky, dochází k silnému projevu jeho genů a tím k intenzivní reprodukci.
- e) **abortivní infekce** - při této infekci nejsou uvnitř buňky vhodné podmínky pro pomnožení viru, což znamená, že infikující virus neprojde celým životním cyklem, nebo vznikne defektní virové potomstvo. To pak buněčným dělením postupně vymizí.

## **METABOLICKÉ ZMĚNY A POŠKOZENÍ BUNĚK PŘI VIROVÉ INFEKCI**

### **1. Inhibice syntézy buněčných makromolekul**

inhibice syntézy buněčné RNA

blokáce asociace ribozómů s buněčnou mRNA

inhibice syntézy buněčné DNA

### **2. Změna orientace buňky na syntézu makromolekul, specifických pro virus**

syntéza brzkých makromolekul, specifických pro virus (tj., mRNA, brzké proteiny)

akumulace strukturních proteinů viru toxických pro buňku

začlenění proteinů a glykoproteinů specifických pro virus do membránového systému buňky

syntéza virové DNA, resp. RNA

### **3. Aktivace buněčných lyzozómů**

### **4. Změny buněčných mikrofibril a mikrotubulů**

### **5. Přestavba membrán ER, jádra a buněčné stěny**

změna permeability cytoplazmatické membrány pro ionty a pro vodu: únik makromolekul z buněk

### **6. Imunitní cytolyza**

destrukce antigenně změněné buněčné membrány

zprostředkované protilátkami a komplementem, nebo lymfocyty

Někdy může docházet po infekci některými živočišnými viry jako jsou např. zástupci čeledí *Retroviridae* (virus leukemie), *Papillomaviridae* (virus bradavic) nebo *Herpesviridae* (virus mononukleózy) k vzniku změn vlastností (*transformaci*) hostitelské buňky jako je porucha regulace buněčného dělení a růstu. Následkem transformace jsou nečíslná různá nádorová onemocnění zejména u zvířat, ale i u člověka. Tyto viry, které přispívají vzniku nádorů, se nazývají *onkogenní viry*.

### ***Hostitelé virů***

Životní cyklus virů je úzce spjat s životem hostitelské buňky. Dnes se ukazuje, že téměř neexistuje živý organismus, který by nebyl hostitelem nějakého viru. Viry lze najít u živočichů, člověka, rostlin, bakterií, hub, řas, sinic, prvoků apod. Vztah virů k živočišným a bakteriálním buňkám je do značné míry vymezen receptorem (protein, který se nachází v povrchových složkách buněčné membrány nebo stěny), který je rozeznáván specifickým strukturním proteinem viru. U rostlinných buněk neexistují receptory a virus se do buňky dostává mechanicky porušenou kutikulou. Nejčastějším zprostředkovatelem virové infekce u rostlin je hmyz. Dosud nebylo prokázáno, že by rostlinný virus přirozeně infikoval živočišnou buňku.

Podle vztahu k hostiteli se rozlišují dvě hlavní skupiny virů

- 1) ***Prokaryotické viry*** – infikují a množí se v buňkách prokaryotického typu (např. bakterie)
- 2) ***Eukaryotické viry*** – infikují a množí se v eukaryotických buňkách (např. buňky živočišné, rostlinné).

### ***Klasifikace virů – zastoupení čeledí***

Hlavním kritériem pro systematické uspořádání virů je typ virového genoforu.

Ve skupině ***dsDNA-virů*** je rozlišeno celkem 17 čeledí: z toho je 7 – u bakterií, 3 – u obratlovců, 2 – u obratlovců i bezobratlých, 2 – u bezobratlých, 1 – u řas, 1 – u mykoplazmat a 1 – u hub.

Ve skupině ***ssDNA-virů*** je rozlišeno celkem 5 čeledí: z toho je 1- u obratlovců, 1 – u obratlovců i bezobratlých, 1- u bakterií, 1- u bakterií a mykoplazmat, 1- u rostlin.

Ve skupině ***dsRNA-virů*** je rozlišeno celkem 6 čeledí: z toho je 1 – u obratlovců i bezobratlých, 1 – u obratlovců, bezobratlých a rostlin, 1- u bakterií, 1- u hub, 1- u hub a prvoků, 1- u hub a rostlin.



Ve skupině **+ssRNA-virů** je rozlišeno celkem 17 čeledí: z toho jsou 4 – u obratlovců, 3 - u obratlovců i bezobratlých, 2-u bezobratlých, 1-u hub, 1-u bakterií, 6 – u rostlin. V této skupině je rovněž zastoupeno 19 samostatných rodů (mezi nimi virus tabákové mozaiky).

Ve skupině **-ssRNA-virů** je rozlišeno celkem 7 čeledí: z toho jsou 4 – u obratlovců, 3 - u obratlovců, bezobratlých a rostlin.

Ve skupině **RNA-virů se zpětnou transkriptázou** je 1 čeleď virů vyskytujících se u obratlovců.

Ve skupině **DNA-virů se zpětnou transkriptázou** jsou 2 čeledi: z toho je 1- u obratlovců a 1 – u rostlin.

### ***Patogeneze virové infekce***

K tomu, aby mohl virus způsobit patologický proces v mnohobuněčném organismu je třeba aby se virus uchytil ve vstupní bráně, šířil se v organismu a dosáhl cílového orgánu.

Vstupní brány pro viry člověka:

- 1) ***sliznice respiračního traktu*** (herpesviry, adenoviry, virus spalniček, virus příušnic, virus chřipky apod.)
- 2) ***sliznice gastrointestinálního traktu*** (virus hepatitidy A, virus mononukleózy, rotaviry, enteroviry)
- 3) ***porušená kůže a podkoží, spojivka, mukózní membrány*** (např. pro sexuální přenos), kousnutí zvířetem nebo hmyzem (virus vztekliny, virus klíšťové encefalitidy, adenoviry, retroviry, virus bradavic, apod.)
- 4) ***transfúze krve, injekce, transplantáty*** ( virus hepatitidy B, herpesviry apod.).
- 5) ***kongenitální cesta vstupu z matky na plod*** (fetus) např. herpesviry (cytomegalovirus), virus zarděnek apod.)

### ***Šíření viru v organismu hostitele při akutní virové infekci***

Viry nejsou schopny aktivního pohybu. Šíří se pasivně tkáňovým mokem, lymfou, likvorem, sekrety a zejména krví. Šíření viru lze stručně vyjádřit následovně: pomnožení viru v bráně vstupu → rychlý průnik viru do lymfatického systému → množení v regionálních lymfatických uzlinách → primární virémie (tj. masivní výskyt virových částic v krvi) → množení viru v ústředních ložiscích, tj. v RES, v játrech, slezině, kostní dřeni → zdroj sekundární virémie → výskyt virů v krvi volně nebo jsou sdružené s leukocyty → množení v cílovém orgánu.

### ***Vylučování viru***

***kůži*** – při nekróze např. virus neštovic

***sliznicí dýchacích cest*** – virus chřipky, virus rýmy, adenoviry

***slinami*** – virus příušnic, herpes simplex, virus mononukleózy, virus spalniček a virus neštovic

***hlenem*** – u virových respiračních onemocnění

***stolicí*** – enteroviry, (např. poliovirus odolává žaludečním šťávám), virus hepatitidy A

***močí*** – virus neštovic, virus příušnic, virus spalniček, virus rubeoly aj.

### ***Přehled virů jako původců nejznámějších onemocnění člověka***

#### ***Zástupci čeledí u DNA-virů***

***Herpesviridae*** (herpesviry): opary, plané neštovice, pásový opar, mononukleóza, nádor nosohltanu.

***Poxviridae*** (poxviry): pravé neštovice (poslední průkaz v roce 1977 v Somálsku)

***Papovaviridae*** (papovaviry): bradavice

***Adenoviridae*** (adenoviry): záněty horních cest dýchacích a spojivky

***Hepadnaviridae*** (hepadnaviry): zánět jater, nádor jater

#### ***Zástupci čeledí u RNA-virů***

***Picornaviridae*** (pikornaviry): rýma, zánět jater (infekční žloutenka), dětská obrna

***Flaviviridae*** (flaviviry): klíšťová encefalitida (zánět mozkových blan), horečka dengue, hepatitida C, žlutá zimnice

***Togaviridae*** (togaviry): zarděnky, horečka Sindbis

***Paramyxoviridae*** (paramyxoviry): spalničky, příušnice, zánět plic

***Rhabdoviridae*** (rabdoviry): vzteklna

***Filoviridae*** (filoviry): haemorrhagická horečka způsobená virem *Ebola*, marburgská horečka způsobená virem *Marburg*

***Orthomyxoviridae*** (ortomyxoviry): chřipka A, chřipka B

***Reoviridae*** (reoviry): virové střevní onemocnění způsobené rotaviry

***Retroviridae*** (retroviry): AIDS (syndrom získaného selhání imunity), leukémie (nádorové onemocnění buněk kostní dřeně).

V epidemiologických přehledech se uvádí, že v rozvinutých zemích probíhají akutní virové nemoci obvykle bez hospitalizace, zatímco v rozvojových zemích mnohdy vznikají těžká

onemocnění s vysokou úmrtností dětí. Od roku 1972 je zaznamenáno 36 nově a znovu objevených infekčních chorob, z nichž 26, (tj. 72 %) je virového původu (Tab. 1).

Tabulka 1. Přehled nově a znovu objevených virových infekcí

<u>VIRUS</u>	<u>ONEMOCNĚNÍ</u>
1973 Rotaviry	průjemy dětí
1975 Parvovirus B19	chronická hemolytická anemie; 5. Nemoc
1977 Ebola	hemoragická horečka
1978 Hantavirus	hemoragická horečka, selhání ledvin
1980 HTLV-1 virus	leukemie dospělých
1983 HIV-1; HIV-2	AIDS
1989 Virus hepatitidy C	hepatitida přenosná parenterálně
1990 Virus hepatitidy E	hepatitida přenosná enterálně
1993 Sin nombre virus	plicní syndrom
1994 Herpes virus 8	Kaposiho sarkom
1995 Hendravirus	meningitida; encefalitida
1996 prion (BSE)	nová varianta Creutzfeld-Jakobovy nemoci
1997 Influenza virus A (H5N1)	ptačí chřipka (Hong Kong)
1998 Nipahvirus	meningitida; encefalitida
2003 SARS virus (koronavirus)	SARS – zánět plic

Viry existují několik milionů let. Předpokládá se společný původ živých soustav, které se pak polarizovaly na elementy buněčné a virové. Závislost virů na hostitelské buňce vede k předpokladu, že se viry vyvinuly až po buněčných systémech. Evoluce podmíněná genetickými změnami je u RNA-virů rychlejší než u DNA-virů.

### ***Použitá literatura***

**Rosypal, S.** a kol. (1994): Přehled biologie. Druhé vydání, Scientia, Praha 1994, 634 s.

**Rosypal, S.** (1994): Bakteriologie a virologie. Scientia, Praha 1994, 67 s.

**Rosypal, S.** (1997): Úvod do molekulární biologie. Díl I a II. Druhé rozšířené vydání.

Vydavatel S. Rosypal, Brno 1997, 556 s. **Rosypal, S.** a **Doškař, J.** (1997): Úvod do molekulární biologie. Díl III. Druhé rozšířené vydání. Vydavatel S. Rosypal, Brno 1997, 283 s.

**Rosypal, S.** a kol. (1997): Úvod do molekulární biologie. Dodatek k druhému rozšířenému vydání. Vydavatel S. Rosypal, Brno 1997, 157 s.

**Žemla, J., Čiampor, F. a Leššo, J.** (1995): Všeobecná virológia, SAP, Bratislava, 238 s.

### ***Slovo na závěr.***

*Doporučuji definici virů upřesnit (dle článku) tak, aby bylo jasné, že viry jsou nitrobuněční paraziti. Žák nebo student by měl vnímat rozdíl mezi pojmem virus a virion. Pojem virus lze chápat jako infekční agens nebo jako taxon.*

*Dále je třeba zdůraznit prioritní funkci virové nukleové kyseliny jako nositelky genetické informace, která se vyjadřuje ve stavbě a v životních funkcích viru. Stejně tak by měl žák znát význam a princip replikace, transkripce a translace, které jsou nejvýznamnějšími procesy v životním cyklu virů.*

*Informace o velikosti a tvaru virů, obsažené v učebním textu lze považovat za dostačující. Doporučuji používat slova kapsid místo kapsida.*

*Dále doporučuji, aby žáci věděli, že ve zralém virionu je obsažena buď DNA nebo RNA (nikoliv obě současně). Odtud se rozlišují DNA-viry a RNA-viry.*

***Autor:*** doc. RNDr. Vladislava Růžicková, CSc, ÚEB, PřF, Masarykova univerzita Brno