

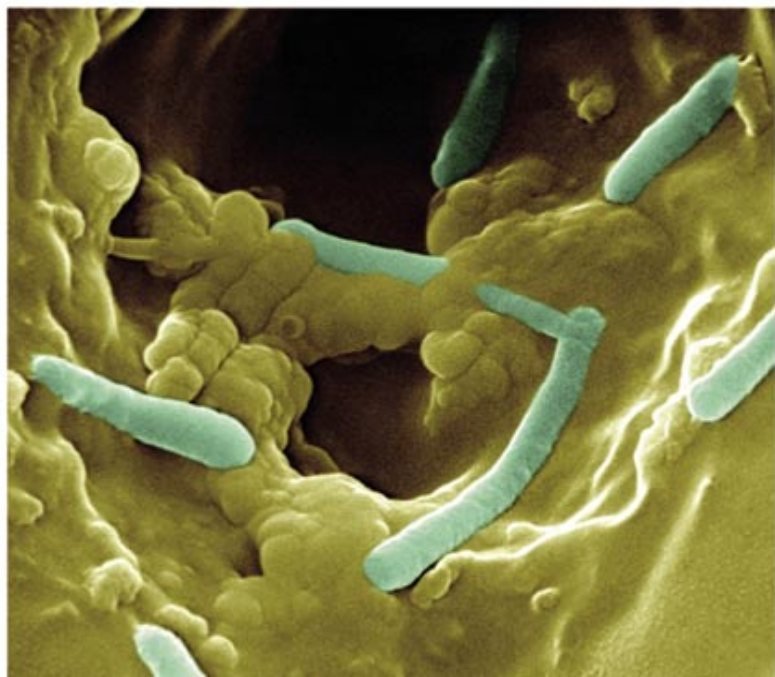
Jiří Schindler

---

# Mikrobiologie

Pro studenty  
zdravotnických oborů

---



# 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**.

*Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.*





Copyright © Grada Publishing, a.s.

# MIKROBIOLOGIE

Pro studenty zdravotnických oborů

**prof. MUDr. Jiří Schindler, DrSc.**

© Grada Publishing, a.s., 2010

Cover Photo © fotobanka allphoto, 2009

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 3822. publikaci

Odpovědný redaktor Mgr. Jan Lomíček

Sazba a zlom Josef Lutka

Počet stran 224 + 24 stran barevné přílohy

1. vydání, Praha 2010

Vytiskl PBtisk s.r.o.

Dělostřelecká 344, 261 01 Příbram

Technická kvalita některých obrázků je snížena vzhledem k množství a různé kvalitě zdrojů.

*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 ale nevyplývají pro autory ani pro nakladatelství žádné právní důsledky.*

*Všechna práva vyhrazena. Tato kniha ani její část nesmějí být žádným způsobem reprodukovány, ukládány či rozšiřovány bez písemného souhlasu nakladatelství.*

**ISBN 978-80-247-3170-4** (tištěná verze)

**ISBN 978-80-247-6669-0** (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

# Obsah

Úvod .....	13
<b>1 Lékařská mikrobiologie .....</b>	<b>15</b>
<b>2 Bakteriální buňka .....</b>	<b>17</b>
2.1 Morfologie .....	17
2.2 Cytologie .....	19
2.3 Růst a množení bakterií .....	25
2.3.1 Růst v tekuté půdě .....	26
2.3.2 Růst na pevné půdě .....	28
2.4 Biofilm .....	29
2.4.1 Vznik a složení biofilmu .....	30
2.4.2 Biofilm a medicína .....	32
2.4.3 Rezistence buněk biofilmu k antibiotikům .....	34
2.5 Genetika bakterií .....	35
2.6 Nástroje patogenity a patogeneze bakteriálních infekcí .....	38
2.6.1 Adherence, kolonizace .....	39
2.6.2 Tvorbá toxinů, toxiny .....	41
2.6.3 Patogenní ostrovy v genomu .....	43
2.6.4 Perzistoři .....	45
2.7 Usmrcení bakterií .....	46
2.7.1 Fyzikální vlivy .....	48
2.7.2 Chemické vlivy .....	48
2.8 Klasifikace bakterií .....	49
<b>3 Antibiotika .....</b>	<b>51</b>
3.1 Charakteristika antibiotik .....	51
3.2 Vyšetření citlivosti bakterií k antibiotikům .....	54
3.3 Mechanismus účinku antibiotik .....	56
3.4 Rezistence bakterií k antibiotikům .....	57
3.4.1 Přírozená rezistence .....	57
3.4.2 Rozložení rezistence v populaci bakterií .....	57
3.4.3 Přenos rezistence .....	58
3.4.4 Rezistence změnou cílové struktury mutací .....	59

3.4.5	Enzymatická inaktivace antibiotik .....	60
3.5	Multirezistence .....	61
3.6	Problémové druhy bakterií .....	62
3.7	Budoucnost antimikrobní terapie .....	63
3.7.1	Nové látky .....	63
3.7.2	Nové cílové struktury .....	63
<b>4</b>	<b>Speciální bakteriologie .....</b>	<b>65</b>
4.1	Pyogenní koky .....	66
4.1.1	Staphylococcus aureus .....	66
4.1.2	Staphylococcus epidermidis .....	69
4.1.3	Streptokoky .....	69
4.1.4	Streptococcus pyogenes .....	70
4.1.5	Streptococcus agalactiae .....	71
4.1.6	Streptococcus pneumoniae .....	71
4.1.7	Ostatní streptokoky a „viridující streptokoky“ .....	74
4.1.8	Enterokoky .....	74
4.1.9	Neisserie .....	74
4.2	Enterobacteriaceae .....	76
4.2.1	Escherichia coli .....	78
4.2.2	Klebsiella pneumoniae .....	79
4.2.3	Enterobacter cloacae .....	79
4.2.4	Serratia marcescens .....	80
4.2.5	Proteus .....	80
4.2.6	Yersinia enterocolitica .....	80
4.2.7	Salmonely .....	81
4.2.8	Shigelly .....	82
4.2.9	Vibria .....	83
4.3	Hemofily a bordetely .....	84
4.3.1	Haemophilus influenzae .....	84
4.3.2	Bordetella pertussis, Bordetella parapertussis .....	84
4.4	Legionella pneumophila .....	85
4.5	Gramnegativní nefermentující aerobní tyčky .....	85
4.5.1	Pseudomonas aeruginosa .....	86
4.5.2	Burkholderia cepacia a Stenotrophomonas maltophilia .....	87
4.6	Mikroaerofilní pohyblivé prohýbané tyčky .....	87
4.6.1	Campylobacter jejuni .....	87

4.6.2	<i>Helicobacter pylori</i> .....	88
4.7	Spirochety .....	90
4.7.1	<i>Treponema pallidum</i> .....	90
4.7.2	<i>Borrelia burgdorferi</i> .....	91
4.7.3	<i>Leptospira interrogans</i> .....	91
4.8	<i>Rickettsia prowazekii</i> a <i>Coxiella burneti</i> .....	92
4.9	Chlamydie .....	93
4.9.1	<i>Chlamydia trachomatis</i> .....	93
4.9.2	<i>Chlamydia psittaci</i> .....	94
4.9.3	<i>Chlamydia pneumoniae</i> .....	94
4.10	Anaerobní bakterie .....	94
4.10.1	Anaerobní koky .....	95
4.10.2	Gramnegativní anaerobní tyčky .....	96
4.10.3	Grampozitivní anaerobní tyčky .....	96
4.10.4	<i>Actinomyces israeli</i> .....	97
4.10.5	Klostridia .....	98
4.10.6	<i>Clostridium tetani</i> .....	98
4.10.7	<i>Clostridium botulinum</i> .....	99
4.10.8	<i>Clostridium perfringens</i> .....	100
4.10.9	<i>Clostridium difficile</i> .....	101
4.11	Grampozitivní tyčky .....	101
4.11.1	<i>Corynebacterium diphtheriae</i> .....	101
4.11.2	<i>Corynebacterium jeikeium</i> .....	103
4.11.3	<i>Listeria monocytogenes</i> .....	104
4.11.4	<i>Nocardia asteroides</i> .....	105
4.11.5	<i>Bacillus anthracis</i> .....	105
4.12	Mykobakterie .....	107
4.12.1	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> .....	108
4.12.2	<i>Mycobacterium avium</i> complex .....	111
4.12.3	<i>Mycobacterium kansasii</i> .....	111
4.13	Bakterie bez buněčné stěny, mykoplazmata .....	111
4.13.1	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> .....	112
<b>5</b>	<b>Normální flóra</b> .....	<b>113</b>
5.1	Význam mikrobiální flóry .....	113
5.2	Kolonizace povrchu těla a sliznic .....	114
<b>6</b>	<b>Biologie virů</b> .....	<b>117</b>

6.1	Klasifikace virů .....	118
6.2	Struktura virů .....	119
6.2.1	Symetrie virionu .....	119
6.3	Replikace virů .....	121
6.3.1	Adsorpce viru .....	122
6.3.2	Penetrace viru .....	122
6.3.3	Odstranění obalu .....	123
6.3.4	Aktivace genomu .....	123
6.3.5	Syntéza viru a uvolnění .....	125
6.3.6	Efektivita virové replikace .....	126
6.3.7	Cytopatogenní efekt .....	126
6.3.8	Výsledek infekce buňky .....	127
6.4	Patogeneze a rozvoj virové infekce .....	128
6.4.1	Brána vstupu .....	128
6.4.2	Místo primárního pomnožení .....	129
6.4.3	Šíření k cílové tkáni či orgánu .....	129
6.4.4	Sekundární pomnožení .....	129
6.4.5	Vyloučení .....	130
<b>7</b>	<b>Speciální virologie .....</b>	<b>131</b>
7.1	Adenoviry .....	131
7.2	Herpesviry .....	132
7.2.1	Herpesvirus hominis .....	132
7.2.2	Varicella zoster virus .....	133
7.2.3	EBV .....	134
7.2.4	Cytomegalovirus .....	135
7.2.5	HHV 6 – HHV 7 (Roseolovirus) .....	136
7.3	Poxviry .....	136
7.3.1	Virus varioly .....	136
7.3.2	Virus vakcinie .....	137
7.3.3	Virus molluscum contagiosum .....	138
7.4	Papovaviry .....	138
7.4.1	Papilomaviry .....	138
7.4.2	Polyomaviry .....	140
7.5	Pikornaviry .....	140
7.5.1	Enteroviry .....	141
7.5.2	Poliovirus hominis .....	141
7.5.3	Coxsackieviry (C-viry) .....	142



7.5.4	Echoviry .....	144
7.5.5	Rinoviry .....	144
7.5.6	Virus hepatitidy A .....	145
7.6	Ortomyxoviry .....	145
7.6.1	Myxovirus influenzae .....	145
7.7	Paramyxoviry .....	151
7.7.1	Viry parainfluenzy .....	151
7.7.2	RSV .....	151
7.7.3	Virus spalniček .....	152
7.7.4	Virus příušnic .....	152
7.8	Rubivirus .....	152
7.9	Virus vztekliny .....	153
7.10	Arboviry .....	153
7.10.1	Virus klíštové encefalidity .....	154
7.10.2	Virus žluté zimnice .....	155
7.10.3	Virus západodonilské encefalidity .....	155
7.12	Viroví původci zánětu jater .....	156
7.12.1	Virus hepatitidy B .....	156
7.12.2	Virus hepatitidy C .....	157
7.12.3	Virus hepatitidy D .....	157
7.12.4	Virus hepatitidy E .....	158
7.13	Rotaviry .....	158
7.14	Caliciviry, Astroviry, Koronaviry .....	159
7.15	HIV, lidský virus ztráty imunity .....	160
7.16	Infekční jednotky podobné virům .....	162
7.17	Imunizace proti virovým onemocněním, virové vakcíny .....	162
7.17.1	Vlastnosti vakcíny .....	163
7.17.2	Inaktivované vakcíny .....	163
7.17.3	Živé vakcíny .....	164
7.17.4	Rekombinantní vakcíny .....	164
7.17.5	Vakcíny v praxi .....	165
7.18	Chemoterapie virových infekcí .....	165
<b>8</b>	<b>Houby (Fungi) .....</b>	<b>169</b>
8.1	Rod Candida .....	169
8.2	Cryptococcus neoformans .....	171
8.3	Rod Aspergilus .....	171

8.4	Pneumocystis jiroveci .....	172
8.5	Původci systémových endemických mykóz .....	172
8.6	Původci dermatomykóz .....	173
<b>9</b>	<b>Prvoci (Protozoa) .....</b>	<b>175</b>
9.1	Trichomonas vaginalis .....	175
9.2	Cryptosporidium .....	176
9.3	Entamoeba histolytica .....	177
9.4	Giardia lamblia .....	178
9.5	Jiná parazitická protozoa menšího významu .....	179
<b>10</b>	<b>Klinická mikrobiologie .....</b>	<b>181</b>
10.1	Infekce horních cest dýchacích .....	182
10.1.1	Pneumonie v komunitě .....	182
10.1.2	Nozokomiální pneumonie .....	183
10.1.3	Bronchitida .....	184
10.2	Sepse .....	184
10.2.1	Zdroj nozokomiální sepse .....	185
10.2.2	Mikrobiologické vyšetření .....	185
10.3	Endokarditida .....	188
10.4	Močové infekce .....	189
10.4.1	Uretritida .....	190
10.4.2	Cystitida .....	190
10.4.3	Pyelonefritida .....	190
10.4.4	Prostatitida .....	191
10.4.5	Mikrobiologické vyšetření moči .....	191
10.5	Sexuálně přenosné infekce .....	192
10.6	Průjemová onemocnění .....	193
10.7	Infekce ran .....	196
10.8	Nemocniční infekce .....	197
<b>11</b>	<b>Principy diagnostiky infekčních chorob .....</b>	<b>199</b>
11.1	Odběr materiálu .....	200
11.2	Mikroskopické vyšetření vzorku .....	200
11.3	Kultivace .....	200
11.4	Identifikace bakterií .....	201
11.5	Testování citlivosti k antimikrobním látkám .....	203
11.6	Sdělení výsledku .....	204

11.7 Virologické vyšetření .....	204
<b>12 Nové a obnovené infekční nemoci .....</b>	<b>205</b>
Poděkování .....	207
Doporučená literatura .....	209
Rejstřík .....	211



## Úvod

Lékařská mikrobiologie je mikrobiologie člověka pojednávající o původcích onemocnění i o nepatogenních mikrobech v těle a v jeho bezprostředním okolí.

Tato stručná učebnice lékařské mikrobiologie je zaměřena na studenty zdravotnických oborů, především na studentky a studenty bakalářského studia oboru všeobecná sestra.

Výběr, rozsah a hloubka látky vycházejí ze zkušenosti s výukou na tomto stupni a z realisticky pochopených potřeb v praxi. Hlavní snahou je, aby studenti poznali obecné souvislosti existence mikrobů a jejich vztahu k člověku. Cílem není memorování látky, ale její pochopení. Znalosti lékařské mikrobiologie jsou pro zvolený obor studia nástrojem a prostředkem orientace. Jejich samostatné používání je však určeno lékařům.

Všichni studenti přicházející do prvního školního kontaktu s lékařskou mikrobiologií si stěžují na obtížnost systematiky a množství jmen mikrobů, jež mají znát. Jejich stesky lze samozřejmě chápat. Z množství mikrobů byly proto v kapitolách speciální mikrobiologie, virologie, mykologie a parazitologie vybrány druhy, s nimiž se v povolání častěji setkají nebo které znamenají ohrožení života pacienta. To je však vše, čím lze studium lékařské mikrobiologie ulehčit. Některé druhy mikrobů jsou probírány kvůli hrozbě bioterorizmu, jiné pro možnost epidemického šíření. Jména některých druhů mikrobů jsou uváděna pro seznámení a jako připomínka při případném výskytu v praxi. Každopádně je hlavním cílem studia vědět „Jak?“ a „Proč?“.

Problém výuky virologie u studentů zdravotnických oborů spočívá kromě jiného v tom, že viry pouhým okem nebo jednoduchým mikroskopem „nejsou vidět“. Druhy probíraných virů jsou vybrány podle závažností onemocnění, podle praktické potřeby studentů, zejména všeobecných sester, a podle epidemiologické naléhavosti.

Objem informací o virech může pro studenty zdravotnických oborů působit někde nepřiměřeně, je však potřebné poukázat na rozmanitost a komplikovanost ustrojení virů, a zdůraznit tak biomedicínský význam virových infekcí. Je na učiteli, aby své požadavky přizpůsobil svému pedagogickému záměru.

Vydavatelé se snažili umožnit prezentaci co nejvíce obrazového materiálu z archivu autora, případně elektronoptických snímků autorů z významných světových pracovišť. Z technických a ekonomických důvodů však všechny kapitoly nemohly být názorně doplněny dostatečným počtem obrázků, a proto i počet barevných verzí obrázků byl omezen. Je opět na pedagogovi, který je hlavním mediátorem výuky, aby v přednáškách a praktikách to potřebné prezentoval.

Poznámka autora: v nadpisech 2. a 3. úrovně jsou názvy virů a bakterií z grafických důvodů uvedeny obyčejným písmem, ačkoli v odborné terminologii se používá kurzíva.

# 1 Lékařská mikrobiologie

Mikroorganismy, které žijí v lidském těle, nejsou výhradně škodlivé. Člověk je s některými (převážně bakteriemi) ve vzájemném pozitivním vztahu. Člověk – hostitel – zajišťuje prostředí, z něhož bakterie těží živiny, a jejich metabolity jsou mu prospěšné. Příkladem je *Escherichia coli* v tlustém střevě obstarávající menachinon – vitamin K, který je zpracováván v játrech při syntéze protrombinu, jenž má význam pro srážlivost krve. Určité druhy bakterií, virů, hub i prvoků jsou přítomny na sliznicích a na kůži, aniž by vyvolávaly onemocnění. Jsou to organismy nepatogenní. Vztah člověka jako hostitele a mikrobů je vztah dynamický, to jest takový, při němž se mění kvalita i kvantita mikrobů a současně s nimi i reakce organismu hostitele.

Lékařská mikrobiologie se zabývá jak mikroby, které jsou výsloveně patogenní, tak i takovými, které vyvolávají onemocnění jen za určitých podmínek, nejčastěji při snížení imunity hostitele. Zabývá se i mikroby v bezprostředním okolí člověka, které se na člověka přenášejí, a mikroby, které se na člověka přenášejí ze zvířat. Prvotními a nejdůležitějšími objekty jsou však mikroby patogenní.

Čtyři skupiny mikrobů se vztahem k člověku jsou od sebe více či méně biologicky vzdáleny. Jejich spektrum jde od nebuněčných **virů**, přes jednobuněčné **bakterie** schopné již samostatné existence a **houby** – složitější organismy s bohatou morfologií s organelami až po parazitické jednobuněčné **prvoky** již podobné buňkám vyšších živočichů.

Kromě popisu vlastností těchto mikroorganismů se lékařská mikrobiologie zabývá způsobem zneškodňování původců onemocnění fyzikálními i chemickými vlivy, zejména antimikrobními látkami – **antibiotiky** a **antivirovými látkami**. Lékařská mikrobiologie také zkoumá teorie očkovacích látek a jejich přípravy.

**Klinická mikrobiologie** se zabývá infekčními onemocněními a podmínkami výskytu nemocničních **infekcí** u pacientů oslabených základním onemocněním a zároveň vystavených infekci z prostředí. Do tohoto oboru patří i **epidemiologie** používaná jako nástroj zkoumání šíření infekčních onemocnění v nemocnicích i v komunitě mimo ně. V neposlední řadě k lékařské mikrobiologii patří i zájem o **nová a znovu se vyskytující infekční onemocnění**.

Nejjednodušší organizmy schopné reprodukce jsou **viry**. Jsou živé v tom smyslu, že se replikují, nejsou však schopny samostatné existence (života), protože jsou závislé na hostitelské buňce. Jsou nejmenšími infekčními agens s jedním druhem nukleové kyseliny. K replikaci používají v různé míře aparát hostitelské buňky, kterou pak většinou ničí. Jsou tedy parazity na molekulární úrovni, protože využívají makromolekuly, zejména enzymy, pro svou reprodukci. Míra tohoto využívání, tedy míra relativní autonomie, je různá. Jejich původ je předmětem teorií. Podle **regresivní** teorie vznikly viry únikem z hostitelské buňky. Podle teorie **progresivní** je základem plazmid nebo transpozon, jehož DNA byla obalena bílkovinou a získala schopnost vniknutí do buňky. RNA viry mají původ v mRNA buňky. Byly by tedy vývojově mladší než bakterie. **Koevoluční** teorie praví, že se viry jako biologické struktury vyvíjely nezávisle a jsou na počátku vývojové řady organizmů schopných množení. O žádné z těchto teorií nejsou důkazy a vývoj virů je zřejmě provždy tajemstvím.

**Bakterie** jsou nejstarší organizmy na Zemi. Existuje jich něco mezi 300 000 a jedním milionem druhů, z nichž bylo nalezeno a popsáno na tři tisíce. Bakterie jsou **jednobuněčné organizmy**, které si mohou obstarat energii a výživu z anorganických zdrojů. Evolucí se však tato vysoká nezávislost na prostředí změnila, některé bakterie se přizpůsobovaly prostředí, ztrácely schopnost stavby těla z anorganických zdrojů, potřebovaly doplnit výživu aminokyselinami, cukry i bílkovinami a **adaptovaly** se dokonce na určitého hostitele, ačkoliv mohou růst i na relativně bohaté umělé půdě. Například *Streptococcus pyogenes* se vyskytuje jen u člověka. Některé bakterie ztratily schopnost růstu mimo buňku a jsou **obligatorními intracelulárními parazity**. Jejich strategií je množit se s co nejmenším vynaložením energie, což je vedlo k parazitizmu. Paradoxně však působí skutečnost, že činnost patogenu vede k smrti hostitele, čímž však je ohrožen sám patogen, protože logicky ztrácí možnost další existence.

**Houby** jsou mikroorganizmy s rozvětvenými vlákny – myceliem, která mají průchodné přepážky, jsou mnohohojaderná a cytoplazma či nukleové kyseliny jimi procházejí. Nepravé houby jsou kvasinkovité organizmy, buď jednobuněčné, nebo tvoří mnohobuněčná vláknitá pseudomycelia.

**Protozoa** jsou jednobuněčné eukaryontní (mají jádro) organizmy s organelami. Některé mají bičíky, jiné se pohybují pomocí pseudopodií jako améby.



## 2 Bakteriální buňka

V průběhu evoluce trvající miliony let se bakterie rozrůznily jak ve způsobu života, tak svým tvarem a velikostí. Jejich velikost je od 0,2  $\mu$  až po 0,75 mm, některé druhy rostou při 0 °C a jiné při 113 °C, při pH 0,06 a pH 12, při tlaku více než 1000 atm nebo v 32% nasyceném roztoku NaCl. Vlastnosti bakterií v okolí člověka jsou dány charakterem jeho životního prostředí a vlastnostmi hostitele.

### 2.1 Morfologie

Morfologie bakterií se studuje mikroskopickými metodami. V diagnostice se běžně používá pozorování obarvených usmrcených bakterií, v praxi kombinované **Gramovo barvení**. To kromě znázornění tvaru bakterií vypovídá o jejich charakteru – bakterie grampozitivní se od bakterií gramnegativních liší strukturou a jinými vlastnostmi včetně mechanismu infekce.

Velikost nejmenšího objektu, který lze spatřit (při dané vlnové délce světla) **světelným mikroskopem**, je dána **rozlišovací schopností mikroskopu**. Je to nejmenší vzdálenost dvou bodů (objektů), které lze jako dva body rozlišit. Užitečné zvětšení mikroskopu je takové zvětšení, jež umožní pozorovat objekt nejmenší rozlišitelné velikosti. **Celkové zvětšení** mikroskopu je dáno součinem zvětšení objektivu (například 100 $\times$ ) a okuláru, kterým se zvětšený obraz pozoruje (například 10 $\times$ ) (obr. 2.1). **Konfokální mikroskop** umožňuje ostře pozorovat objekt v rovině zaostření a překrýt obraz v rovinách nad a pod rovinou zaostření. Procházením rovin lze získat trojrozměrný obraz objektu. Obraz se zpracovává elektronicky pomocí vestavěného počítače. Jako zdroj světla se používá laserový paprsek, rozlišovací schopnost tohoto typu mikroskopu je větší než obyčejného světelného.

**Elektronový mikroskop** pracuje s elektrony, které mají menší vlnovou délku, má větší rozlišovací schopnost a umožňuje vyšší zvětšení. Paprsek elektronů buď objektem (například ultratenkým řezem bakterie) prochází, nebo se od objektu (celé bakterie) odráží. **Transmisivní elektronová mikroskopie** pracuje s paprskem elektronů podobně jako světelný mikroskop se světelným paprskem. Procházející elektro-