

Barbora Drnková

---

# Mikrobiologie, imunologie, epidemiologie a hygiena

pro zdravotnické obory

---



*Moje poděkování patří MUDr. Emilu Pavlíkovi, CSc.,  
jehož zásluhou jsem objevila kouzlo mikroorganismů.*

Barbora Drnková

---

# **Mikrobiologie, imunologie, epidemiologie a hygiena**

**pro zdravotnické obory**

---

**Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy**

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

**MUDr. Ing. Barbora Drnková**

**MIKROBIOLOGIE, IMUNOLOGIE,  
EPIDEMIOLOGIE A HYGIENA  
pro zdravotnické obory**

**Recenzentka:**

Doc. MUDr. Lidmila Hamplová, PhD.

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2019

Cover Photo © depositphotos.com 2019

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 7437. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Ivana Podmolíková

Sazba a zlom Karel Mikula

Obrázky 1, 5, 13, 17, 23, P3 Bc. Jan Drnek, DiS.,

2, P2 doc. Ing. Věra Neužil-Bunešová, PhD., 3 RNDr. Oldřich Benada, CSc.,

18, 19, 20, 21, 22, P5, P6, P7, P8 MUDr. Simona Arientová, PhD.

a 24 MUDr. Eva Bartáková

Počet stran 136 + 4 strany barevné přílohy

1. vydání, Praha 2019

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.*

*Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.*

ISBN 978-80-271-1083-4 (ePub)

ISBN 978-80-271-1082-7 (pdf)

ISBN 978-80-271-0693-6 (print)

# Obsah

<b>1</b>	<b>Mikrobiologie</b>	<b>9</b>
1.1	Obor mikrobiologie	9
1.2	Obecné vlastnosti mikroorganismů	9
1.3	Bakterie	10
1.3.1	Fyziologická flóra člověka	13
1.4	Viry	14
1.5	Priony	16
1.6	Houby	17
1.6.1	Plísně	17
1.6.2	Kvasinky	18
1.7	Parazité	18
1.7.1	Prvoci (Protozoa)	18
1.7.2	Červi (Helminthes)	20
1.7.3	Členovci (Arthropoda)	22
1.8	Mikrobiologická diagnostika	24
1.8.1	Odběr biologického materiálu	24
1.8.2	Mikroskopie	25
1.8.3	Kultivace	26
1.8.4	Sérologie	28
1.8.5	Další metody	29
1.9	Antibiotika	29
1.9.1	Rezistence	32
1.9.2	Vyšetření citlivosti	32
<b>2</b>	<b>Imunologie</b>	<b>35</b>
2.1	Imunitní systém a imunita	35
2.1.1	Druhy imunity	35
2.2	Nespecifická imunita	36
2.2.1	Fyziologické bariéry	36
2.2.2	Fagocyty	36
2.2.3	NK-buňky	38
2.2.4	Komplement	38
2.2.5	Interferony	39
2.2.6	C-reaktivní protein	39
2.3	Specifická imunita	39

2.3.1	Buněčná imunita . . . . .	40
2.3.2	Protilátková imunita . . . . .	40
2.4	Klinická imunologie . . . . .	41
2.4.1	Záněť . . . . .	41
2.4.2	Alergie . . . . .	42
2.4.3	Imunodeficience . . . . .	47
2.4.4	Autoimunitní onemocnění . . . . .	49
2.4.5	Imunoterapie . . . . .	52
<b>3</b>	<b>Obecná epidemiologie . . . . .</b>	<b>53</b>
3.1	Základní pojmy . . . . .	53
3.2	Proces šíření nákazy . . . . .	54
3.2.1	Zdroj nákazy . . . . .	54
3.2.2	Přenos nákazy . . . . .	54
3.2.3	Vnímavý jedinec . . . . .	55
3.3	Protiepidemická opatření . . . . .	55
3.3.1	Eliminace zdroje nákazy . . . . .	56
3.3.2	Přerušení cesty přenosu nákazy . . . . .	56
3.3.3	Zvýšení odolnosti vnímavého jedince . . . . .	57
<b>4</b>	<b>Speciální epidemiologie . . . . .</b>	<b>64</b>
4.1	Nákazy přenášené vzduchem . . . . .	64
4.1.1	Chřipka . . . . .	64
4.1.2	Černý kašel (dávivý kašel, pertuse) . . . . .	65
4.1.3	Záškrt . . . . .	65
4.1.4	Spalničky (morbilli) . . . . .	66
4.1.5	Zarděnky (rubeola) . . . . .	67
4.1.6	Příušnice (epidemická parotitida) . . . . .	67
4.1.7	Tuberkulóza . . . . .	68
4.1.8	Streptokokové infekce dýchacích cest . . . . .	71
4.1.9	Meningokokové infekce . . . . .	72
4.2	Alimentární nákazy . . . . .	73
4.2.1	Tyfus a paratyfus . . . . .	73
4.2.2	Salmonelóza . . . . .	74
4.2.3	Kampylobakteriόza . . . . .	75
4.2.4	Cholera . . . . .	76
4.2.5	Shigelόza (bacilární úplavice) . . . . .	76
4.2.6	Améboza . . . . .	77
4.2.7	Virová průjmová onemocnění . . . . .	78
4.2.8	Botulismus . . . . .	78

	4.2.9	Stafylokoková enterotoxikóza . . . . .	79
	4.2.10	Hepatitida A . . . . .	79
	4.2.11	Přenosná dětská obrna (poliomyelitida) . . . . .	80
4.3		Infekce kůže a sliznic . . . . .	81
	4.3.1	Plísňové infekce . . . . .	81
	4.3.2	Kvasinkové infekce . . . . .	82
	4.3.3	Svrab . . . . .	83
	4.3.4	Gangréna . . . . .	83
	4.3.5	Tetanus . . . . .	84
	4.3.6	Erysipel (růže) . . . . .	85
	4.3.7	Impetigo . . . . .	85
	4.3.8	Plané neštovice (varicela), pásový opar (herpes zoster) . . . . .	86
	4.3.9	Pravé neštovice (variola) . . . . .	87
	4.3.10	Syndrom ruka–noha–ústa . . . . .	87
	4.3.11	Lepra . . . . .	88
4.4		Infekce přenášené hmyzem a členovci . . . . .	89
	4.4.1	Malárie . . . . .	89
	4.4.2	Spavá nemoc . . . . .	90
	4.4.3	Leishmanióza . . . . .	91
	4.4.4	Žlutá zimnice . . . . .	92
	4.4.5	Mor . . . . .	93
	4.4.6	Skvrnitý tyfus . . . . .	93
	4.4.7	Klíšťová meningoencefalitida . . . . .	94
	4.4.8	Lymeská borelióza . . . . .	95
4.5		Zoonózy . . . . .	95
	4.5.1	Toxoplasmóza . . . . .	96
	4.5.2	Vzteklina (lyssa, rabies) . . . . .	96
	4.5.3	Q-horečka . . . . .	98
	4.5.4	Ornitóza . . . . .	98
	4.5.5	Tularemie . . . . .	99
4.6		Infekce přenášené krví . . . . .	99
	4.6.1	Hepatitida B . . . . .	99
	4.6.2	Hepatitida C . . . . .	100
	4.6.3	AIDS . . . . .	101
4.7		Sexuálně přenosné infekce . . . . .	102
	4.7.1	Kapavka (gonorea) . . . . .	103
	4.7.2	Syfilis (lues, příjice) . . . . .	103

4.8	Nákazy spojené se zdravotní péčí (nozokomiální nákazy) . . . . .	104
<b>5</b>	<b>Hygiena</b> . . . . .	<b>106</b>
5.1	Základní pojmy . . . . .	106
5.2	Hygiena všeobecná a komunální . . . . .	108
5.2.1	Ovzduší . . . . .	108
5.2.2	Voda . . . . .	109
5.2.3	Odpad . . . . .	110
5.3	Hygiena výživy . . . . .	110
5.3.1	Základní živiny . . . . .	110
5.3.2	Minerální látky . . . . .	112
5.3.3	Vitaminy . . . . .	113
5.3.4	Hodnocení stavu výživy . . . . .	114
5.4	Hygiena práce . . . . .	115
5.5	Hygiena dětí a mladistvých . . . . .	117
5.6	Hygiena zdravotnických zařízení . . . . .	118
	<b>Seznam zkratk</b> . . . . .	<b>121</b>
	<b>Literatura</b> . . . . .	<b>122</b>
	<b>Rejstřík</b> . . . . .	<b>125</b>
	<b>Souhrn</b> . . . . .	<b>133</b>
	<b>Summary</b> . . . . .	<b>134</b>



# 1 Mikrobiologie

## 1.1 Obor mikrobiologie

Mikrobiologii můžeme členit na obecnou a speciální. **Obecná mikrobiologie** se zabývá obecnými zákonitostmi mikrobů, jejich morfologií, fyziologií, metabolismem, rozmnožováním a taxonomií. **Speciální mikrobiologie** studuje vlastnosti jednotlivých druhů a skupin mikroorganismů – např. způsob jejich identifikace či mechanismus, jakým vyvolávají onemocnění.

Podle zaměření rozlišujeme mikrobiologii lékařskou, veterinární, zemědělskou, technickou, průmyslovou, potravinářskou aj.

Mikrobiologie je oborem velmi rozsáhlým, proto ji dále členíme na podobory, a to **bakteriologii**, **virologii**, **mykologii** a **parazitologii**. Parazitologie zahrnuje protozoologii zabývající se prvoky, helmintologií studující červy a entomologii, která je zaměřena na členovce a hmyz.

## 1.2 Obecné vlastnosti mikroorganismů

Člověk potřebuje k životu kyslík, avšak u mikrobů tomu tak vždy není. Podle vztahu ke kyslíku rozlišujeme mikroby **aerobní**, jež kyslík potřebují, je pro ně životně důležitý. Dále jsou to mikroby **anaerobní**, které nejen že kyslík nepotřebují, ale v prostředí s kyslíkem nemohou žít; **fakultativně anaerobní**, jež mohou žít a množit se jak v prostředí s kyslíkem, tak bez něj; a nakonec **mikroaerofilní** mikroby, které pro svůj život potřebují malé množství kyslíku a větší množství oxidu uhličitého.

Neméně důležitá je pro mikroorganismy teplota okolního prostředí. Pro chladomilné neboli **psychofilní** mikroby je ideální teplota okolo 15–20 °C, jejich opakem jsou teplomilné neboli **termofilní** mikroorganismy, jejichž teplotní optimum se pohybuje okolo 50–60 °C. Většina mikroorganismů v lékařské mikrobiologii však spadá do kategorie **mezofilních** mikrobů, jimž vyhovuje teplota 35–37 °C, tedy teplota lidského těla.

V případech nepříznivých podmínek okolního prostředí dokážou některé bakterie omezit svůj metabolismus na minimum, zredukovat cytoplazmu, místo buněčné stěny vytvořit odolnější obaly a v tomto

stavu setrvat roky, než budou okolní podmínky opět optimální. Tuto formu přežívání mikroorganismů v nepříznivých podmínkách nazýváme **spora**.

Podle vztahu k člověku rozlišujeme mikroorganismy **saprofytické**, které svému hostiteli ani neškodí, ani nepomáhají. Zdrojem živin jsou pro ně odpadní látky a neživá organická hmota. Dále jsou známy mikroby **sybiotické**, které žijí ve vzájemném prospěchu s makroorganismem, a **parazitické**, jež svého hostitele poškozují, neboť žijí z jeho živin.

**Patogenita** neboli choroboplodnost vyjadřuje schopnost mikroba vniknout do těla, množit se v něm a způsobit onemocnění. Jedná se o obecnou vlastnost mikroorganismů typickou pro určité druhy, avšak jeden druh mikroba může být různě patogenní vůči různým živočišným druhům. Podle stupně patogenity rozlišujeme mikroby **nepatogenní**, **podmínečně patogenní** a **patogenní**.

**Virulenci** rozumíme stupeň patogenity určitého kmene. Je to individuální vlastnost, v rámci jednoho druhu mohou být konkrétní kmeny různě virulentní. Dána je zejména invazivitou a toxigenitou.

**Invazivita** (pronikavost) je schopnost mikroba proniknout do tkání, kde se pak rozmnožuje a svými produkty poškozuje hostitele.

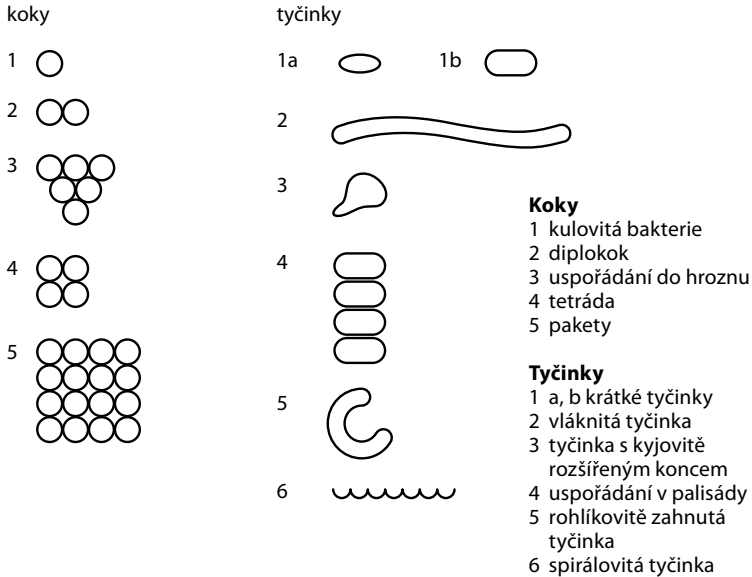
**Toxigenita** je schopnost mikroorganismu (bakterie) produkovat toxiny. **Exotoxiny** jsou látky vylučované z mikroorganismu do okolí (tedy do tkání hostitele), jsou jedovaté a tkáňově specifické. Např. tetanotoxin a botulotoxin mají afinitu k nervové tkáni, hemolyziny k červeným krvinkám a difterický toxin k nervovému systému a srdečnímu svalu. Jedná se o proteiny, které lze teplem nebo chemicky zbavit toxicity. Netoxické toxiny jsou nazývány toxoidy či anatoxiny a lze je využít např. pro tvorbu očkovacích látek. Oproti tomu **endotoxin**, který je součástí výhradně gramnegativních střevních bakterií, se uvolní až po rozpadu mikroba. Jedná se o lipopolysacharid a nelze jej zbavit toxicity.

Pod pojmem **infekční dávka** se rozumí množství mikrobů potřebné k vyvolání onemocnění. Čím vyšší má mikrob virulenci, tím nižší je pak infekční dávka, což platí i naopak.

### 1.3 Bakterie

Bakterie jsou mikroorganismy o velikosti 0,3–25  $\mu\text{m}$ , bakterie v lékařské mikrobiologii mají nejčastěji velikost 1–2  $\mu\text{m}$ , lze je pozorovat ve světelném mikroskopu. Podle tvaru je můžeme rozdělit na kulovité

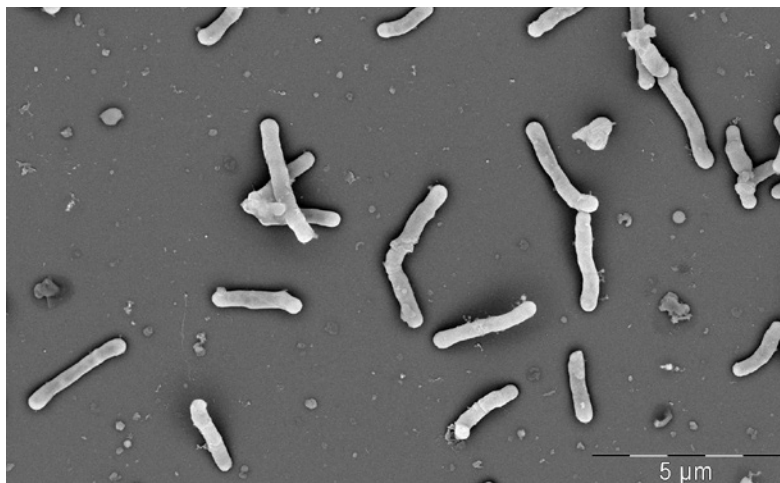
**koky** a **tyčinky** neboli bacily (obr. 1). Koky jsou buď jednotlivé, nebo v typických uspořádáních, a to v řetězcích, shlucích či hroznech, dvojicích (diplokoky), čtveřicích (tetrády) nebo větších útvarech (pakety, obr. 2). Tyčinky (obr. 3) mohou být krátké až vláknité, rohlíkovitě za-



**Obr. 1** Tvary a uspořádání bakterií



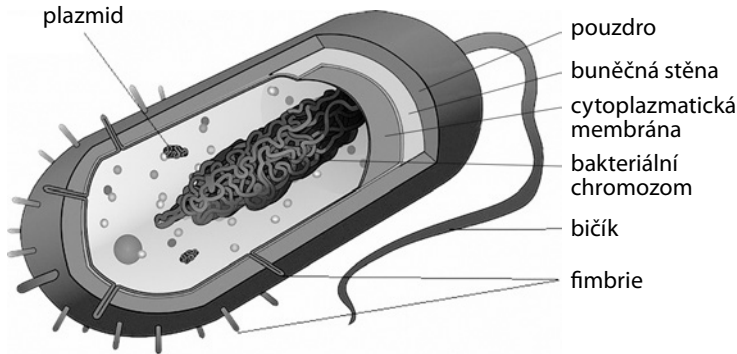
**Obr. 2** Uspořádání kulovitých bakterií v pakety (*Sarcina maxima*)



**Obr. 3** Tyčinkovitá bakterie v elektronovém mikroskopu (*Bifidobacterium apri*)

hnuté, spirálovité nebo jejich konec může být kyjovitě rozšířen. Uspořádané mohou být např. do palisád. Bakterie tvarem na pomezí mezi koky a tyčinkami nazýváme kokobacily.

Genetická informace bakterií je obsažena v dlouhé, dvojřetězcové cirkulární molekule DNA. Tento bakteriální chromozom organizovaný v nukleoid není žádnou membránou oddělen od cytoplazmy, není vytvořen jaderný obal. Kromě hlavního chromozomu obsahují bakterie ještě malé kruhové molekuly DNA zvané plazmidy. Tyto struktury nejsou pro bakterii životně důležité, avšak v daném prostředí mohou bakterii zvýhodňovat. Nesou totiž např. informaci o produkci toxinů či rezistenci na antibiotika. Genetickou informaci obsaženou v plazmidech si mohou bakterie mezi sebou předávat. Ribozomy slouží buňce k syntéze proteinů a kromě nich již cytoplazma žádné jiné orgány neobsahuje. Cytoplazmu ohraničuje cytoplazmatická membrána, která je stejného složení jako u lidských buněk, tvoří ji dvojvrstva fosfolipidů. Na vnější straně této membrány se nachází buněčná stěna, což je unikátní struktura právě u bakterií. Dále některé bakterie mohou mít pouzdro (např. pneumokok), jeden či několik bičíků sloužících k pohybu (např. *Helicobacter pylori*) a fimbrie zvané pili, což je hustá síť krátkých vláken potřebná k přichycení (např. gonokok ke sliznici močové trubice) (obr. 4).



**Obr. 4** Stavba bakterie

Podle barvení (obr. P1) rozlišujeme bakterie grampozitivní (G+) a gramnegativní (G-), malou skupinku pak tvoří bakterie, které barvením podle Grama znázornit nelze. Zda bude bakterie G+ nebo G-, určuje stavba její buněčné stěny. Grampozitivní bakterie mají buněčnou stěnu silnější z více vrstev peptidoglykanu (obr. P2). Stěna gramnegativních bakterií je o poznání slabší, tvořena je pouze jednou vrstvou peptidoglykanu, zato obsahuje lipopolysacharid, zvaný rovněž endotoxin. Ten může být z buňky uvolněn až po jejím rozpadu.

### Diagnostika bakteriálních infekcí

Jako klinický materiál pro potvrzení bakteriální infekce mohou být použity výtěry a stěry, sputum, moč, stolice, mozkomíšní mok, krev, hnis, výplachy, zvratky, různé tkáňové tekutiny apod. Nejčastěji se jedná o kultivaci na tuhých médiích, popř. s pomnožením mikrobu v médiích tekutých. Dále je možné využít světelnou mikroskopii, kdy je preparát barvený podle Grama, popř. speciálními barvicími metodami. Pro potvrzení konkrétního agens jsou k dispozici molekulárně-diagnostické metody, popř. nepřímý sérologický průkaz.

Pro léčbu většiny bakteriálních infekcí lze použít antibiotika, důležitá je však citlivost daného mikroba k vybranému preparátu.

### 1.3.1 Fyziologická flóra člověka

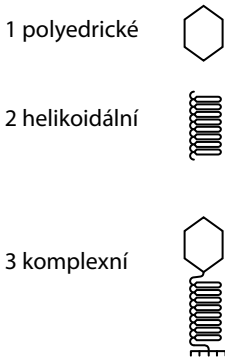
Lidské tělo je osídleno odhadem  $10^{14}$  bakteriálních buněk, a to na částech těla komunikujících se zevním prostředím. Fyziologickou flóru člověk

získá během porodu a po něm, složení mikroorganismů je závislé na věku, potravě i okolním prostředí. Pokožka, která je v neustálém těsném kontaktu se zevním prostředím, je osídlena *Staphylococcus epidermidis*, popř. *Staphylococcus aureus*, a to zejména ve vlhčích oblastech. Ve vlasových váčcích a mazových žlázách se vyskytují anaerobní bakterie, zejména *Propionibacterium acnes*, jejichž přemnožení může vést k akné. Dutina ústní a nosní hostí zejména stafylokoky a streptokoky, dále nepatogenní neisserie. Z potenciálních patogenů zde mohou být *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* či *Neisseria meningitidis*. Povrch zubů je kolonizován velkým počtem bakterií žijících v biofilmu a vytvářejících zubní plak. Na vzniku zubního kazu se pak při nedbalé péči o chrup podílí zejména *Streptococcus mutans*. Horní cesty dýchací jsou osídleny viridujícími streptokoky, stafylokoky, *Neisseria* spp., *Haemophilus influenzae*, dolní cesty dýchací jsou sterilní. V trávicím traktu je osídlení nejbohatší, odhadem je zde 30–40 druhů bakterií, hustota osídlení stoupá od žaludku k tlustému střevu. Nízké žaludeční pH představuje účinnou antimikrobní bariéru, mohou se zde však vyskytovat acidotolerantní laktobacily a streptokoky. *Helicobacter pylori*, který žaludeční kyselinu dokáže neutralizovat, žije u mnoha lidí bez příznaků, jeho výskyt je však spojován se vznikem žaludečních vředů i nádorů. Tenké střevo je osídleno chudě, zato v tlustém střevě je přítomno až  $10^{11}$  mikrobů/1 g. Převažují anaerobní druhy (např. *Bacteroides*), dále *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., laktobacily, enterokoky aj. Ženská vagina hostí zejména *Lactobacillus* spp., který udržuje kyselé pH, a brání tak přemnožení jiných mikroorganismů. Vyskytuje se zde i *Candida*, avšak pokud se přemnoží, může vést k vulvovaginitidě.

## 1.4 Viry

Velikost virů se pohybuje v rozmezí 24–300 nm, rozlišujeme viry malé, střední a velké. Pozorovatelné jsou pouze v elektronovém mikroskopu. Viry jsou obligatorní nitrobuněční parazité, nejsou schopni rozmnožování mimo hostitelskou buňku. Nemají totiž metabolický systém pro replikaci a chybí jim potřebná enzymatická výbava. Pro tyto účely využívají buňku, kterou infikují, což nazýváme biotropismus. Viry tedy mohou infikovat pouze buněčné organismy.

Genetická informace viru je obsažena buď v DNA, nebo v RNA, které jsou jednořetězcové nebo dvouřetězcové. Nukleová kyselina viru



**Obr. 5** Typy virů podle struktury

je obklopena kapsidou z proteinů, spolu tvoří komplex nukleokapsidy. Tato nukleokapsida je složena z kapsomer a podle jejich uspořádání můžeme viry dělit na polyedrické, helikoidální a komplexní (obr. 5). Podle typu nukleové kyseliny rozlišujeme viry DNA a RNA. Podle přítomnosti obalu, který může virus získat při uvolnění z hostitelské buňky, rozdělujeme viry na obalené a neobalené. Viry je možné klasifikovat také podle spektra hostitelů, a to na živočišné, které napadají zvířata a člověka, rostlinné parazitující na rostlinách a bakteriofágy napadající bakterie.

### Životní cyklus viru

Jak již bylo řečeno, virus nemá schopnost replikace mimo hostitelskou buňku. Aby se mohl množit, musí využít její biosyntetický aparát. Po přiblížení viru k živé buňce dojde k **adsorpci** na její povrch, tedy ke kontaktu viru a hostitelské buňky. Daná buňka musí být pro virus vnímavá, teprve pak může dojít ke vzniku infekce. Zpravidla má taková buňka na povrchu receptory pro virus, což umožní jejich těsný kontakt. Následuje penetrace, tedy průnik virového genomu, popř. celého virionu do buňky. Uvnitř buňky dochází k **obnažení virového genomu**, tedy k odstranění kapsidy. Informace zakódované v nukleové kyselině viru způsobí, že hostitelská buňka začne syntetizovat nové součásti viru (nukleové kyseliny a proteiny), dochází tedy k **replikaci** (množení) viru. Poté následuje **kompletace** a **vyzrání** nových virionů,