

Lékařská mikrobiologie pro ZDRL

**Týden 18:
Přehled anaerobů a mykobakterií**

Upraveno podle Ondřeje Zahradníčka

A decorative graphic on the left side of the slide features a light green balloon at the top, a light blue balloon in the middle, and a light purple balloon at the bottom. Yellow streamers and triangular flags are scattered around the balloons.

Co nás dnes čeká?

- Nesporulující anaerobní bakterie
- Klostridia (G+ sporulující anaerobní tyčinky)
- Mykobakteria (původce tuberkulózy, původce lepry, netuberkulózní mykobakteria);
- Aktinomycety a nokardie

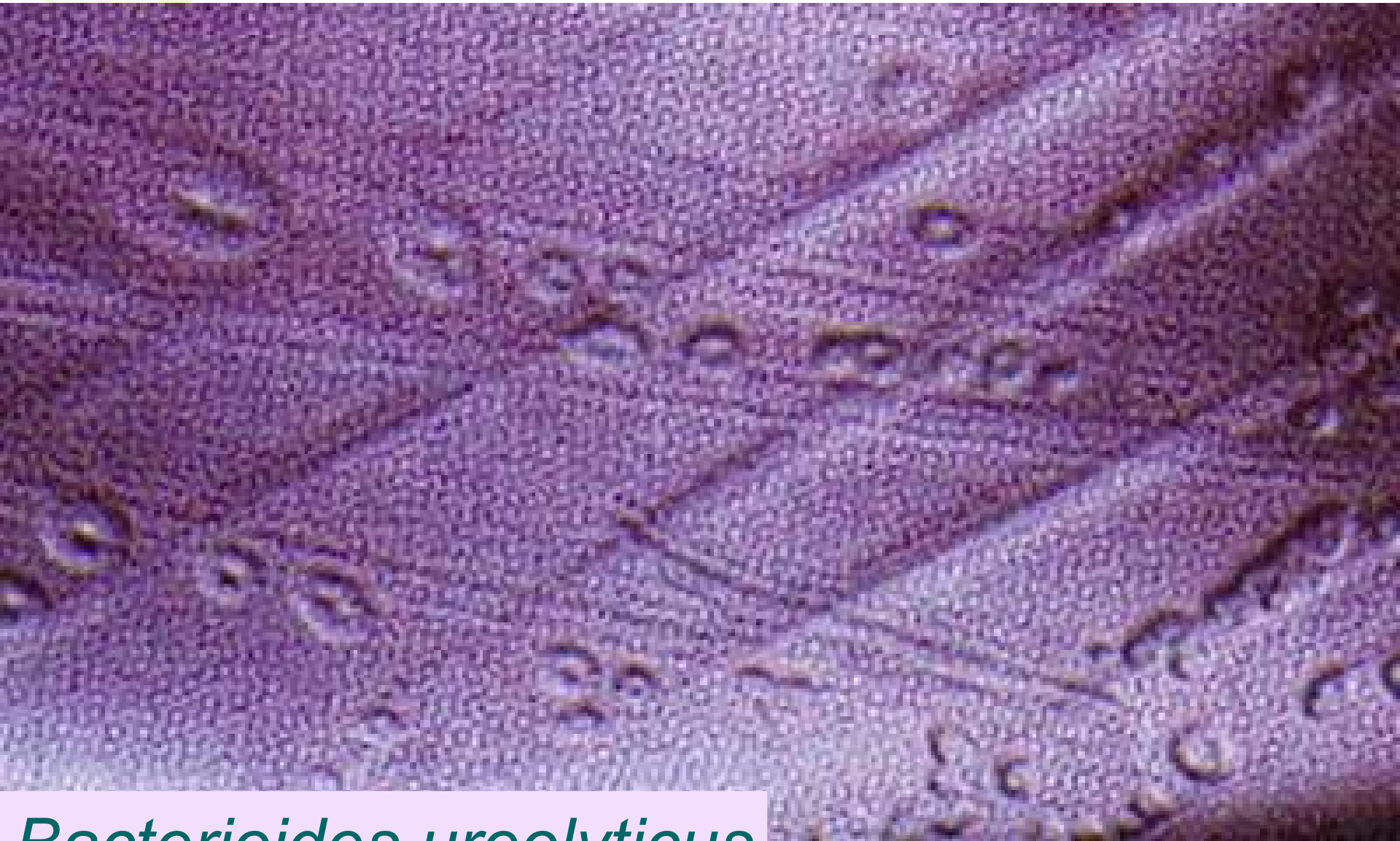
Ještě než začneme...

- ...měli bychom si cosi uvědomit.
Doted' (minulé dvě přednášky) jsme si povídali většinou (*až na výjimky, např. původce kapavky*) o bakteriích, které se projeví při běžné diagnostice.

Takže:

- Pokud chce ošetřující lékař, aby byl jeho vzorek prověřen na přítomnost anaerobů, mykobakterií či aktinomycet, musí to uvést na žádance. Musí se užít speciální postupy.
- U dalších původců (třeba spirochet či chlamydií) se navíc zpravidla odebírá sérum a provádí se nepřímý průkaz
- Laborant si toho musí být vědom a případně upozornit na vhodný způsob odběru či označení průvodky

1. Nesporeující anaeroby



Bacterioides ureolyticus

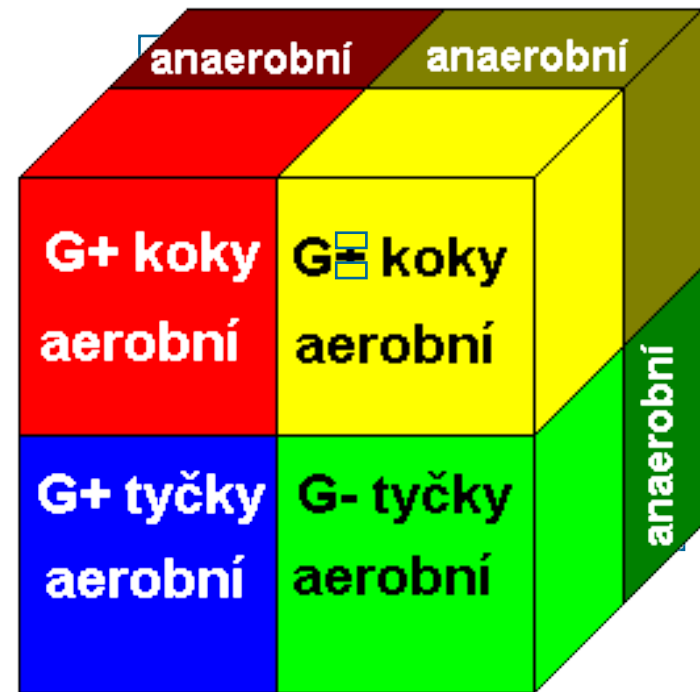
Co jsme znali doted'

- Zatím jsme se seznámili se čtyřmi skupinami mikrobů, které rostou za aerobních podmínek – ať už jsou striktně aerobní jako např. pseudomonády, nebo fakultativně anaerobní jako třeba *Escherichia coli*.

G+ koky	G- koky
G+ tyčky	G- tyčky

Nyní si přidáme další čtyři skupiny

- Každá z oněch čtyř skupin má totiž svoje anaerobní „bratříčky“. Jejich vlastnosti se výrazně liší od aerobních bakterií a naopak vykazují některé společné charakteristiky. Vymyká se jen rod *Clostridium*, protože umí tvořit spory



Společné charakteristiky nesporelujících anaerobů

- Vyskytují se jako **běžná flóra**:
 - **v tlustém střevě**, kde tvoří 99 až 99,9 % (dle různých údajů) celkového objemu mikrobů, je jich tam kolem jednoho kilogramu
 - **v ústech**, kde mohou žít díky biofilmu – jsou do něj zavzaty tak, aby neměly přímý přístup ke vzduchu, které by je ohrožoval
 - **v pochvě**, kde nejsou přítomny u všech žen, ale uvádí se, že asi 70 % žen nějaké anaeroby v pochvě má a považuje se to za normální stav; jen pokud se zde přemnoží, jde o dysmikrobii, kterou je nutno léčit

Veillonova flóra

- Při zánětu obvykle neexistuje jeden původce, ale uplatňuje se směs. Někdy se používá termín „Veillonova flóra“
- Velmi často se ovšem na takových infekcích podílejí vedle striktně anaerobních bakterií také bakterie fakultativně anaerobní (např. ze střeva)
- Chronické infekce i s aeroby, ty spotřebují kyslík
- Často bakterie nemusejí aktivně provádět invazi (např. do břišní dutiny) – dostanou se tam spíše pasivně narušením stěny zánětem, nádorem či úrazem
- Anaerobní infekce nemají specifické příznaky (typické u klostridií a aktinomykózy), zápach

Kde se tedy typicky vyskytují anaerobní infekce?

- V pánevní oblasti (průnik z pochvy)
- V břišní dutině (průnik bakterií ze střeva)
- Ve tkáních krku a hrudníku (z dutiny ústní – týká se také aktinomykózy, viz dále)
- V plicích (z dutiny ústní nebo ze střeva, často při tonutí nebo při vdechnutí zvratků – často u alkoholiků a lidí v kolapsovém stavu)
- Někdy i v samotné dutině ústní, pochvě, výjimečně i ve střevě
- Často ohraničená ložiska, abscesy

Toto se týká nesporulujících anaerobů – klostridiové anaerobní infekce mívají jiné lokalizace (většinou se šíří z ran)

Anaerobní infekce z ústní dutiny



Novorozenecká anaerobní pneumonie

aapredbook.aapublications.org

Bacteroides and *Prevotella* infections. *Bacteroides fragilis* pneumonia in newborn (*B. fragilis* isolated from the placenta and blood culture from the newborn). Anaerobic cultures were obtained because of a fecal odor in the amniotic fluid



Gingivostomatitis: *Prevotella gingivalis*

www.mamagums.com



Přenos infekce

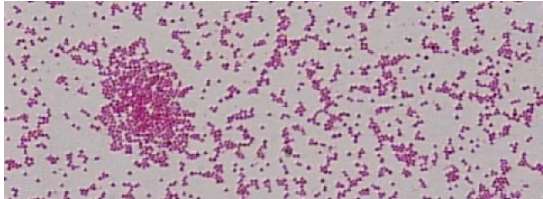
- Významný je endogenní přenos (= v rámci těla pacienta)
- Jiný než endogenní přenos je málo běžný; do rány se mohou anaeroby dostat při pokousání, do střeva s potravou
- Nezpůsobují velké nemocniční (nozokomiální) epidemie, nozokomiální endogenní infekce jsou však poměrně časté, profylaxe před chirurgickými zákroky

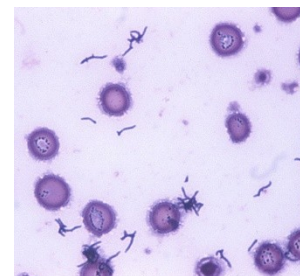
Léčba

- **Penicilin** je dle literatury lékem volby anaerobních infekcí kromě infekcí způsobovaných rodem *Bacteroides*, který je primárně rezistentní. V praxi se ale častěji využívají **aminopeniciliny**, případně i s inhibítorem betalaktamázy
- **Metronidazol** se používá např. u anaerobních poševních infekcí, jeho výhodou je zde současná účinnost na trichomonády
- Z **dalších antibiotik** se uplatňují například linkosamidy
- Antibiotika dlouhodobě a ve vyšších dávkách
- Chirurgická odstranění nekrotické tkáně

Přehled nesporelujících anaerobů (u člověka nejběžnější druhy)

<http://www.geocities.com>

	Koky	Tyčinky
G+	<i>Peptococcus</i> <i>Peptostreptococcus</i> http://www.geocities.com	<i>Propionibacterium</i> *** <i>Eubacterium</i> <i>Actinomyces</i> <i>Bifidobacterium</i> <i>Lactobacillus</i>
G-	<i>Veillonella</i> 	<i>Fusobacterium, Leptotrichia</i> * <i>Bacteroides, Prevotella,</i> <i>Mobilumcus,</i> <i>Porphyromonas</i> **



*se zašpicatělými konci **s rovnými konci tyčinky

***není stoprocentní anaerob

Rozdíly mezi gramnegativními anaerobními tyčinkami

Rod <i>Bacteroides</i>	<i>Prevotella</i> a <i>Porphyromonas</i>
Převážně v tlustém střevě, některé druhy pohyblivé	Převážně v ústní dutině
Rezistentní na penicilin a ampicilin	Bývají citlivé na penicilin
Biochemicky aktivnější	Biochemicky méně aktivní
Netvoří pigment	Často tvoří pigment
Původně všechny patřily do rodu <i>Bacteroides</i>	

Příběh

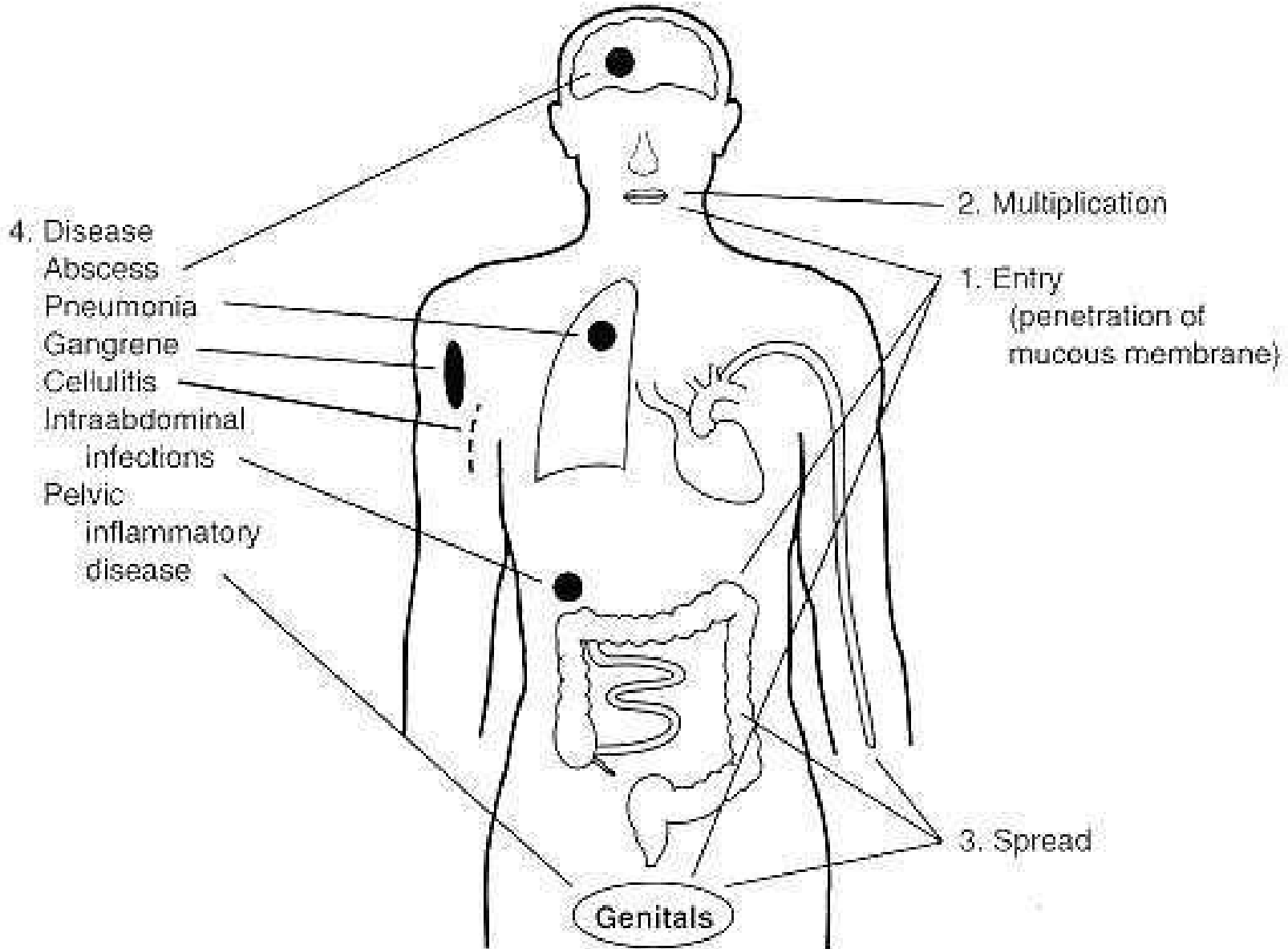


- Paní Raková byla přijata pro horečnatý stav a intenzivní bolesti břicha
- Zobrazovací metody ukázaly na absces malé pánve. Ukázaly však také nádor na děložním čípku – později se ukázalo že jde o karcinom
- U paní Rakové se naštěstí podařilo operačně vyřešit nejdříve absces a poté i nádor, byť za cenu provedení hysterektomie. Metastázy se naštěstí neobjevily.

V abscesu se našla...

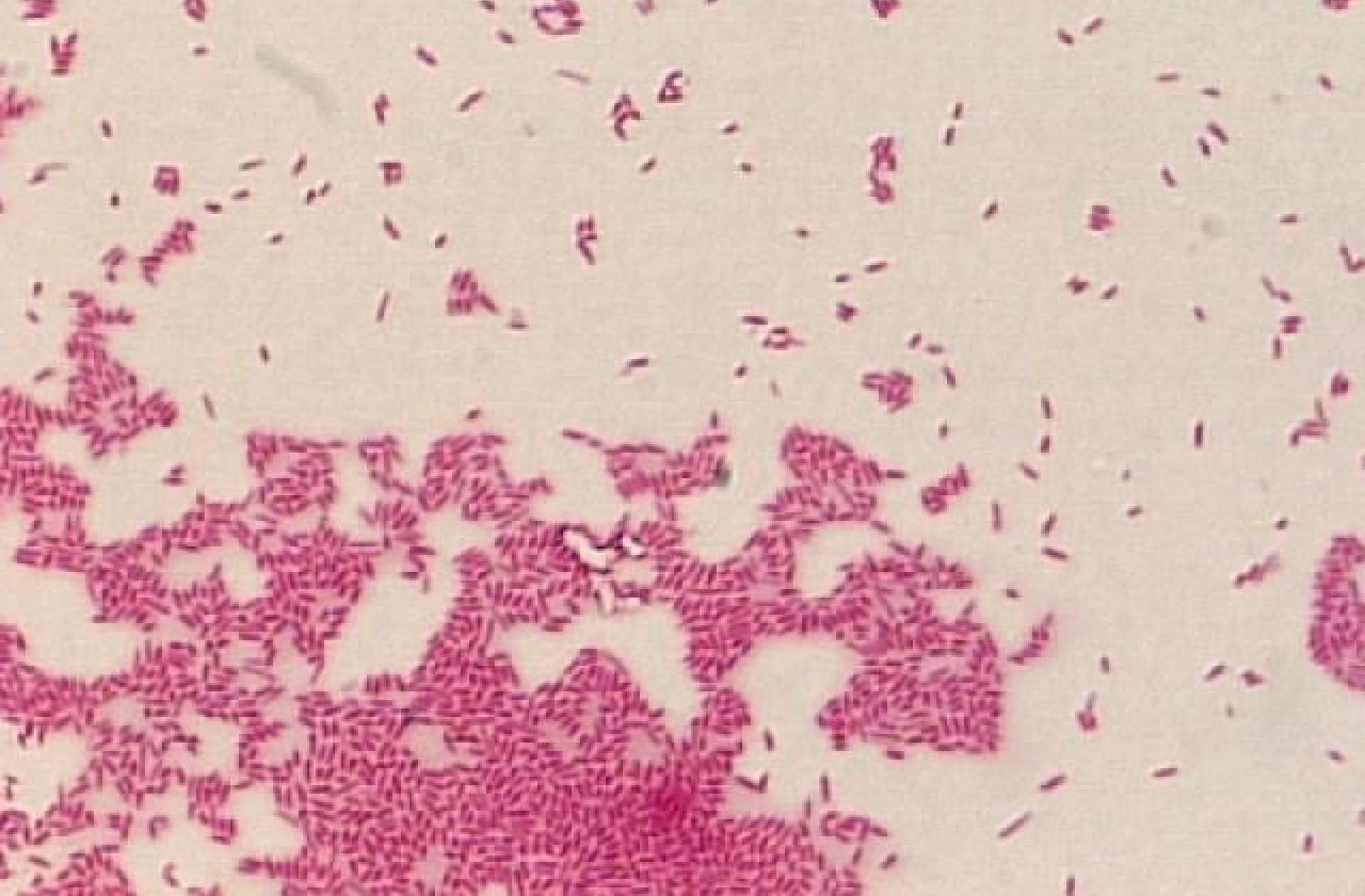
- ...směs striktně anaerobních, ale i fakultativně anaerobních bakterií
- Tato směs se zřejmě vyskytovala v pochvě paní Rakové, aniž by jí činila sebemenší problémy
- Nádor však porušil anatomickou bariéru, a mikroby se dostaly do míst, kde způsobily absces.

Anaeroby v těle



Bacteroides fragilis

<http://www.geocities.com>



Bacteroides sp.

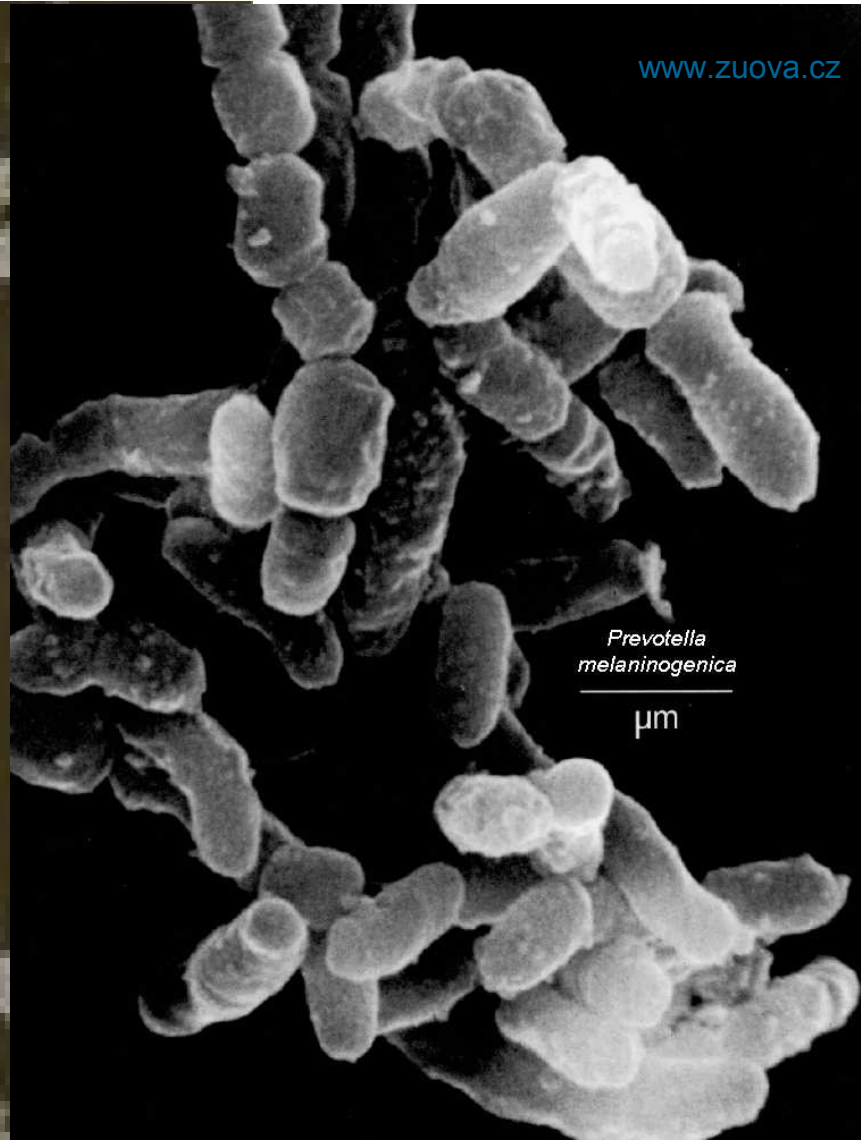
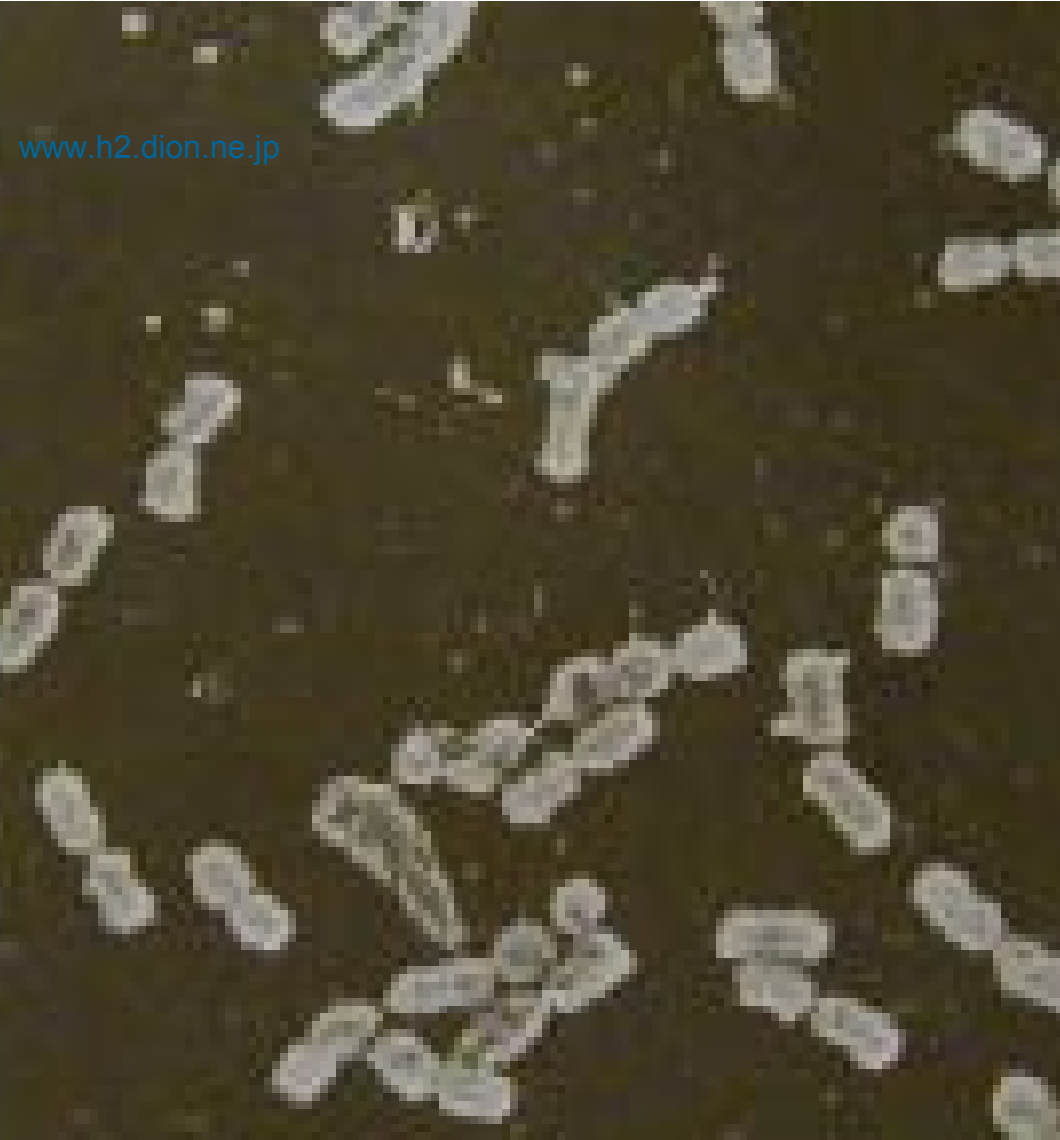
Dříve se používal pro tyto útvary název
„Sphaerophorus necrophorus“, tedy
„Kulonoš smrtonosný“

www.medmicro.info, foto O. Z.

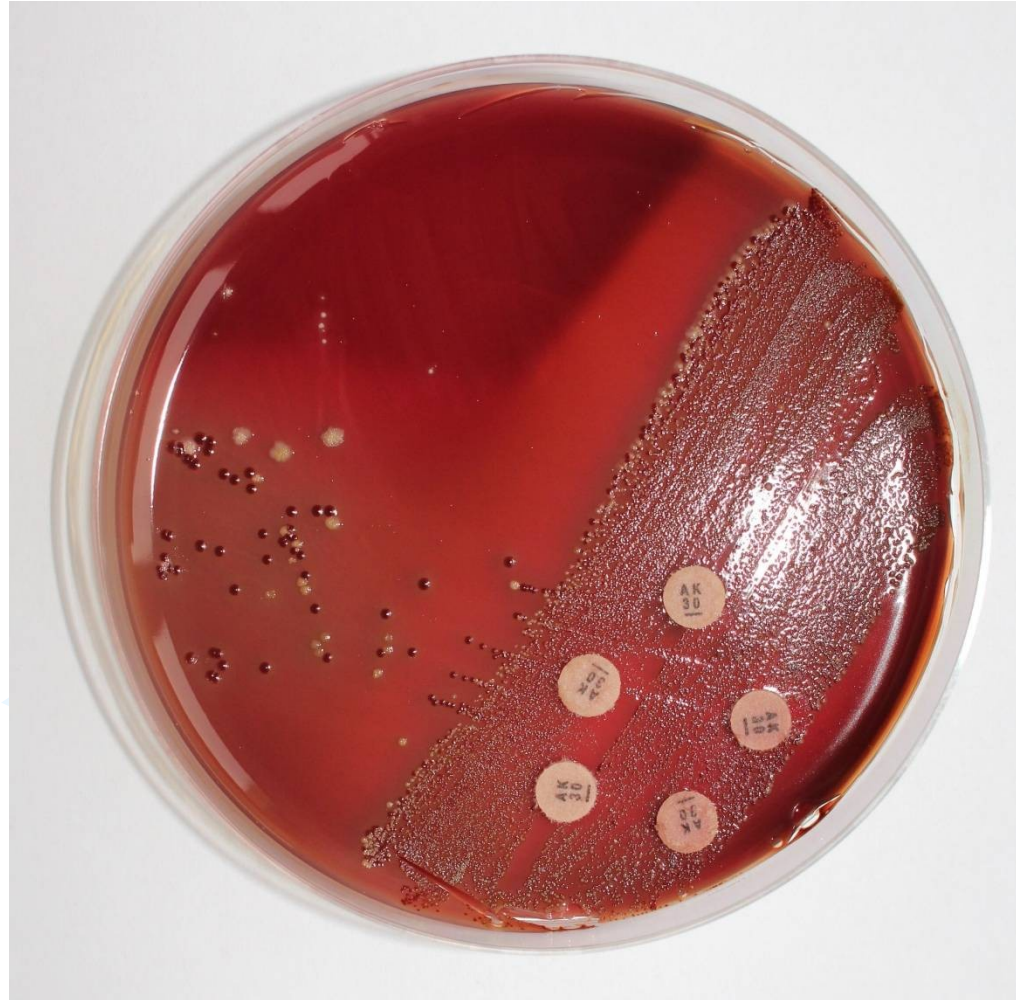


Porphyromonas gingivalis

Prevotella melaninogenica



Prevotella melaninogenica (černý pigment)



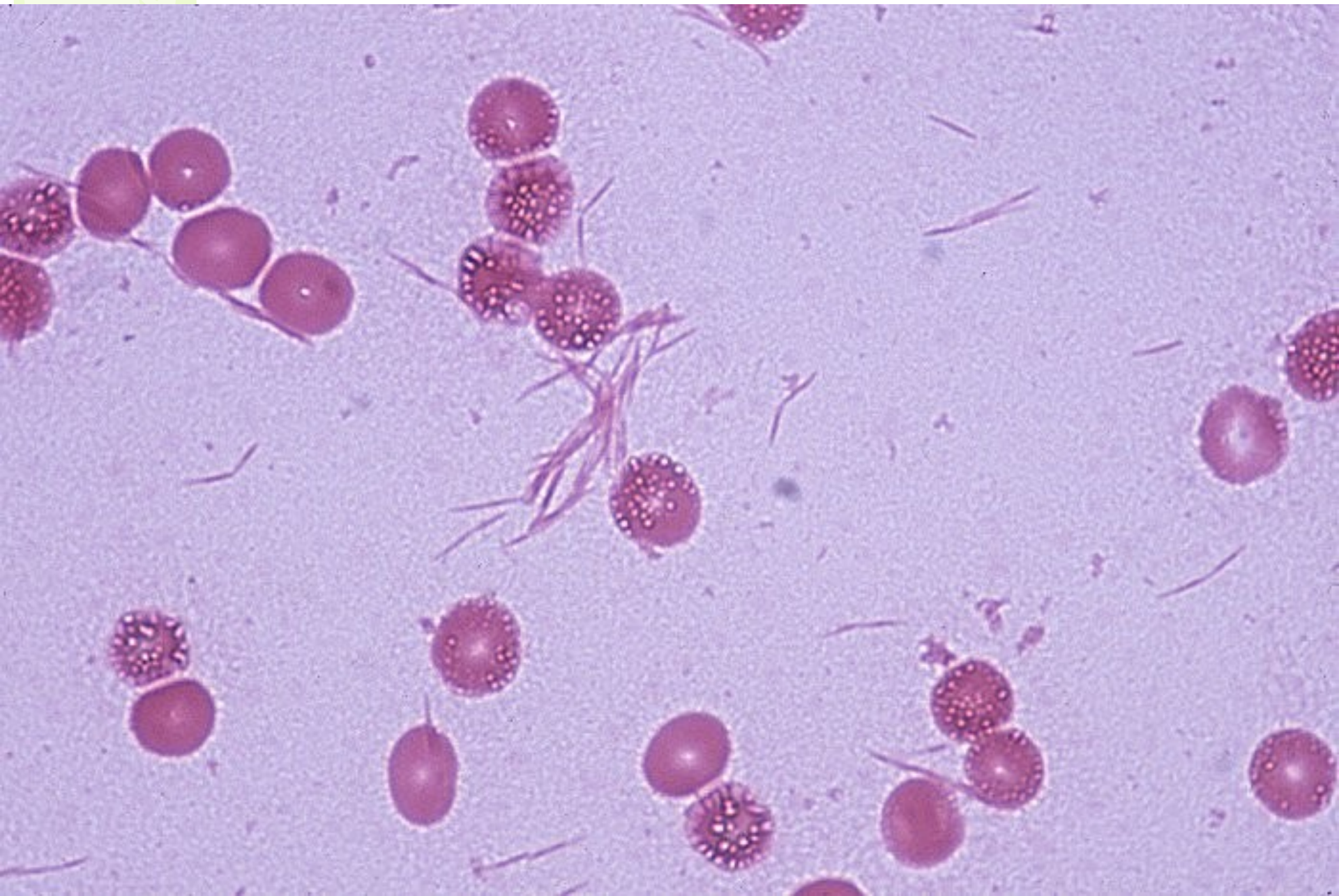
Fusobacterium sp.

<http://www.geocities.com>

Vřetenovitý tvar, vyskytuje se hlavně v orofaryngu, méně ve střevě a vagíně

Fusobacterium nucleatum

<http://www.geocities.com>

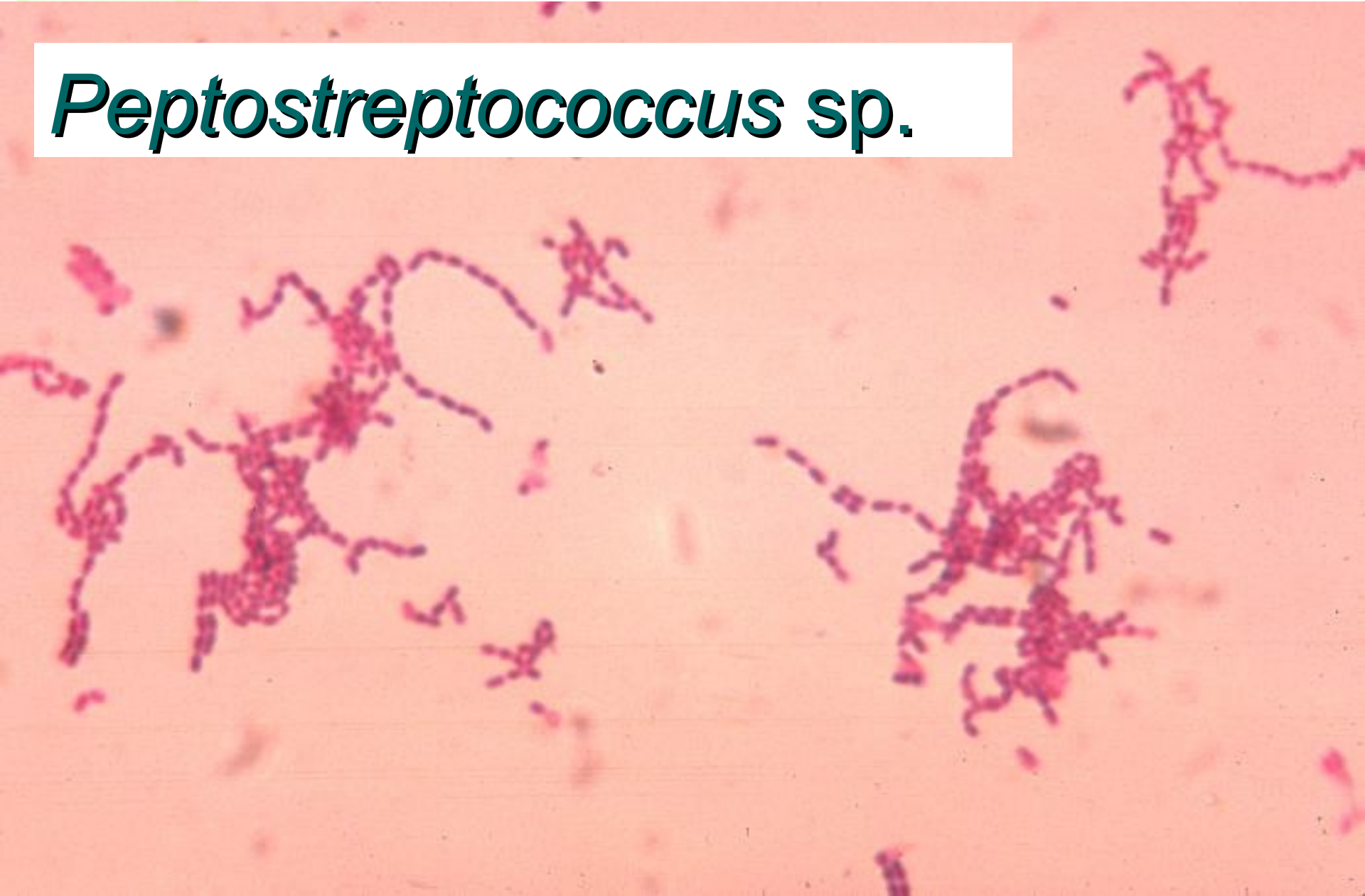


A petri dish containing a red agar medium. The surface of the agar is covered with a dense, dark, fuzzy growth of bacteria, characteristic of a mold or yeast. The growth is most prominent in the center and spreads towards the edges. The petri dish is placed on a light-colored surface.

*Leptotrichia
buccalis*

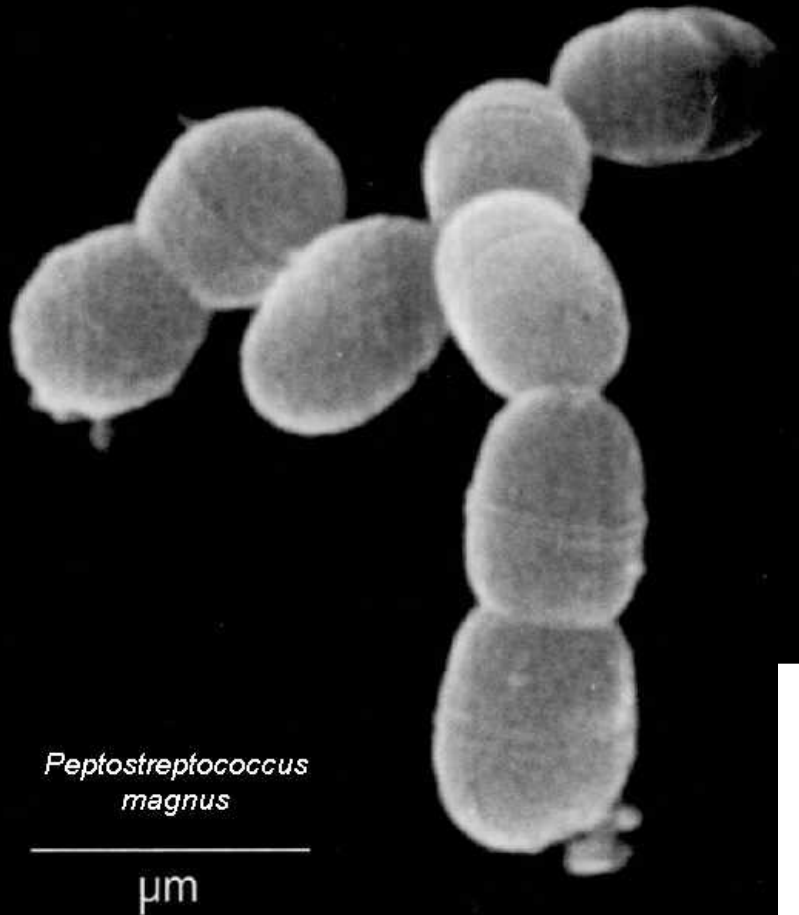
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

Peptostreptococcus sp.



Peptostreptococcus magnus

www.zuova.cz



www.szu.cz

Peptostreptococcus anaerobius

2. Klostridien



Základní charakteristika


- Klostridia jsou G+ sporující tyčinky.
 - striktně anaerobní, některá aerotolerantní např. *C. histolyticum*, tvoří spory - přežívají nejen kyslík, vyschnutí, vysoké teploty či desinfekci.
 - o něco méně odolné než spory bacilů.
- Endospory mohou mít v buňce různou polohu, což lze využít v diagnostice

Klinická charakteristika

- Mnohá klostridia se vyskytují ve střevě za normálních okolností. Škodit začnou při přemnožení, pokud jde o kmen produkující střevní toxiny
- Jejich patogenita se odvíjí především od toxinů působících na nervovou soustavu (tetanus, botulismus), ve tkáni (plynatá sněť) či ve střevě (různé toxiny různých klostridií)



Přenos infekce

- Na rozdíl od nesporulujících anaerobů je mnohem jednodušší přenos, neboť spory mohou přežívat ve vnějším prostředí
 - U **tetanu** dojde k infekci hlavně při bodné ráně, která je kontaminována půdou či hnojem a je špatný přístup kyslíku (trn, vidle)
 - U **plynaté sněti** je zpravidla nutné rozsáhlejší poranění s narušením cév (válka, živelní pohromy)
 - U **botulismu** člověk zkonzumuje botulotoxin
- 

Prevence, profylaxe a léčba

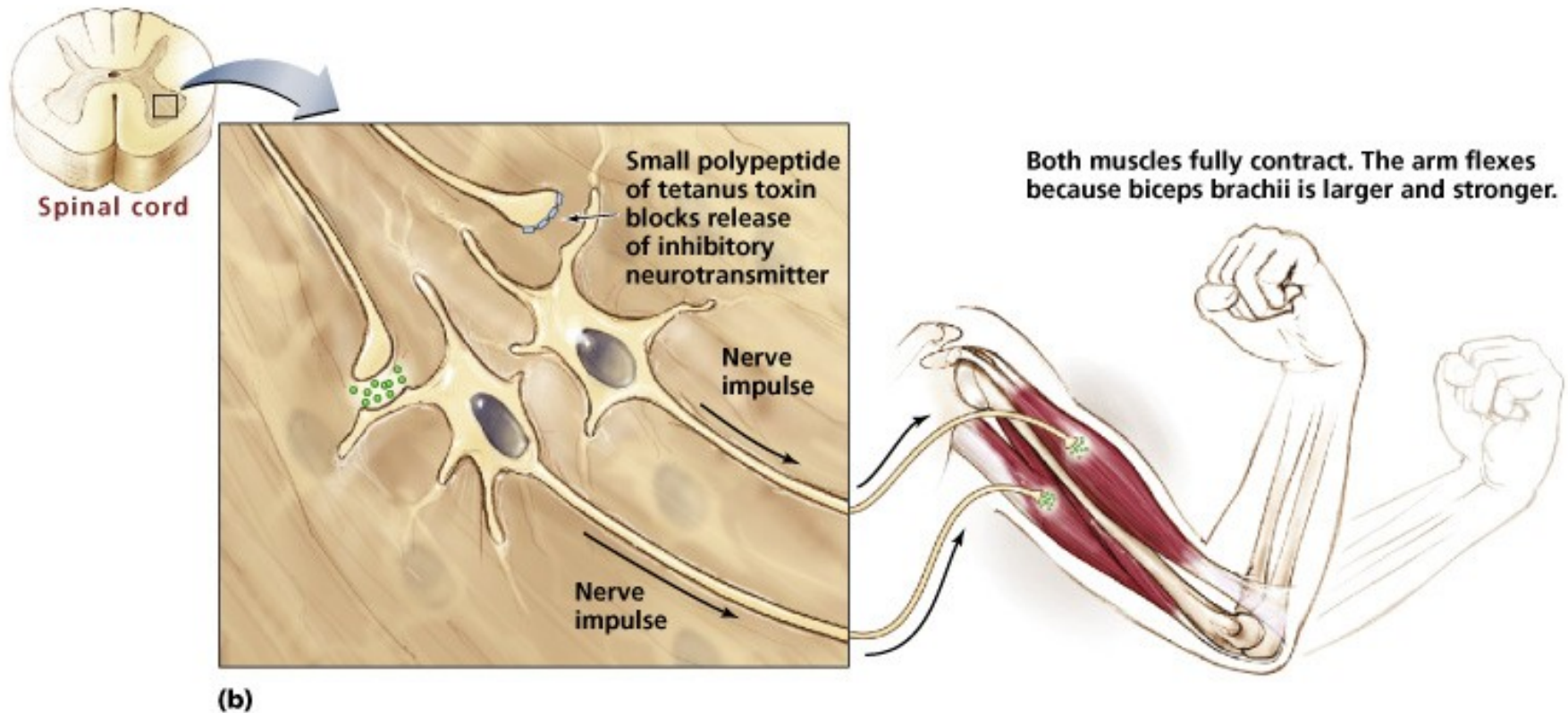
- Prevence tetanu se děje pomocí očkování (anatoxinem čili toxoidem = toxinem, který je zbaven toxicity, ale má zachované antigenní působení)
- Profylaxe tetanu se kromě očkování děje i pasivní imunizací protilátkami. Existuje také pasivní imunizace u plynaté sněti
- Také v léčbě lze použít antitoxiny, z antibiotik se používá často penicilin. U plynatých snětí je zásadní okysličení ložiska. U botulismu a tetanu je nutno pečovat o celkový stav pacienta



Neurotoxická klostridia - *Clostridium tetani*

- Tato dvě klostridia mají společné to, že působí prostřednictvím neurotoxinů.
- Ve tkáni vyvolávají jen malý (u tetanu) nebo žádný (u botulismu) zánět.
- *Clostridium tetani* je původcem tetanu.
 - nemoc je typická místním drobným zánětem, a celotělovým šířením toxinu.
 - toxin vyvolává křeče (spasmy)

Tetanus



Tetanus





Tetanický muž



Ještě jednou tetanus

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



Trismus (křeč čelistních svalů)

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



Příběh

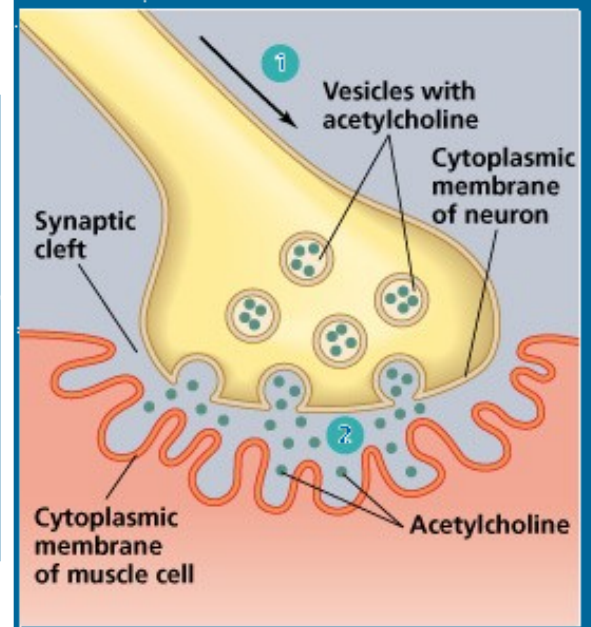
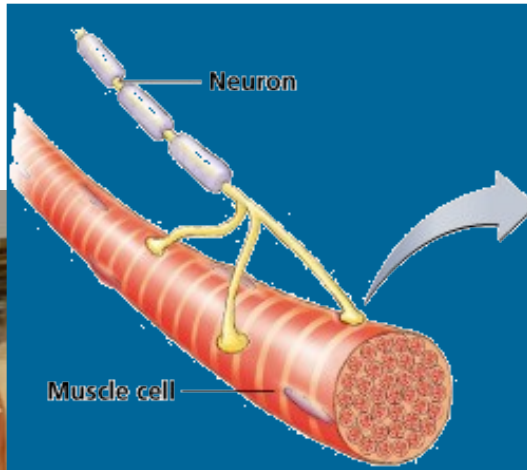
- Paní Kapustová byla celé dny k vidění v zahradě. Byl to její velký koníček. Jednou se zranila na ruce, kvůli špičatému zbytku nějaké rostliny, ukrytému v půdě. Šla ke svému obvodnímu lékaři.
- Obvodní lékař lokálně ošetřil ránu, a pak jí doporučil přeočkování proti tetanu
- Kromě špičatých kousků rostlin se uplatňují také zemědělské nástroje, zejména vidle



Neurotoxická klostridia - *Clostridium botulinum*

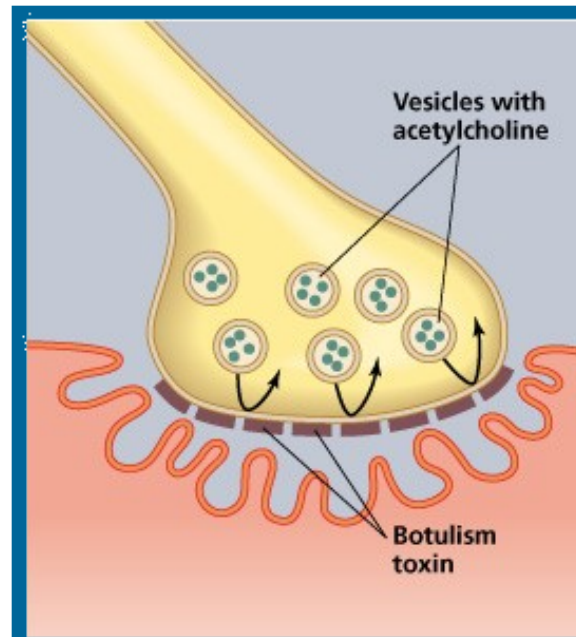
- původce **botulismu**
- bakterie vůbec nevstupuje do těla
- jen toxin (zpravidla z nedostatečně upraveného konzervovaného masa)
- účinkuje jako neurotoxin, zde však vyvolává **obrny (parézy)**
- ID 6-72 h
- První příznaky polykací obtíže, sucho v ústech, dvojité vidění
- Botulotoxin se používá lokálně v kosmetice (botox)

Botulismus



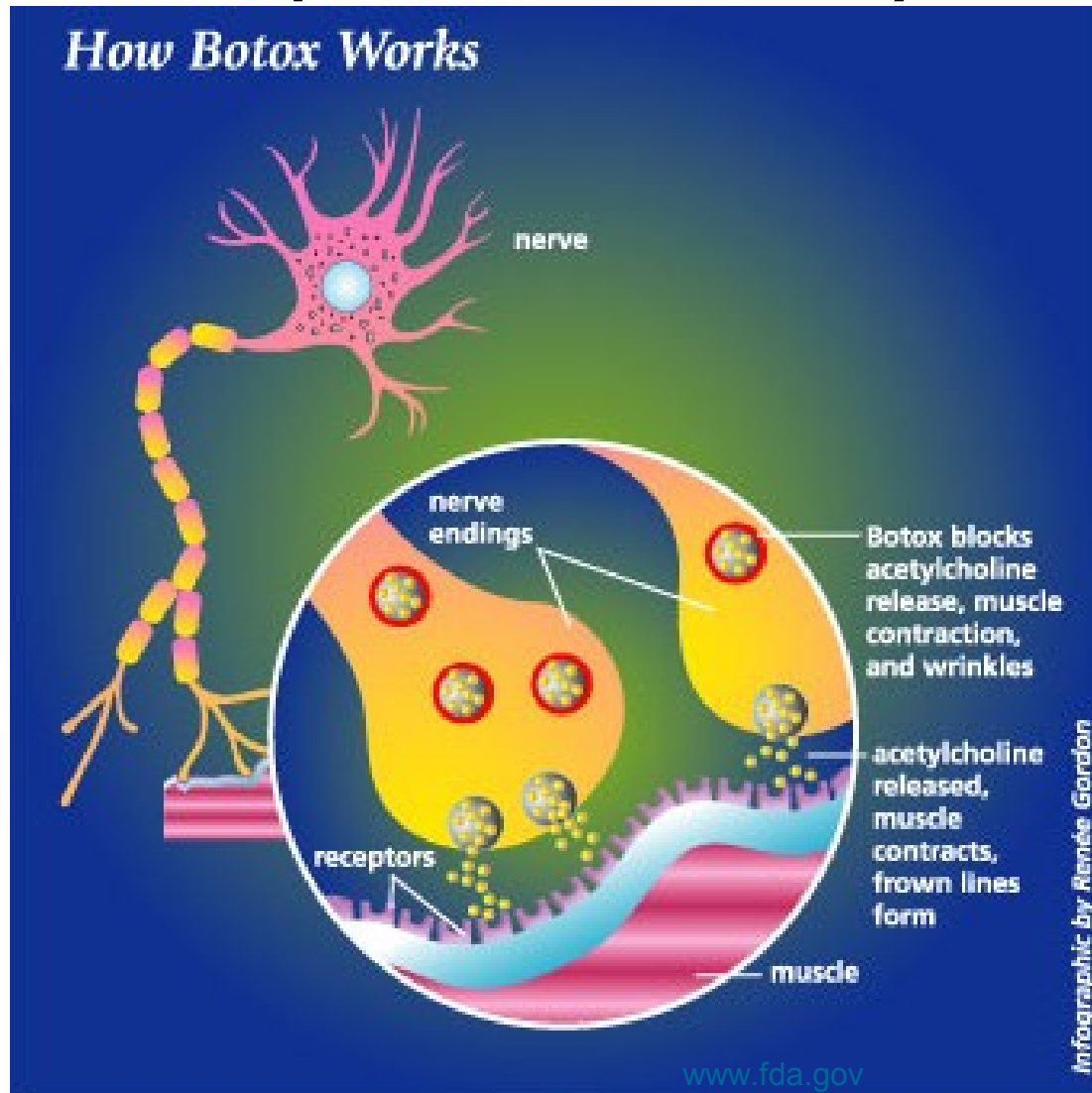
www2.bc.cc.ca.us

(a) Normal neuromuscular junction

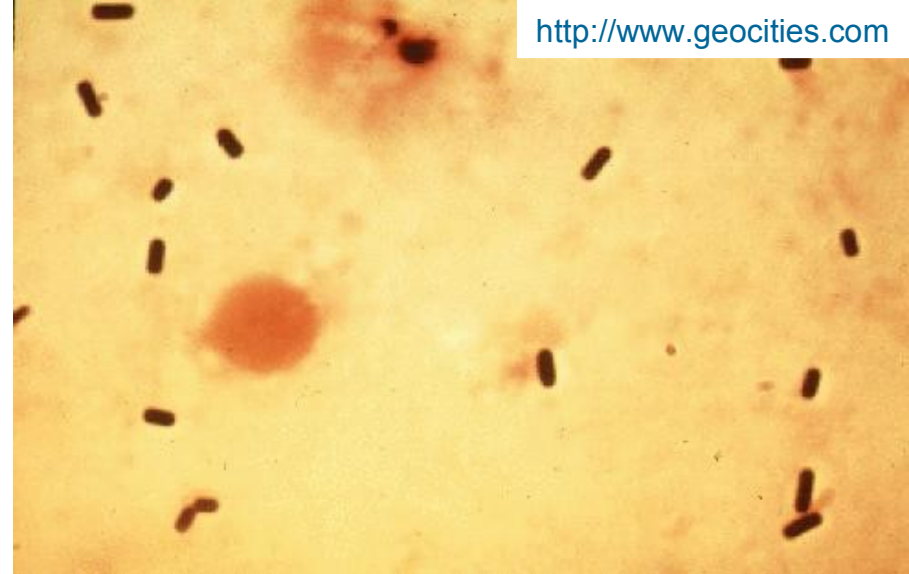


(b) Neuromuscular junction with botulism toxin present

Botox: použití jedu *Clostridium botulinum* pro mladistvý vzhled



Klostridia plynatých snětí



- *Clostridium perfringens* (nejvíce patogenní) je spolu s *C. novyi*, *C. septicum* nejčastějším původcem
- Plynatá sněť (klostridiová myonekróza) je typické **válečné onemocnění**. Může se však vyskytnout i v dobách míru, například při živelných pohromách
- Nápadný je otok, který se rychle šíří a během několika hodin může postihnout celou končetinu
- **Klostridia plynatých snětí** – se uplatňují jako patogeny ve střevě, produkce **enterotoxinů**

Příběh

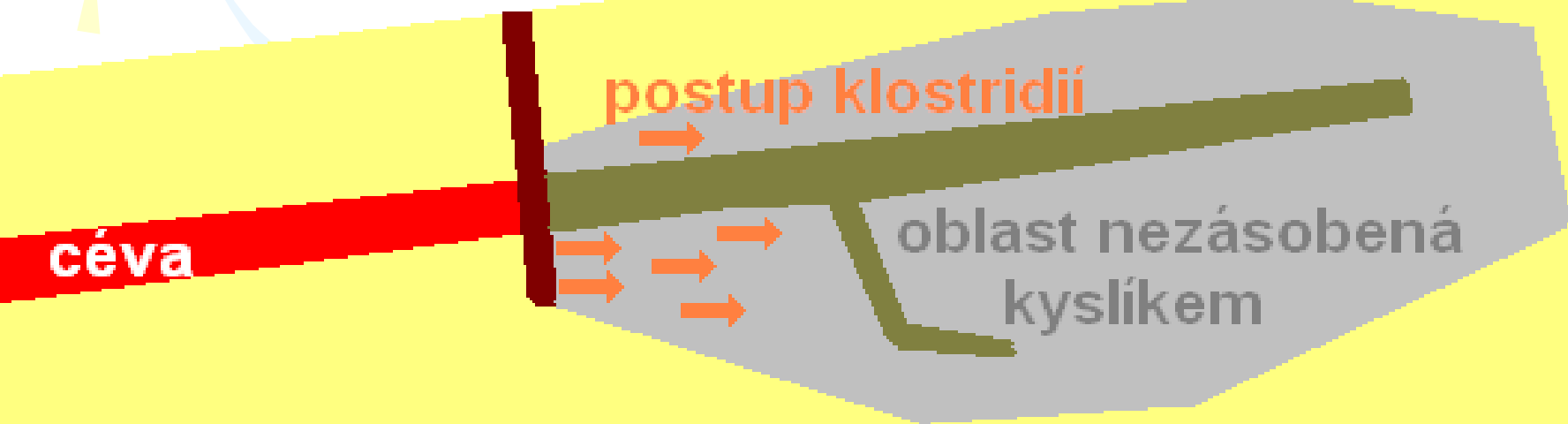


- Mustafa, kosovský Albáнец, se rozhodl, že navštíví svého bratrance v sousední vesnici. Pole, přes které se vydal, již mělo být odminováno. Přesto se jedna nevybuchlá mina ještě našla. Střepina, špinavá od bláta, se Mustafovi zasekla hluboko do stehna.
- Za několik dní byl Mustafa přijat do jedné z polních nemocnic. Stehno měl zduřelé a při poklepu byl slyšitelný zvuk praskajících bublinek. Mustafa byl hned operován.

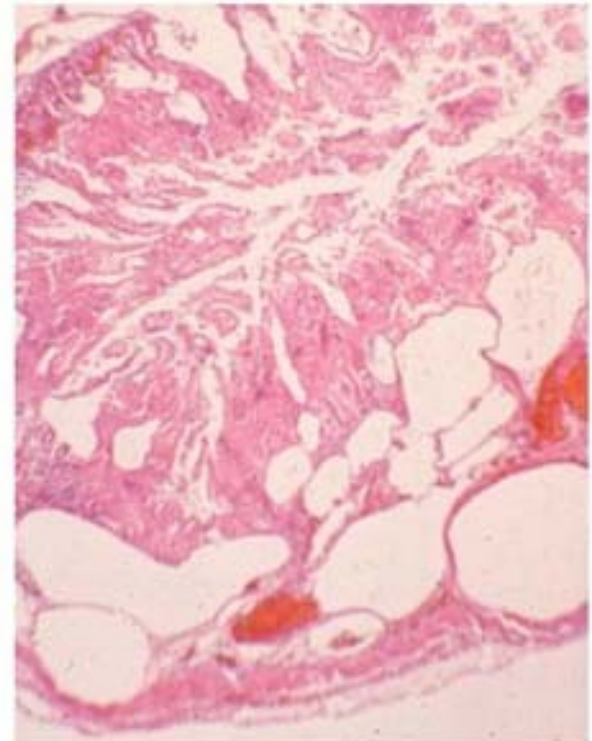
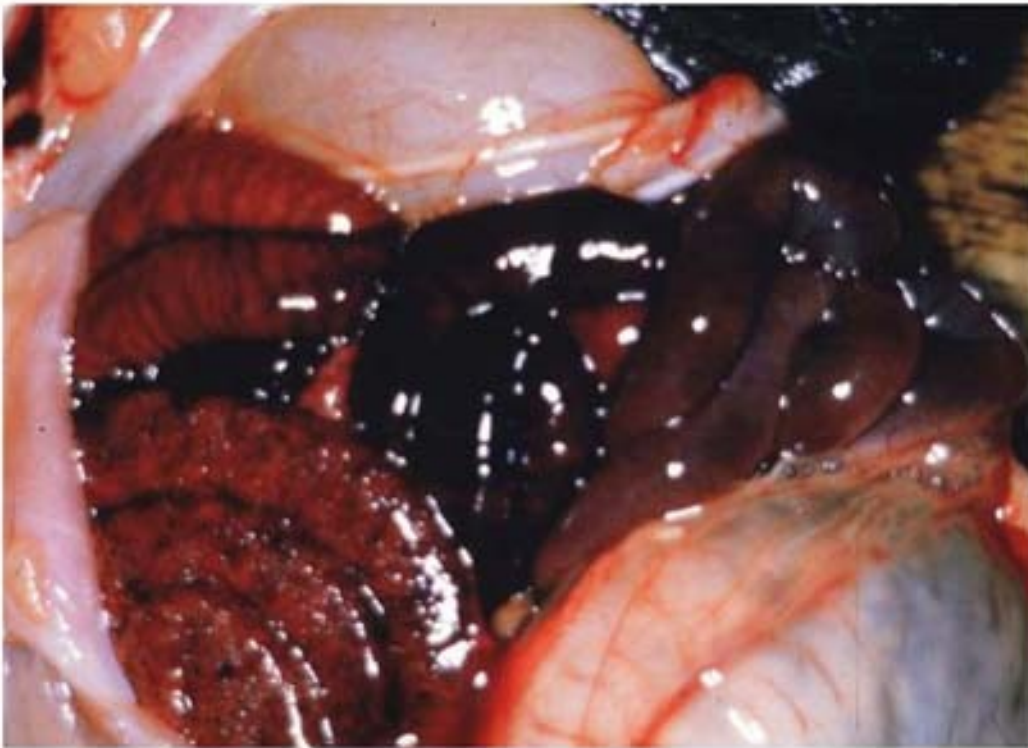
Vznik plynaté sněti



zranění



Nekrotizující enterokolitida – i to může způsobovat *C. perfringens*



<http://www.niah.affrc.go.jp>

Clostridium difficile

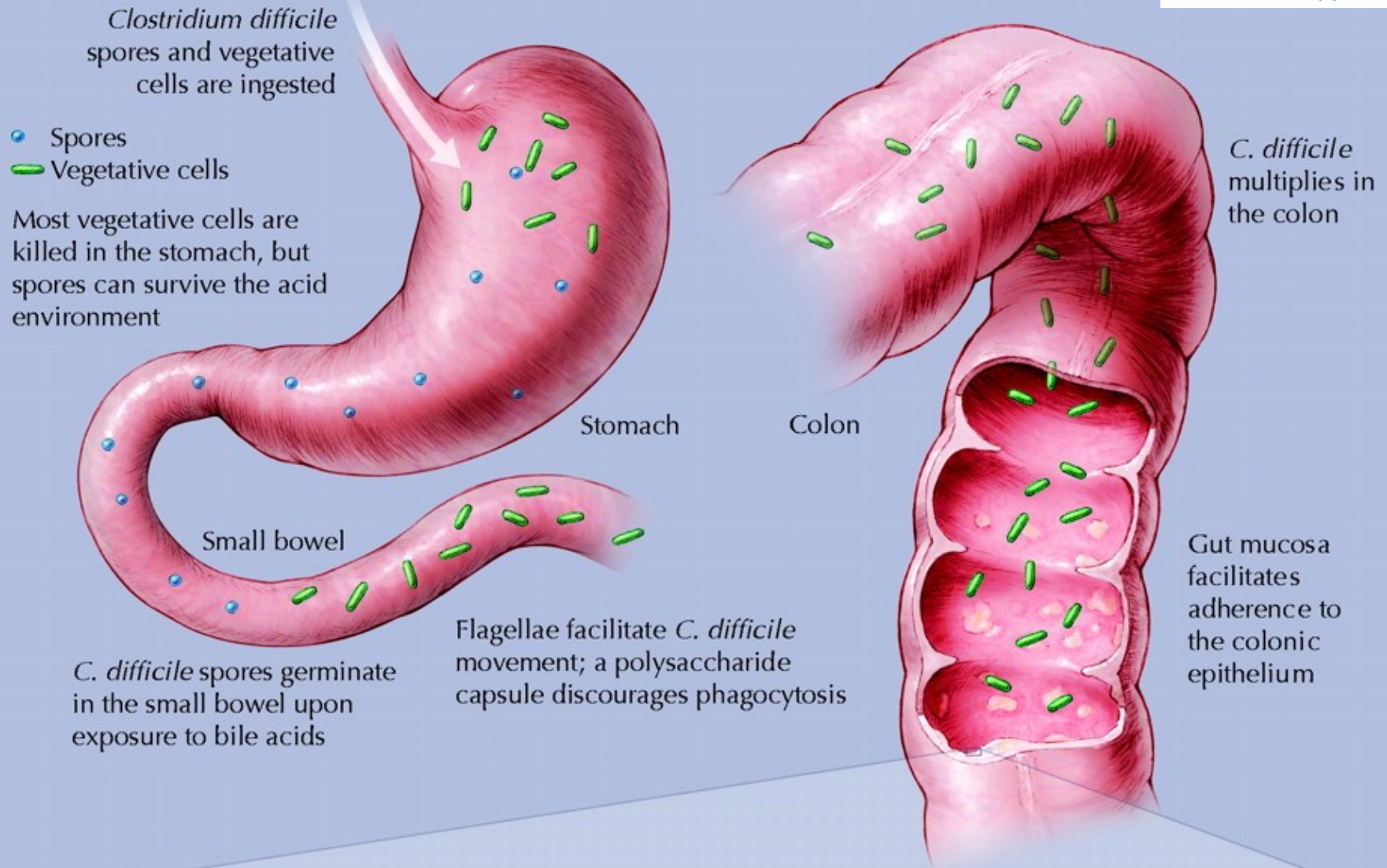
- Tento mikrob se vyskytuje ve střevě celkem běžně, problém však je, když začne produkovat toxin, a především, když mu někdo odstraní konkurenci a on se přemnoží.
- Odstranění konkurence způsobí nejčastěji **léčba některými typy antibiotik**, nejčastěji linkosamidy (ale v poslední době i např. ko-amoxicilinem).
 - ▶ Linkosamidy jsou účinné proti většině striktně anaerobních bakterií, nikoli však proti *C. difficile*.
- Průjmové onemocnění až enterokolitida
- Postihuje hlavně hospitalizované pacienty – nozokomiální původ
- Dnes se k léčbě používá nejčastěji bakteriální chemoterapeutikum **metronidazol**

Příběh třetí

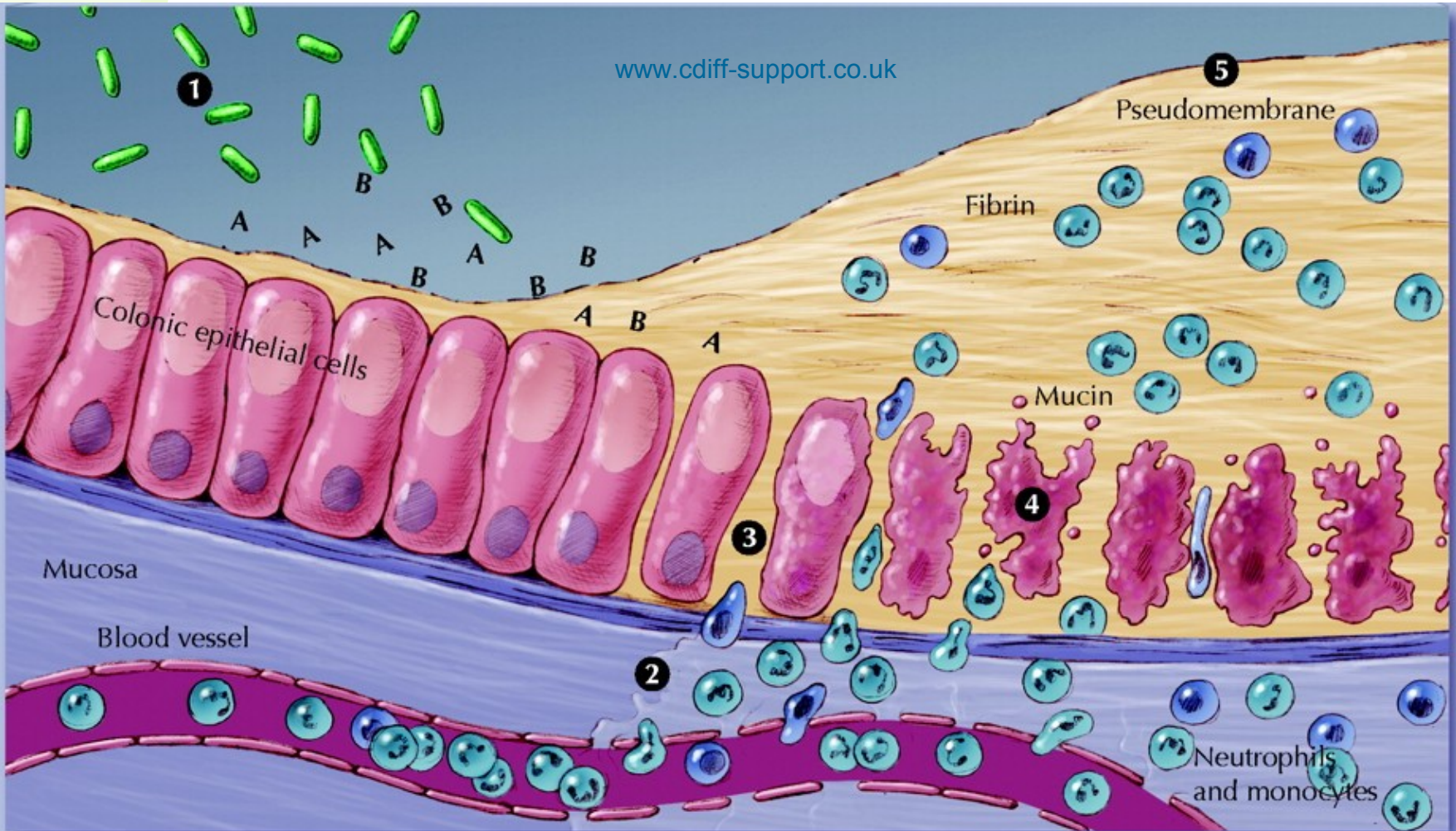
- Pan Kostečka ležel už třetí týden v nemocnici pro **bakteriální zánět kostní dřeně**. Zánět mu léčili klindamycinem, linkosamidovým antibiotikem. Náhle pan Kostečka dostal těžký průjem. Na oddělení zrovna neměli metronidazol, a tak sáhli po staré metodě: dali panu Kostečkovi **vypít ampulku vankomycinu**, antibiotika, které se normálně podává pouze injekčně, protože se nevstřebává ze střeva.

Clostridium difficile a jeho činnost I

www.cdifff-support.co.uk



Clostridium difficile a jeho činnost II



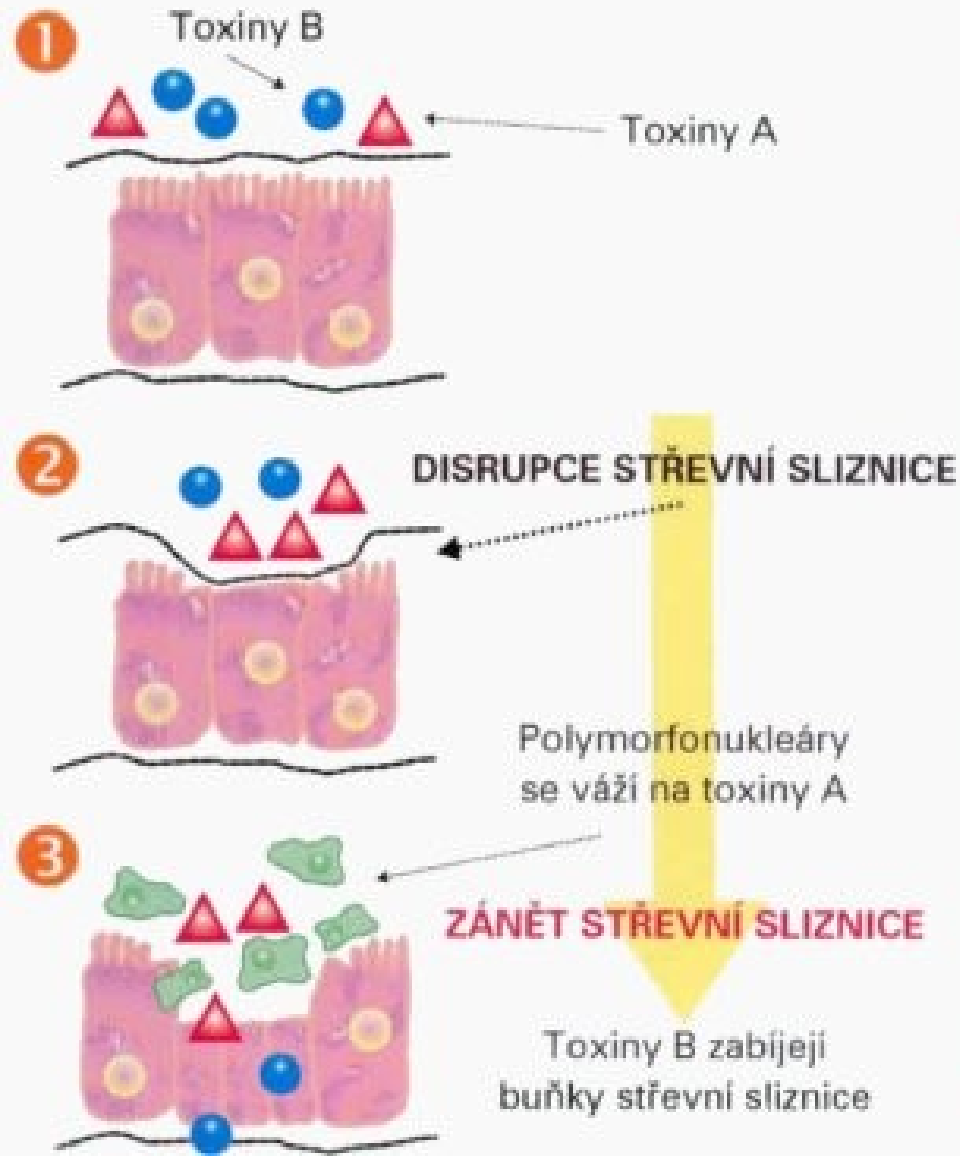
C. difficile vegetative cells produce toxins A and B and hydrolytic enzymes (1). Local production of toxins A and B leads to production of tumour necrosis factor-alpha and proinflammatory interleukins, increased vascular permeability, neutrophil and monocyte recruitment (2),

opening of epithelial cell junctions (3) and epithelial cell apoptosis (4). Local production of hydrolytic enzymes leads to connective tissue degradation, leading to colitis, pseudomembrane formation (5) and watery diarrhea.

Toxiny *Clostridium difficile*

Toxiny *Clostridium difficile*

www.zuova.cz



Pseudomembranózní kolitida

www.zuova.cz

sitemaker.umich.edu

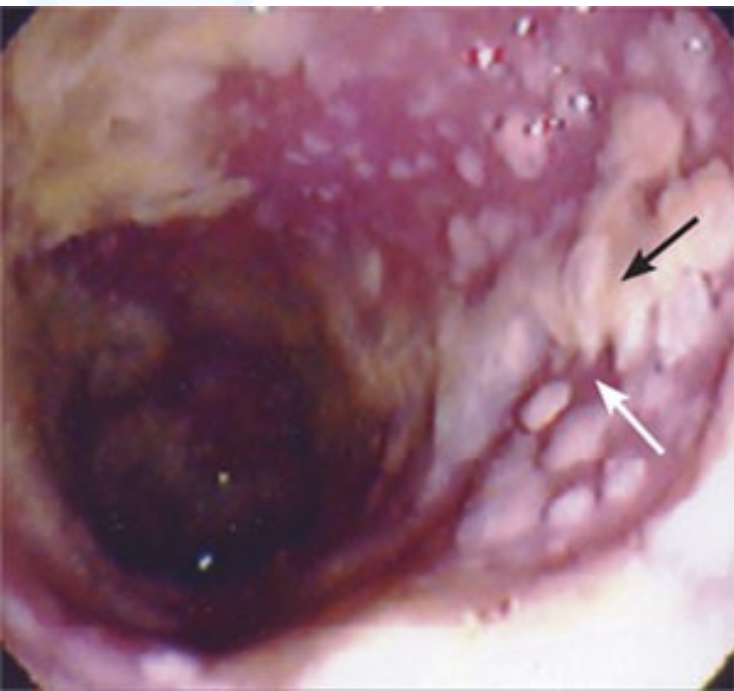


Figure 2. Colon Specimen Obtained during a Colectomy in a Patient with Pseudomembranous Colitis.

Characteristic raised, adherent yellow plaques that vary in size from 2 to 10 mm are visible on the colonic mucosa. The intervening mucosa is hyperemic but not ulcerated.

Klostridia – přehled



C. tetani

Původce tetanu

C. botulinum

Producent botulotoxinu

Clostridium perfringens,
C. septicum, *C. welchii* a
aj.

Klostridia plynatých snětí
(+ enteropatogenita)

C. difficile

Enteropatogenní

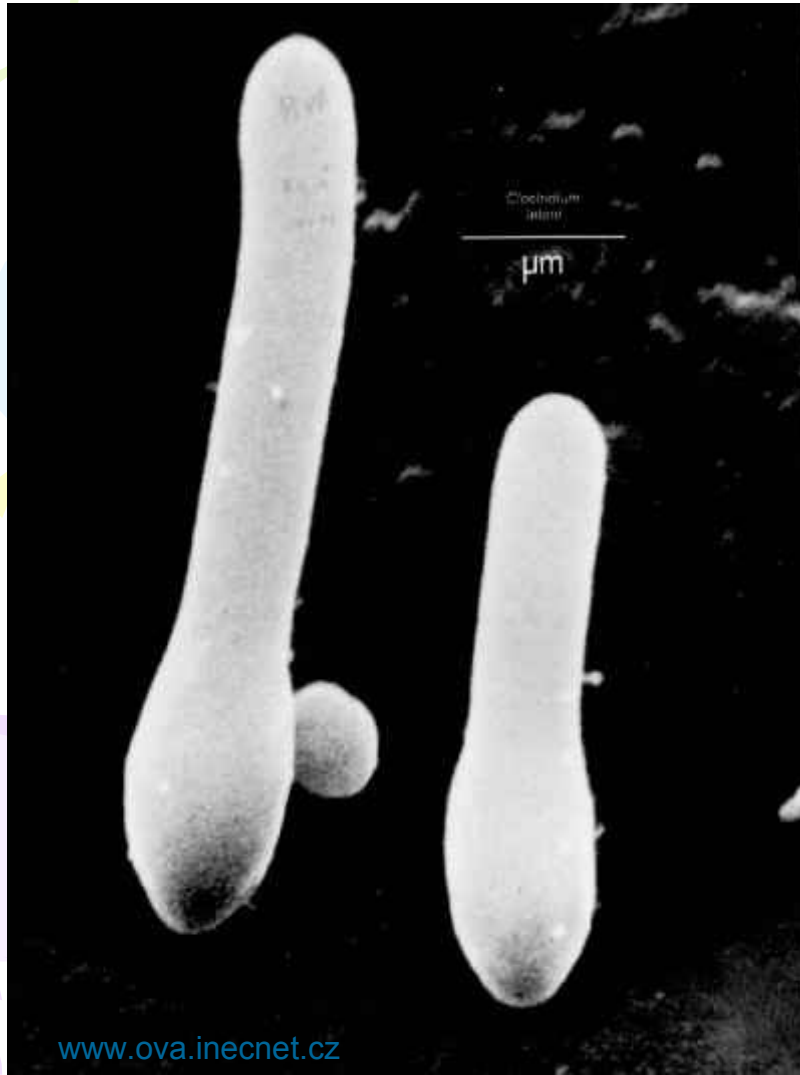
Klostridia jsou součástí běžné střevní mikry. Problém nastává, pokud se přemnoží, dostanou tam, kam nemají, vyskytne se kmen produkující velké množství toxinu apod.

Přehled zločinců: *Clostridium tetani*

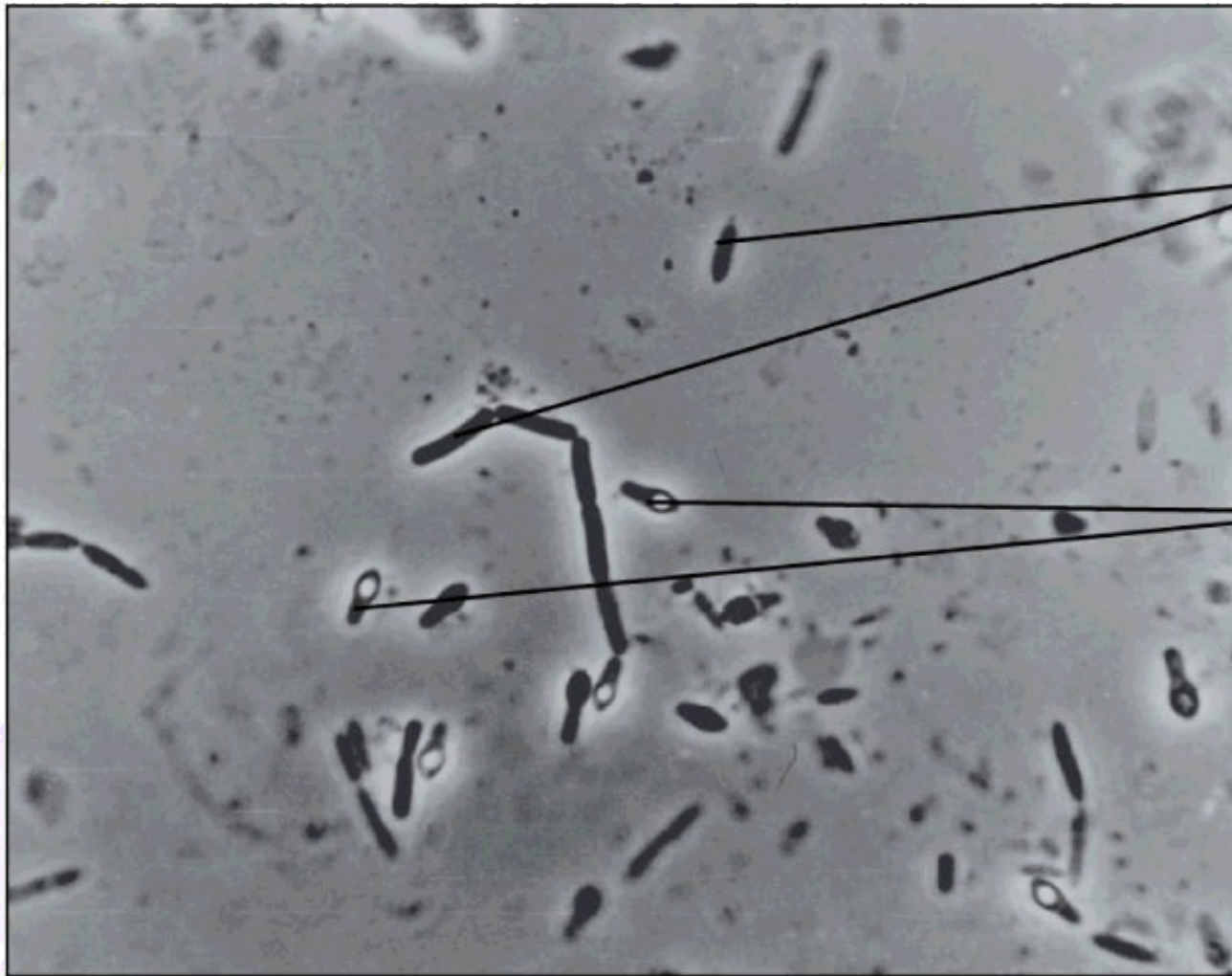
<http://www.geocities.com>



Clostridium tetani



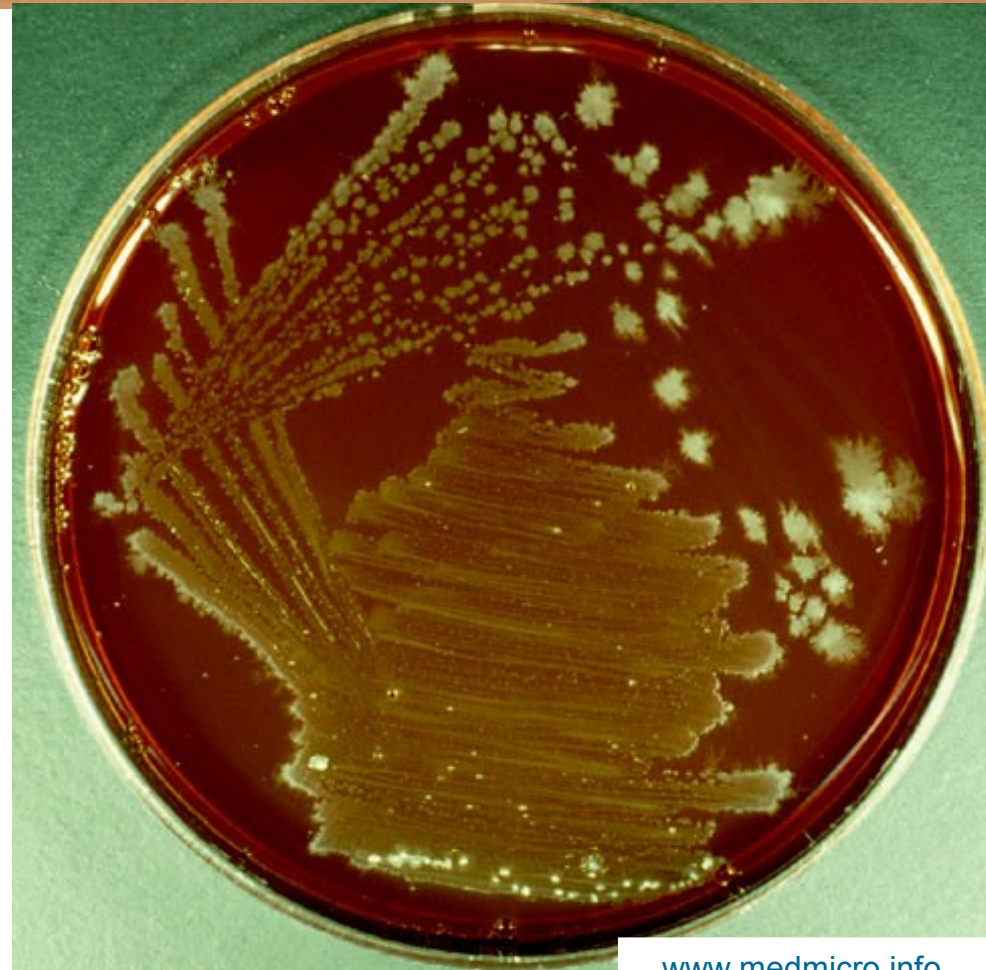
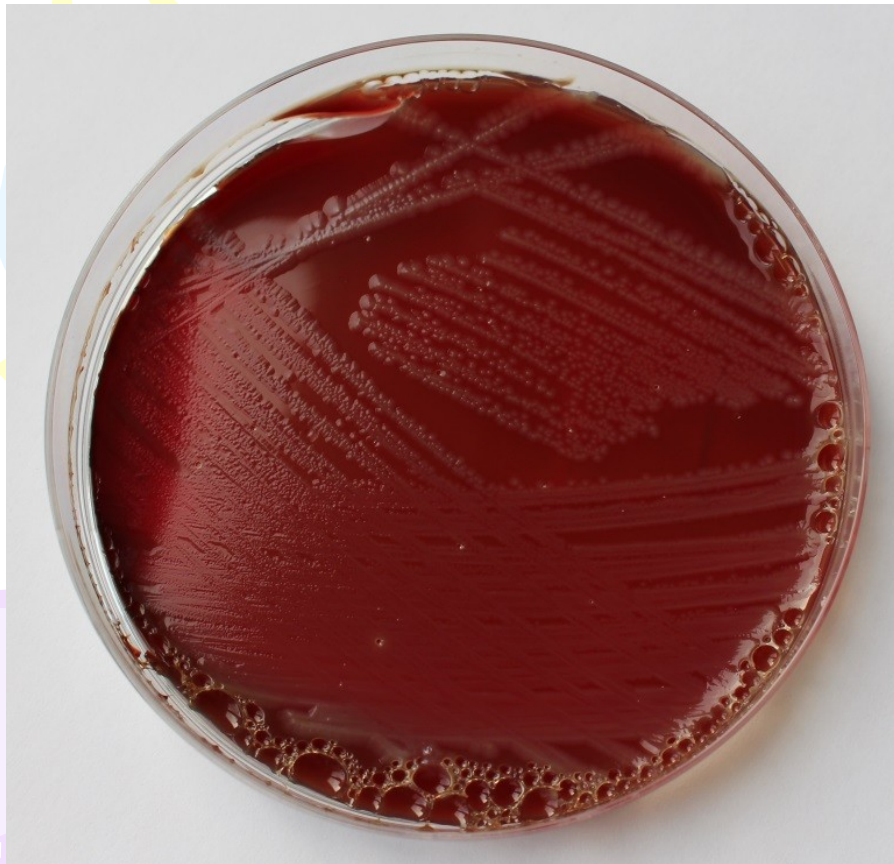
C. botulinum



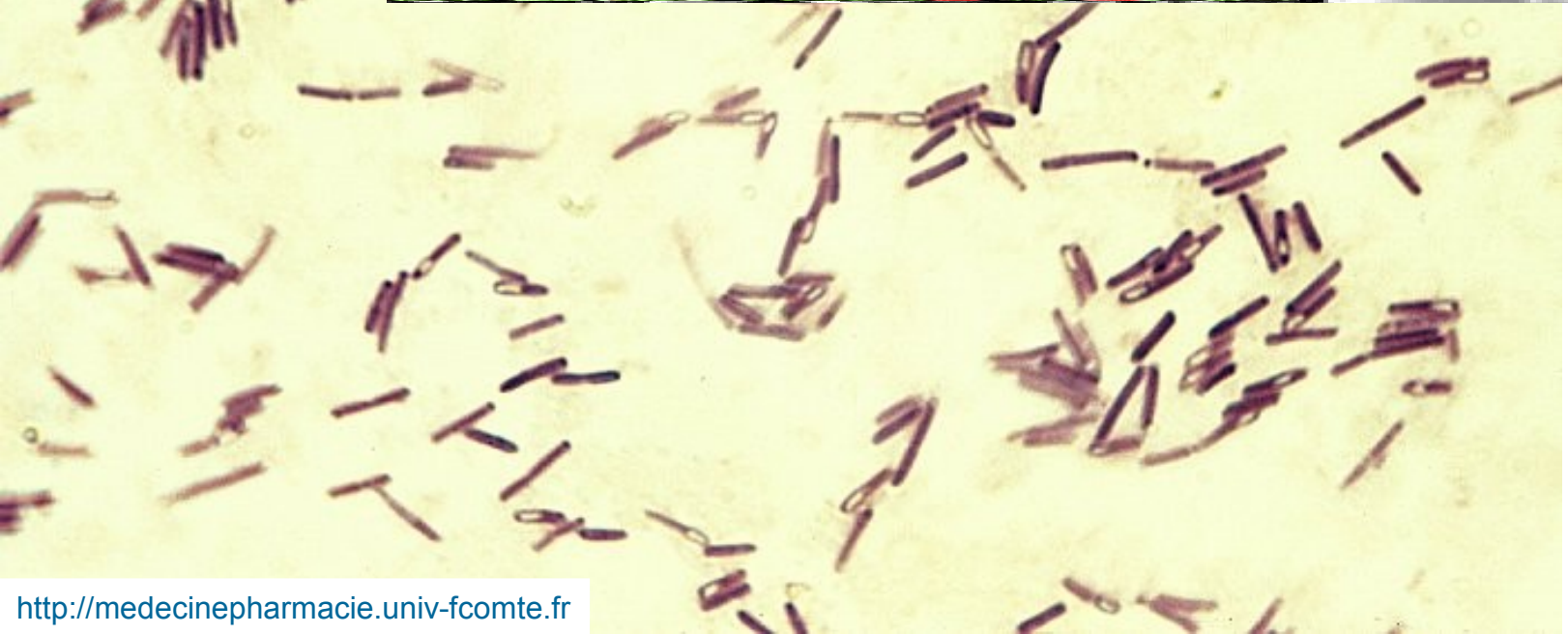
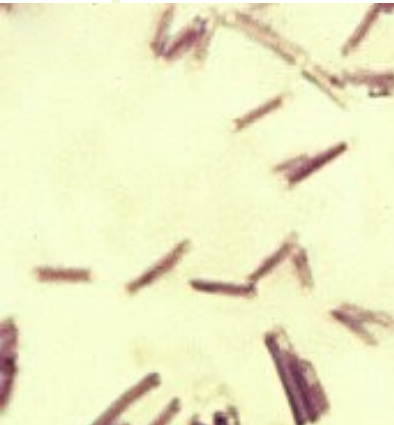
Vegetative cells

Endospore-bearing cells

Clostridium perfringens



Clostridium difficile



Clostridium difficile



Jak pátrat po těch divných týpcích z Anaerobní čtvrti (diagnostika) – I

- **Mikroskopie:** Má větší význam než u aerobů, vzhledem k morfologické různorodosti
- **Kultivace:** Je nutno zajistit anaerobiózu pomocí **anaerostatů** či **anaerobních boxů**. U tekutých půd postačuje **přelití parafinem**. Používá se **VL** (**v**iande **l**evure) bujón, VL krevní agar a různé speciální půdy
- **Biochemie:** kataláza a oxidáza většinou negativní, možné vzájemné rozlišení biochemicky, i analýza plynů chromatografií (jsou biochemicky aktivní)
- **Průkaz antigenu** se používá při dokazování některých toxinů (*C. perfringens*, *C. difficile*)
- **Nepřímý průkaz** se v diagnostice anaerobů příliš nepoužívá

Jak pátrat po těch divných týpcích z Anaerobní čtvrti – II

- **Pokus na zvířeti** se používá u tetanu a botulismu k průkazu příslušných toxinů. U tetanu se myš svíjí v křeči, u botulismu jsou naopak patrné parézy.

Tetanická myš



<http://intranet.tdmu.edu.ua>

Mikroskopie anaerobů

- Zpravidla se používá Gramovo barvení. Anaeroby často mají rozmanité tvary.
- Pozor! Studenti někdy zaměňují spóru (útvár, který je neprobarvený, resp. jen slabě se rýsují jeho okraje) a **ztluštění tyčinky** (které se vyskytuje u některých tyčinek, které jsou nesporulující a zpravidla gramnegativní).
- U skutečných sporulujících mikrobů má význam sledovat **umístění spór**. U *Clostridium tetani* je spóra terminální (na konci umístěná)

C. tetani



vřetenovité ztlustění
("hodinková forma",
často u rodu
Bacteroides)



jiné klostrid.



Poznámka ke kultivaci anaerobů: Jak získat anaerobiózu

- **Mechanicky** – VL bujony přelijeme parafinovým olejem
- **Fyzikálně** – v **anaerobním boxu** se nahradí vzduch směsí anaerobních plynů, vháněných z bomby. Je také možnost vhánět plyny do **kapsy**, do které se umístí příslušné misky.
- **Chemicky** – v **anaerostatu** se
 - z organických kyselin tvoří **vodík a CO₂**
 - v druhé fázi na palladiovém katalyzátoru **reaguje vodík s kyslíkem za vzniku vody**, takže se kyslík spotřebovává

Kultivace anaerobů

- Nejčastěji se používá **VL bujón** (přelévá se parafinem) a **VL agar** (= VL krevní agar, vkládá se do anaerobních boxů a anaerostatů)
- **Další půdy** (půda na kultivaci *Clostridium difficile*, žloutkový agar na průkaz toxinu *Clostridium perfringens*) mají své specifické určení
- Kultivace **trvá déle než u aerobů**, zpravidla dva až pět dnů. U aktinomycet (viz dále) se prodlužuje.

Přelévání VL-bujonů parafinem



Anaerobní box



Anaerostat (podrobnější popis)

vzduchotěsné víčko

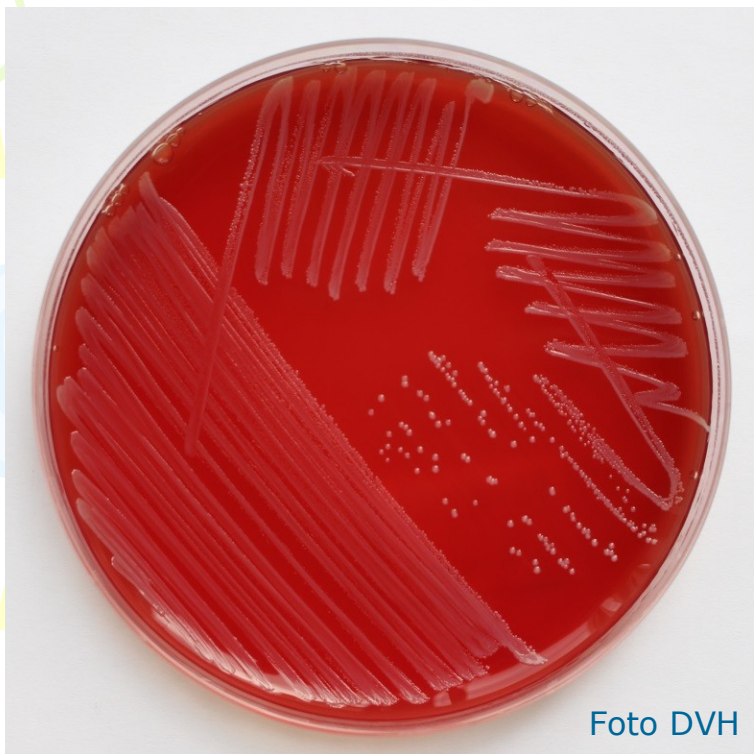
palladiový kalalyzátor
(pod víčkem)

konstrukce pro
ukládání Petriho misek

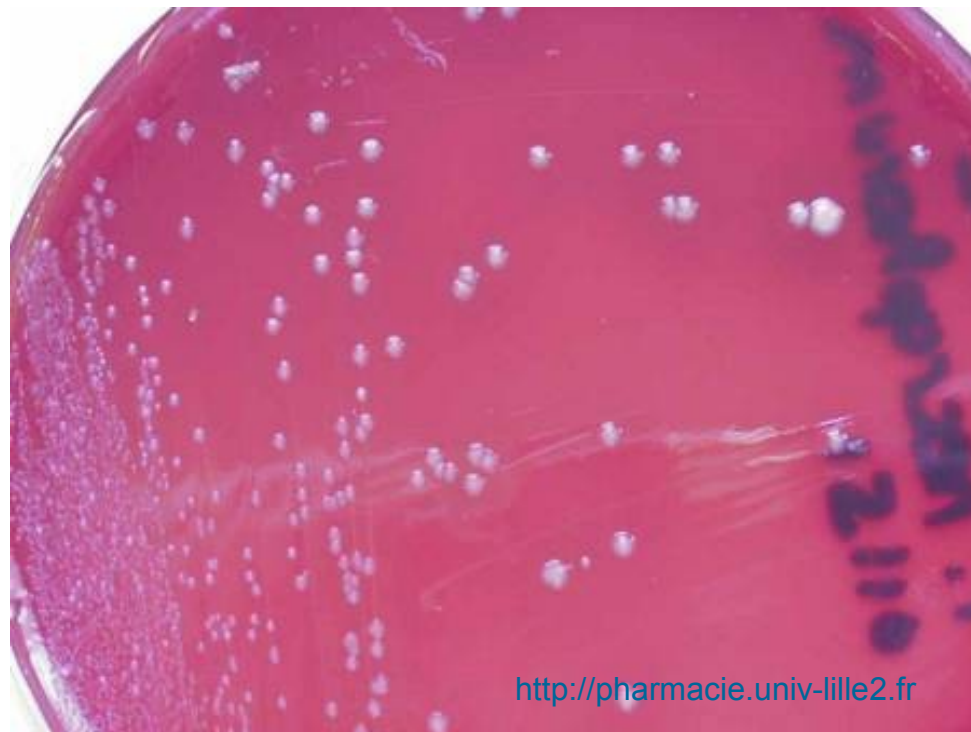
Generátor anaerobiózy
(sáček s chemikáliemi)



Propionibacterium acnes



Fusobacterium sp.





Identifikace

- Biochemické testy
- MALDI

Testy antibiotické citlivosti

- Antibiotická citlivost se u anaerobů určuje na půdách, na kterých jsou schopny růst, tj. nikoli na MH agaru, ale zpravidla na VL krevním agaru
- V současné době se nepoužívá diskový difusní test evropská organizace EUCAST vůbec pro anaerobní bakterie neuvádí hodnoty hraničních zón.
 - Kmeny neinvazivní (např. poševní) netestovat a spoléhat na obvyklou citlivost
 - Kmeny invazivní testovat pomocí E-testů

Typické citlivosti

- Typické je, že mnohé anaeroby jsou rezistentní na vankomycin. Zároveň jsou přitom citlivé na „slabší“ antibiotika, jako je penicilin či metronidazol (na snímku)



Průkaz tvorby lecitinázy – specialita v diagnostice *C. perfringens*

- Tvorba lecitinázy se projeví precipitací kmene na žloutkovém agaru. Protože však lecitináz je mnoho a nás zajímá **pouze lecitináza *Clostridium perfringens***, prověříme, zda je lecitináza inhibovatelná specifickým antitoxinem.

„Negativní I“

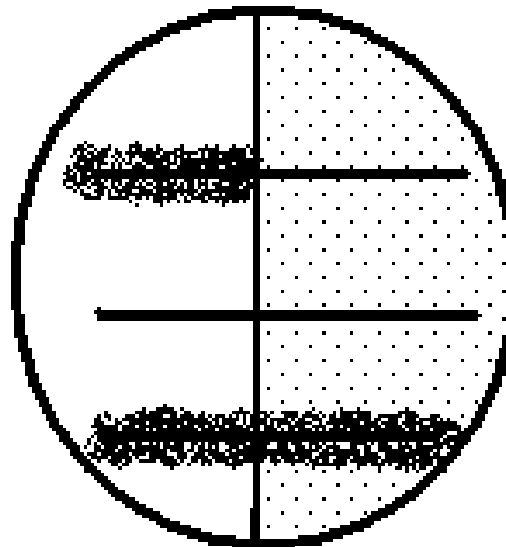
vůbec

neprodukuje
lecitinázu.

„Negativní II“
produkuje, ale
nějakou jinou,

než nás

zajímá



pozitivní
negativní I
negativní II

→ půlka s antitoxinem

Imunochromatografický průkaz toxinu *C. difficile*

- Imunochromatografické testy jsou založeny na **navazování jednotlivých komponent**, podobně jako u reakcí ELISA či a imunofluorescence
- V případě ***Clostridium difficile*** je důležité najít toxin, protože samotná přítomnost bakterie není příliš významná (ve střevě ji má mnoho zdravých).
- Nicméně **některé varianty testu zachycují nejen toxin, ale i strukturální antigen klostridia**

Průkaz antigenu i toxinu *Clostridium difficile*



- Pozitivní pouze antigen



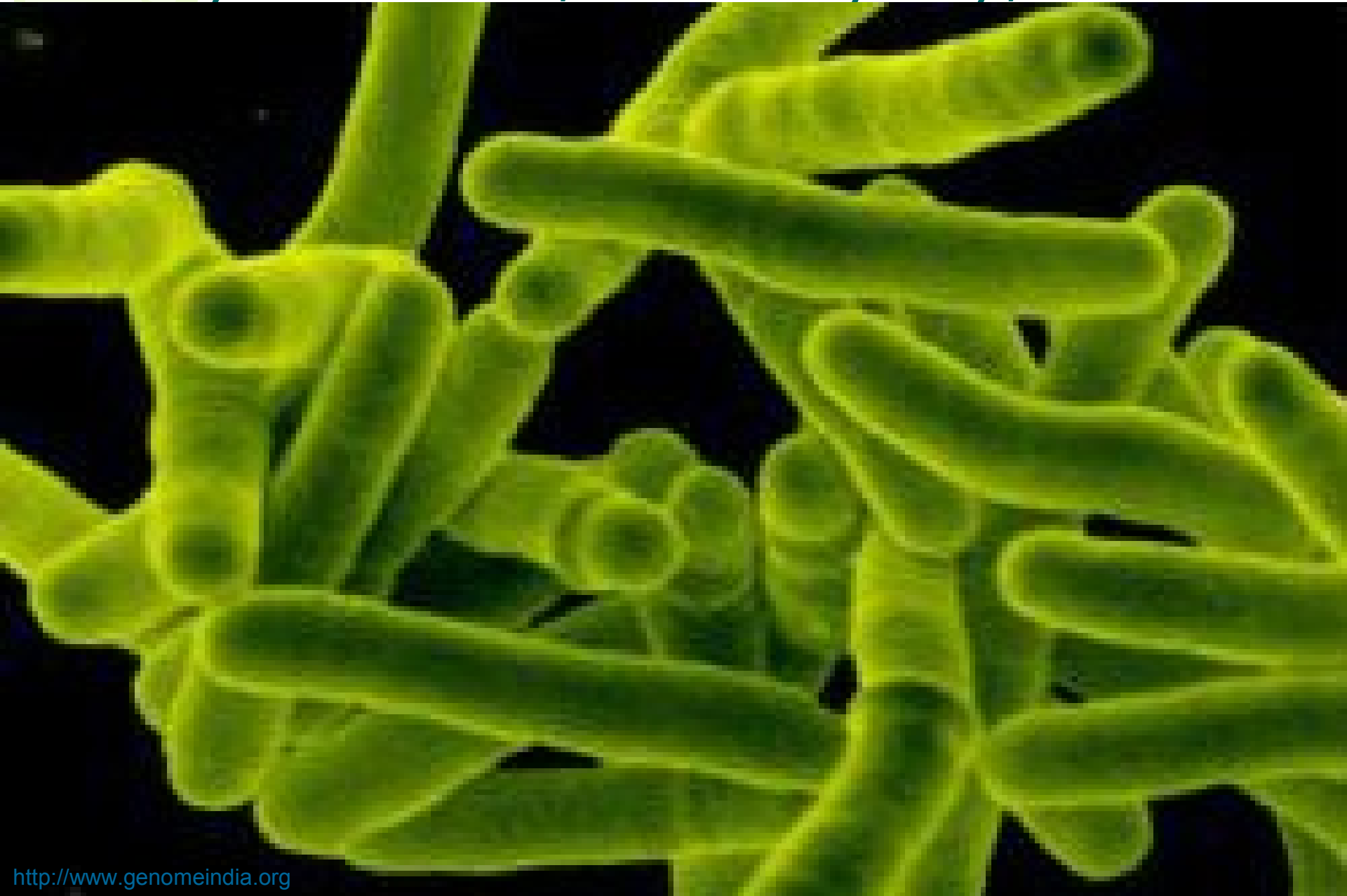
- Pozitivní antigen i toxin



- Toxin i antigen negativní



3. Mykobakteria, aktinomycety, nokardie



Úvod: Plivátka v boji proti TBC

V době první republiky vyvinula společnost za osobní angažovanosti **prezidenta Masaryka** a jeho „**Ligy proti tuberkulóze**“ velké úsilí v boji proti této nemoci. Významnou součástí byla osvěta, aby lidé neplivali na zem, ale používali plivátka.



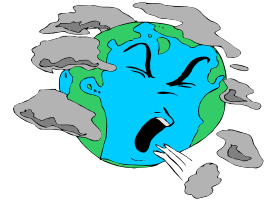
Základní charakteristika

- Acidorezistentní bakterie se vyznačují zvláštním typem buněčné stěny. Je odvozena od grampozitivní stěny, ale obsahuje velké množství mykolových kyselin, které jsou hydrofobní.
- Mezi acidorezistentní tyčinky patří zejména mykobakteria, tedy původci TBC i jiných nemocí
- Částečně acidorezistentní jsou rody *Actinomyces* a *Nocardia*

Klinická charakteristika

- Způsobují specifická onemocnění, odlišná od onemocnění působených jinými mikroby
- Zejména tuberkulóza má specifický průběh, také imunitní reakce je zvláštní (převažuje buněčná imunita)
- Lepra je rovněž velmi zvláštní onemocnění
- Netuberkulózní mykobakteria (NTM) způsobují choroby s nálezem tzv. granulomů
- Aktinomycety a nokardie vyvolávají hnisavá onemocnění různých tkání
- Všechna zmíněná onemocnění trvají dlouho

Přenos infekce



- Tuberkulóza se přenáší zejména kašláním či kapénkovou infekcí
- NTM a nokardie se přenášejí nejspíše přímým kontaktem s kontaminovanou půdou, vodou a podobně
- Aktinomykóza je často endogenního původu, jelikož původce je anaerobní

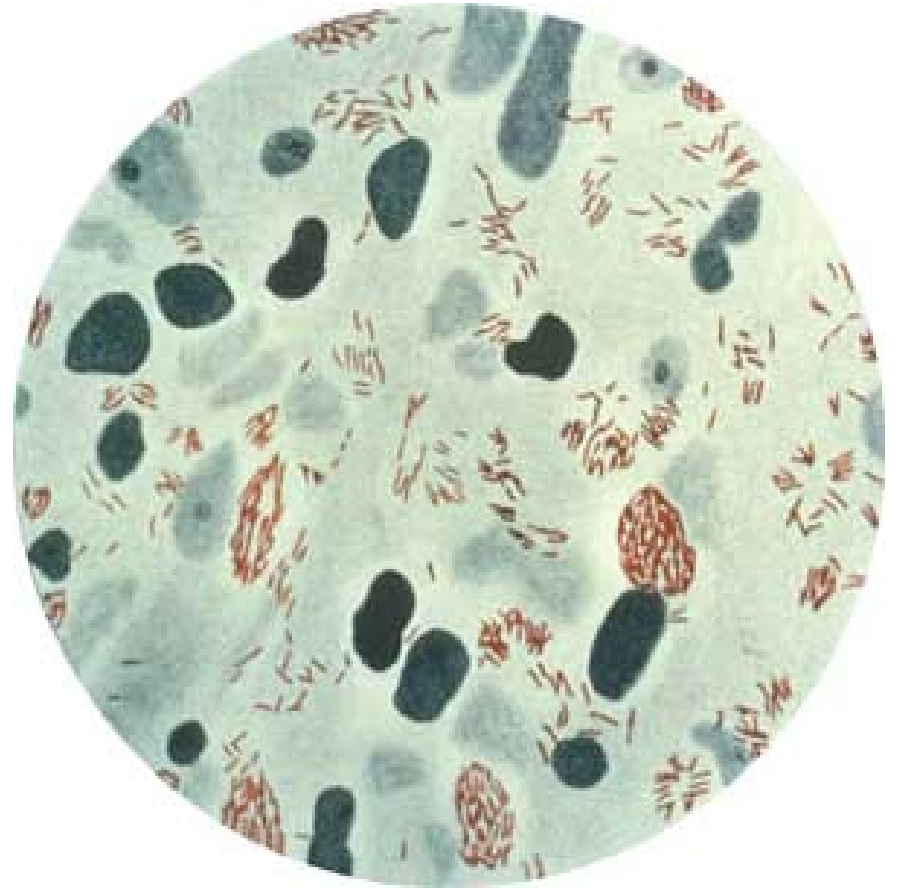
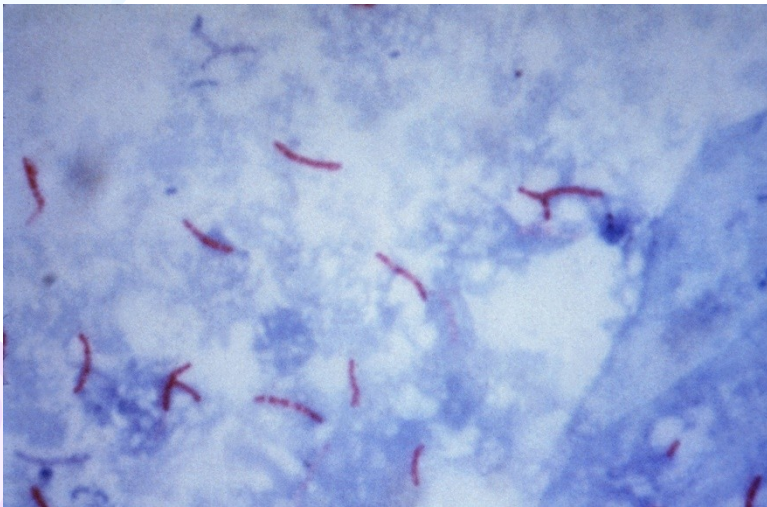
Léčba

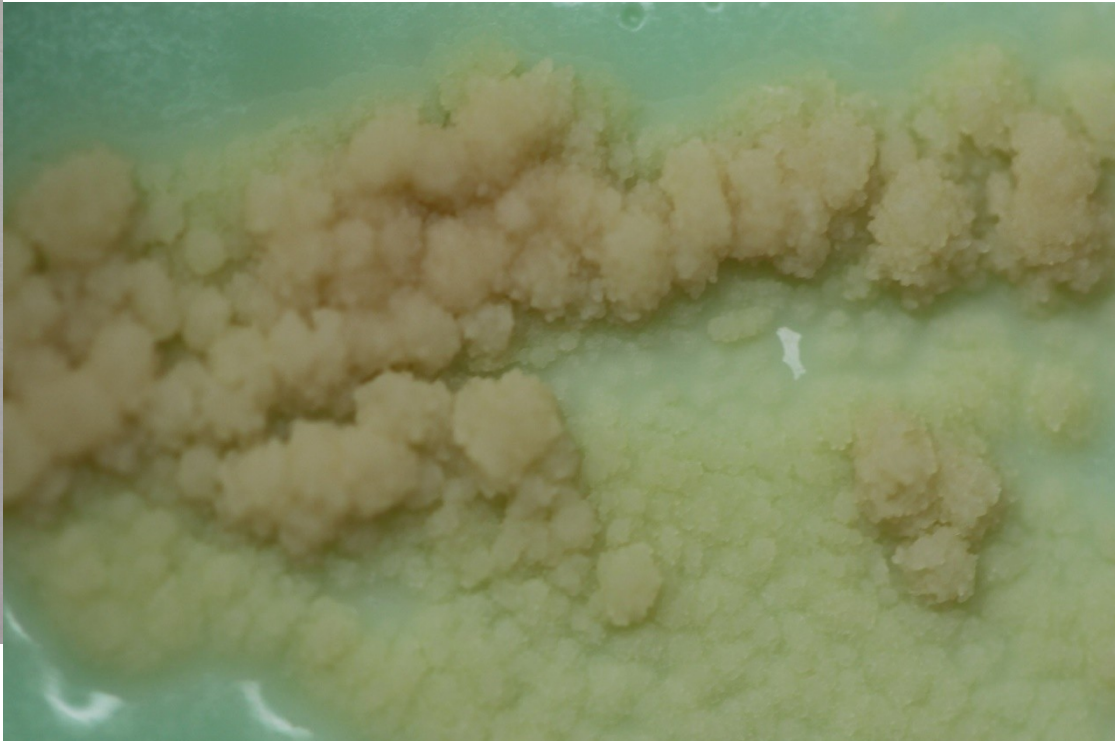
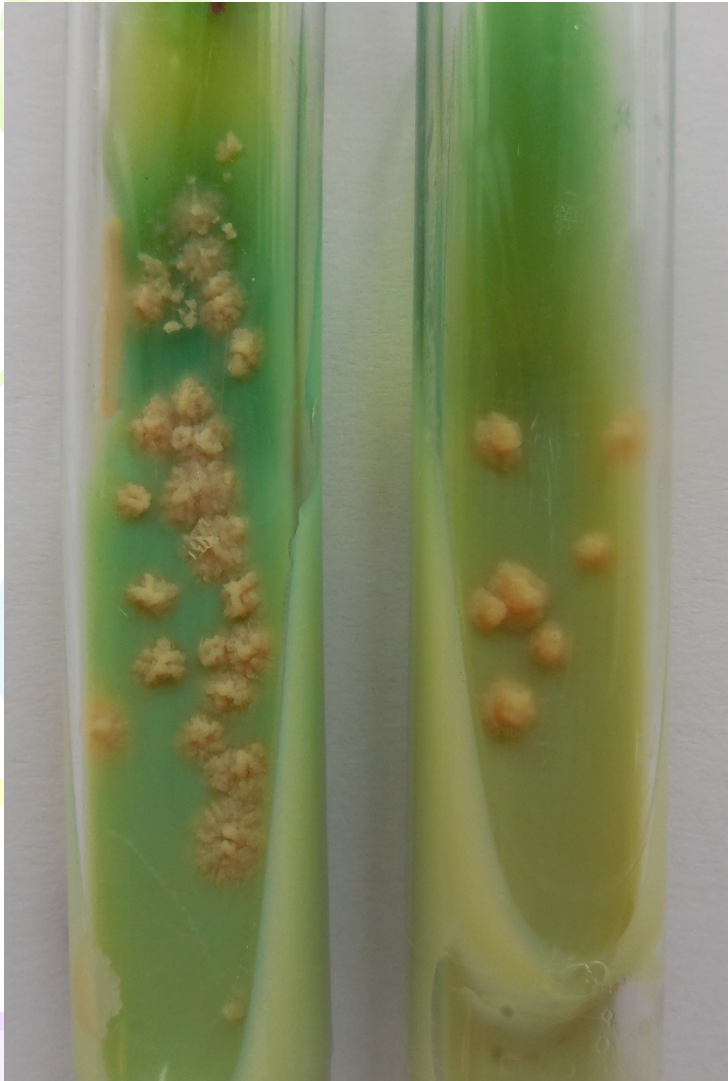
- K léčbě TBC se používají antituberkulotika. Jen některé z nich se používají zároveň i jako antibiotika. Speciální preparáty se používají i k léčbě lepry
- U aktinomykózy a nokardiózy se používají běžná antibiotika, zejména penicilin. Léčba však musí být dlouhodobá

Mycobacterium tuberculosis

- *Mycobacterium tuberculosis* - je nejdůležitější původce TBC, i když tuto nemoc může způsobovat i *Mycobacterium bovis* (vzácně)
- *M. tuberculosis* komplex – *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. africanum*
- Zajímavostí tohoto mikroba je záliba v životě **uvnitř buněk**. S tím také souvisí skutečnost, že na mykobakteria se **špatně tvoří protilátková odpověď** a hlavní slovo má **buněčná imunita** – i při vakcinaci.
- Jelikož při HIV infekci je právě buněčná imunita postižena, je TBC jednou z **oportunních infekcí**.

- Fluorescenční barvení směsí auraminu a rhodaminu





Tuberkulóza

- Při prvotním styku s infekcí dojde ke vzniku tzv. **primárního komplexu**. Je to ložisko (obvykle v plicích) a k němu přiléhající mízní uzlina. - většinou se vyhojí kalcifikací, někdy mohou mykobakteria přežívat roky
- Při další infekci vzniká tzv. **postprimární TBC**, která je horší. Zpravidla vznikne granulomatózní útvar, který později podléhá kaseózní nekróze („zesýrovatění“) a pak už se dále nezvětšuje. Paradoxně za většinu škod v organismu může reakce hostitelského organismu (pozdní přecitlivělost – vlastně druh alergie)
- Po letech se může ložisko znovu **aktivovat**, zejména ve stáří, při podlomení imunity, nebo i při abúzu alkoholu. Takový člověk může být velmi nebezpečný pro své okolí



Tuberkulóza

- Miliární TBC
 - hematogenní rozsev mykobakterií do tkání (plíce, slezina, ledviny apod.), kde vznikají drobné uzlíky
- TBC dýchacího ústrojí
 - suchý dráždivý kašel produktivní
 - tvorba kaveren – sputum s příměsí krve, úbytek váhy
- TBC CNS – bazilární meningitida
- Jiné mimoplicní formy TBC
 - postižení kůže, urogenitálního traktu
 - kosti, klouby (páteř)

- **Honza** již několik let věděl, že je **HIV pozitivní**. Dobře věděl, že je mnohem zranitelnější než ostatní lidé, že ho každá infekce dostihne rychleji než jiné
- Přesto ho zaskočilo, že **v poslední době začal kašlat**. Jeho ošetřující lékaři zkoušeli různé možnosti, až nakonec na základě rentgenu, PCR vyšetření a kultivačního vyšetření dospěli k názoru, že se jedná o **miliární (zrnkovitou) formu tuberkulózy**.



Příběh

Skutečný příběh

19. září 2007 15:17

Plzeňští kriminalisté našli muže, který má zřejmě TBC. Lékaři příznaky nemoci identifikovali u sedmačtyřicetiletého Marcela Pfeifera v pondělí, pacient jim slíbil, že přijde druhý den, ale už se neobjevil. Proto po něm bylo vyhlášeno pátrání.

"Nemocný muž se dnes pohyboval po Slovanské třídě, v blízkosti křižovatky s Liliovou ulicí," uvedl mluvčí plzeňské policie Jaroslav Ibehej.

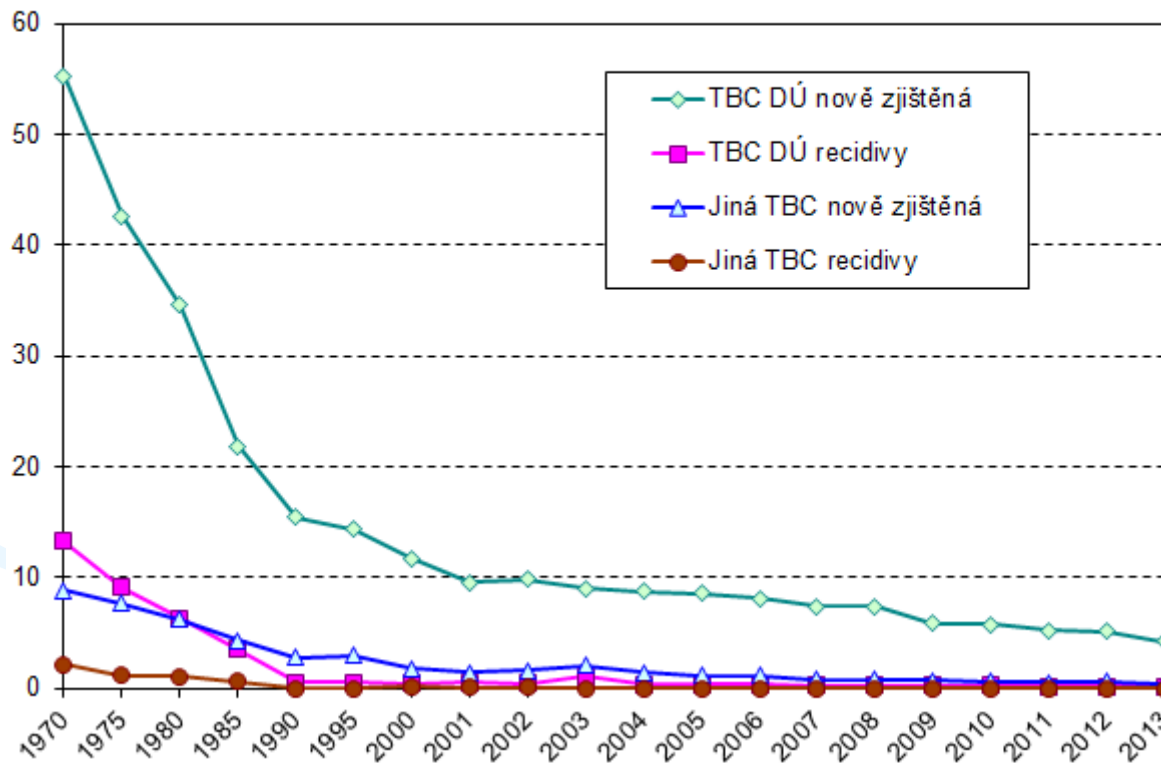
Kriminalistům po zveřejnění pátrání volala řada lidí. Poslední z nich policisty skutečně navedl na místo, kde Pfeifer byl. Nyní ho čeká převoz do zdravotnického zařízení v Janově na Rokycansku.

Tuberkulóza je nebezpečné nakažlivé onemocnění. Léčba pomalu se rozvíjející nemoci je velmi zdoluhavá. Po celou dobu je třeba být pod dohledem odborníků.

Kvůli zamezení šíření nákazy musí zdravotníci vyhledávat také lidi, kteří byli v kontaktu s tuberkulózním pacientem.

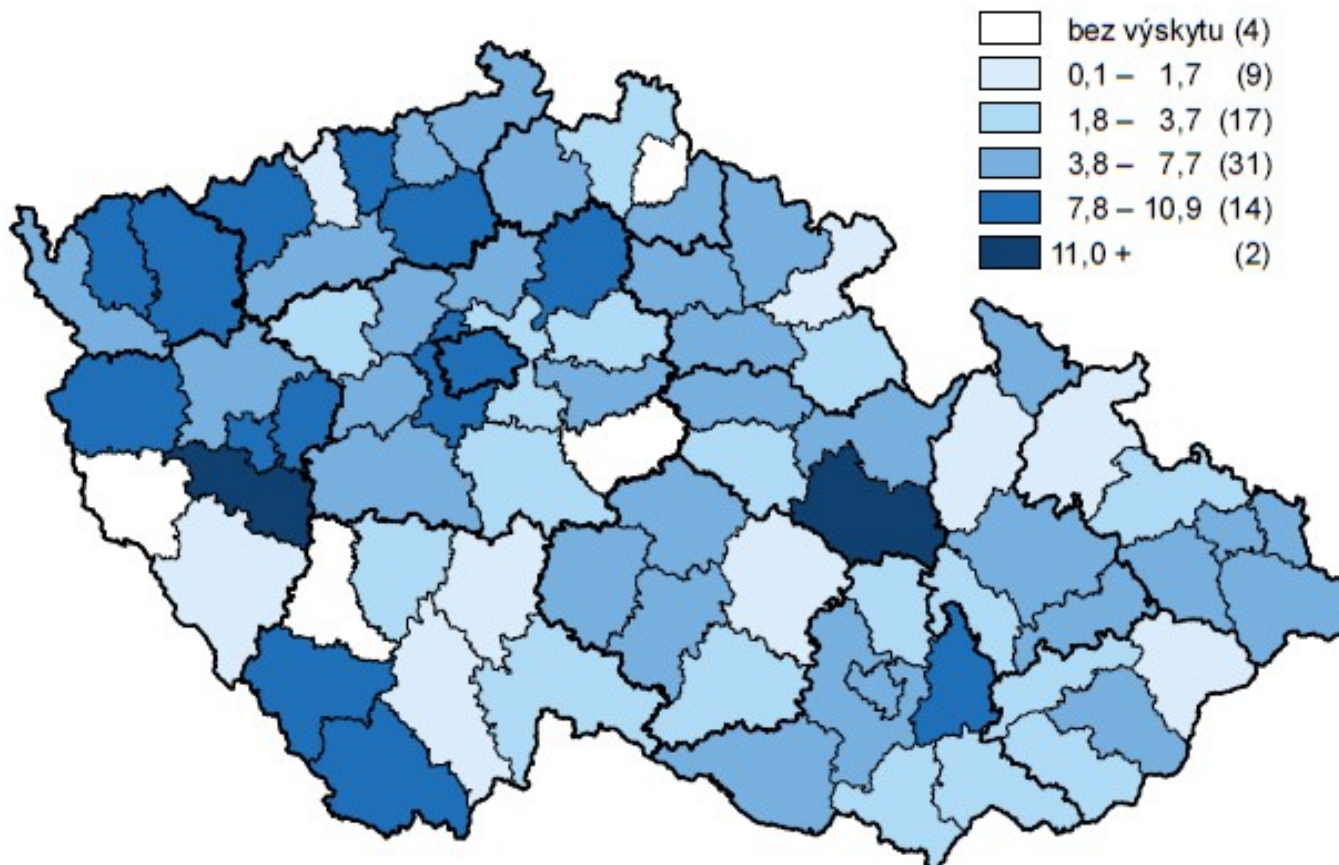
Vývoj počtu případů TBC v ČR

Vývoj počtu hlášených onemocnění TBC
na 100 tis. obyvatel

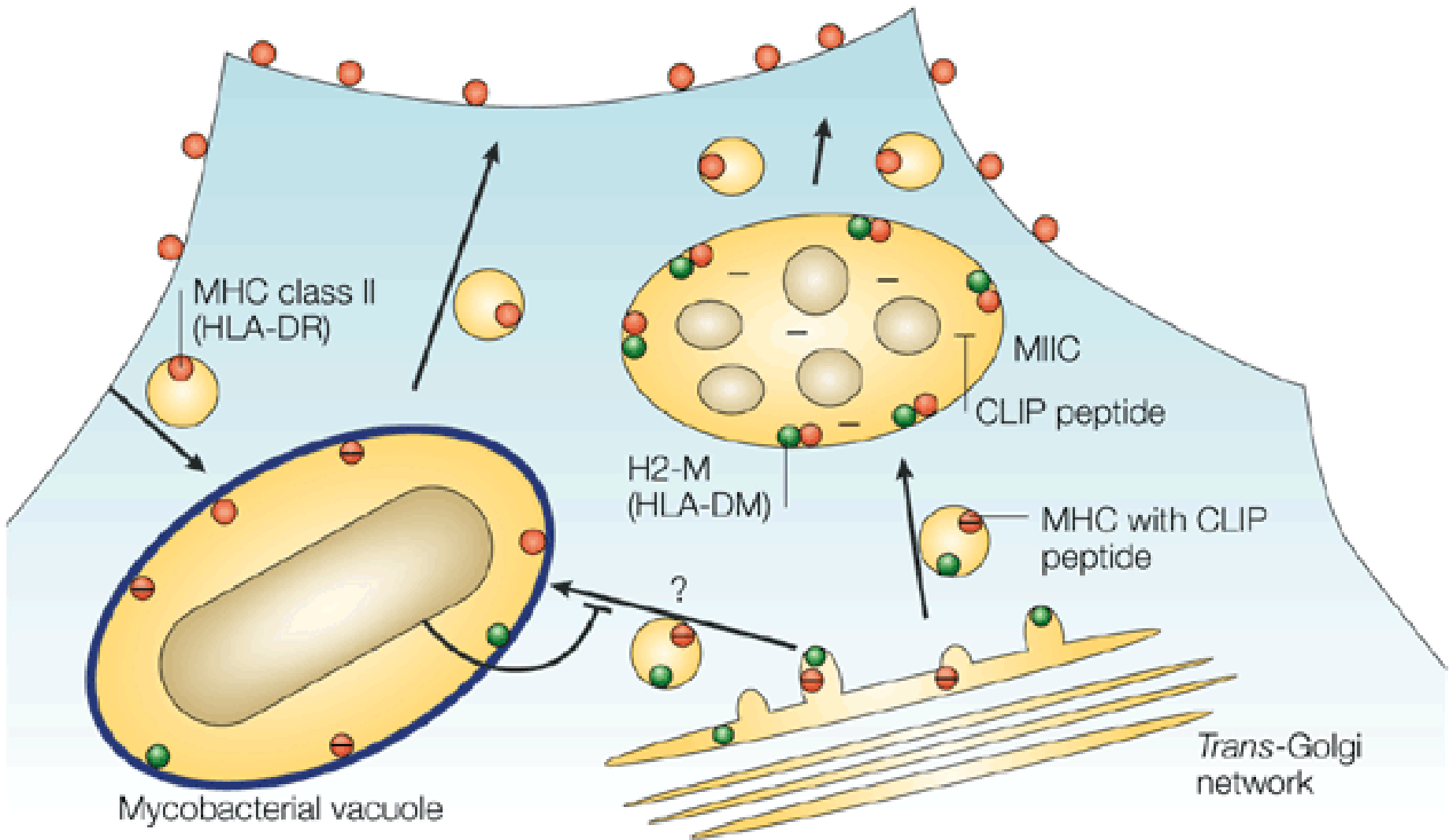


Počet hlášených onemocnění TBC na 100 000 obyvatel

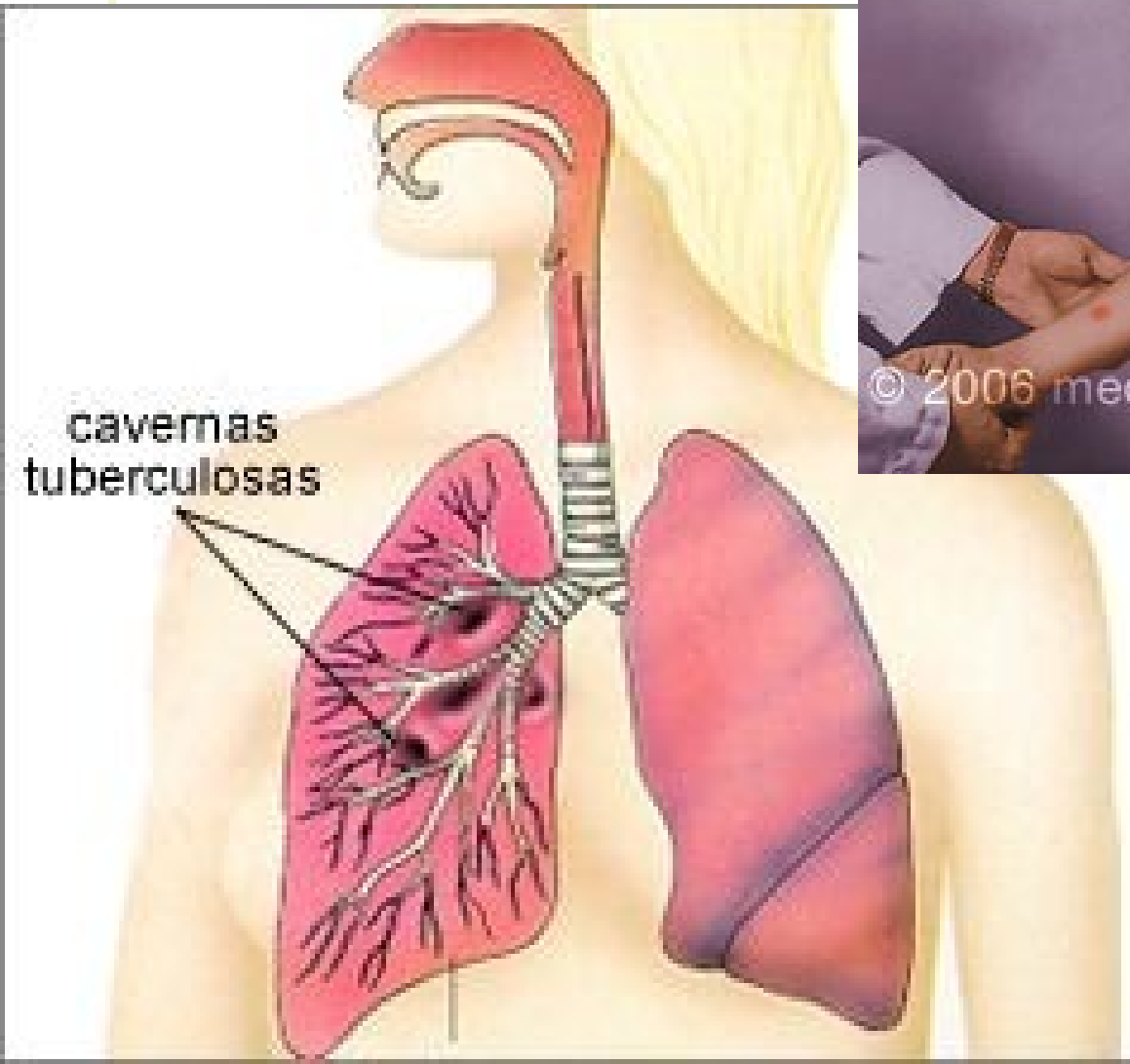
Notified cases of TB per 100 000 inhabitants



Mycobacterium uvnitř buňky



Tuberculóza

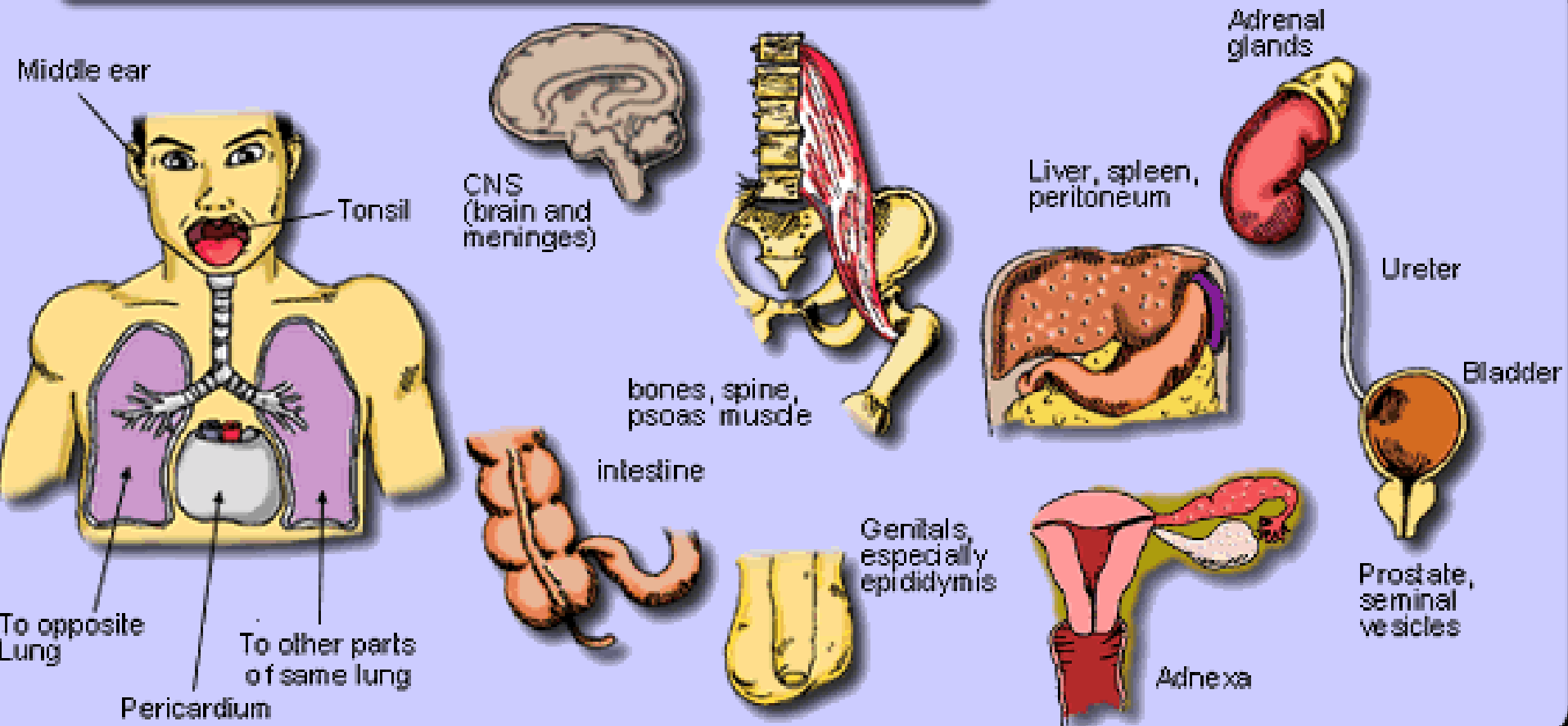


<http://www.stockmedicalart.com>

Není jen plicní forma TBC

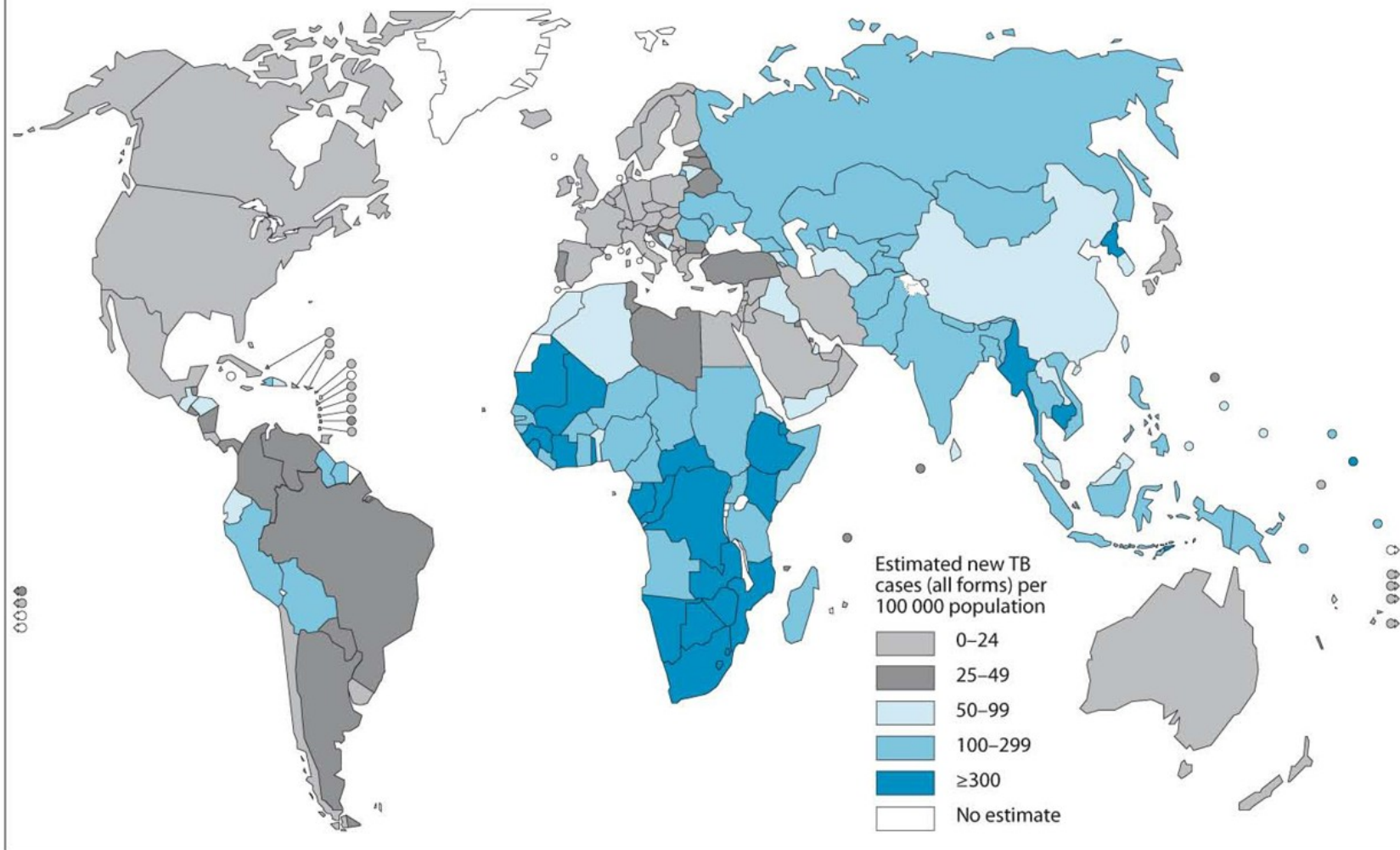
sitemaker.umich.edu (2x)

Tuberculosis Affects Many Parts of the Body



Estimated TB incidence rates, by country, 2009

<http://www.healthytravelblog.com/2010/12/08/who-announces-milestone-test-for-tuberculosis/>



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps

Source: *Global Tuberculosis Control 2010*. WHO, 2010.



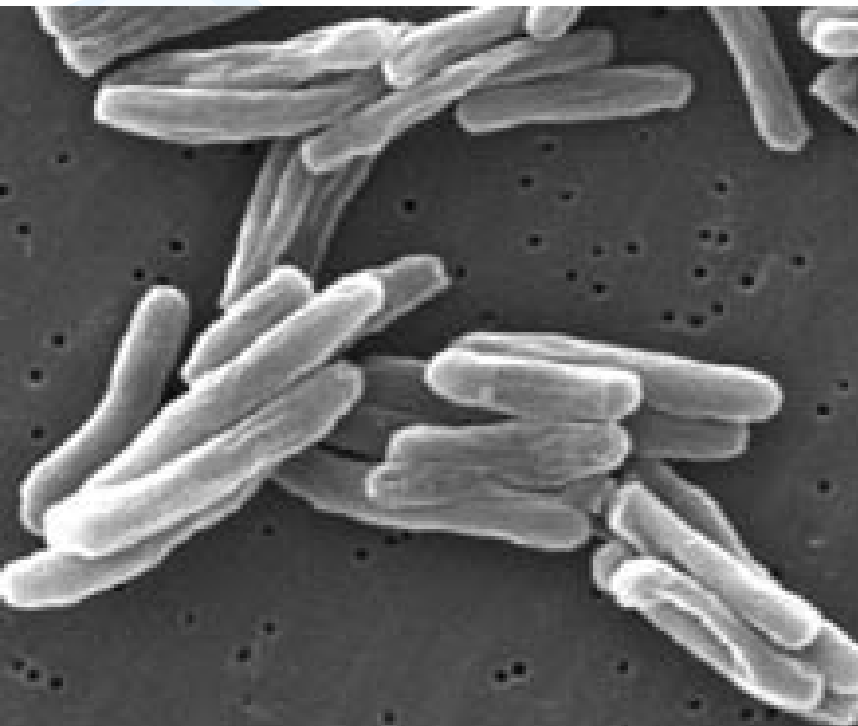
TBC ve světě

© WHO 2010. All rights reserved.

Ještě jednou TBC

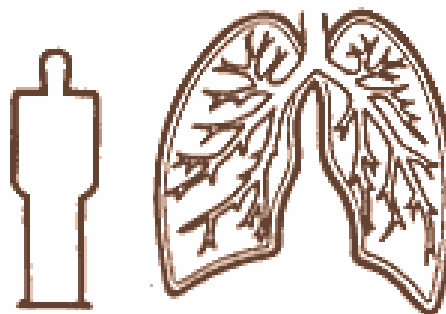
<http://www.lung.ca>

<http://www.cbc.ca>

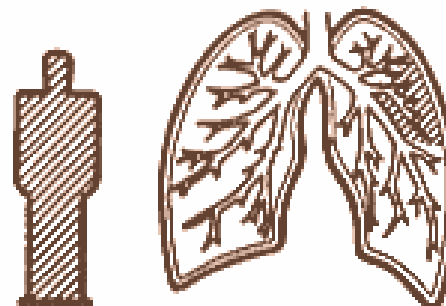


Det WD Exp |-----| 2.0µm
SE 7.4 0 jhc

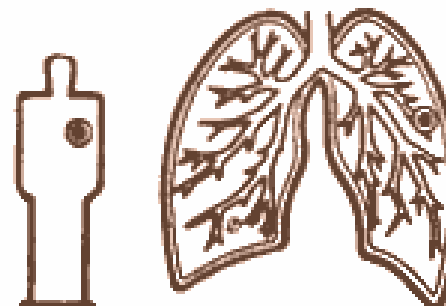
Tuberculosis Develops by Stages



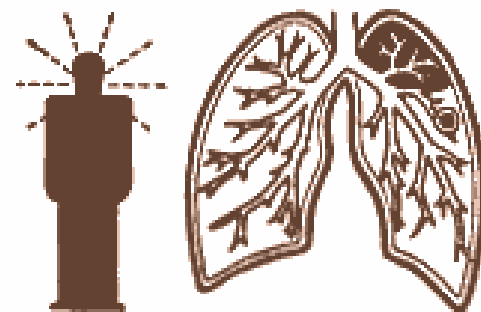
Every person is born with healthy lungs



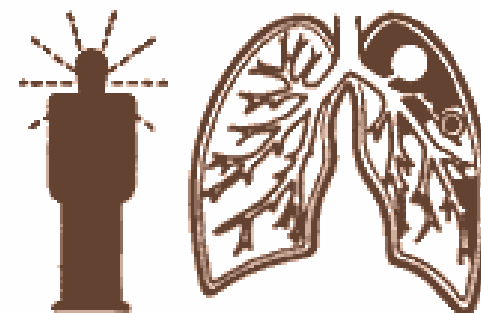
Many of us become infected from other people as we grow up.



The first infection usually heals. The person is well and no germs escape from his lungs. It is important to find this first infection in children.



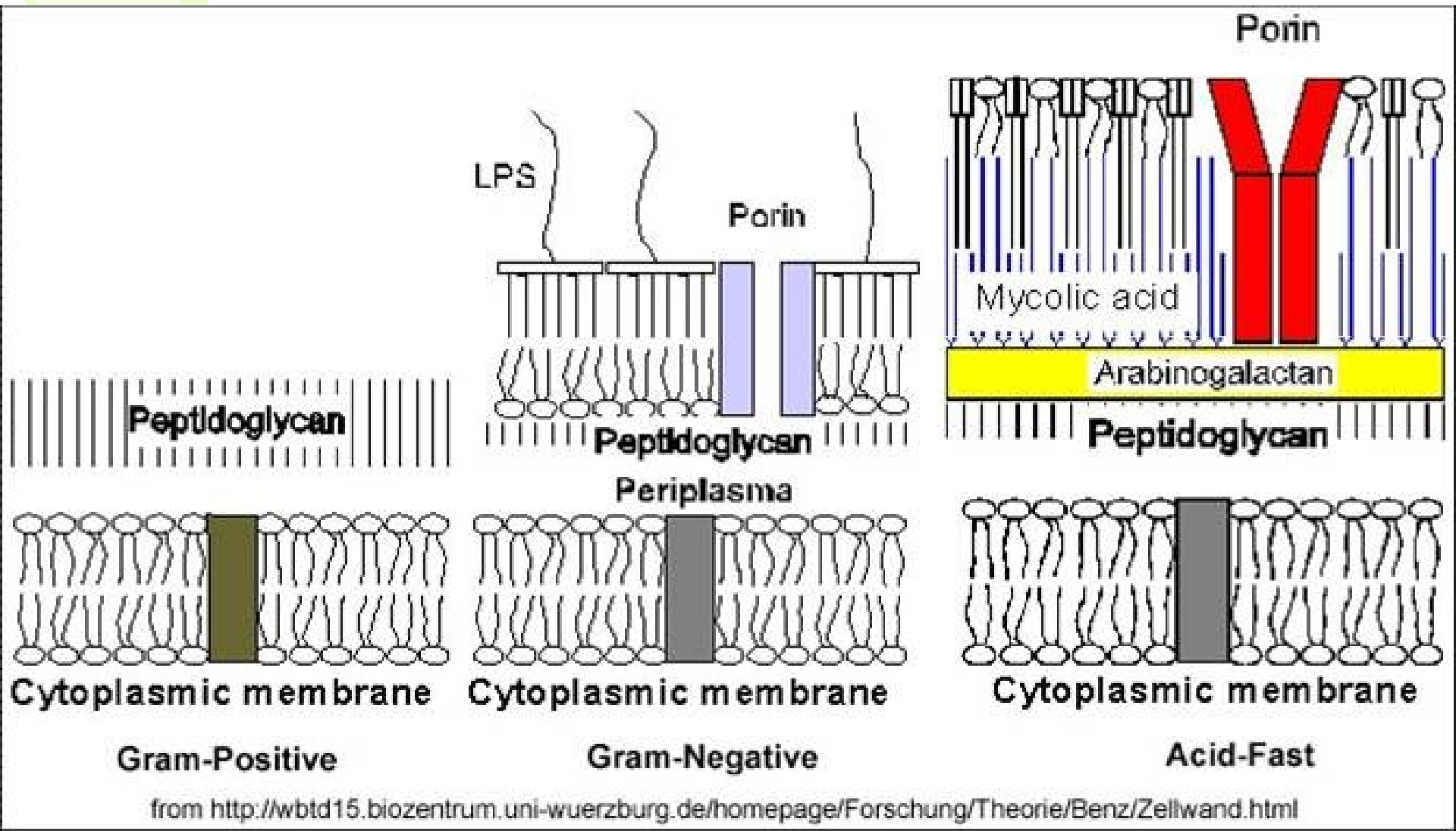
If later a person becomes infected again, the serious disease tuberculosis may begin. The germs that escape from the lungs are likely to infect others.



If tuberculosis is not discovered early, the disease spreads. A hole (cavity) may form in the lung which is an incubator of germs that escape and menace everybody who comes in contact with the sick person.

Další zvláštnosti mykobakterií

- Jejich buněčná stěna je vysoce hydrofobní, jsou v ní tzv. **mykolové kyseliny**. Téměř se nebarví podle Grama, jsou nutná speciální barvení.
- **Roste pomalu**, má dlouhou generační dobu, proto jsou pro kultivaci nutné speciální půdy
- Jsou velmi odolná k **desinfekčním prostředkům**. Nelze použít prostředky spektra „A“, proti běžným bakteriím, je nutné „T“ (proti TBC), případně „M“ (proti atypickým mykobakteriím)
- Jsou též **odolná k běžným antibiotikům**



from <http://wbtd15.biozentrum.uni-wuerzburg.de/homepage/Forschung/Theorie/Benz/Zellwand.html>



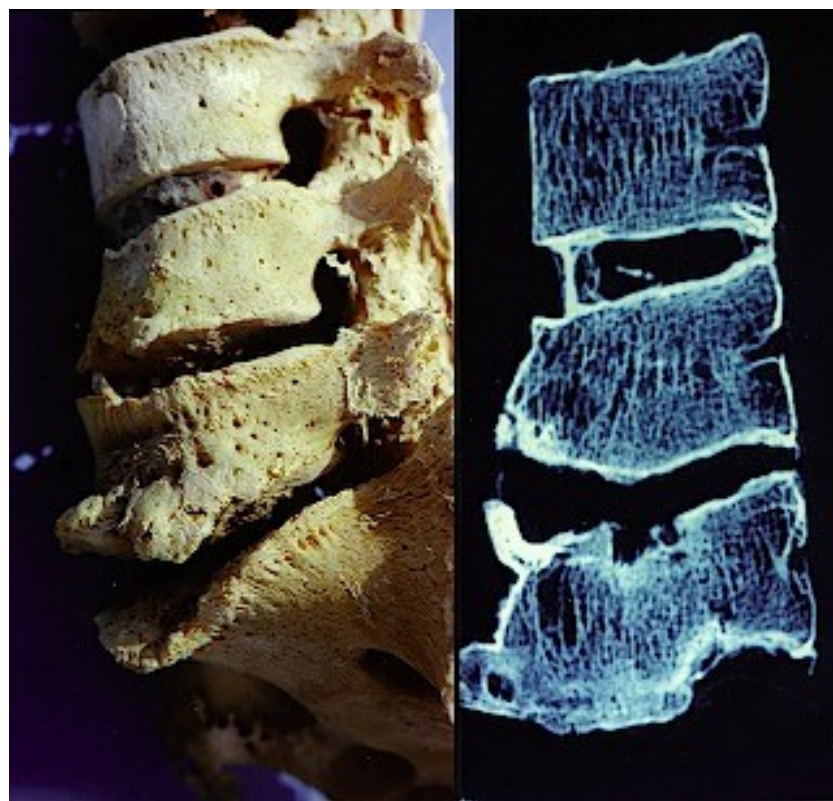
Zmínky o TBC ve známých písních...

...tuberkulóza, no to je paráda...

(Jaromír Nohavica: Pochod marodů)

Známí lidé, kteří zemřeli na TBC

Např.: Václav II., Eliška Přemyslovna, Božena Němcová, Jiří Wolker, Karel Havlíček Borovský, Stanislav Rolínek (autor soch v Rudce u Kunštátu), Franz Kafka, George Orwell, Frederic Chopin, Anders Celsius (°C), Louis Braille (písmo), Gavrilo Princip (pachatel atentátu na následníka trůnu v Sarajevu), Beethovenova maminka, obr Drásal, sv. Terezie z Lisieux či svatý Kazimír



3200 - 500 př. n. l. *M. tuberculosis*, *M. africanum*



Terapie

- Antituberkulotika
- Isoniazid, rifampicin, pyrazinamid, ethambutol, streptomycin
- Standardizované kombinace antituberkulotik
- Léčba 6 – 8 měsíců
- Nové onemocnění TBC čtyřkombinace, pokračuje se dvojkombinací

A decorative graphic on the left side of the slide features three balloons: a light green one at the top, a light blue one in the middle, and a light purple one at the bottom. Each balloon is attached to a thin, wavy streamer that extends downwards. Small yellow triangular shapes are scattered around the streamers, resembling confetti or streamer tassels.

Epidemiologie

- Člověk s otevřenou TBC
- Vdechnutím infekčního aerosolu
- V ČR incidence 4,8/100 000 v r. 2013
- V utečeneckých táborech, mezi narkomany, u bezdomovců vyšší



Diagnostika

- Anamnéza
- Rentgenové vyšetření
- Tuberkulinový test v ČR dle Mantoux

Mycobacterium leprae

- Je to mikrob ještě zvláštnější než tuberkulózní mykobakterium
- Původce nákazy objevil v roce 1873 norský lékař Gerhard Henrik Armauer Hansen, proto bývá *Mycobacterium leprae* také označován jako Hansenův bacil.
- Jeho generační doba je ještě výrazně delší. In vitro kultivace se prý podařila a trvala celý jeden rok (pro praxi nepo



Mycobacterium leprae

- Nemoc často probíhá bez příznaků a není příliš nakažlivá. Výjimkou je kožní forma s vředy, která nakažlivá je. Občas se vyvine destruktivní forma, která napadá Schwannovy buňky a makrofágy v periferních nervech. Znetvořuje obličej i další části těla.
- Základní léčba lepry není drahá, bohužel v zemích, kde se lepra vyskytuje, je i tato poměrně nízká cena příliš vysoká
- Proto se problémem lepry zabývá řada nadací, nevládních a charitativních organizací a podobně.



Mycobacterium leprae

- Podle stupně imunitní odpovědi
- Tuberkuloidní a lepromatozní lepra a přechodná stádia
- Tuberkuloidní
 - Na kůži depigmentované skvrny
 - Lze nahmatat zduřelé nefunkční periferní nervy
 - Většina nemocných se může spontánně uzdravit

Příběh

- Pan Hassan žil v **pouštní části Súdánu**, zmítané neustálými válkami a nepokoji.
- V poslední době se od něj začali odvracet i ti přátelé, kteří ještě neuprchli ani nebyli povražděni. **Znetvoření obličeje** pana Hassana bylo neklamnou známkou, že pan Hassan trpí onemocněním, které se **v těchto zeměpisných šířkách ještě stále vyskytuje až příliš často**.
- Naštěstí se pan Hassan setkal s pracovníky jedné **nevládní organizace**, kterým rovněž byla diagnóza jasná. Pomocí **dapsonu** se podařilo panu Hassanovi pomoci.



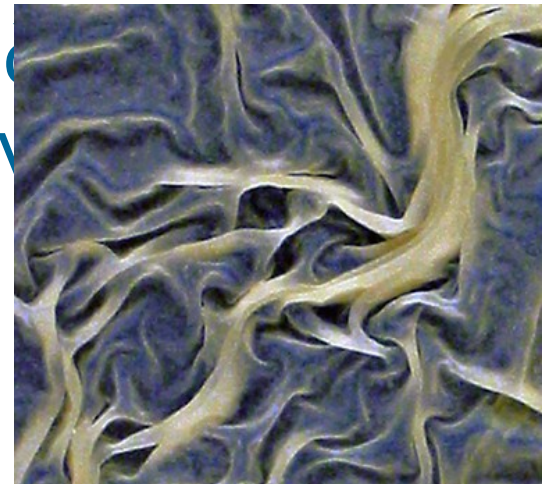
Lepra

www2.bc.cc.ca.us (2x)



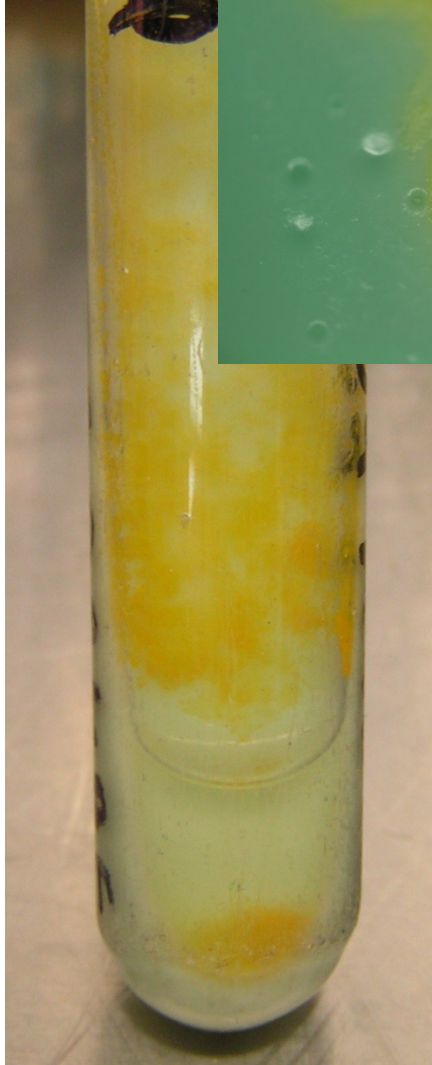
Netuberkulózní mykobakteria - původci mykobakterióz

- Kromě *M. tuberculosis* a *M. leprae* existuje i spousta **dalších mykobakterií**. Některá, např. *M. marinum*, *M. xenopii*, *M. fortuitum*, *M. abscessus*, *M. chelonae* patří mezi tzv. Netuberkulózní mykobakteria, která občas způsobují infekce ran a jiné problémy.
- **Některá jiná mykobakteria jsou nepatogenní** a jsou normální součástí mikroflóry, např. *M. smegmatis* – v

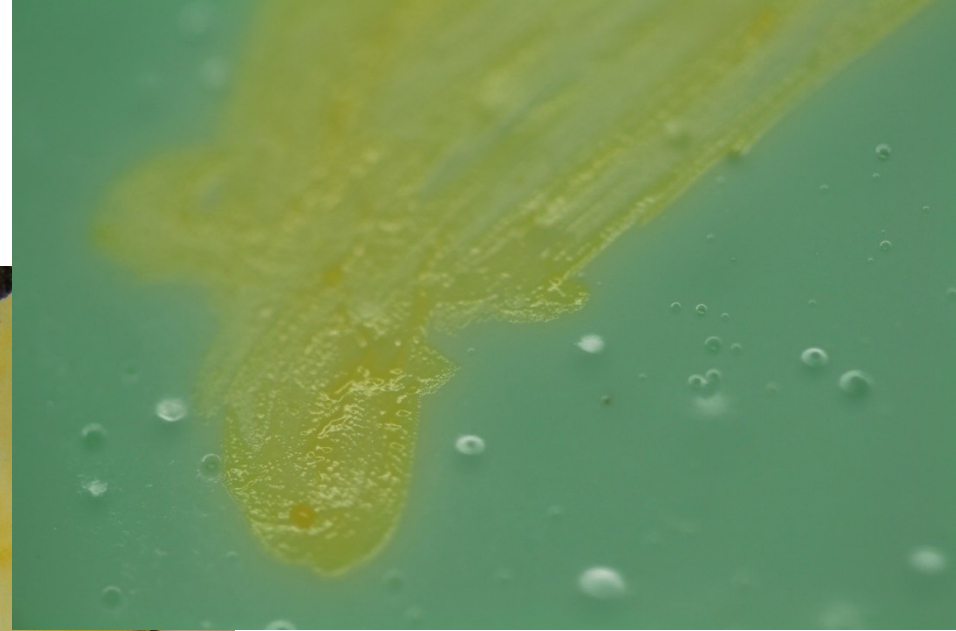




Mycobacterium haemophilum



Mycobacterium xenopii





Příběh

- Pan Piraňa byl zuřivým akvaristou. Poslední měsíc měl problém: musel do akvárií nořit jen levou rukou, protože na pravé měl vřed.
- Po vyšetřování byl jeho případ uzavřen jako tzv. **fish tank granuloma**, běžný u akvaristů. Podobná nemoc plavců se nazývá **swimming pool granuloma**

Infekce *M. marinum*

<http://www.nlm.nih.gov>



Aktinomycety



- Jsou to vláknité bakterie, v podstatě grampozitivní, ale barví se Gramem špatně, protože jejich buněčná stěna je hodně hydrofobní a obsahuje hodně mykolových kyselin
- Aktinomycety (*Actinomyces* sp.) se běžně vyskytují v ústní dutině zdravých osob. Odtud se za různých okolností mohou dostat do měkkých tkání krku, tváře či hrudníku. Jsou to anaerobní bakterie
- *A. israelii*, *A. viscosus*

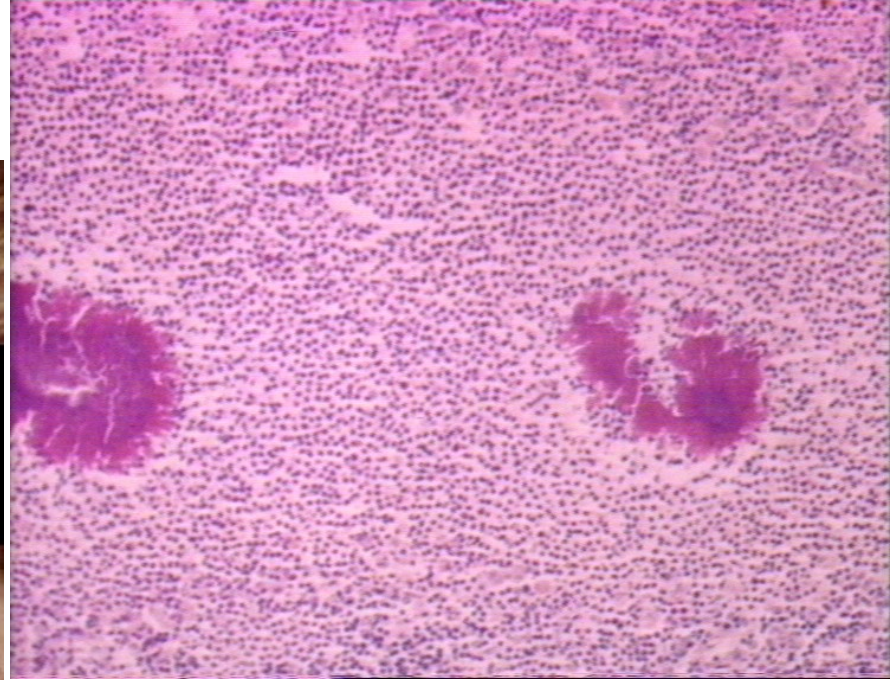
Příběh

- Paní Píšťelková si už delší dobu hmatala pod kůží krku drobné útvary
- Nedávno se stalo, že jeden z těchto útvarů se otevřel na povrch a v ústí se objevil velmi hustý, žlutý páchnoucí hnis. To už paní Píšťelkovou donutilo zajít k lékaři.
- Lékaři poslali hnis na mikrobiologické vyšetření. Vyšetření trvalo dlouho – paní Píšťelková už spílala mikrobiologům, že si tam někde válejí šunky. Nakonec se ukázalo, že má aktinomykózu, takže dlouhá doba byla způsobena dlouhou kultivací těchto mikrobů

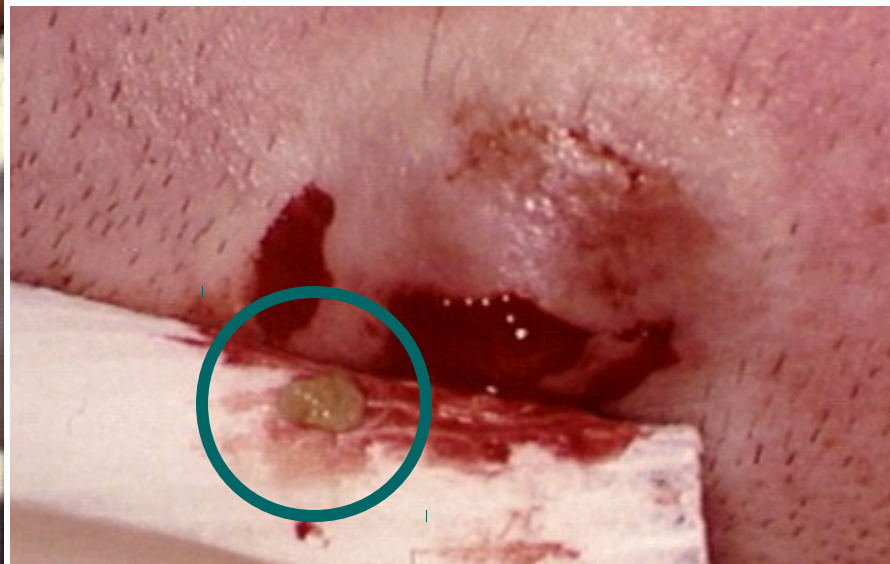
Nokardie

- Nokardie jsou podobné aktinomycetám. Na rozdíl od nich však jsou naopak striktně aerobní. Jinak však mají hodně podobné vlastnosti, s výjimkou přenosu. Aktinomykóza bývá endogenní, naopak nokardióza exogenní, často z půdy, rostlinné zbytky
- Hnisavé infekce, postihuje jakýkoliv orgán
- Existují ještě různé další příbuzné či podobné bakterie, např. rothie, dermatofily, rhodokoky a další. Původci lidských onemocnění se však stávají jen zřídka
- *N. asteroides*, *N. brasiliensis*

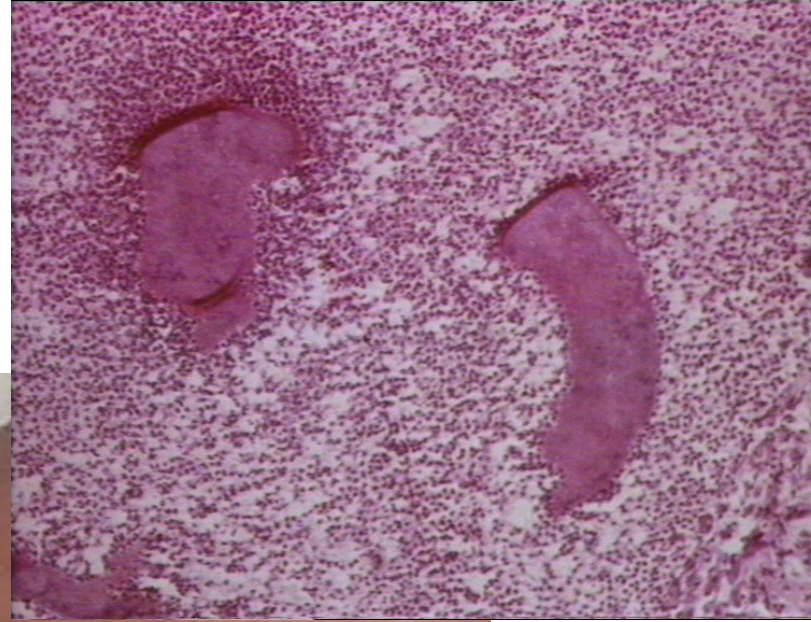
Aktinomykóza



pathmicro.med.sc.edu (3×)



Nokardióza



Nokardiová pneumonie se sepsí



A previously well 57-year-old man ... 3-day history of severe dyspnoea. We conclude that *N. asteroides* infection can present as a fulminant community-acquired pneumonia with bacteraemia in the absence of immunosuppression or coexistent infection. (From the article related to the picture)

**Nokardióza mozku
na CT**



Acidorezistence a alkalirezistence

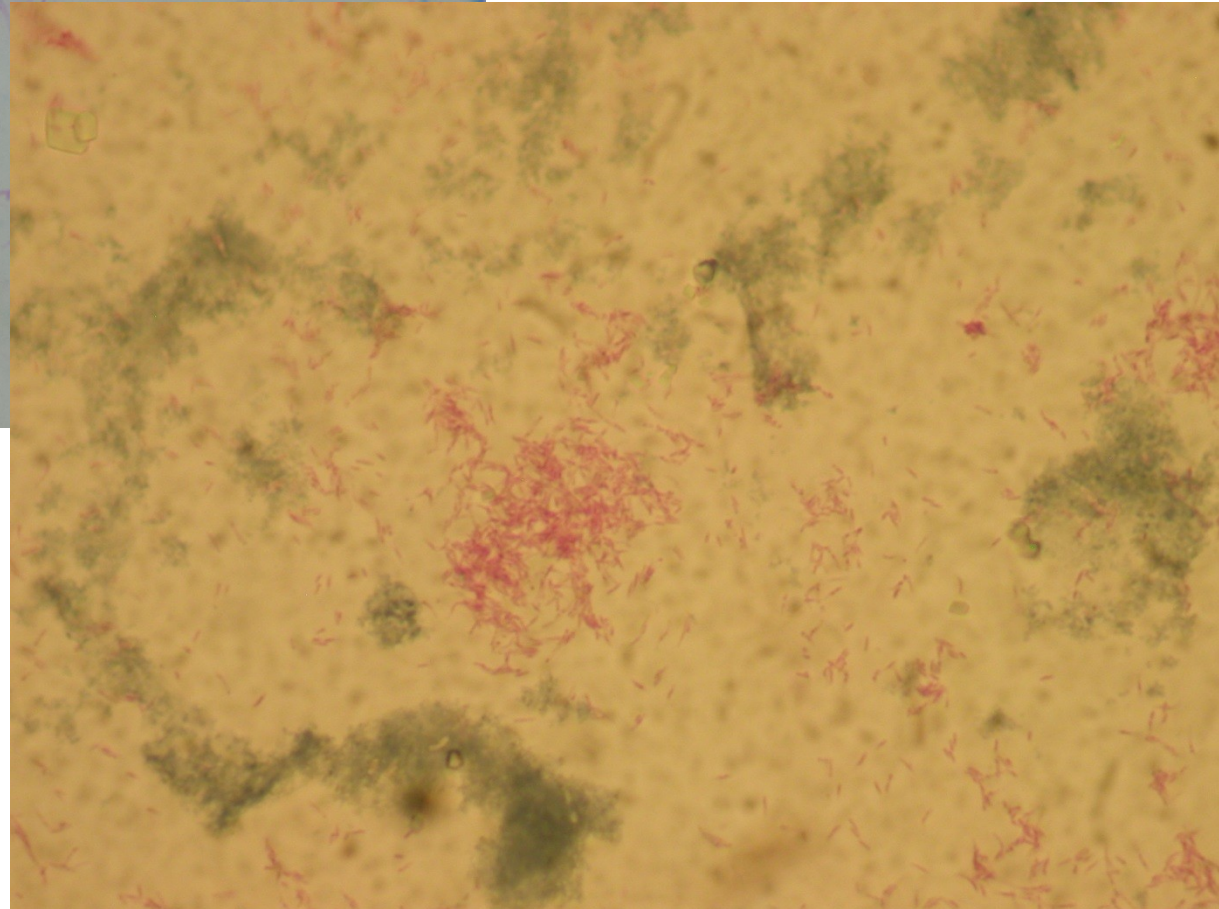
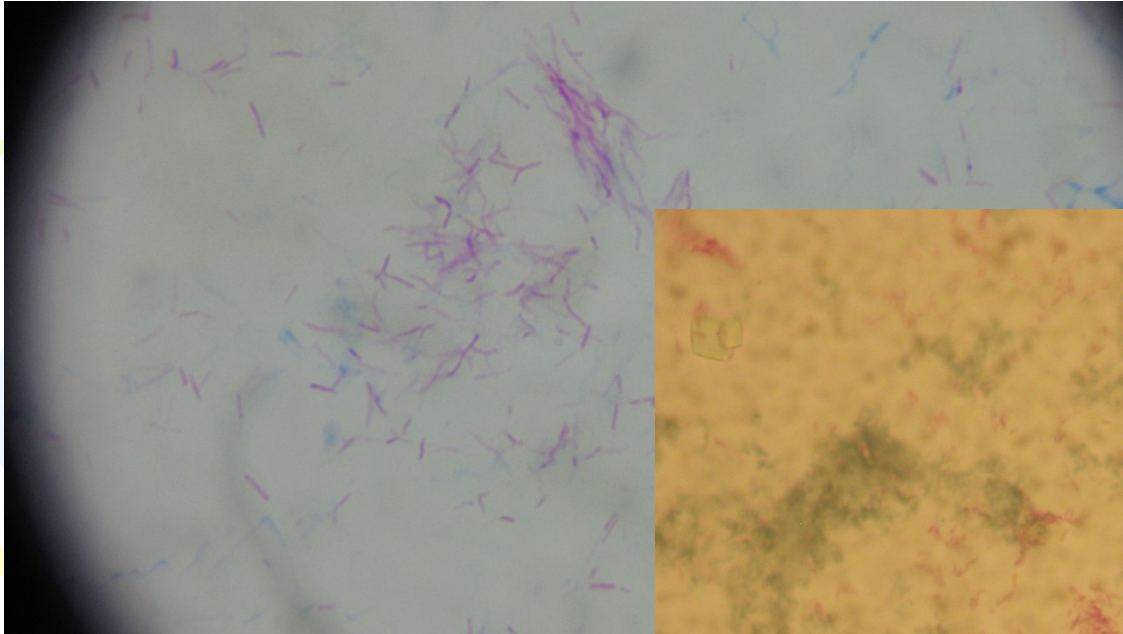
- Aby mohly na něco působit (jiné než ty nejsilnější) kyseliny či alkalie, musí to „něco“ být hydrofilní, tedy komunikovat s vodným prostředím. Pro mykobakteria však tohle neplatí.
- Nejsme tedy schopni je kyselinami či alkaliemi ničit (leđa těmi
- Nejsme také schopni je kyselinami odbarvovat, pokud tedy se je nějakým zázrakem podařilo obarvit
- Totiž: většina barviv je také hydrofilních, a tudíž se mykobakteria i špatně barví, zpravidla je nutno barvit je za horka, aby se vůbec obarvila
- Nokardie a aktinomycety jsou na rozdíl od mykobakterií acidorezistentní jen zčásti. Barvíme je proto podle Grama, ale musíme počítat s tím, že se barví nerovnoměrně a špatně.

Co z toho vyplývá pro klinika?

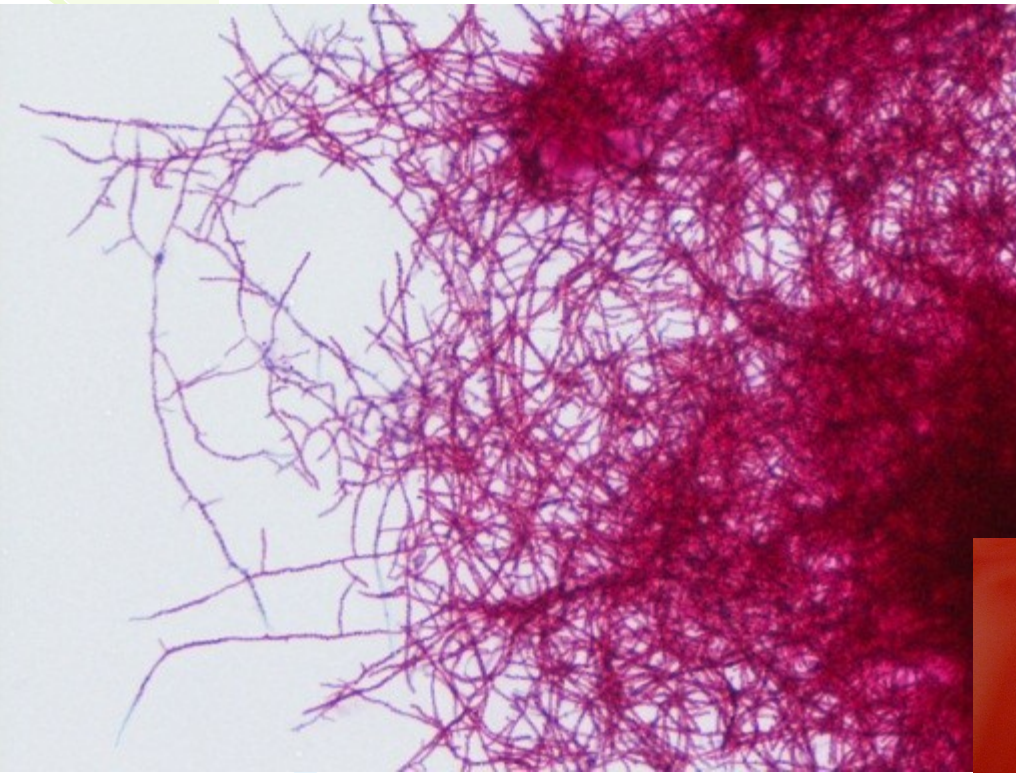
- Pokud klinik pošle vzorek (sputum, moč, hnis či cokoli jiného) „na bakteriologickou kultivaci“, nemůže očekávat, že vyšetření odhalí případnou přítomnost mykobakterií
- Chce-li klinik zjistit, zda má pacient TBC, musí poslat vzorek zvlášť a na průvodce výrazně označit, že má být vyšetřen kultivačně či PCR na tuberkulózu. V tom případě laboratoř provede příslušné procedury
- Sérum na protilátky proti TBC také posílat nelze, (přesněji: lze, ale je to vcelku na kočku), protože protilátková odpověď je velmi špatná.

Acidorezistentní bakterie

Mycobacterium tuberculosis



Nocardia asteroides

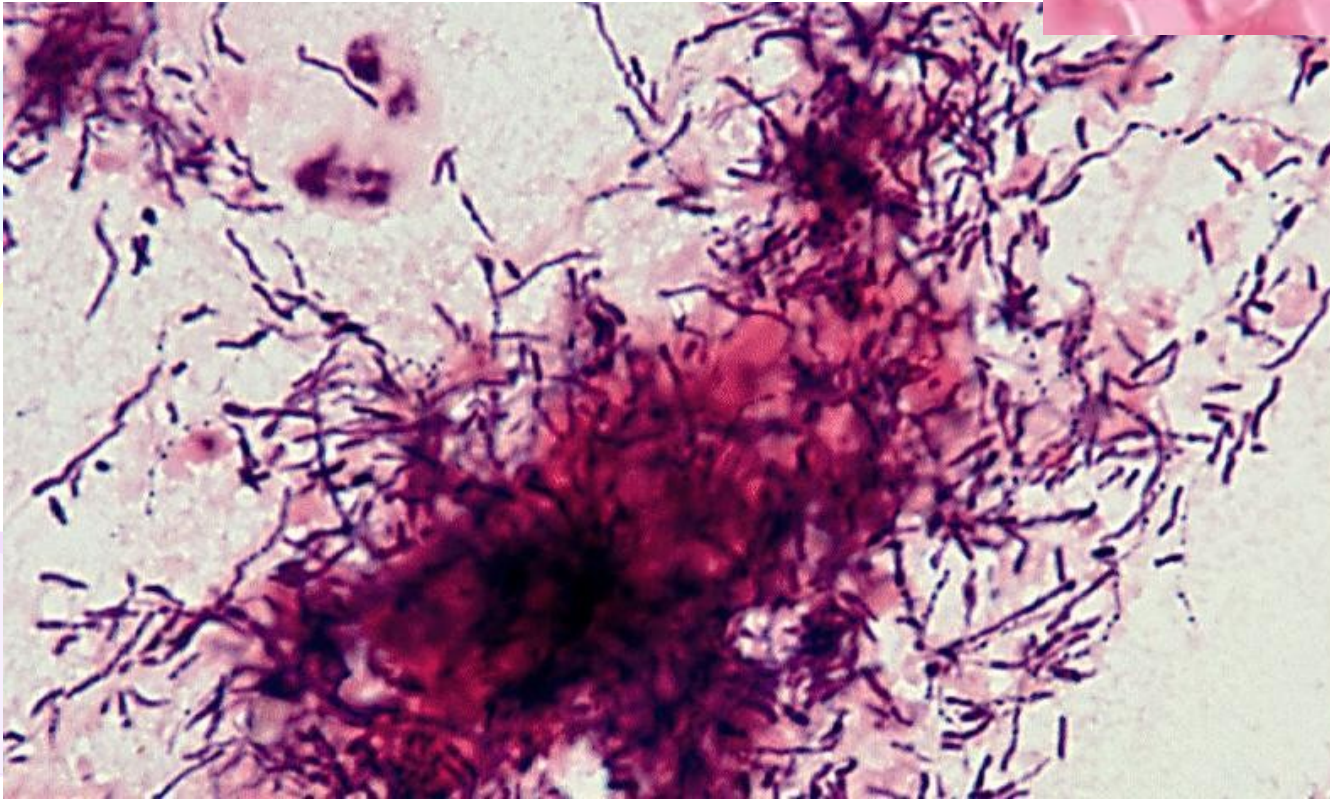
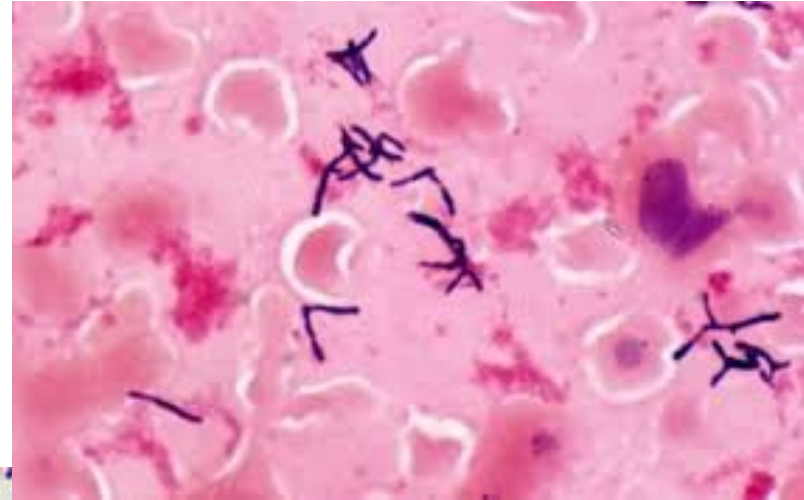


<https://labmedicineblog.com/tag/nocardia>



<https://www.flickr.com/photos/21997898@N04/10485463143/in/photostream/>

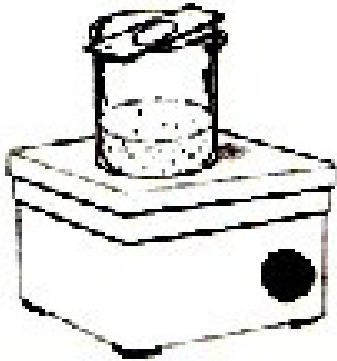
Actinomyces sp.



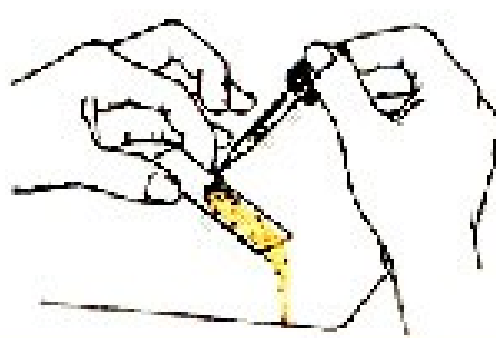
Jak pátrat po mykobakteriích

- Mikroskopie: Používá se Ziehl-Neelsenovo barvení a fluorescenční barvení
- Kultivace: Používá se speciálních půd, přičemž před vlastní kultivací předchází moření, obvykle louhem. Cílem moření je usmrtit ostatní bakterie, které by při svém rychlém růstu byly kultivačně úspěšnější.
- Alkalirezistentní mykobakteria moření snadno přežijí. Kultivační výsledky se zpravidla odečítají po 1, 3, 6 a 9 týdnech; první odečítání slouží hlavně k vyřazení kontaminovaných půd, mykobakteria vyrostou minimálně za 3, častěji 6, občas i 9 týdnů.

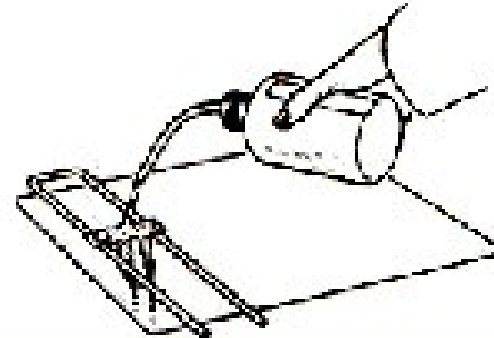
Ziehl-Neelsenovo barvení



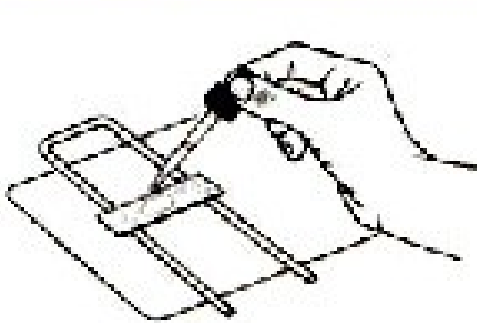
1 Cover smear with carbolfuchsin. Steam over boiling water for 8 minutes. Add additional stain if stain boils off.



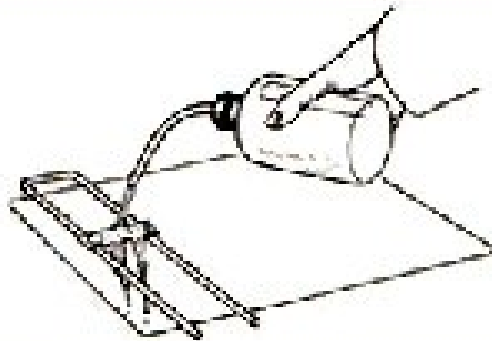
2 After slide has cooled decolorize with acid-alcohol for 15 to 20 seconds.



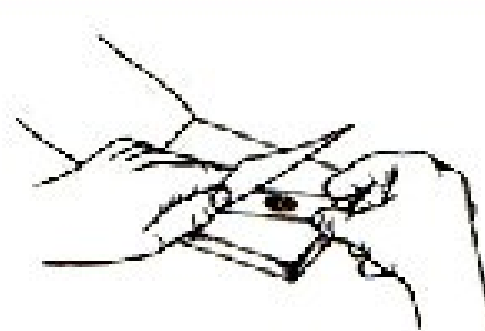
3 Stop decolorization action of acid-rinsing briefly with water.



4 Counterstain with methylene blue for 30 seconds.

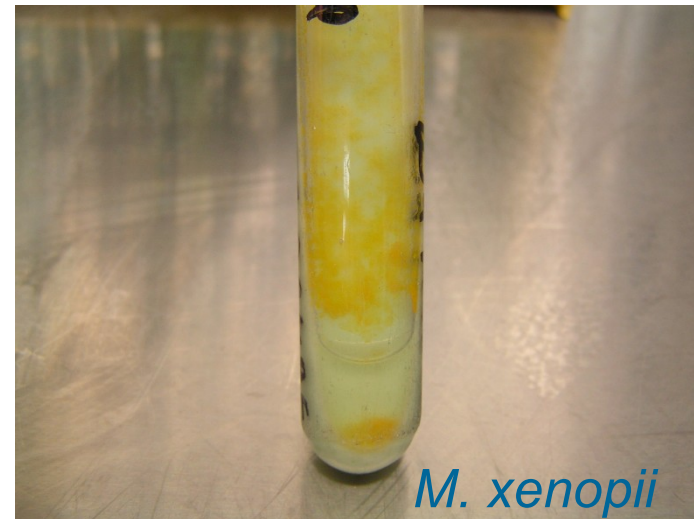


5 Rinse briefly with water to remove excess methylene blue.

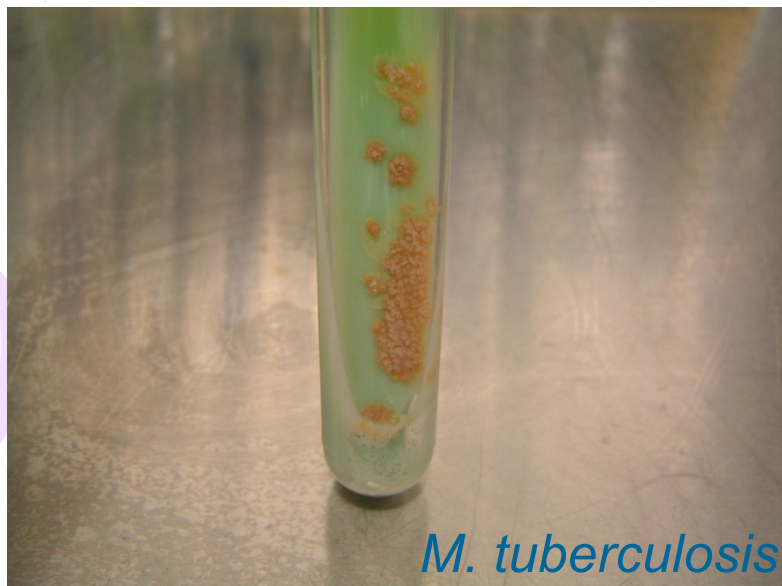


6 Blot dry with bibulous paper. Examine directly under oil immersion.

Kultivace



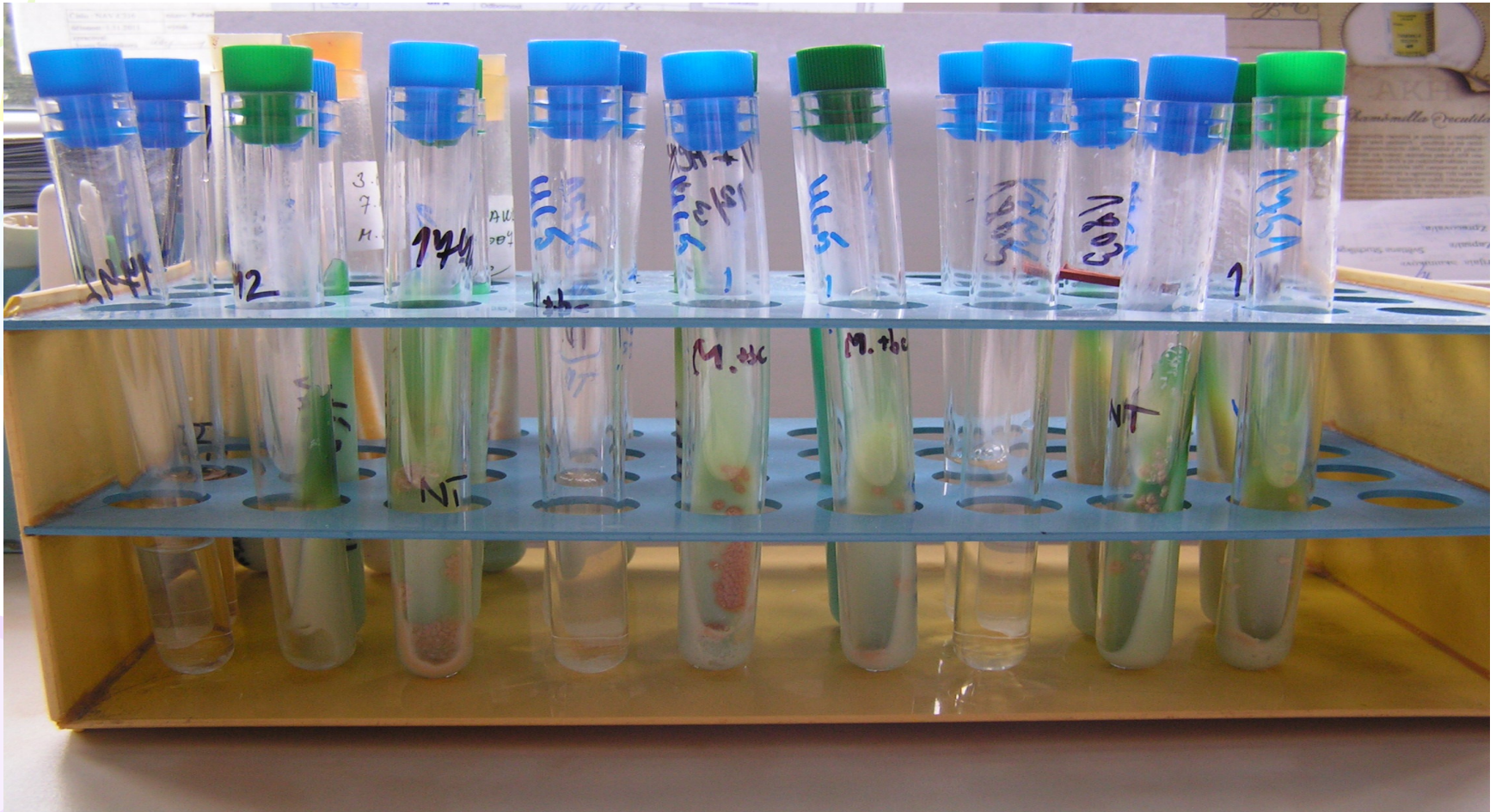
M. xenopii



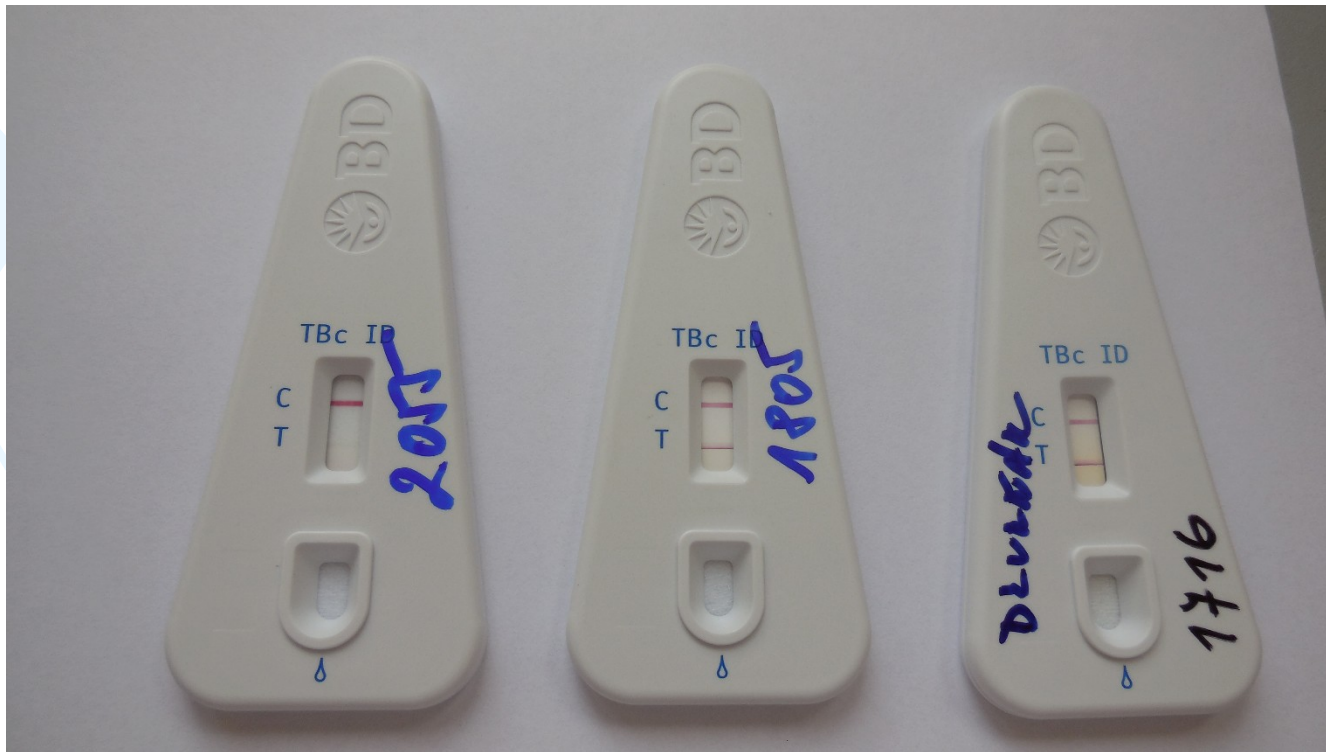
M. tuberculosis



Kultivace

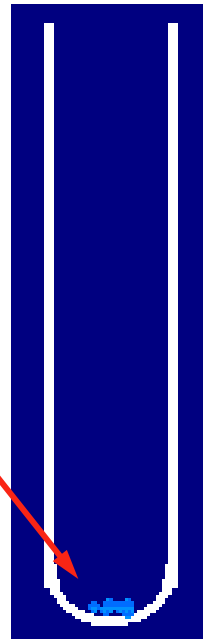
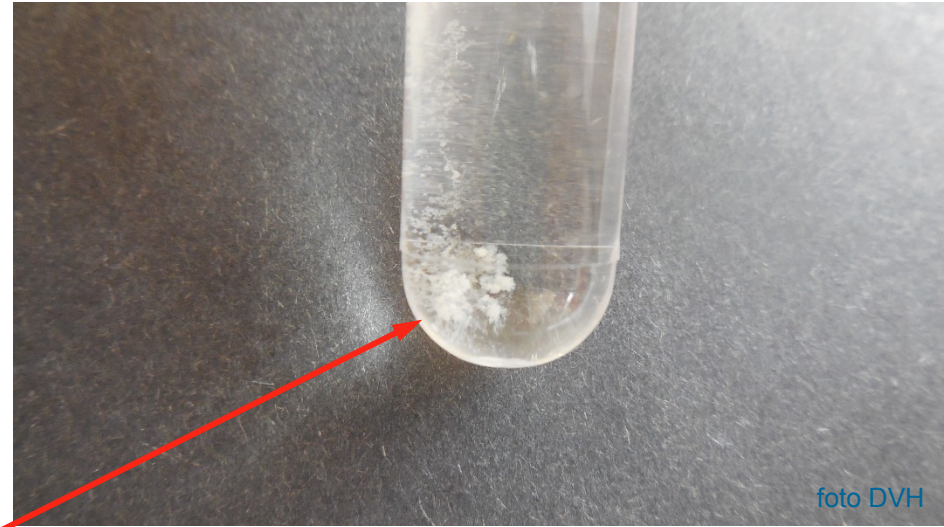


Možnosti identifikace – chromatografické testy



Šulova půda

- I pozitivní zkumavka je na první pohled čirá, protože nárůst mykobakterií je patrný jen u dna



Jak pátrat po mykobakteriích II

- Automatická kultivace: Používá se různých typů kultivačních automatů: mohou detekovat kultivační pozitivitu mnohem dříve než klasická kultivace
- Biochemické rozlišení je možné, je však vyhrazeno specializovaným laboratořím
- Pokus na zvířeti: občas se používá morče
- PCR diagnostika se stává čím dál důležitější
- Průkaz protilátek naopak nepoužívá: vzhledem k převažující buněčné imunitě nemá vyšetřování protilátek praktický smysl

Jak pátrat po mykobakteriích III



PCR kit pro diagnostiku TBC



Pokus na zvířeti

- Zcela výjimečně vždy současně s kultivací

Tuberkulózní játra
pokusného
morčete



Nepřímý průkaz TBC

- Nejdůležitějším typem imunity u TBC je buněčná imunita. Tvorba protilátek se vyskytuje, ale měřitelná množství jsou přítomna jen u části případů. Pozitivní nález protilátek lze považovat za známku infekce, zato však negativní nález má minimální informační hodnotu.
- Buněčnou imunitu lze testovat
 - kožním (tuberkulinovým) testem, zvláště po vakcinaci
 - quantiferonovým testem (reakce pacientových buněk na antigenní výzvu)

Kožní testy (Mantoux)

- Používá se pro **ověření účinnosti očkování**, ale také k průkazu případné latentní infekce
- Na testy je potřeba **celý pacient**, nejde tedy o laboratorní test. Test provádějí dermatovenerologická či jiná specializovaná pracoviště
- **Pozitivní** jsou tyto testy v případě, že je aktivována buněčná imunita; jde vlastně o jistý typ opožděné alergie

- Aktivní vyhledávání a účinná léčba
- Vakcinace = kalmetizace
- BCG vakcína (bacille Calmete-Guérine) z *M. bovis*



Provokovaná tvorba interferonu

- Moderní možnosti k ověření buněčné imunity je **test produkce interferonu po aktivaci**
- Bylo prokázáno, že při tuberkulóze, a to i latentní, dochází k tomu, že **tuberkulózní antigeny aktivují T-lymfocyty** a ty tvoří velká množství interferonu gama
- Podobně lze tyto T-lymfocyty aktivovat nespecificky např. takzvaným **mitogenem**, ten se proto používá jako pozitivní kontrola
- Dvě možnosti
 - Quantiferon TB gold
 - T- spot test (technicky náročnější na provedení)

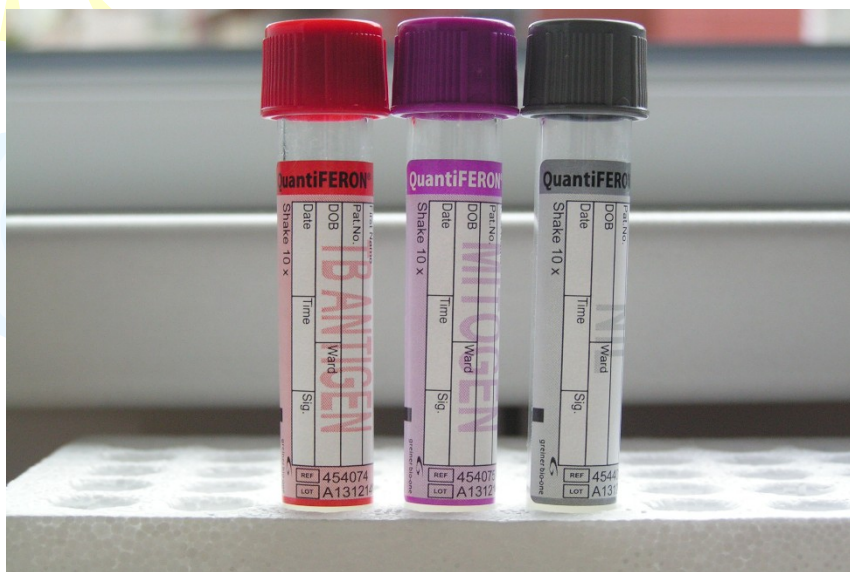
Quantiferon – tři zkumavky

- Odebírá se nesrážlivá (heparinizovaná) krev do tří zkumavek (potřebujeme lymfocyty!)
- první zkumavka obsahuje **mitogen („M“)** – zde by mělo za normálních okolností **vždy** dojít ke stimulaci tvorby interferonu gama
- druhá zkumavka obsahuje **antigeny TBC („A“)** – zde by mělo dojít ke stimulaci tvorby interferonu gama **pouze u infekce TBC**
- třetí zkumavka **neobsahuje nic („N“)** – zde by za normálních okolností **nemělo docházet** ke stimulaci tvorby interferonu gama

Quantiferon – hodnocení

- Za **pozitivní** lze považovat výsledek, kdy T-lymfocyty reagují na stimulaci antigenem mykobakteria, avšak ve zkumavce neobsahující nic nedochází k tvorbě interferonu
- Za **negativní** lze považovat výsledek, kdy T-lymfocyty reagují na stimulaci mitogenem, ale nereagují na stimulaci antigenem mykobakteria
- **Neurčitý výsledek** se objeví v případě, že T-lymfocyty nejsou aktivovány ani mitogenem, nebo naopak se tvorba interferonu objeví i ve zkumavce, kde nic nebylo

Quantiferon – odběrovky



Testy antituberkulotické citlivosti (nikoli antibiotické!)

- Nelze používat difúzní diskové testy
- Antituberkulotika přidáváme přímo do kultivační půdy
- Antituberkulotika jsou zvláštní látky, až na výjimky odlišné od antibiotik
- **Vždy se užívají kombinace tří či čtyř:** rychle totiž vznikají rezistence, navíc některá působí jen intra- a jiná zase extracelulárně

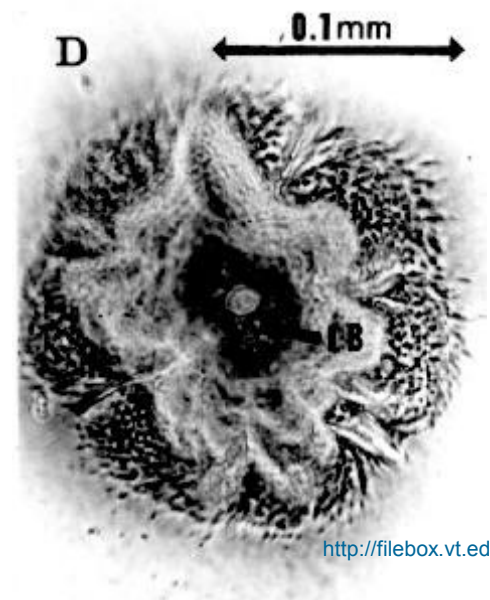
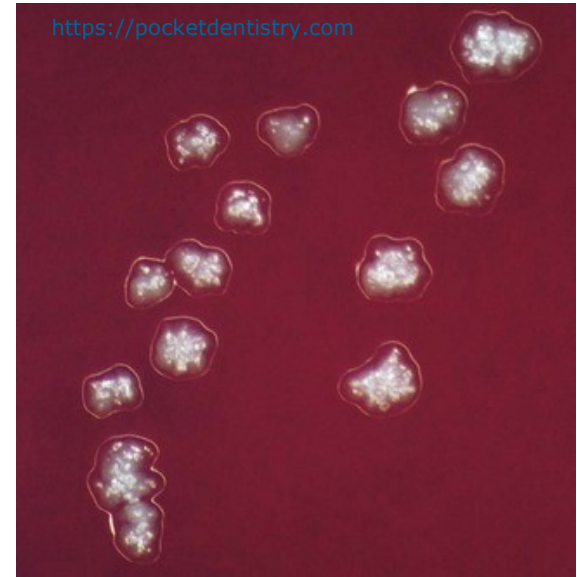


Přehled běžně užívaných antituberkulotik

Antituberkulotikum	Zkratka
Isoniazid	H, INH
Ethambutol	E
Rifampicin	R
Pyrazinamid	Z
Streptomycin	S, STM

Diagnostika nokardií a aktinomycet

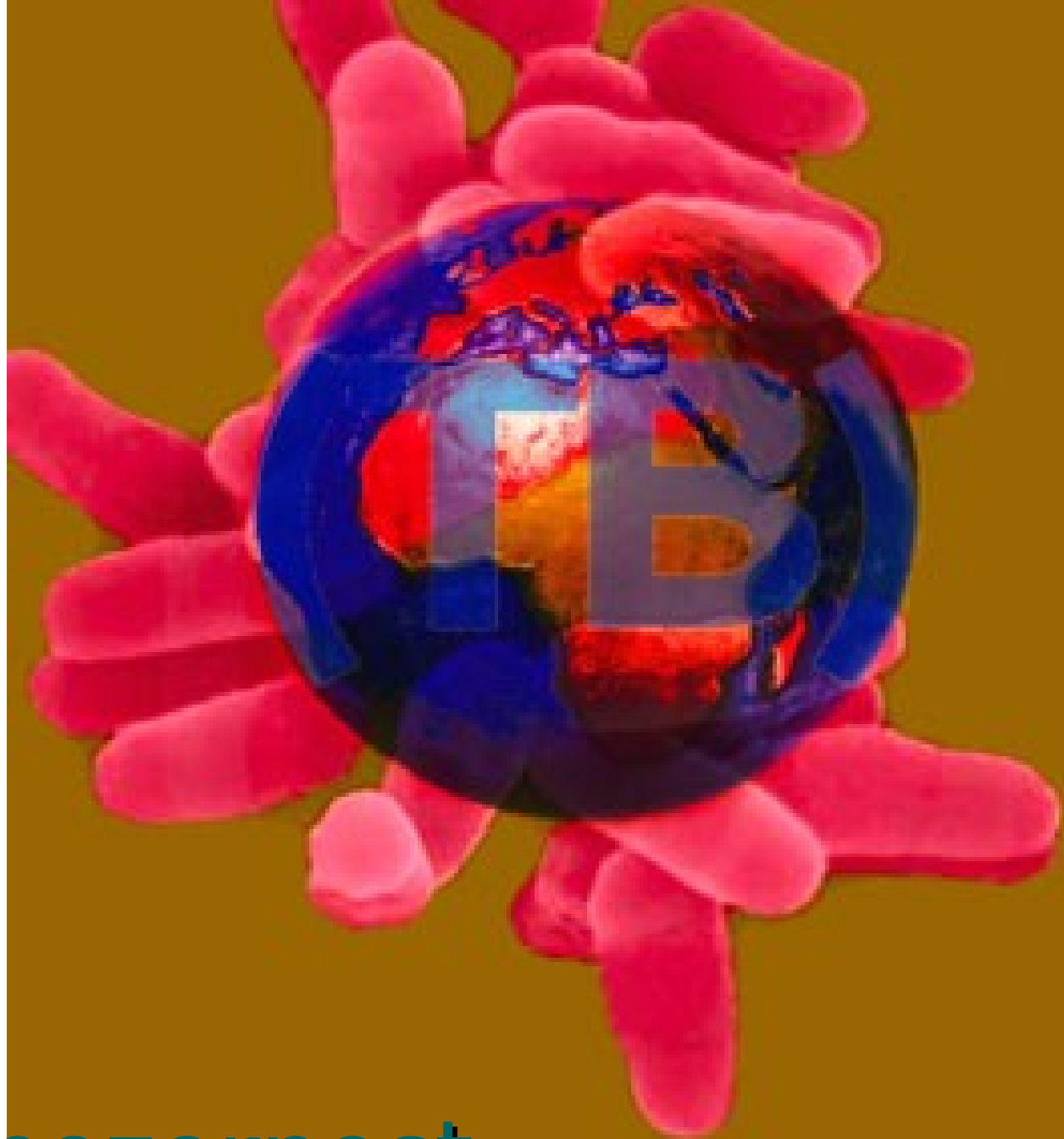
- Jsou **jen částečně acidorezistentní**. Barví se i podle Grama, ale poměrně špatně. Jsou to grampozitivní až gramlabilní vlákna
- Nokardie jsou aerobní, aktinomycety anaerobní



Testy antibiotické citlivosti

- **Antibiotická citlivost** se na rozdíl od mykobakterií dá u nokardií a aktinomycet stanovit difusním diskovým testem.
- Musíme ale počítat s tím, že rostou pomalu a špatně – to se týká nejen testů citlivosti, ale i kultivace jako takové

Logo jednoho kongresu o TBC



Děkuji za pozornost