

Lékařská mikrobiologie pro ZDRL

Týden 18:

Přehled anaerobů a mykobakterií

Upraveno podle Ondřeje Zahradníčka

Co nás dnes čeká

- Nesporulující anaerobní bakterie
- Klostridia (grampozitivní sporulující anaerobní tyčinky)
- Mykobakteria (původce tuberkulózy, původce lepry, atypická mykobakteria); zmínka o aktinomycetách a nokardiích

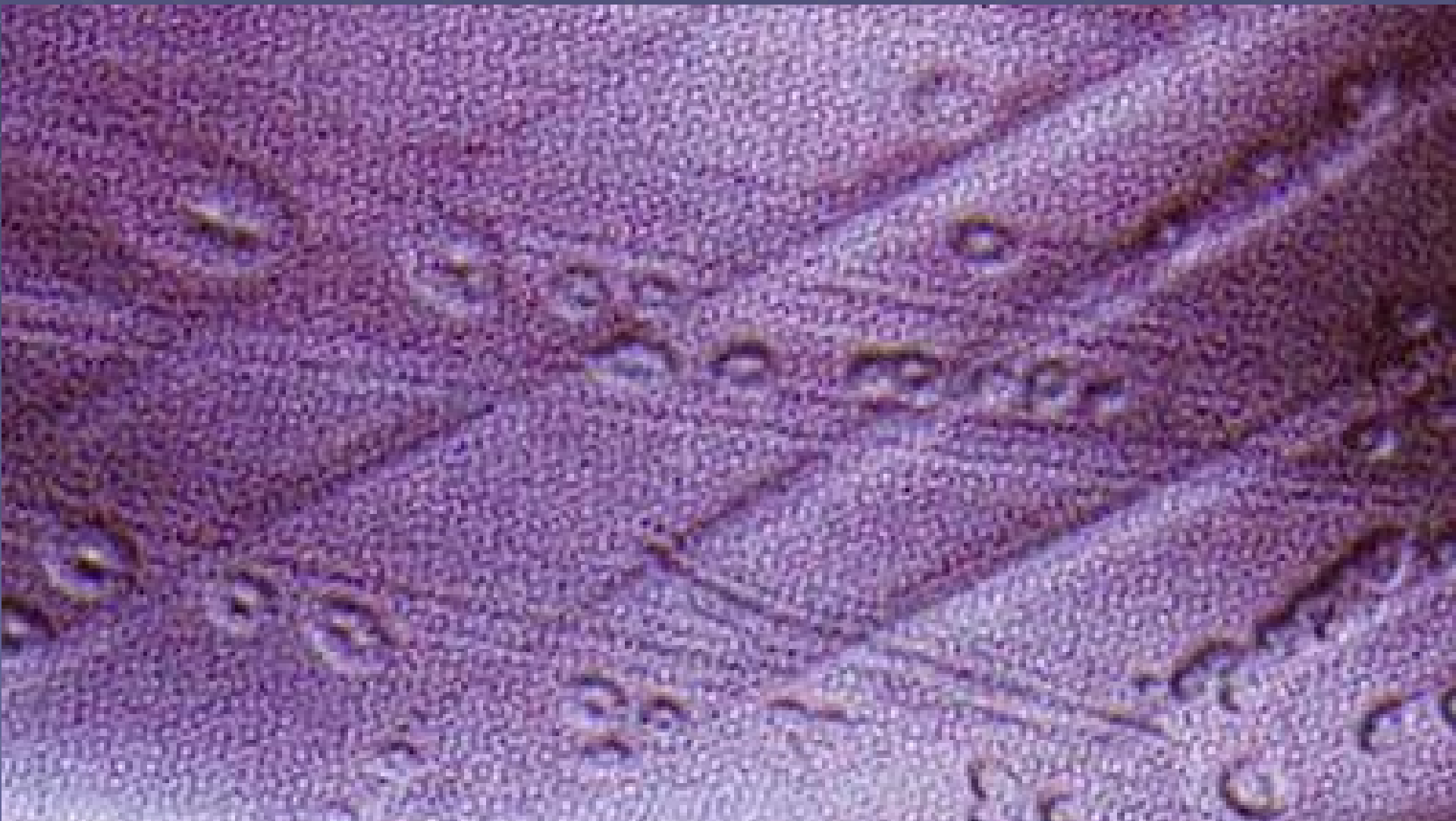
Ještě než začneme...

- ...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.**
- Doktor prostě pošle vzorek „na kultivaci“, a ono z něj „něco vyrostě“.
- **S tím už je ale KONEC!** Dál už nás čekají jen mikroby, pro které tohle neplatí.

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

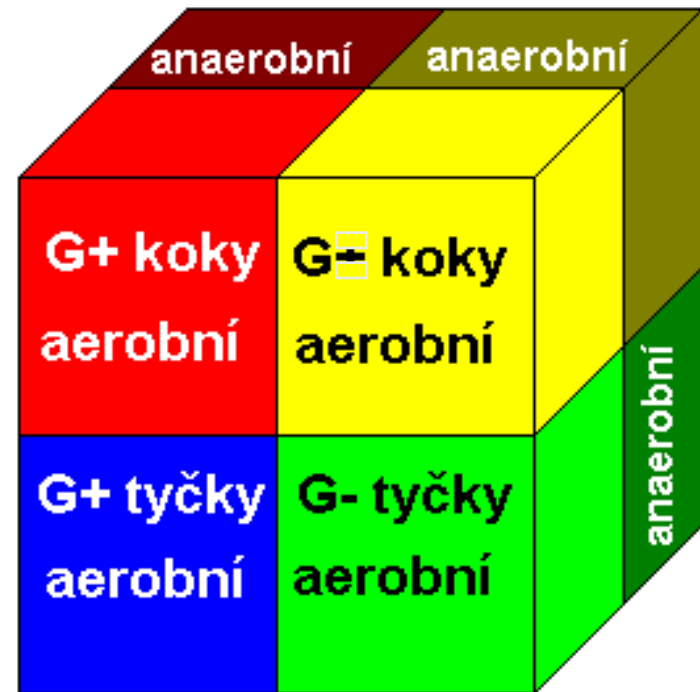
Co jsme znali doted'

- 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 **liši 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)
- Často bakterie **nemusejí aktivně provádět invazi** (např. do břišní dutiny) – dostanou se tam spíše pasivně narušením stěny zánětem, nádorem či úrazem

Kde se tedy typicky vyskytují anaerobní infekce?

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

Toto se týká nesporelujících 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), jak již bylo řečeno
- 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, někdy se i kvůli nim provádí profylaxe před chirurgickými zákroky

Diagnostika

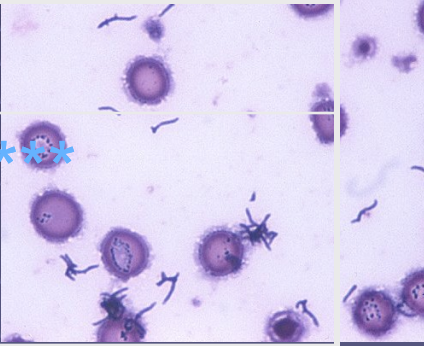
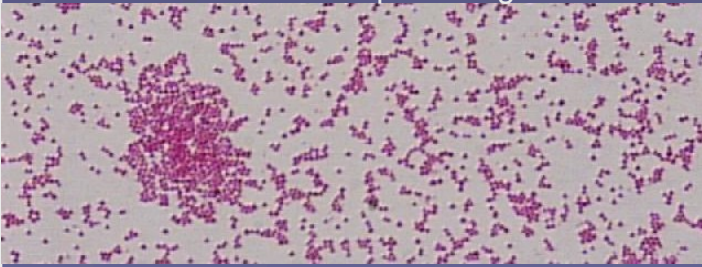
- Bude probrána až po probrání rodu *Clostridium* pro obě skupiny dohromady

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

Přehled nesporelujících anaerobů (u člověka nejběžnější druhy)

<http://www.geocities.com>

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

*se zašpičatělými 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 ve střevě	Převážně v ústní dutině
Rezistentní na penicilin	Bývají citlivé na penicilin
Biochemicky aktivnější	Biochemicky méně aktivní
Netvoří pigment	Často tvoří pigment
Původně všechny patřily do rodu <i>Bacteroides</i>	



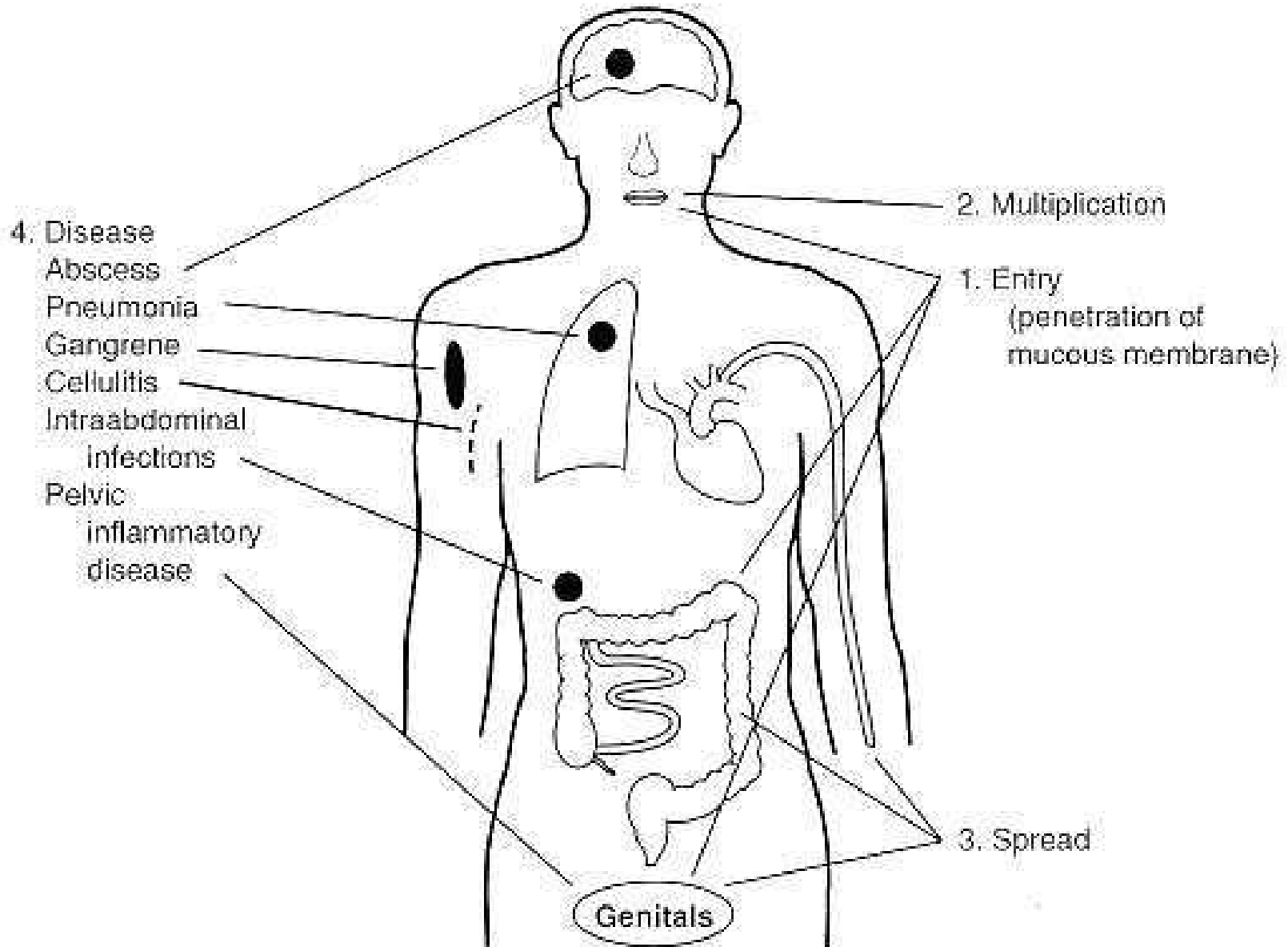
Příběh

- 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...

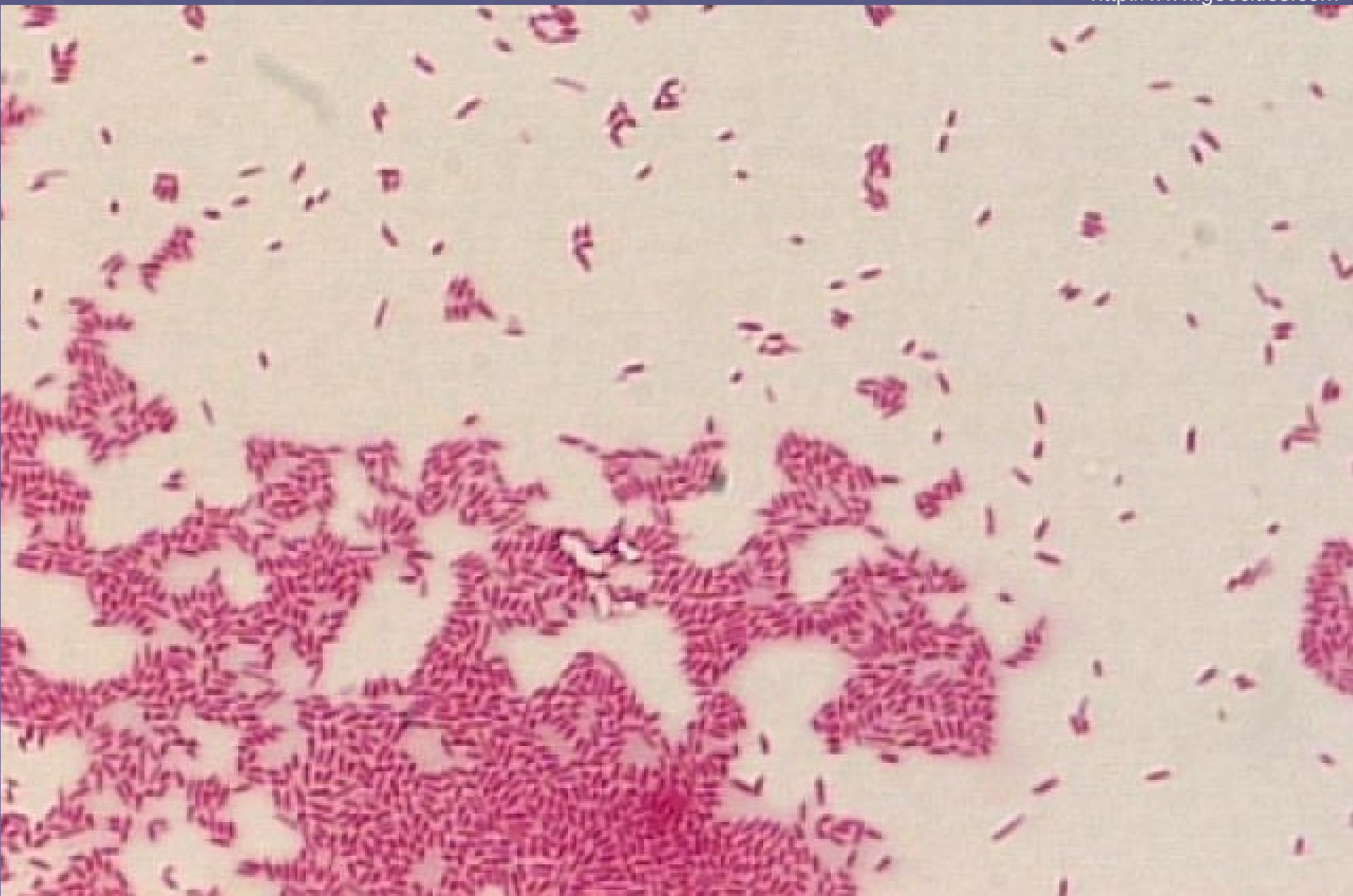
- ...směs **striktně anaerobních, ale i fakultativně anaerobních bakterií**
- Tato směs se zřejmě **vyskytovala v pochvě paní Rakové**, aniž by jí činila sebemenší problémy
- Nádor však **porušil anatomickou bariéru**, a mikroby se dostaly do míst, kde způsobily absces.

Anaeroby v těle



Bacteroides fragilis

<http://www.geocities.com>



Bacteroides sp.

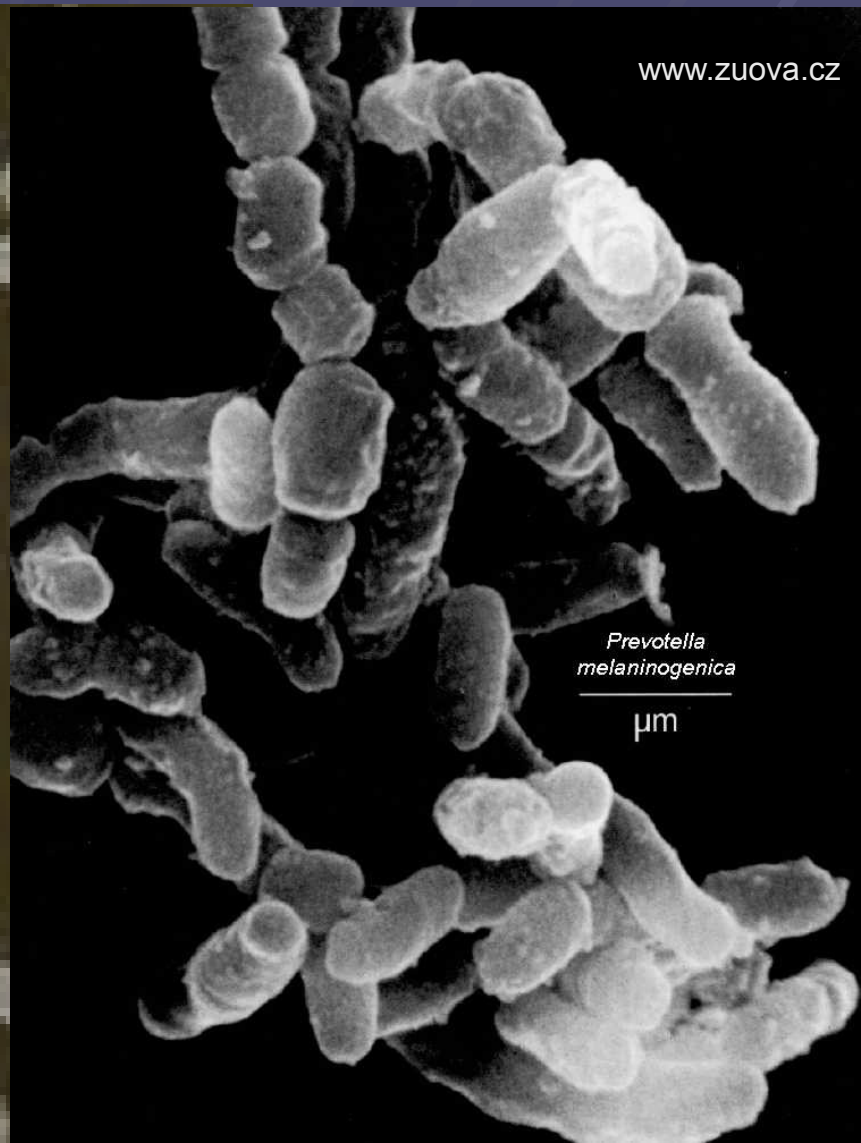
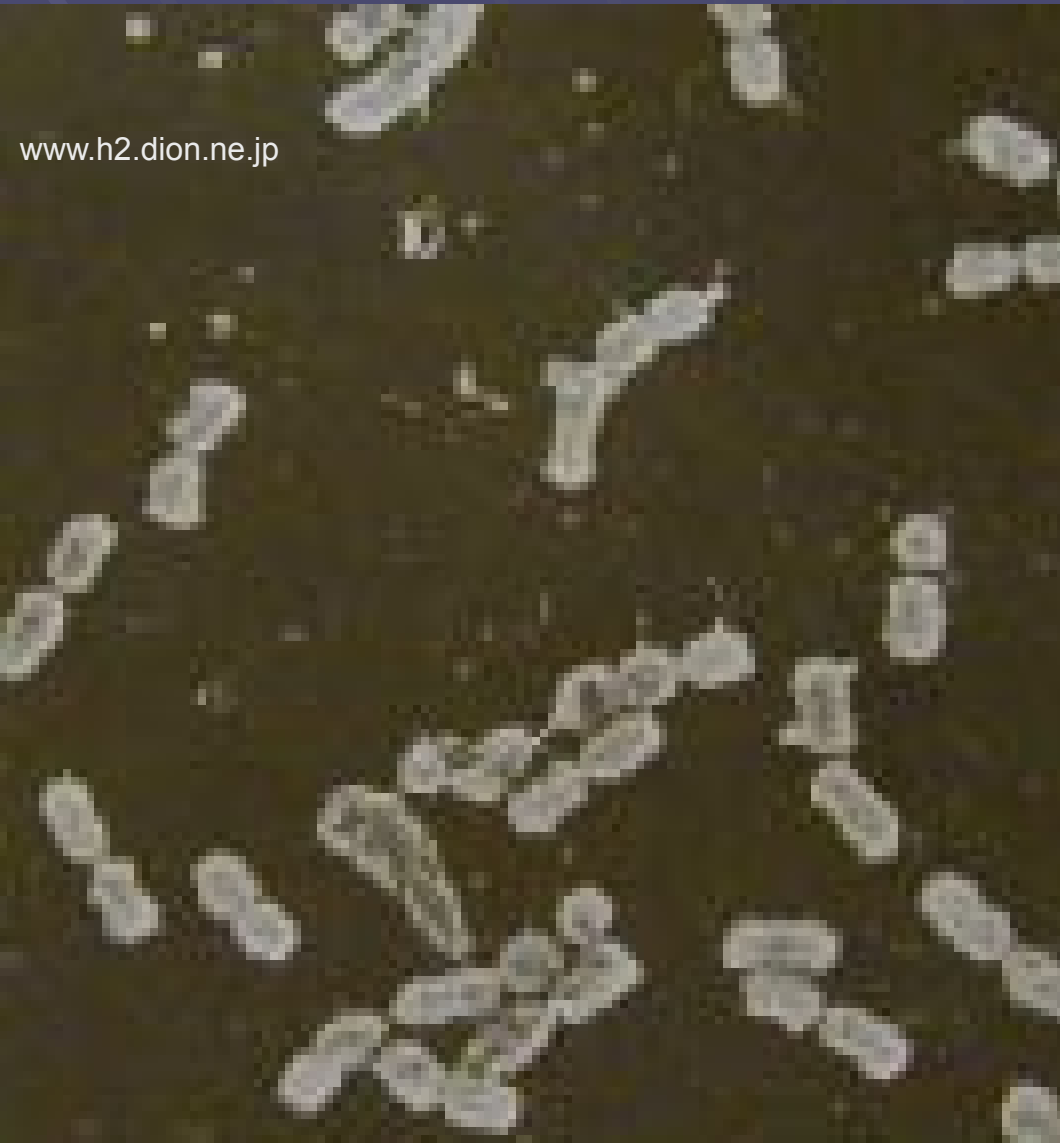
www.medmicro.info, foto O. Z.

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



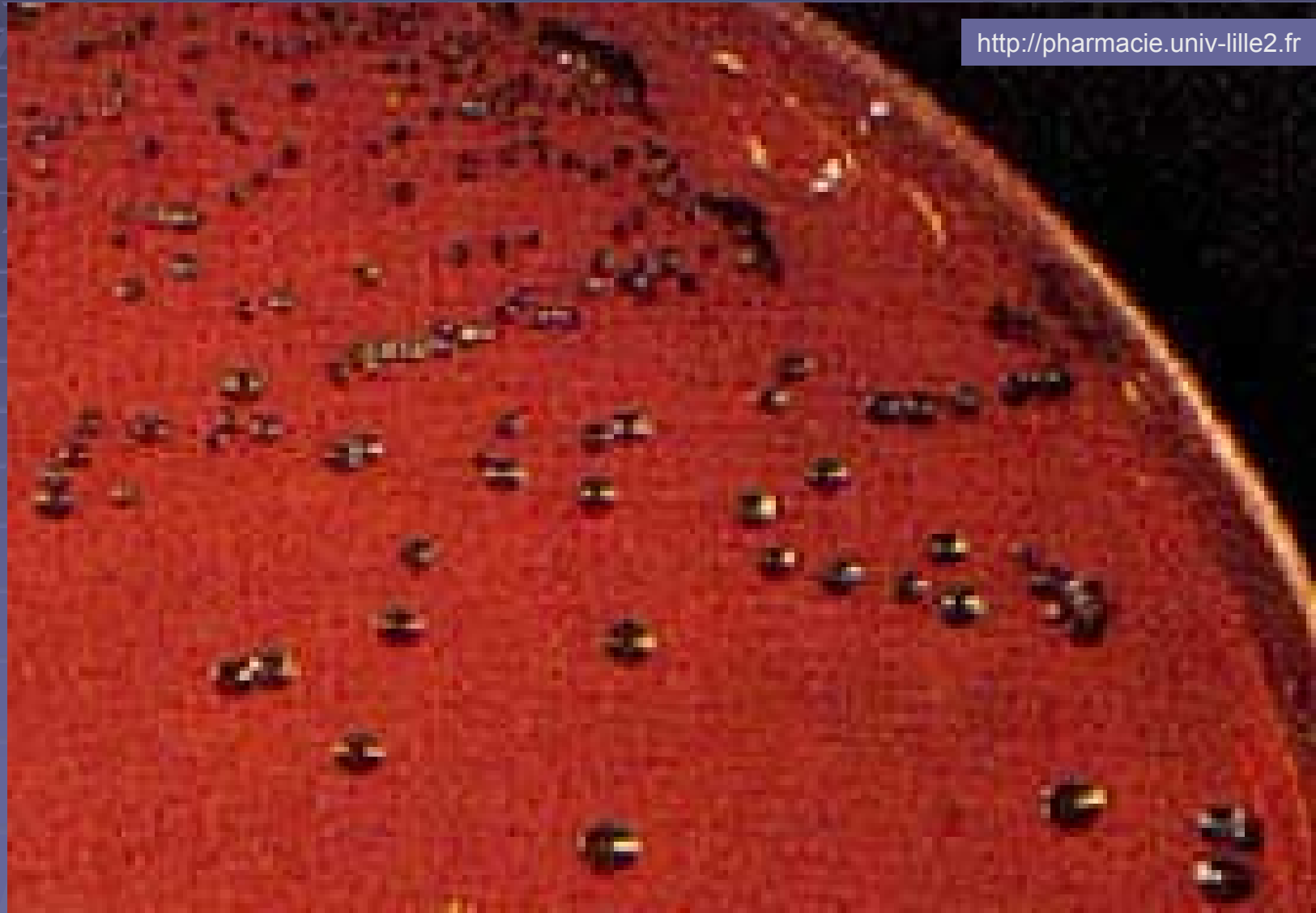
Porphyromonas gingivalis

Prevotella melaninogenica



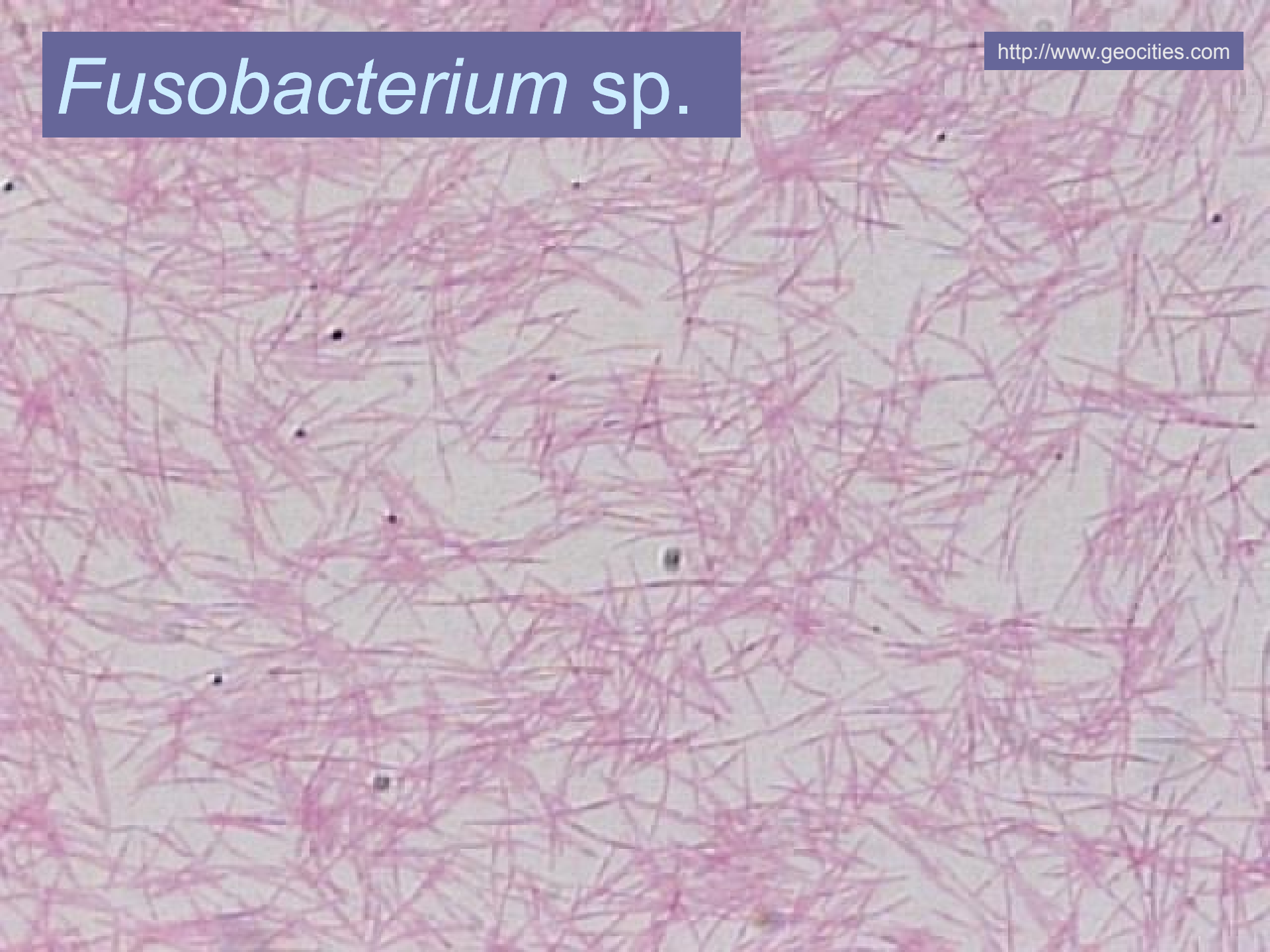
Prevotella melaninogenica (černý pigment)

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



Fusobacterium sp.

<http://www.geocities.com>



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 *Leptotrichia buccalis*. 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*

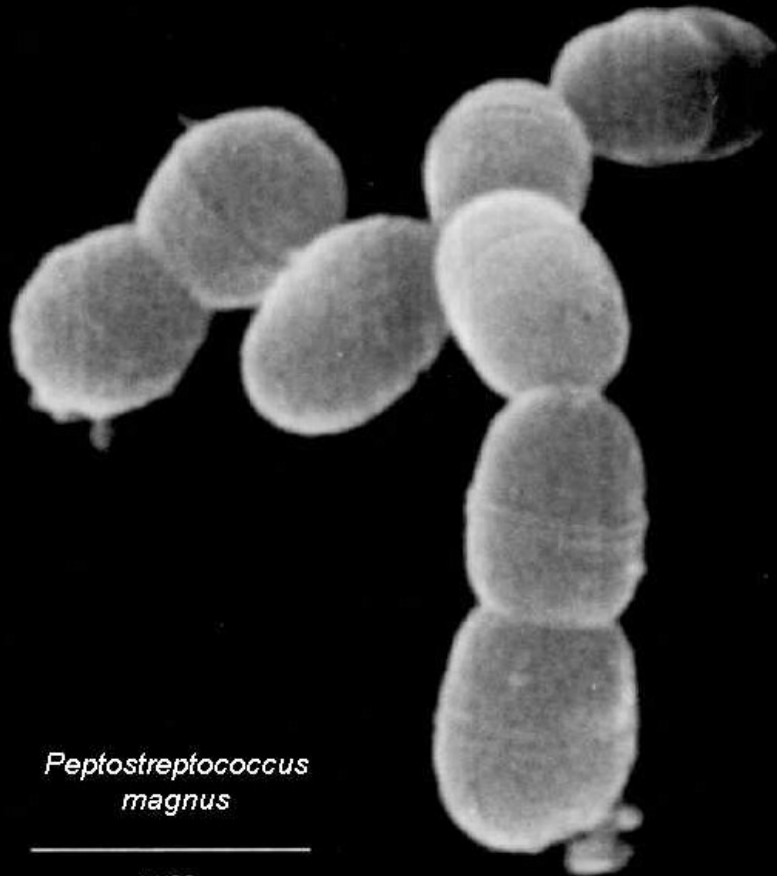
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

Peptostreptococcus sp.



Peptostreptococcus magnus

www.zuova.cz



*Peptostreptococcus
magnus*

µm

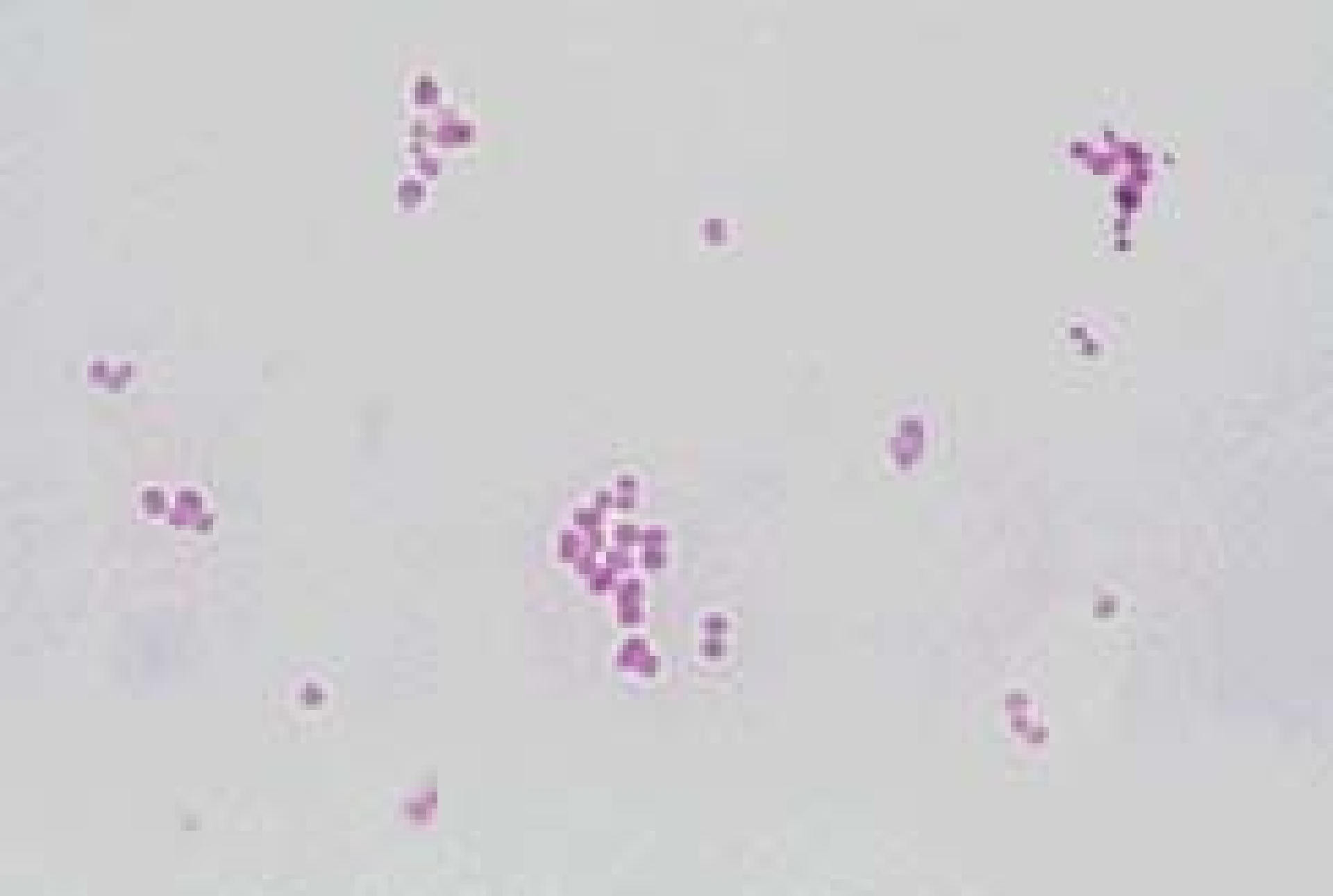


www.szu.cz

Peptostreptococcus anaerobius

Veillonella sp.

<http://www.primer.ru>



2. Klostridien



Základní charakteristika

- Klostridia jsou **G+ sporující tyčinky**. Jsou také striktně anaerobní, některá dokonce ve vegetativní formě snášejí ještě méně kyslíku než nesporeující anaeroby. Tvoří ale spory, a ve stadiu spory mohou přežívat nejen kyslík, ale i „mnohem horší věci“
- Mohou takto přežít dlouhodobé vyschnutí, vysoké teploty či desinfekci. Jsou ale o něco méně odolné než spory bacilů.
- Endospory mohou mít 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)

Více v dalším povídání u jednotlivých 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 zkonsumuje botulotoxin

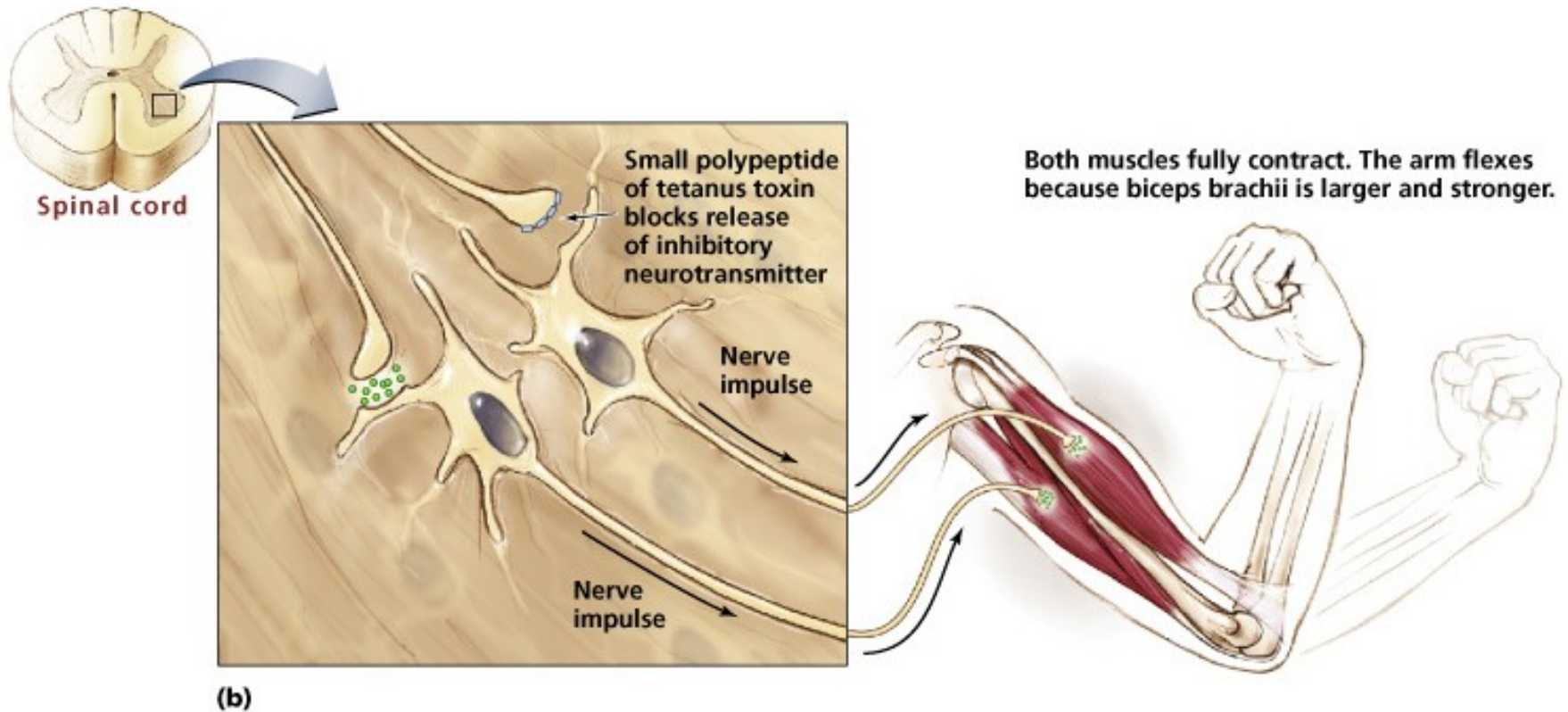
Prevence, profylaxe a léčba

- **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

- 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)**.
- Další neurotoxické klostridium je *Clostridium botulinum*, původce **botulismu**. Zde původce vůbec nevstupuje do těla. Jen jeho toxin vstupuje do těla (zpravidla z nedostatečně upraveného konzervovaného masa) a opět účinkuje jako neurotoxin, zde však vyvolává **obrny (parézy)**. Botulotoxin se používá lokálně v kosmetice (botox)

Tetanus



Tetanus

www2.bc.cc.ca.us



Tetanický muž



Ještě jednou tetanus

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



Trismus (křeč čelistních svalů)

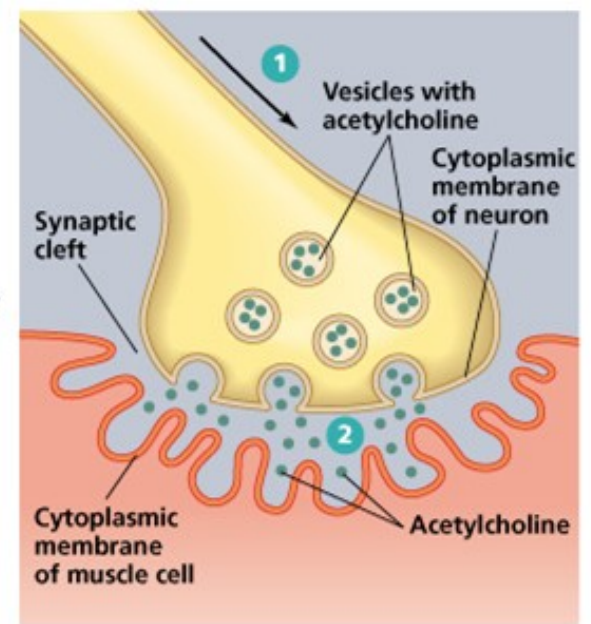
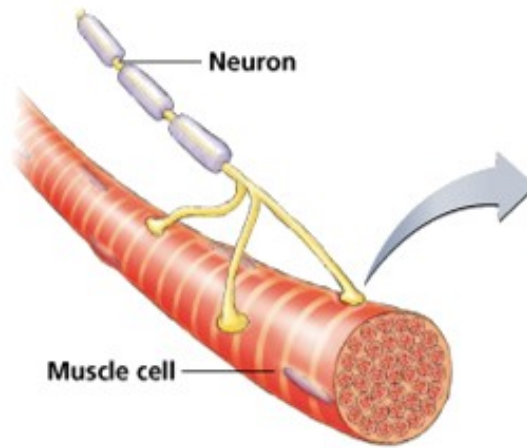
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



Příběh první

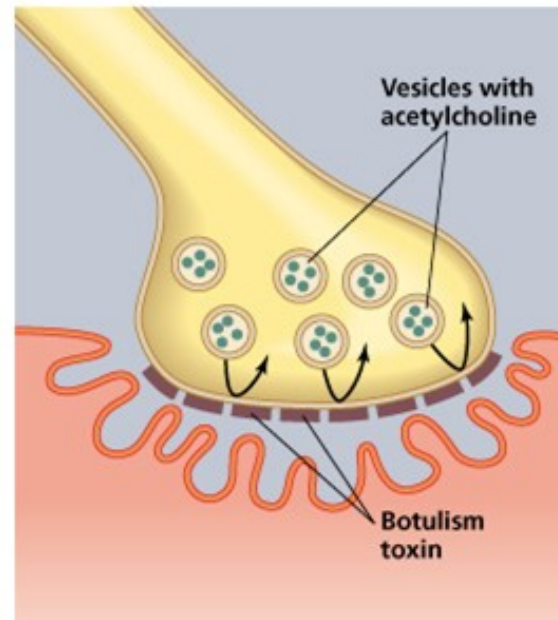
- Paní Kapustová byla celé dny k vidění v zahradě. Byl to její velký koníček. Jednou se **zranila** na ruce, kvůli **špičatému zbytku nějaké rostliny, ukrytému v půdě**. Šla ke svému obvodnímu lékaři.
- Obvodní lékař lokálně ošetřil ránu, a pak jí doporučil **přeočkování** proti tetanu
- Kromě špičatých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

Botulismus



www2.bc.cc.ca.us

(a) Normal neuromuscular junction



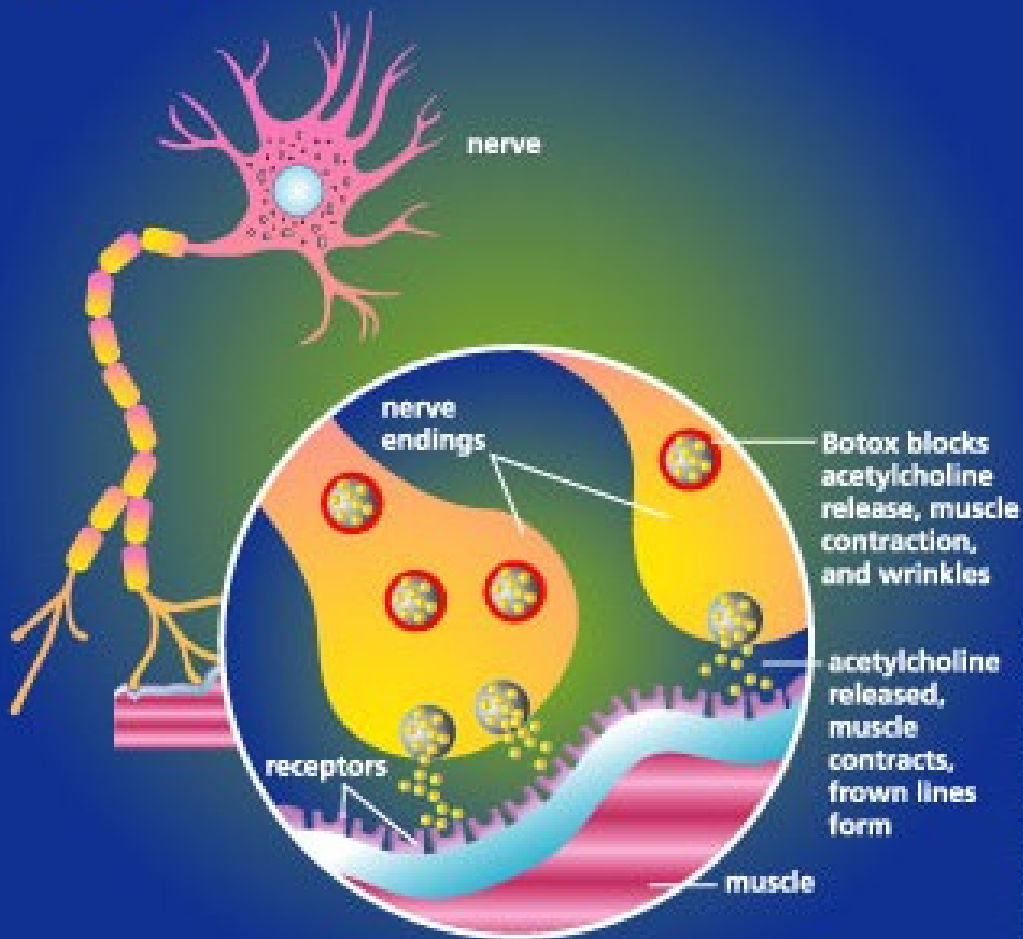
(b) Neuromuscular junction with botulism toxin present

Typický vzhled jazyka při botulismu



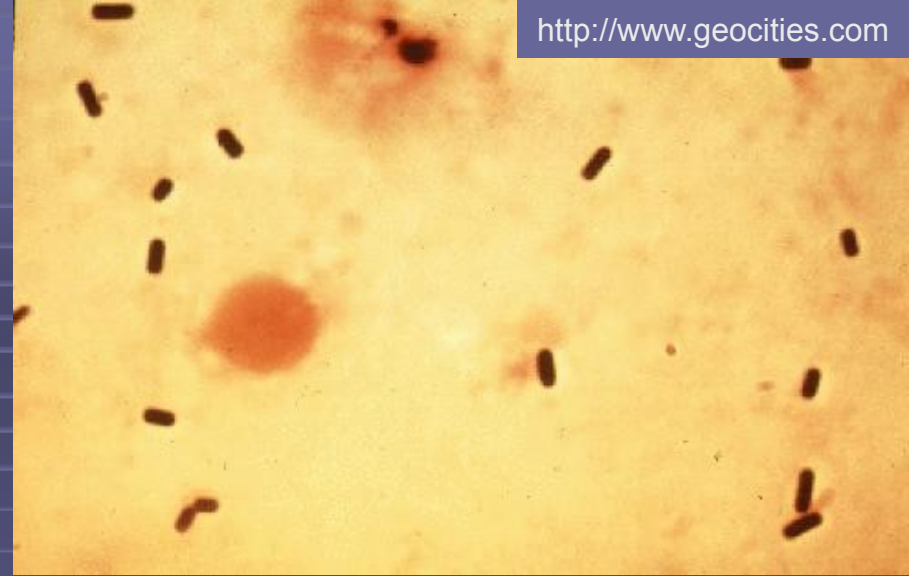
Botox: použití jedu *Clostridium botulinum* pro mladistvý vzhled

How Botox Works



Infographic by Renée Gordon

Klostridia plynatých snětí



- ***Clostridium perfringens* je spolu s *C. novyi*, *C. septicum* nejčastějším původcem**
- Plynatá sněť je typické **válečné onemocnění**.
Může se však vyskytnout i v dobách míru,
například při živelných pohromách
- **Klostridia plynatých snětí** – respektive jejich enterotoxiny – se také uplatňují jako patogeny ve střevě

Příběh druhý

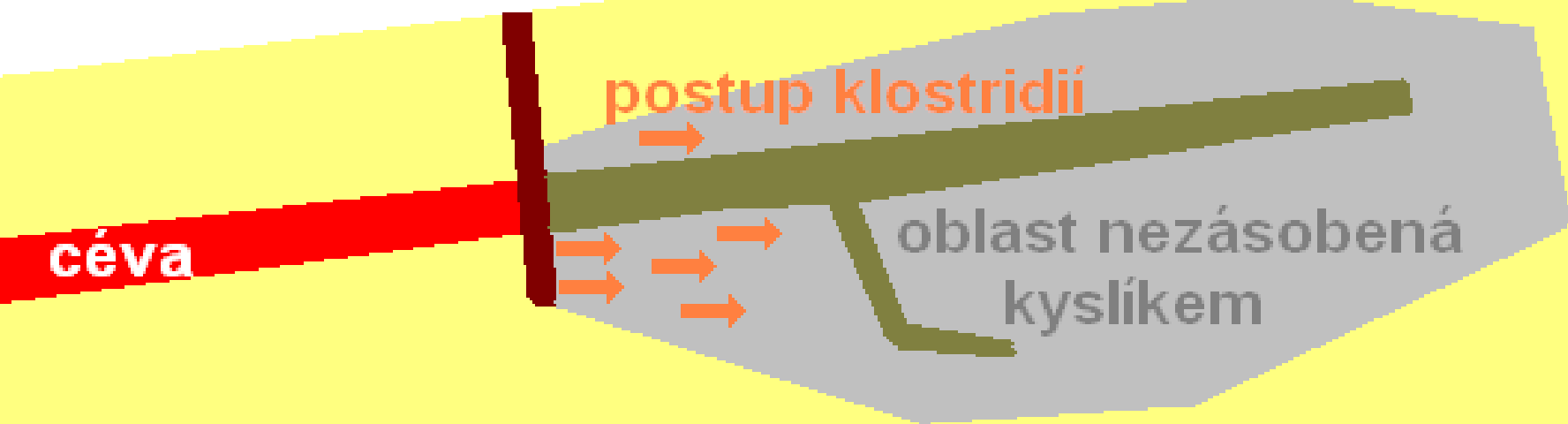
- **Mustafa, kosovský Albánec**, se rozhodl, že navštíví svého bratrance v sousední vesnici. Pole, přes které se vydal, již mělo být odminováno. Přesto se jedna nevybuchlá mina ještě našla. **Střepina, špinavá od bláta**, se Mustafovi zasekla **hluboko do stehna**.
- Za několik dní byl Mustafa přijat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



Vznik plynaté sněti



zranění



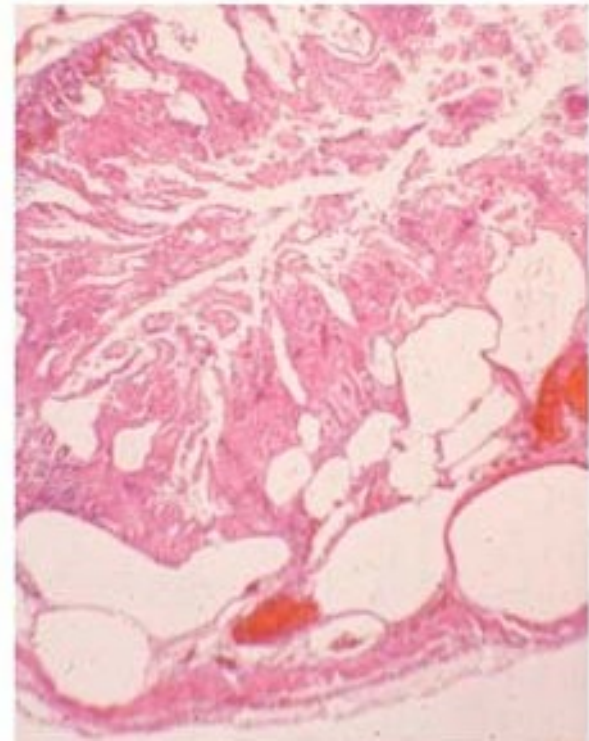
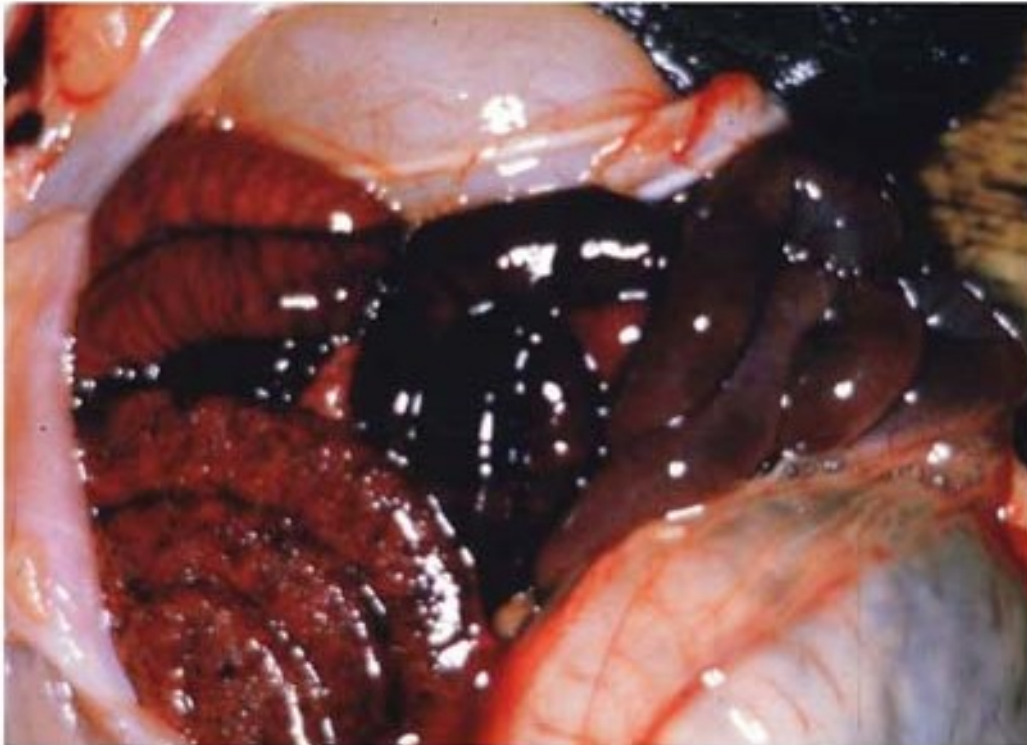
Nekrotizující enterokolitida – i to může způsobovat *C. perfringens*

豚の壊死性腸炎 (Necrotic enteritis)

左: 小腸は出血しており、結腸には菌の産生したガスによる嚢胞が見られる。

右: 空腸の組織像。絨毛は壊死に陥り、固有層にはガスによる空胞が見られる。

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



Clostridium difficile

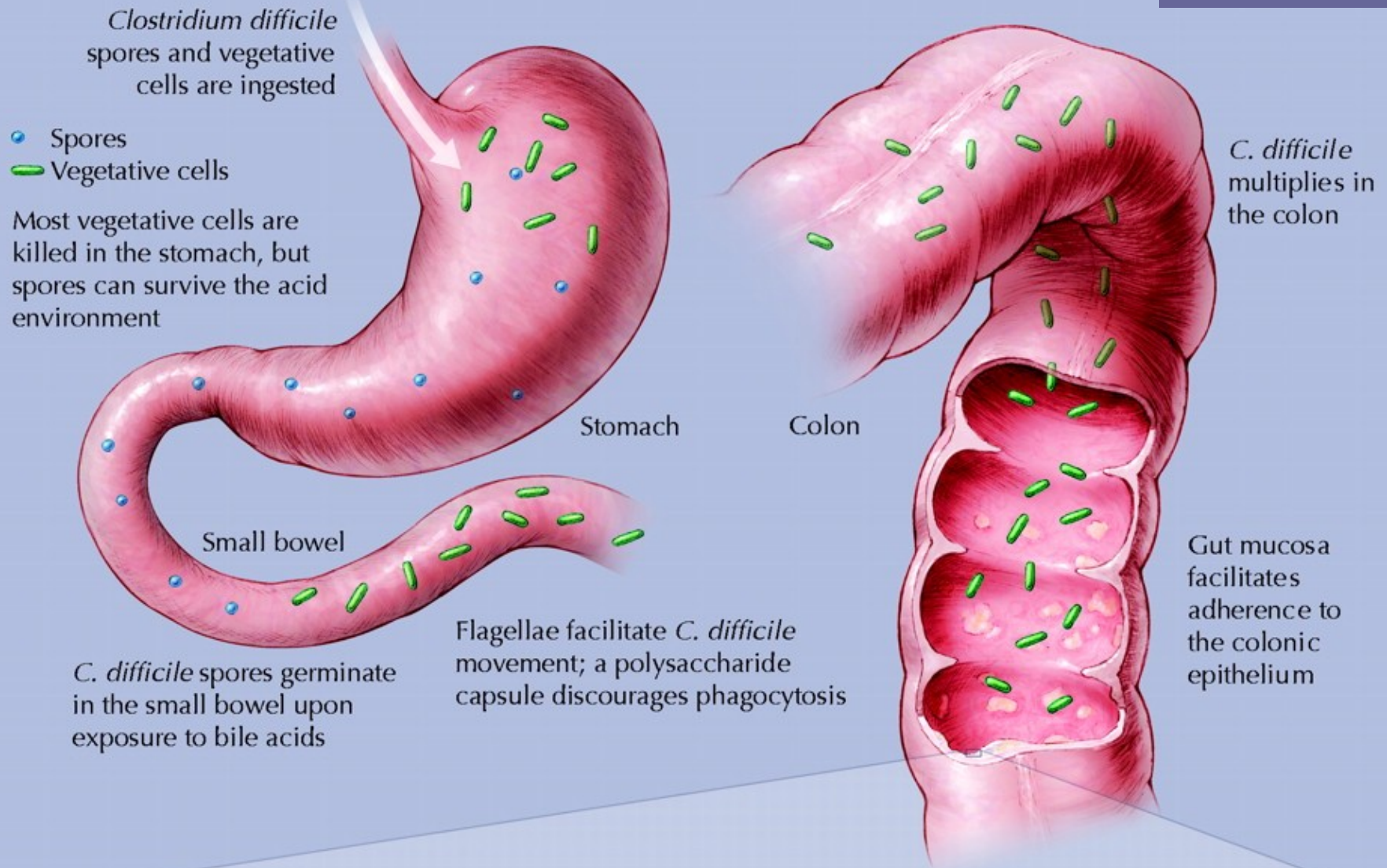
- Tento mikrob se vyskytuje ve střevě celkem běžně, problém však je, když začne produkovat toxin, a především, když mu někdo odstraní konkurenci a on se přemnoží.
- Odstranění konkurence způsobí nejčastěji **léčba některými typy antibiotik**, nejčastěji linkosamidy (ale v poslední době i např. ko-amoxicilinem). Linkosamidy jsou účinné proti většině striktně anaerobních bakterií, nikoli však proti *C. difficile*.
- Dnes se k léčbě používá nejčastěji bakteriální chemoterapeutikum **metronidazol**, dříve se používal poněkud zvláštní způsob – viz příběh

Příběh třetí

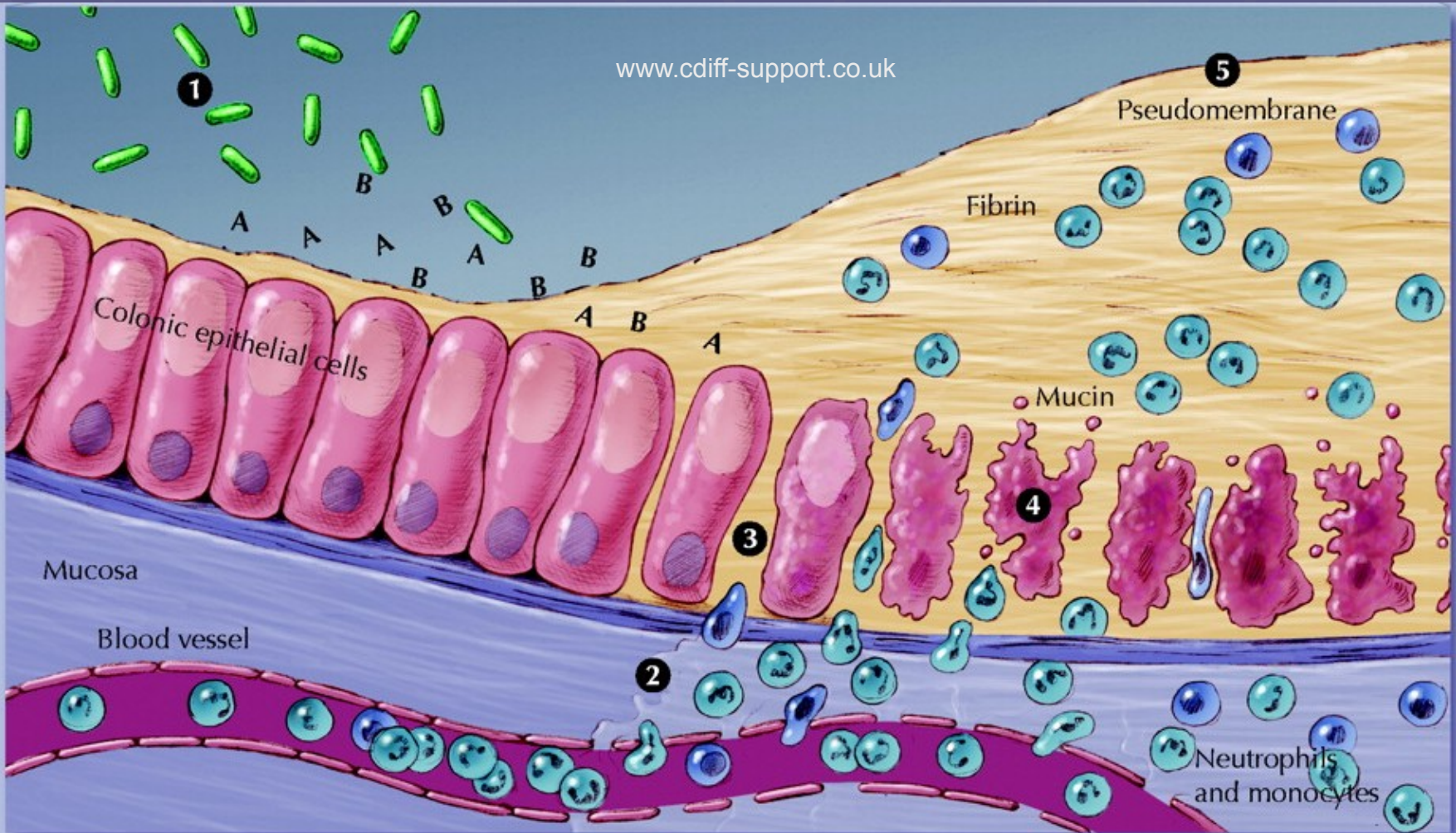
- Pan Kostečka ležel už třetí týden v nemocnici pro **bakteriální zánět kostní dřeně**. Zánět mu léčili **klindamycinem, linkosamidovým antibiotikem**. Náhle pan Kostečka dostal těžký průjem. Na oddělení zrovna neměli **metronidazol**, a tak sáhli po staré metodě: dali panu Kostečkovi **vypít ampulku 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



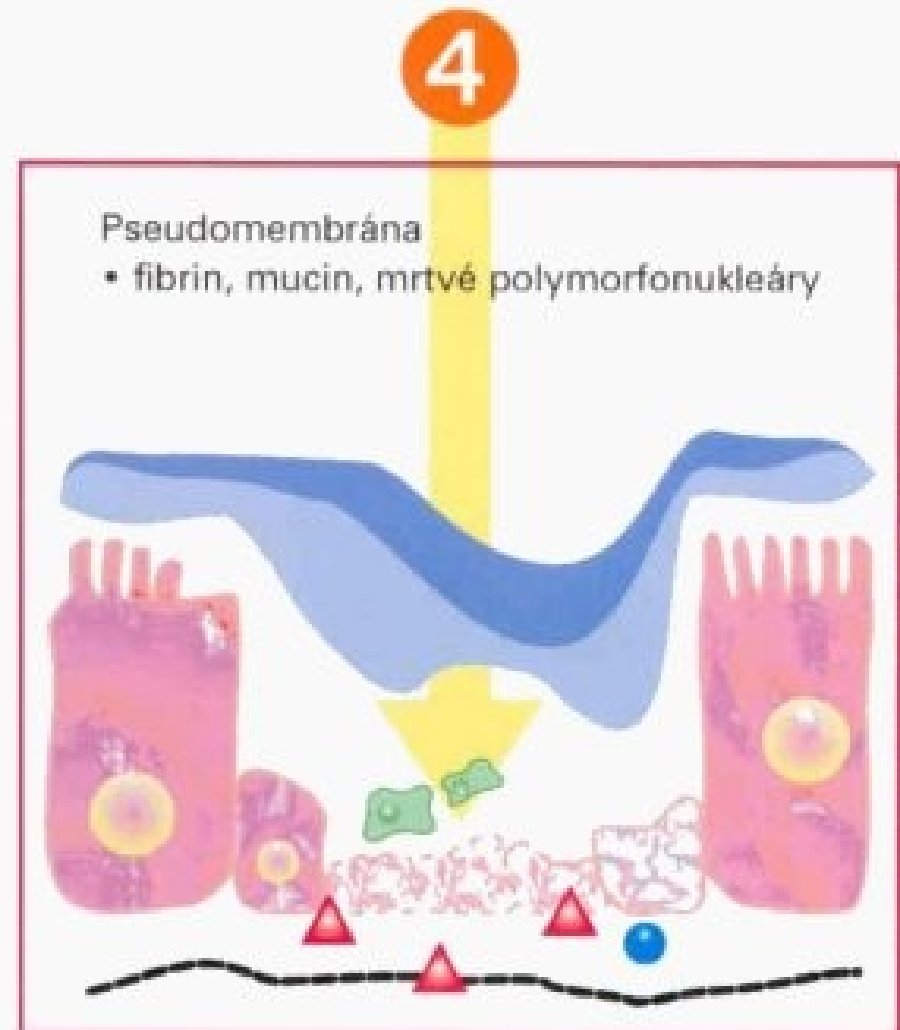
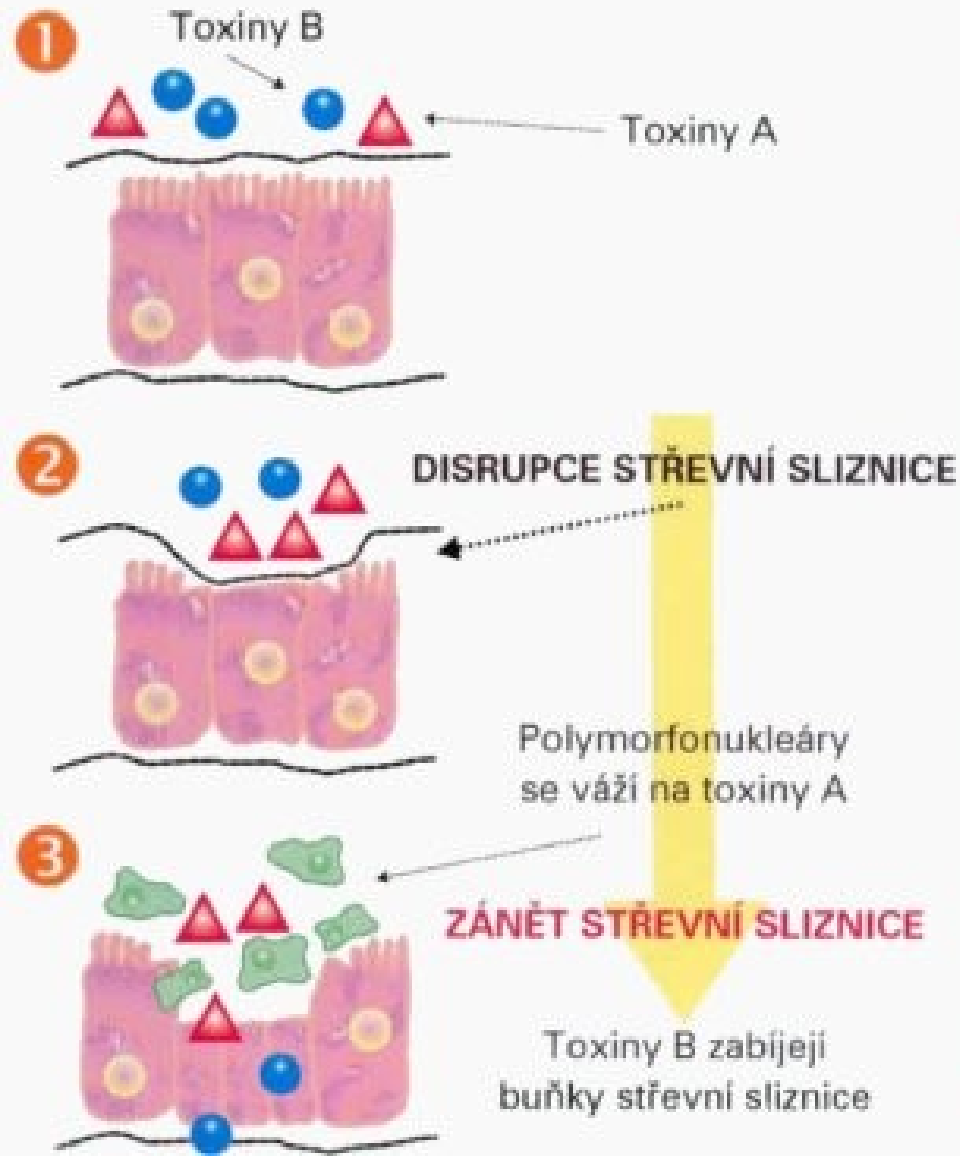
C. difficile vegetative cells produce toxins A and B and hydrolytic enzymes (1). Local production of toxins A and B leads to production of tumour necrosis factor-alpha and proinflammatory interleukins, increased vascular permeability, neutrophil and monocyte recruitment (2),

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

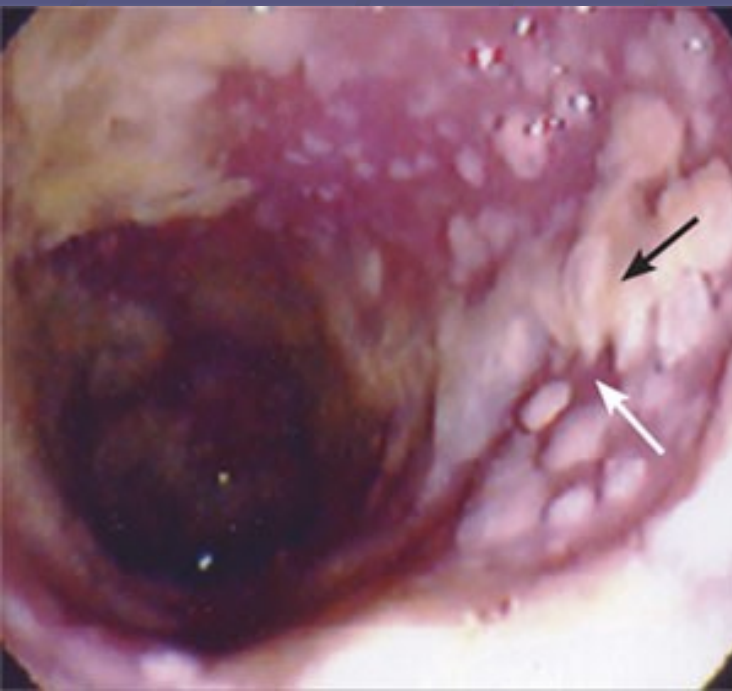


Figure 2. Colon Specimen Obtained during a Colectomy in a Patient with Pseudomembranous Colitis.

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

Je potřeba si uvědomit, že i **klostridia se úplně normálně podílejí na běžné střevní mikroflóře.**

Problém nastává, pokud se přemnoží, dostanou tam, kam nemají, vyskytne se kmen produkující velké množství toxinu apod.

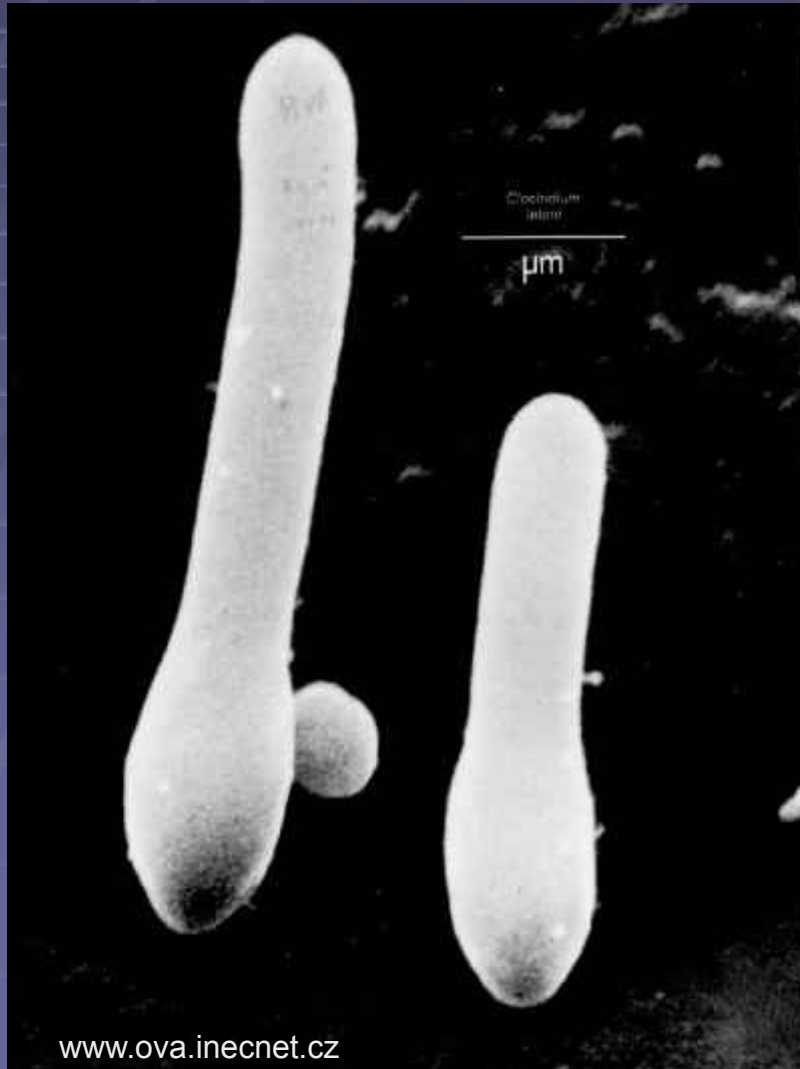
Přehled zločinců: *Clostridium tetani*

<http://www.geocities.com>



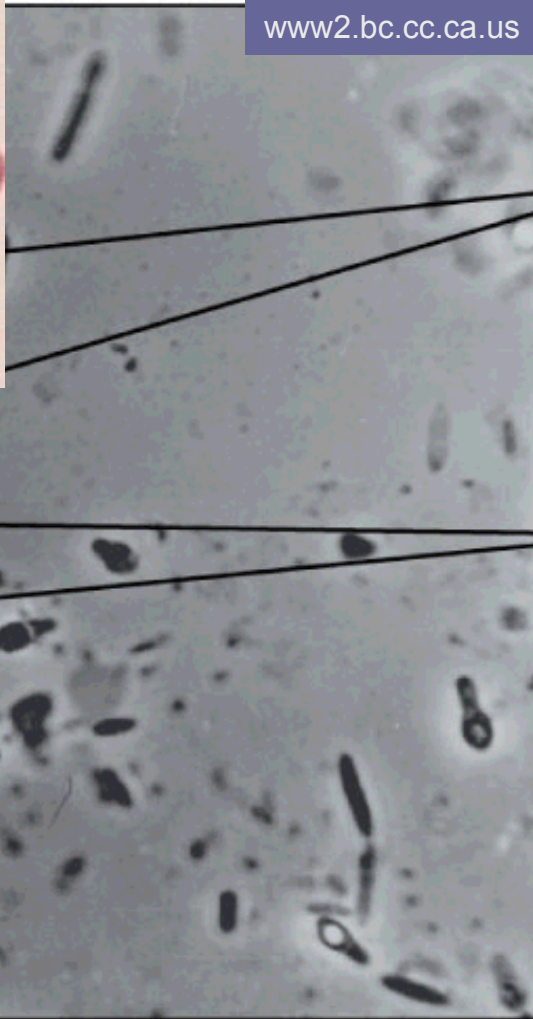
Clostridium tetani

www.zuova.cz



C. botulinum

www2.bc.cc.ca.us



Vegetative cells

Endospore-bearing cells

10 μ m

Clostridium perfringens

<http://www.geocities.com>



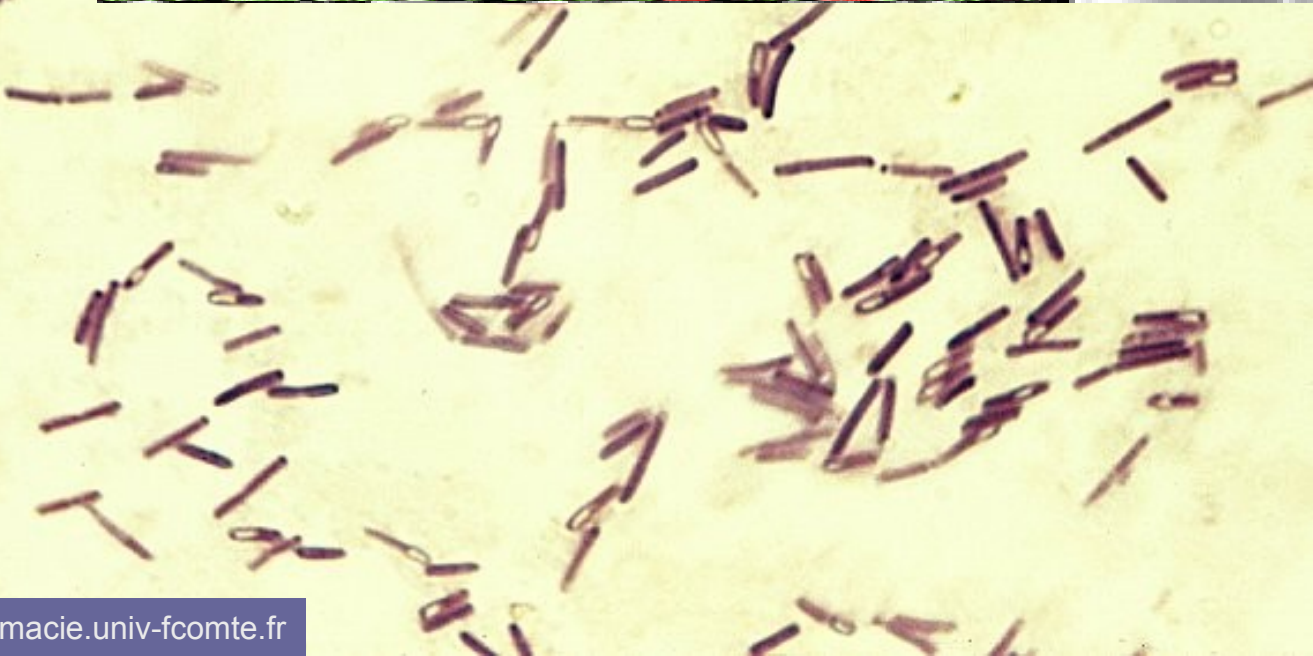
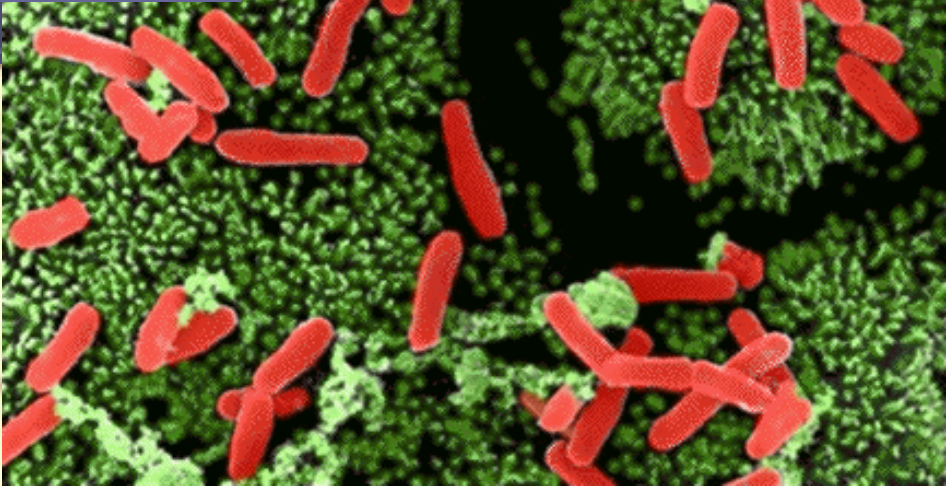
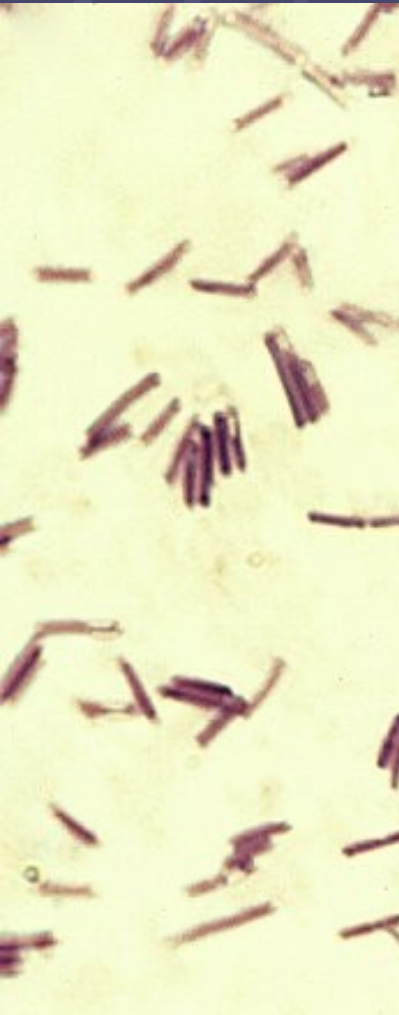


*Clostridium
septicum*

Clostridium difficile

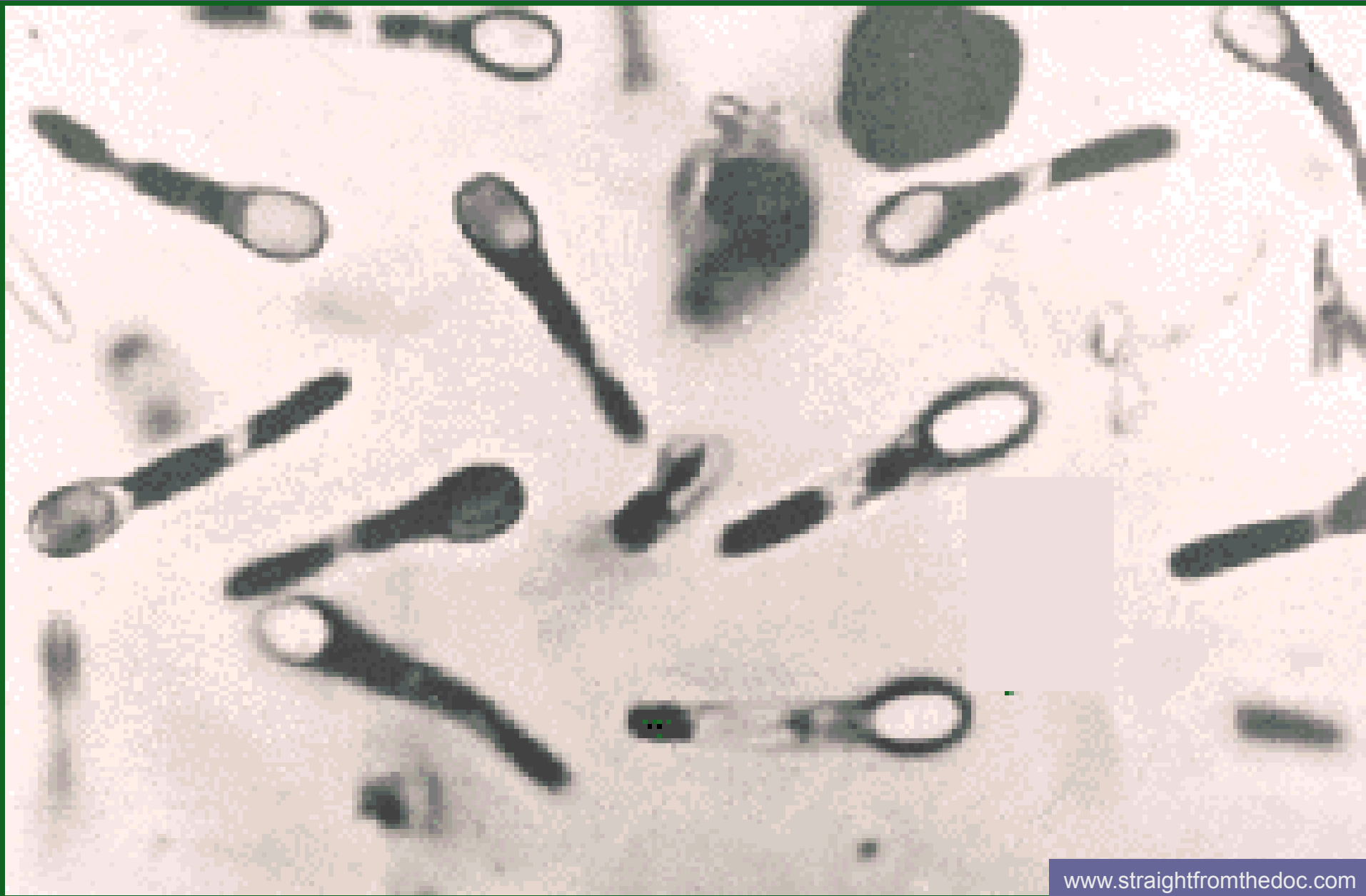
sitemaker.umich.edu

<http://www.health.qld.gov.au>



<http://medecinepharmacie.univ-fcomte.fr>

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** (**viande levure**) 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

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



jiné klostrid.



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



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 (hlavní součásti)

Palladiový kalalyzátor
(pod víčkem) nezbytný
pro druhou fázi reakce

Generátor anaerobiózy
(sáček s chemikáliemi)
nutný pro celou reakci



Anaerostat (podrobnější popis)

vzduchotěsné víčko

palladiový kalalyzátor
(pod víčkem)

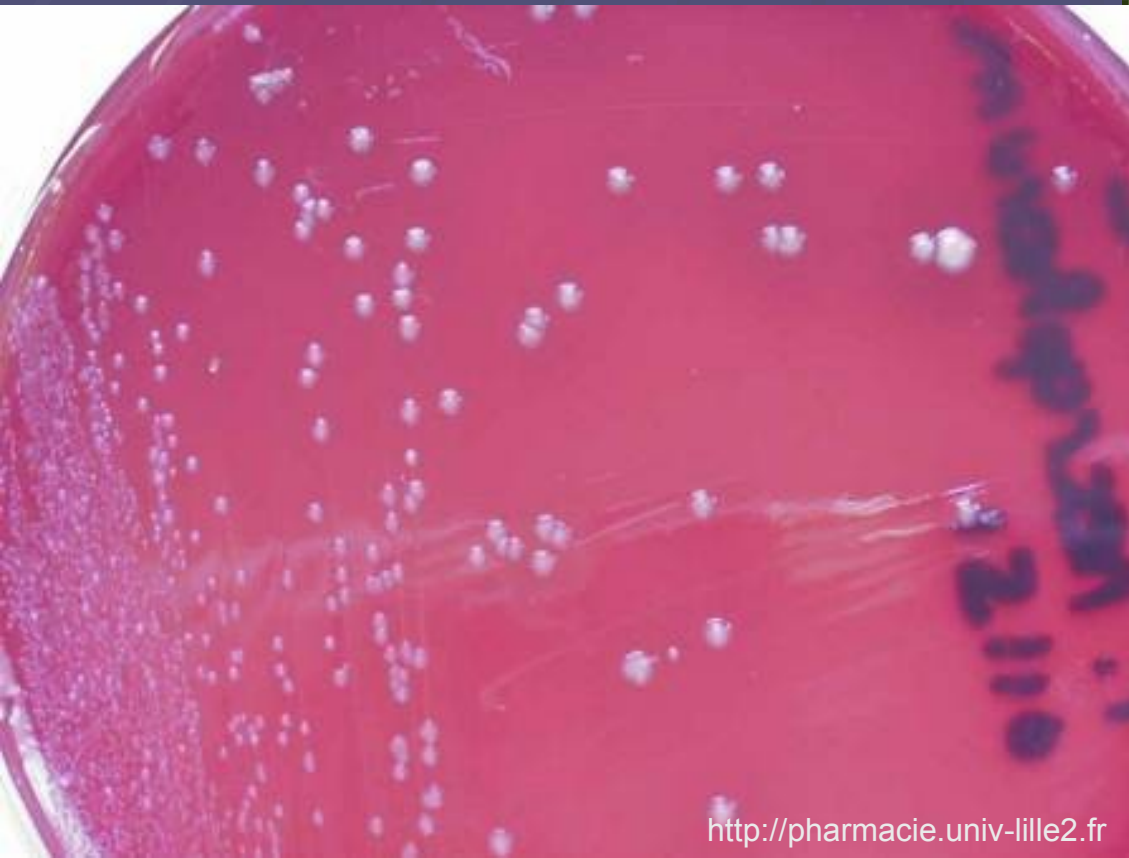
konstrukce pro
ukládání Petriho misek

Generátor anaerobiózy
(sáček s chemikáliemi)



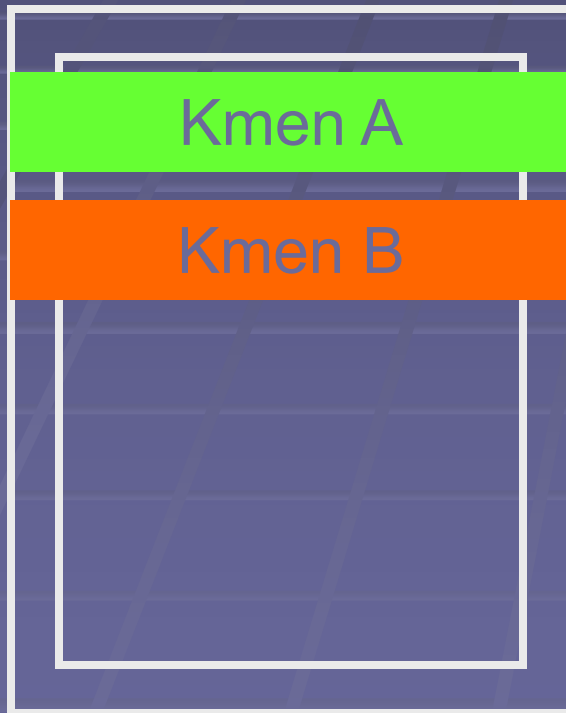
Anaerostat jiné provenience

Fusobacterium sp.



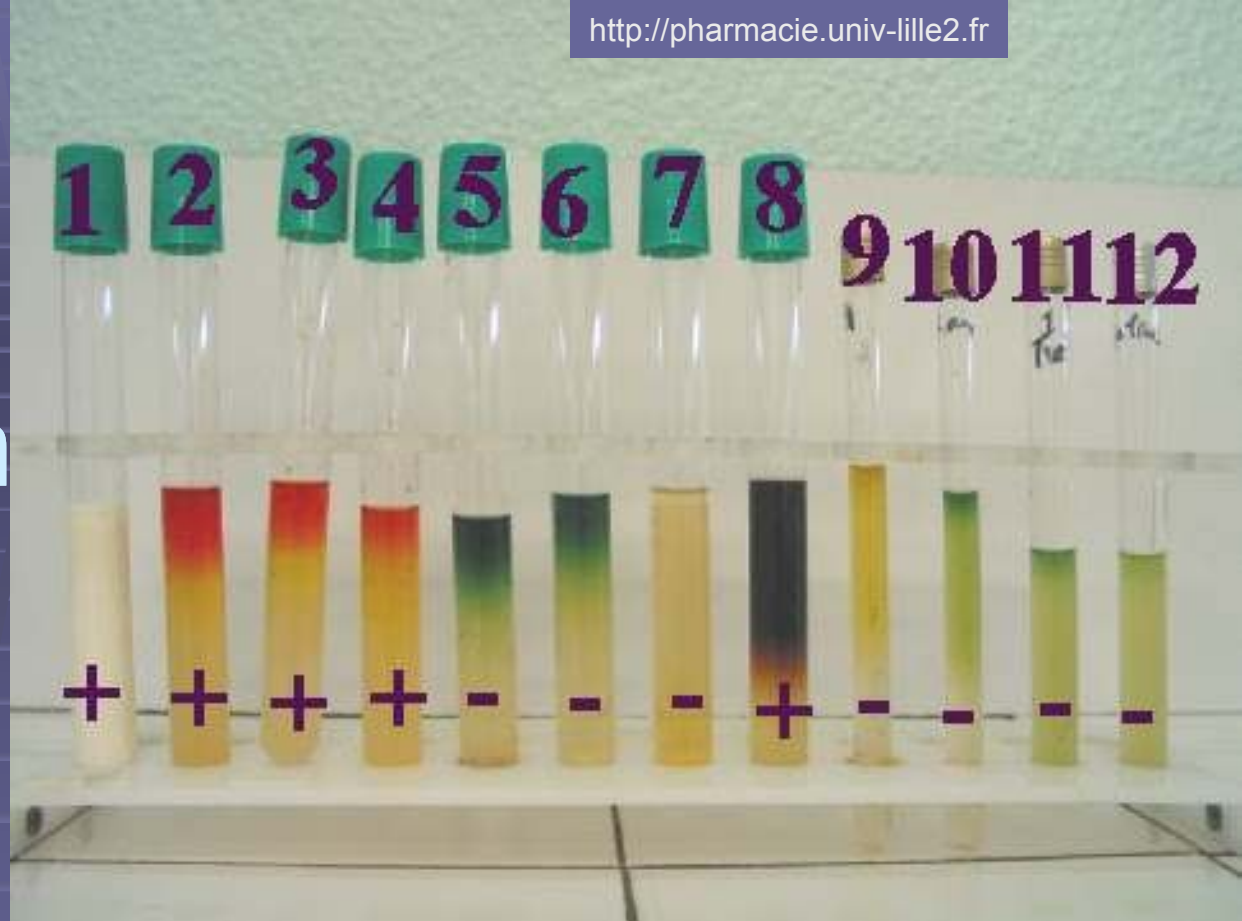
Biochemické rozlišení

- Používají se různé testy, v našich podmínkách především ANAEROtest 23 Lachema.



Kódová kniha je rozdělená na několik částí **podle morfologie anaerobních bakterií**. Je třeba hledat v té správné části kódové knihy

Ukázky různých zahraničních testů pro identifikaci anaerobů



Testy antibiotické citlivosti

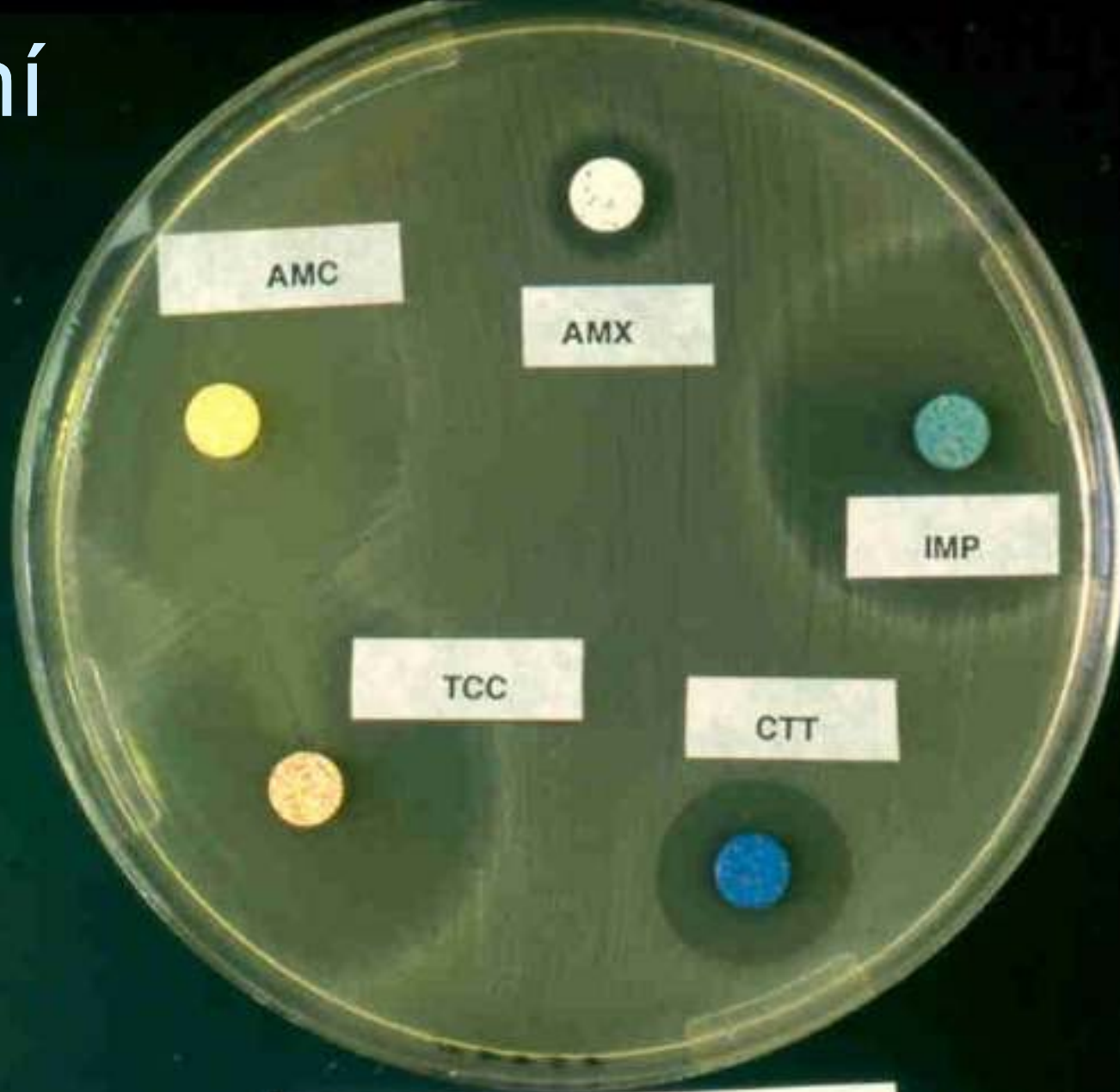
- **Antibiotická citlivost** se u anaerobů určuje **na půdách, na kterých jsou schopny růst**, tj. nikoli na MH agaru, ale zpravidla na VL krevním agaru
- V současné době **se upouští od difusních diskových testů vůbec**, evropská organizace EUCAST vůbec pro anaerobní bakterie neuvádí hodnoty hraničních zón. Trendem je tedy
 - **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)



Ilustrační foto



B. fragilis ATCC 25285

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***, prověřujeme, zda je lecitináza inhibovatelná specifickým antitoxinem.

„Negativní I“

vůbec
neprodukuje
lecitinázu.

„Negativní II“

produkuje, ale
nějakou jinou,
než nás zajímá

Imunochromatografický průkaz toxinu *C. difficile*

- Imunochromatografické testy jsou založeny na **navazování jednotlivých komponent**, podobně jako u reakcí ELISA či a imunofluorescence
- Nejklasičtějším příkladem je **těhotenský test**
- 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**

Princip (přibližně)

+

Testo-
vací
oblast

Kontrol
ní
oblast



-



Průkaz antigenu i toxinu *Clostridium difficile*

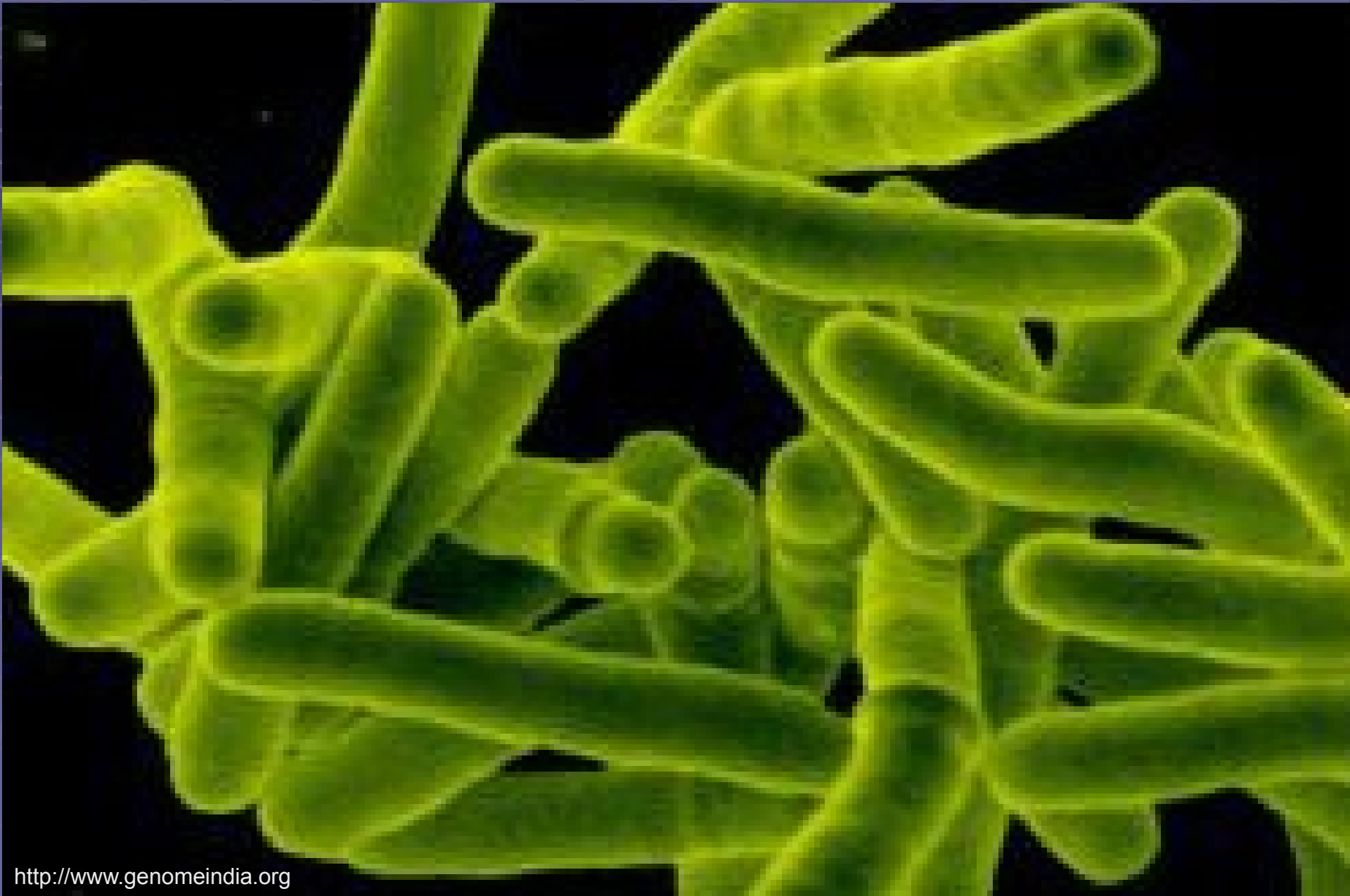


- Pozitivní pouze antigen

- 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.



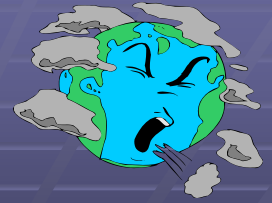
Základní charakteristika

- 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
- **Atypická mykobakteria** 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
- **Atypické mykobakteriózy a nokardióza** se přenášejí nejspíše přímým kontaktem s kontaminovanou půdou, vodou a podobně
- **Aktinomykóza** je často endogenního původu, jelikož původce je anaerobní

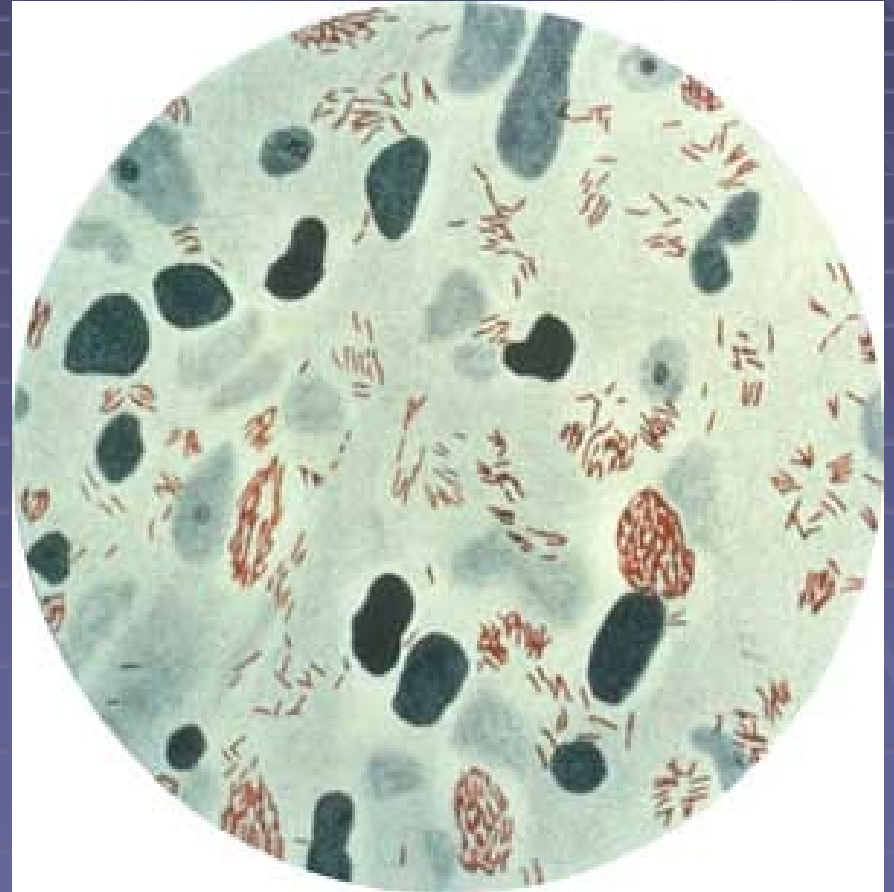
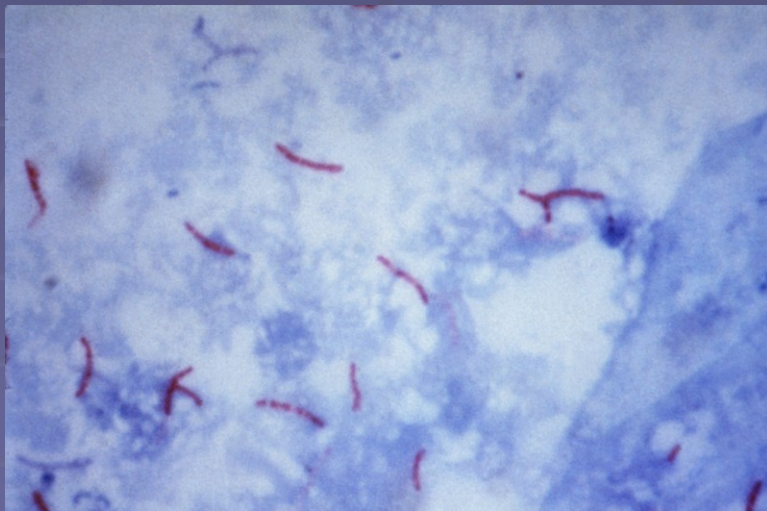
Léčba

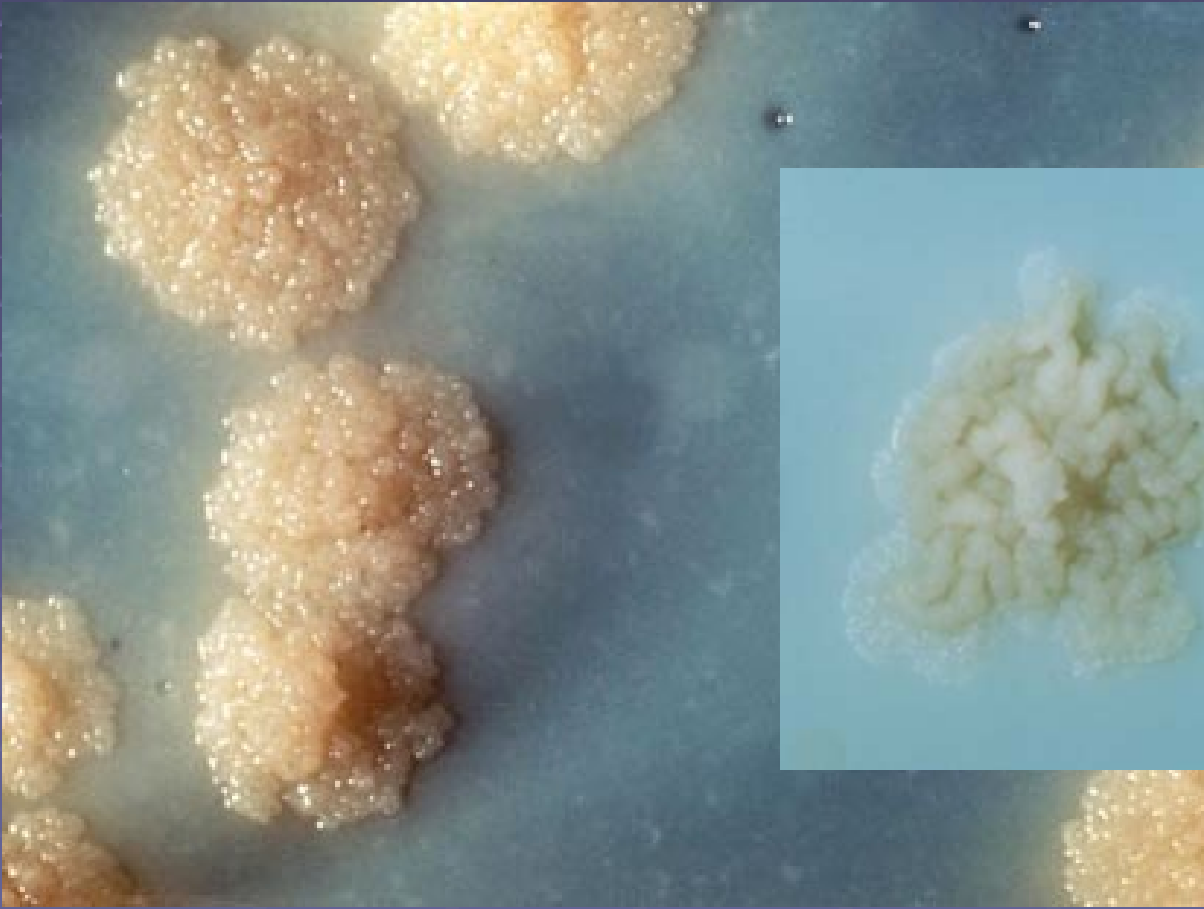
- K léčbě TBC se používají **antituberkulotika**. Jen některé z nich se používají zároveň i jako antibiotika. Speciální preparáty se používají i k léčbě lepry
- U aktinomykózy a nokardiózy se používají **běžná antibiotika, zejména penicilin**. Léčba však musí být dlouhodobá

Mycobacterium tuberculosis

- ***Mycobacterium tuberculosis*** - je nejdůležitější původce TBC, i když tuto nemoc může způsobovat i *Mycobacterium bovis* (dnes už ale spíše vzácně, vzhledem ke změnám v zemědělství)
- 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
 - hematogenni 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.

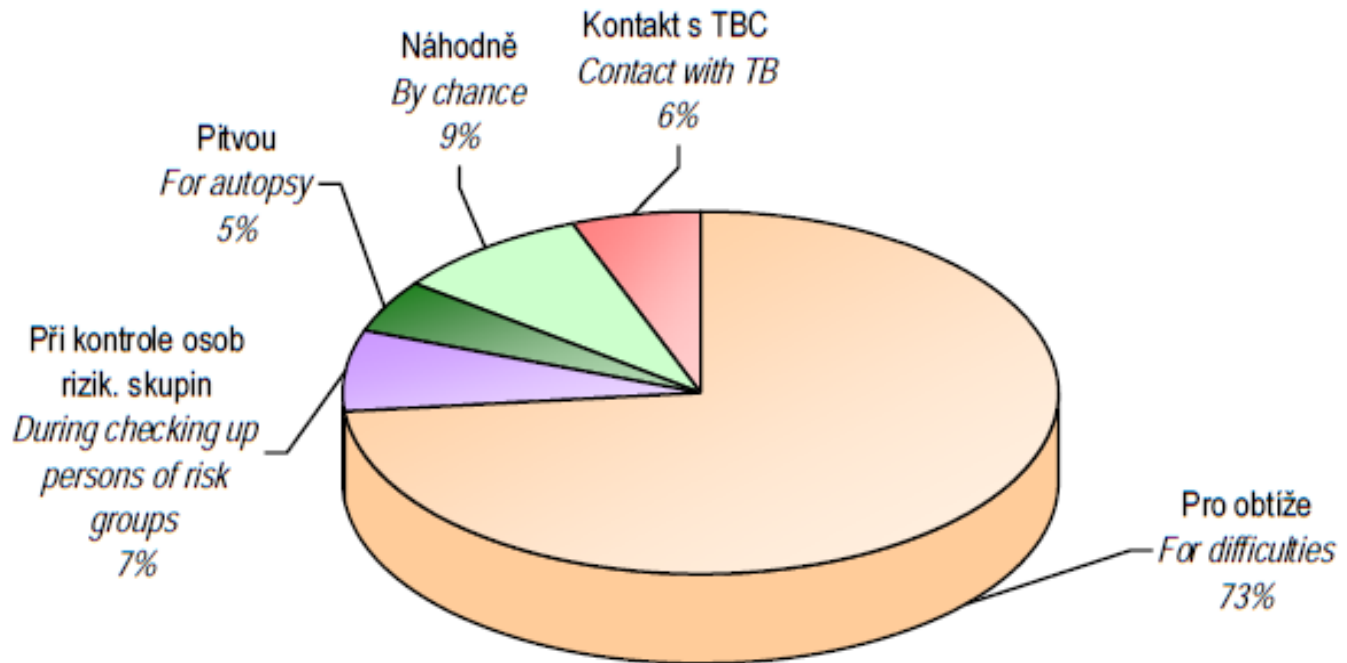
Kriminalistům po zveřejnění pátrání volala řada lidí. Poslední z nich policisty skutečně navedl na místo, kde Pfeifer byl. Nyní ho čeká převoz do zdravotnického zařízení v Janově na Rokycansku.

Tuberkulóza je nebezpečné nakažlivé onemocnění. Léčba pomalu se rozvíjející nemoci je velmi zdlouhavá. 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.

Nově zjištěná onemocnění plicní TBC podle způsobu zachycení

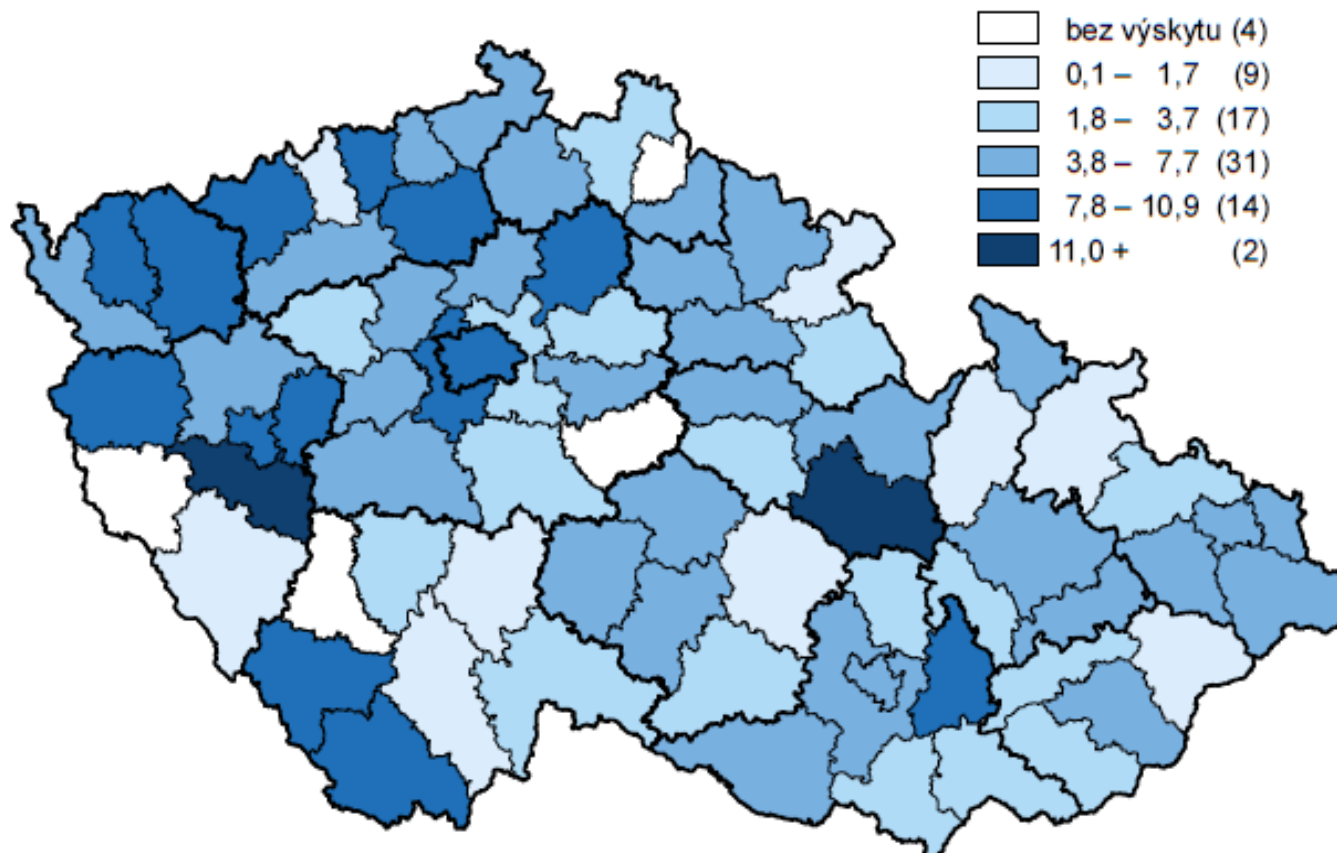
Number of newly notified cases of lung TB by the way of notification



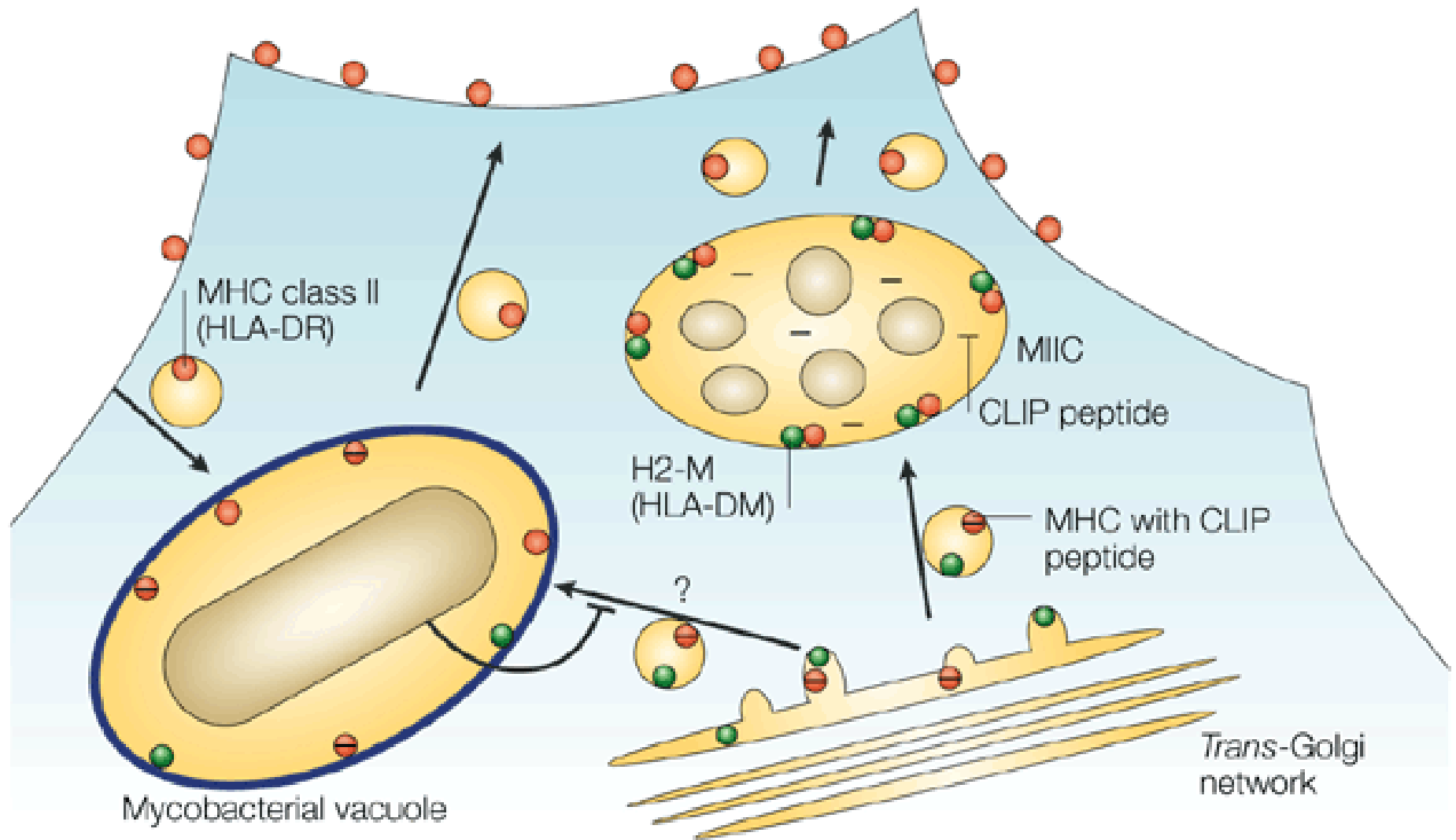
V roce 2011 bylo hlášeno do RT celkem 609 zjištěných TB (všech forem a lokalizací) a jejich recidiv .

Počet hlášených onemocnění TBC na 100 000 obyvatel

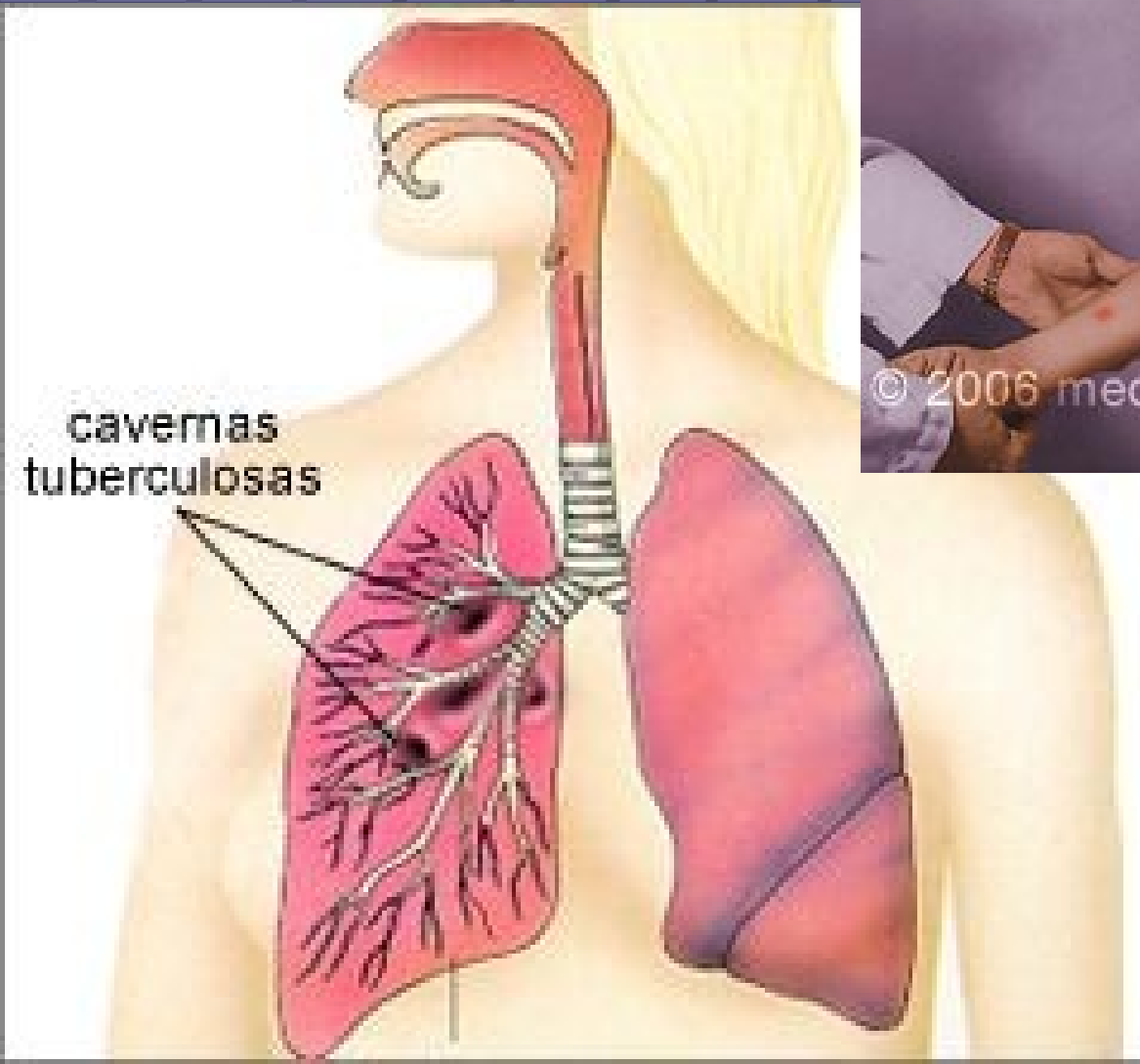
Notified cases of TB per 100 000 inhabitants



Mycobacterium uvnitř buňky



Tuberkulóza



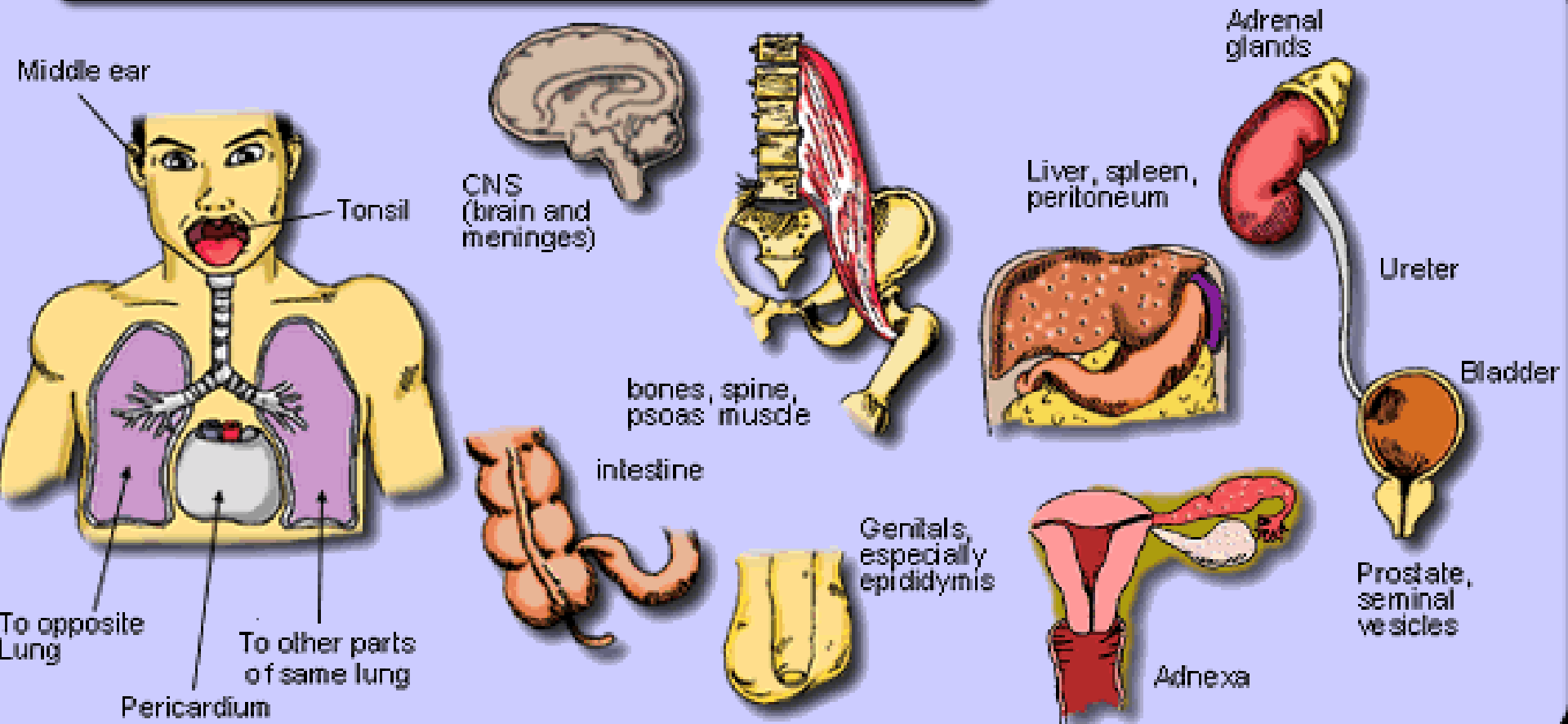
<http://www.stockmedicalart.com>

Není jen plicní forma TBC

sitemaker.umich.edu (2x)

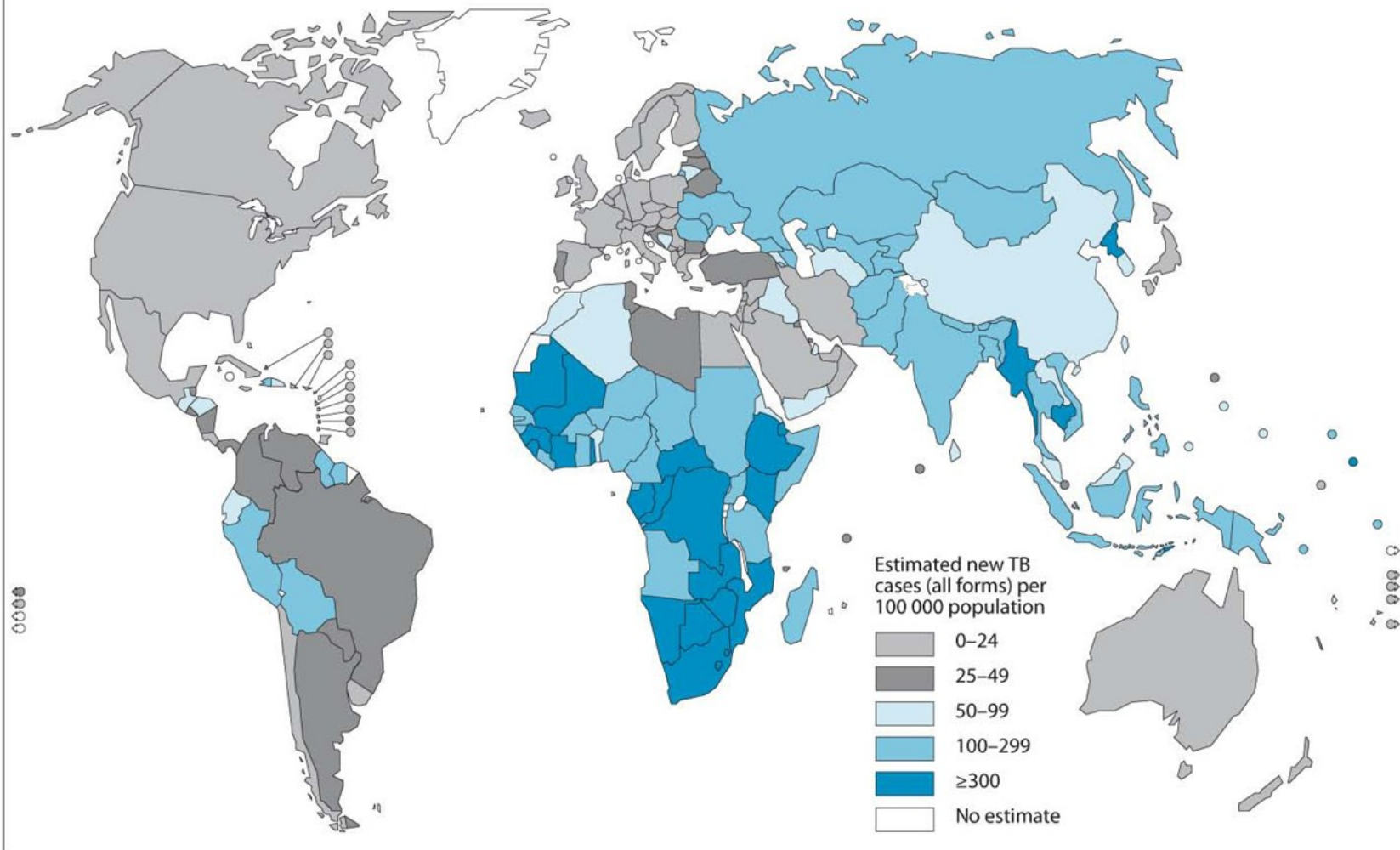


Tuberculosis Affects Many Parts of the Body



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,

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



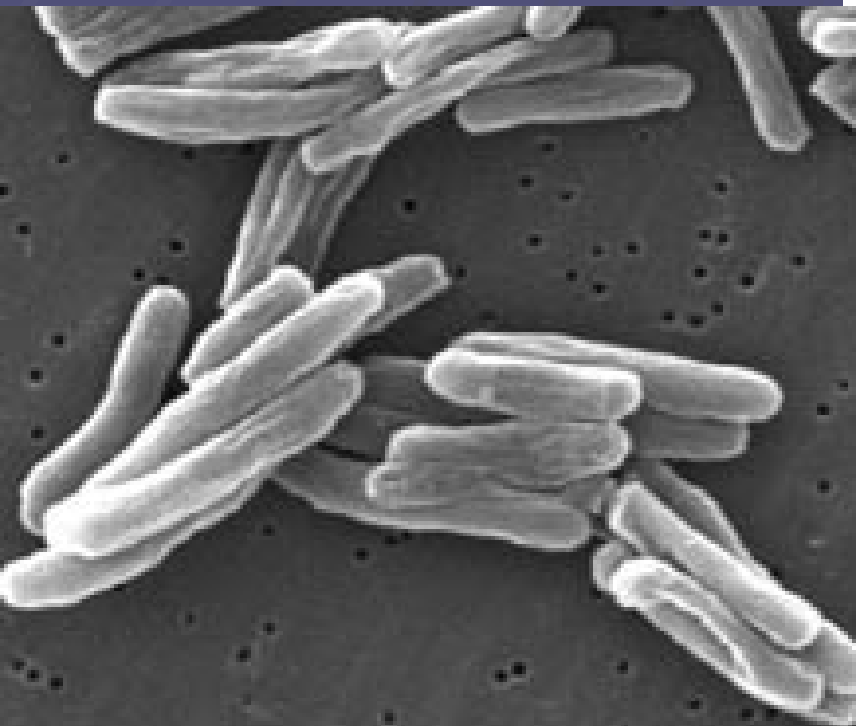
TBC ve světě

© WHO 2010. All rights reserved.

Ještě jednou TBC

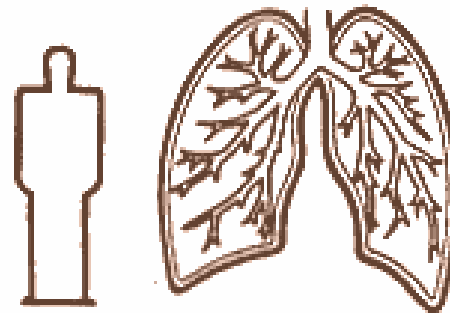
<http://www.lung.ca>

<http://www.cbc.ca>

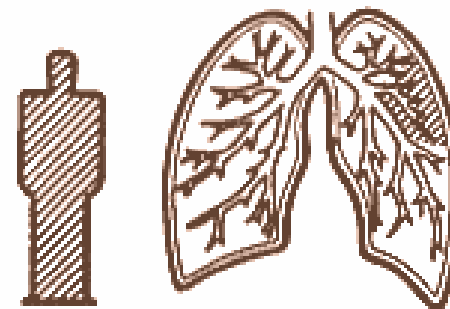


Det WD Exp |-----| 2 µm
SE 7.4 0 jhc

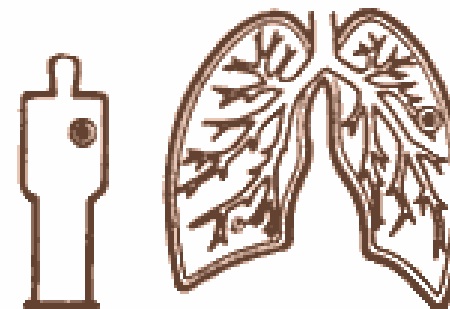
Tuberculosis Develops by Stages



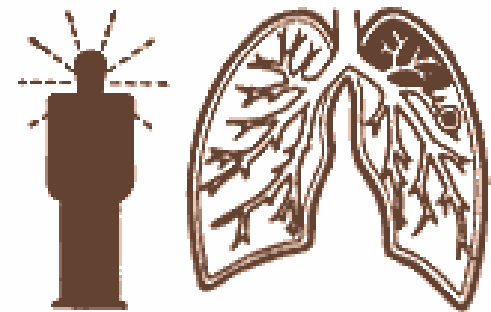
Every person is born with healthy lungs



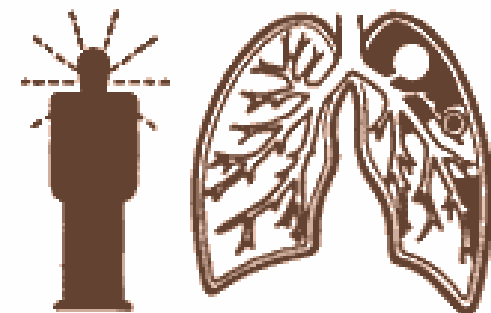
Many of us become infected from other people as we grow up.



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.



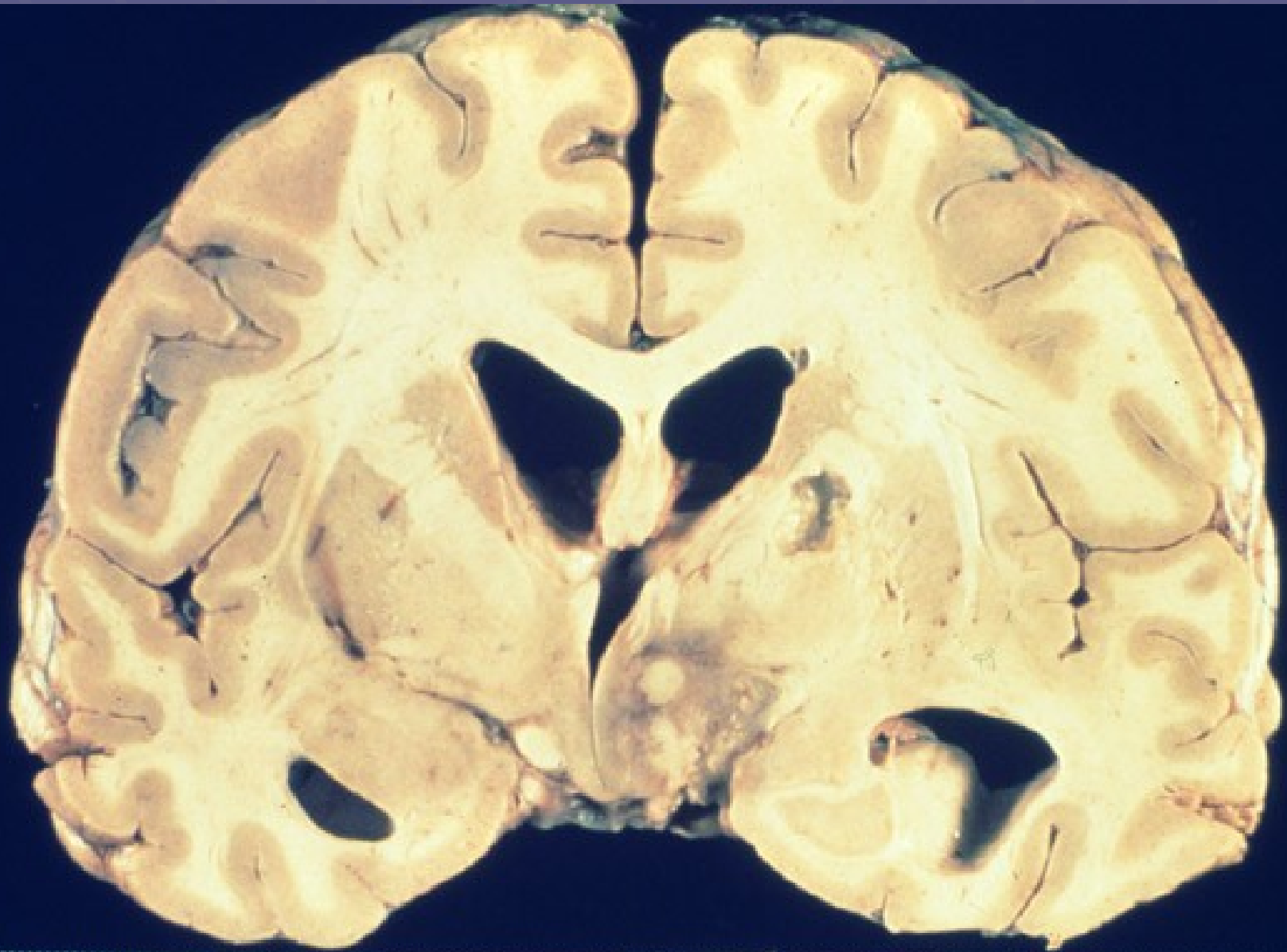
If later a person becomes infected again, the serious disease tuberculosis may begin. The germs that escape from the lungs are likely to infect others.



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.

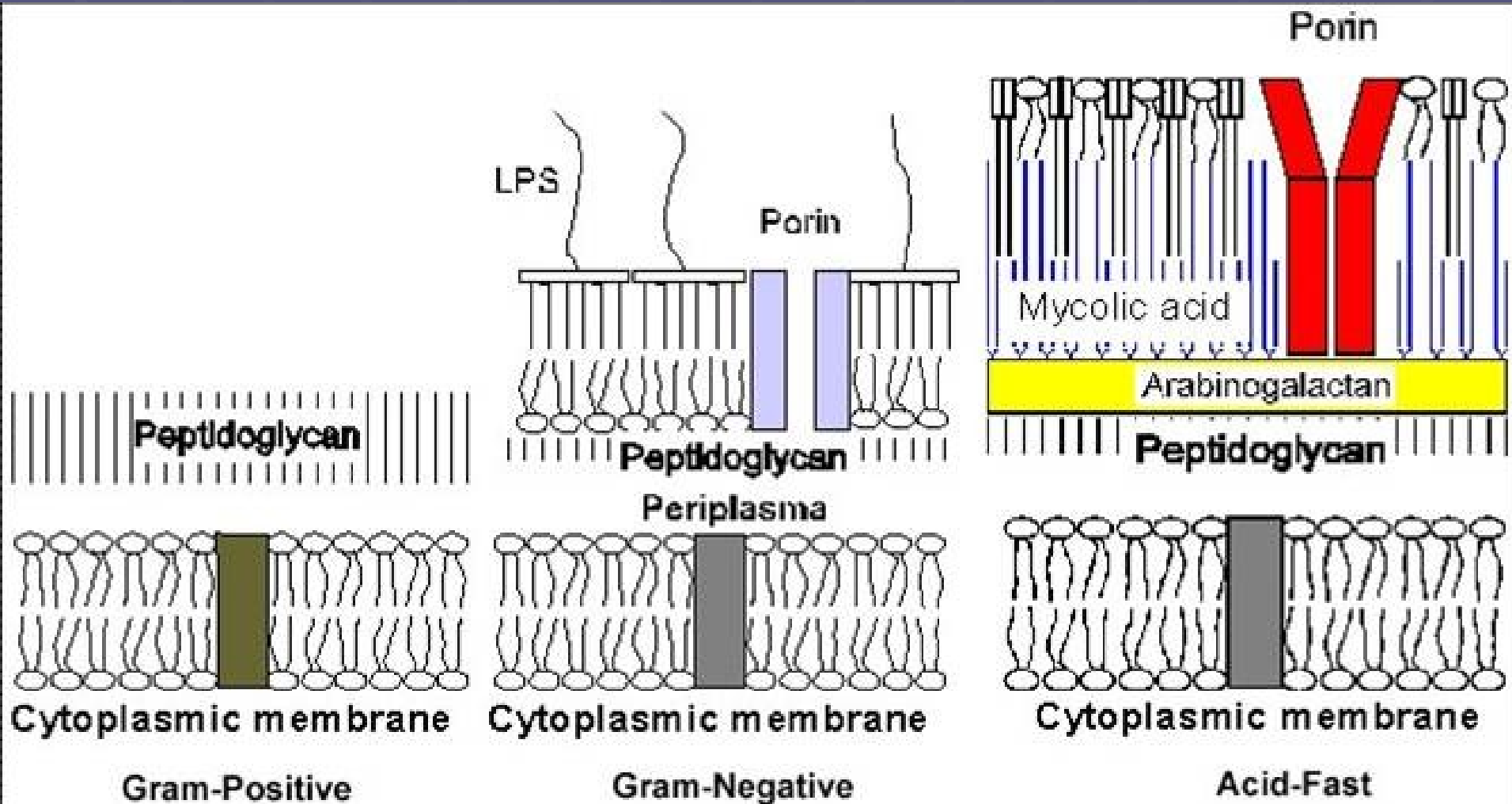
Tuberkulom mozku

<http://pathology.mc.duke.edu>



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 antimikrobiálním látkám.**



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

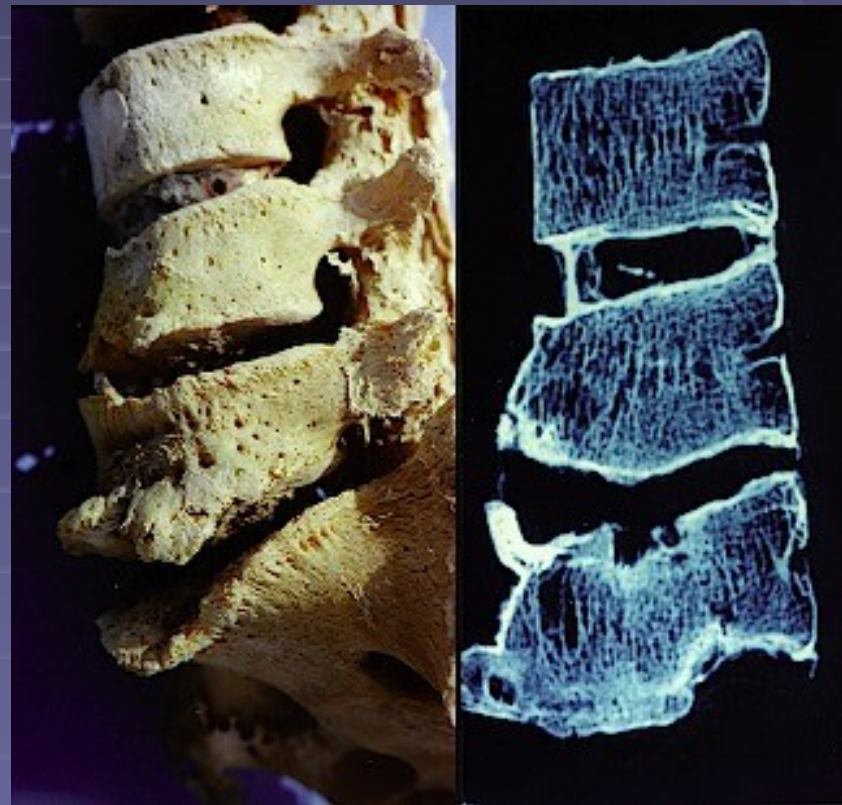
Zmínky o TBC ve známých písních...

...tuberkulóza, no to je paráda...

(Jaromír Nohavica: Pochod marodů)

Známí lidé, kteří zemřeli na TBC

Například: 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

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 podařila teprve nedávno a trvala celý jeden rok (pro praxi nepoužitelné)

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 nefční periferní nervy
 - Většina nemocných se může spontánně uzdravit

Příběh druhý

- 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)



Atypická mykobakteria

- Kromě *M. tuberculosis* a *M. leprae* existuje i spousta **dalších mykobakterií**. Některá, např. *Mycobacterium marinum*, patří mezi tzv. **atypická mykobakteria**, která občas způsobují infekce ran a jiné problémy.
- **Některá jiná mykobakteria jsou nepatogenní** a jsou normální součástí lidské mikroflóry, např. *M. smegmatis* – viz obrázek



Příběh třetí

- 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

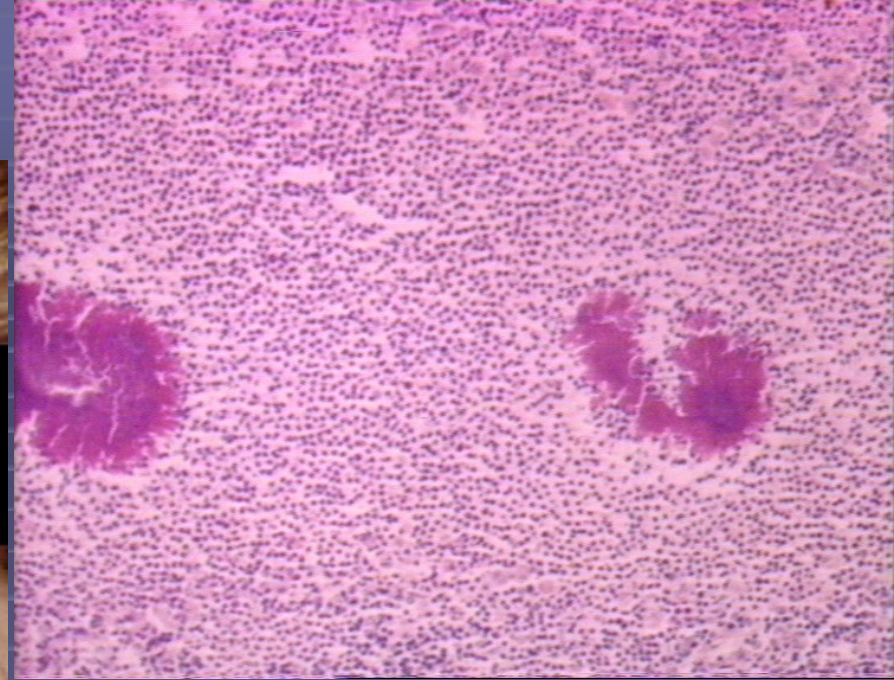
Příběh čtvrtý

- 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

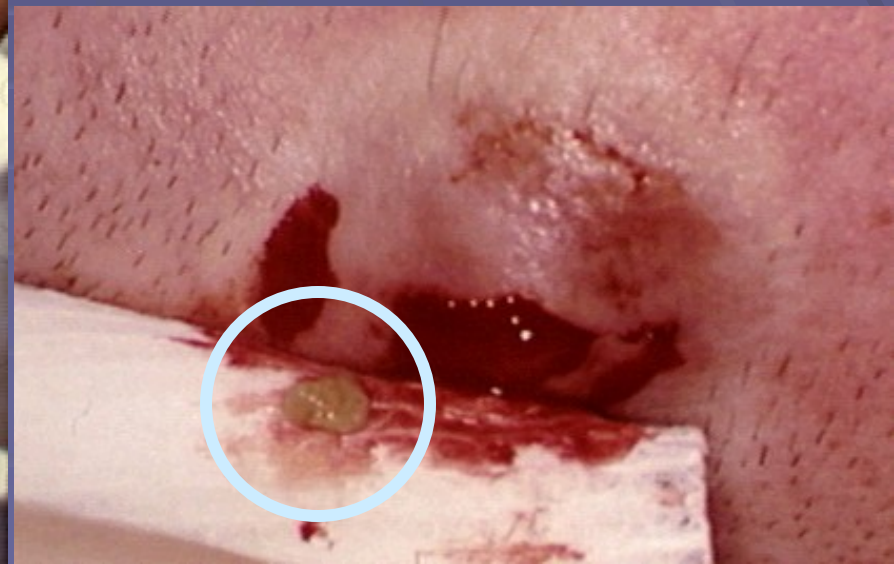
Nokardie

- **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
- Existují ještě různé **další příbuzné či podobné bakterie**, např. rothie, dermatofily, rhodokoky a další. Původci lidských onemocnění se však stávají jen zřídka

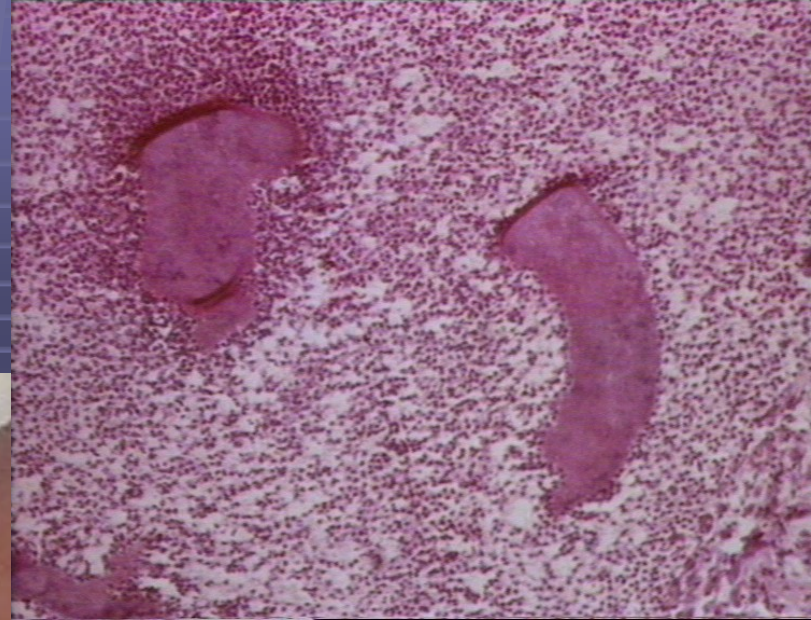
Aktinomykóza



pathmicro.med.sc.edu (3x)



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

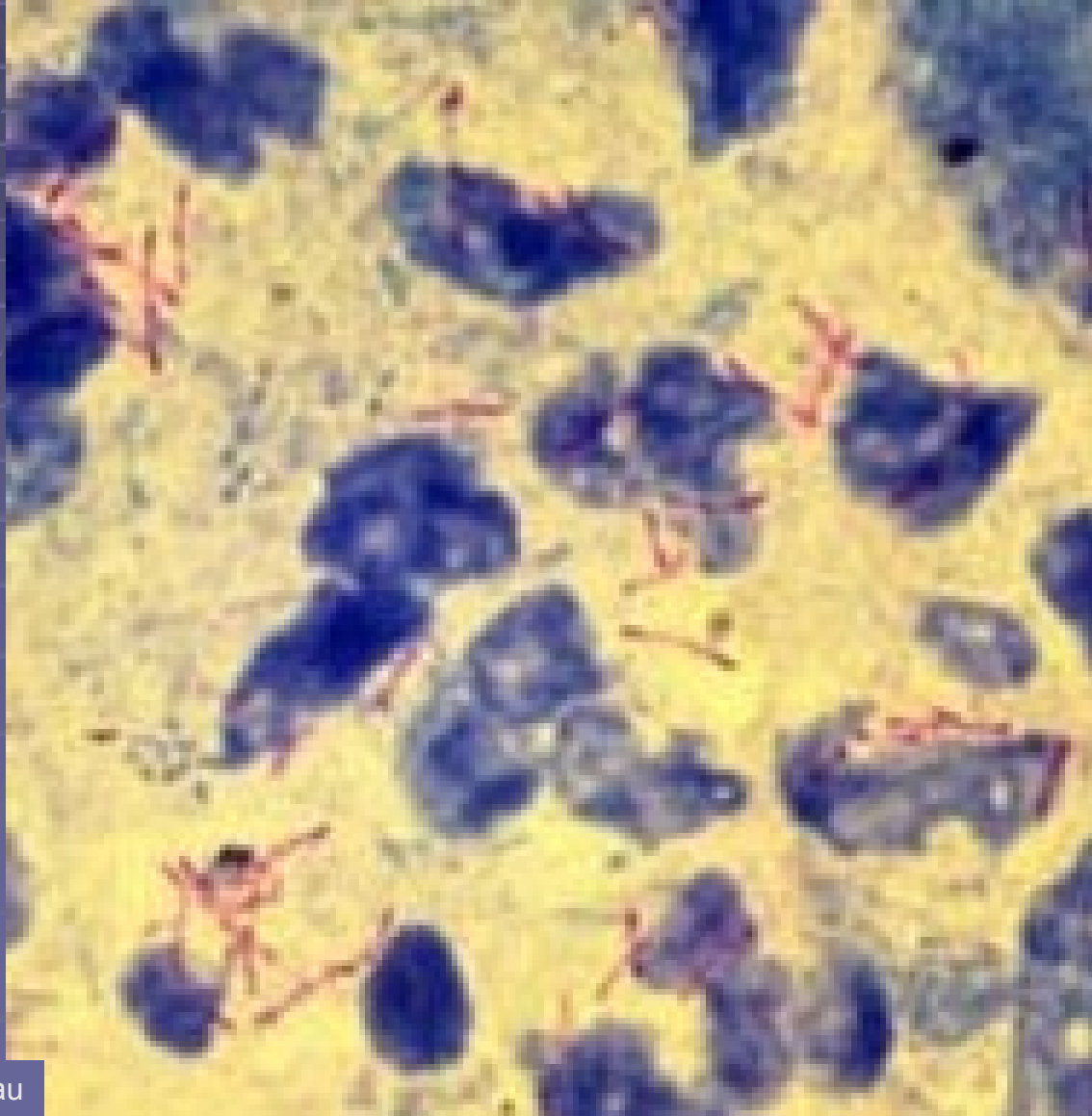
- **Aby mohly na něco působit** (jiné než ty nejsilnější) **kyseliny či alkalie, musí to „něco“ být hydrofilní**, tedy komunikovat s vodným prostředím. Pro mykobakteria však tohle neplatí.
- **Nejsme tedy schopni je kyselinami či alkaliemi ničit** (leđa těmi úplně nejsilnějšími, kterým pak už neodolá nic)
- **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.

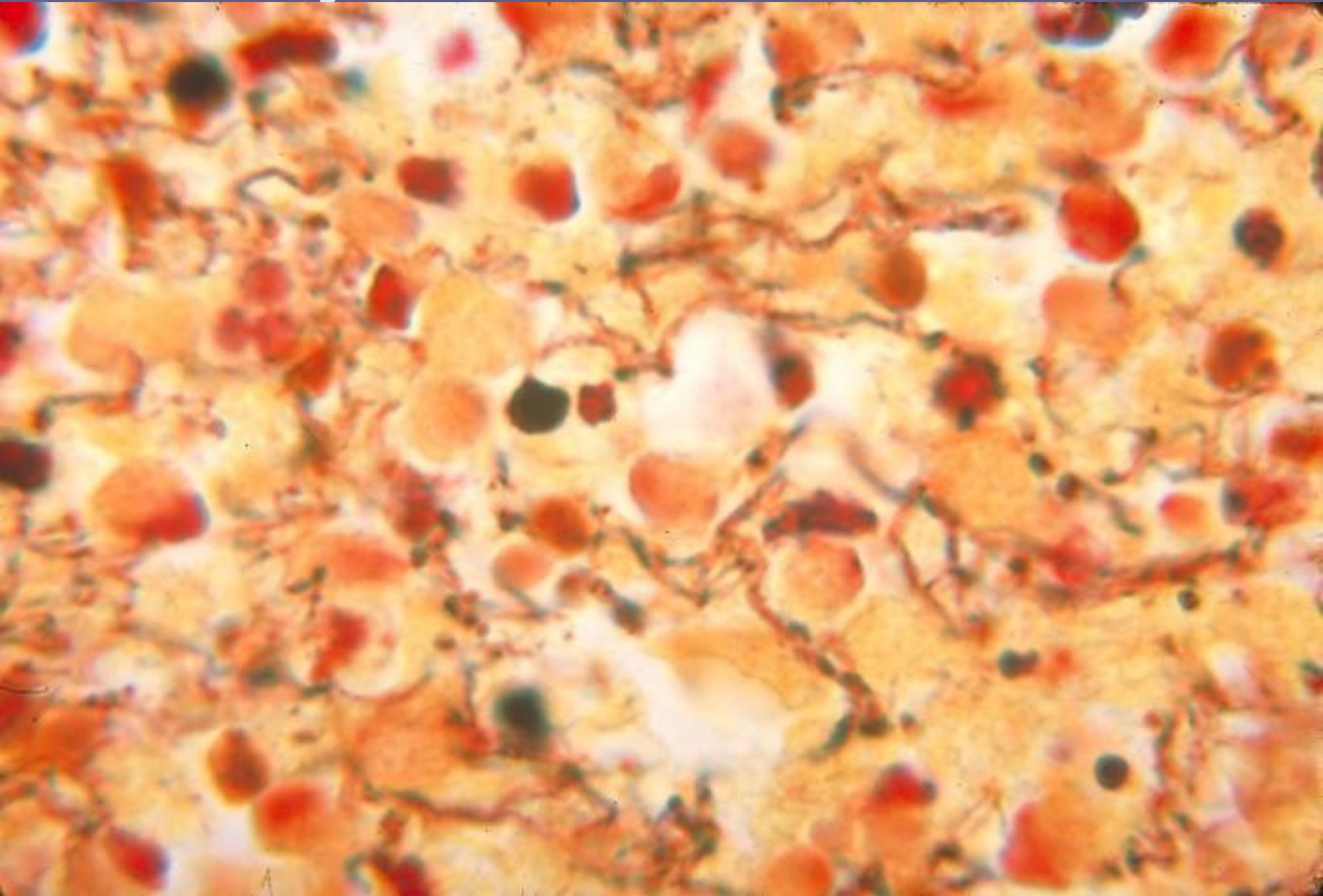
Acidorezistentní bakterie

Mycobacterium tuberculosis

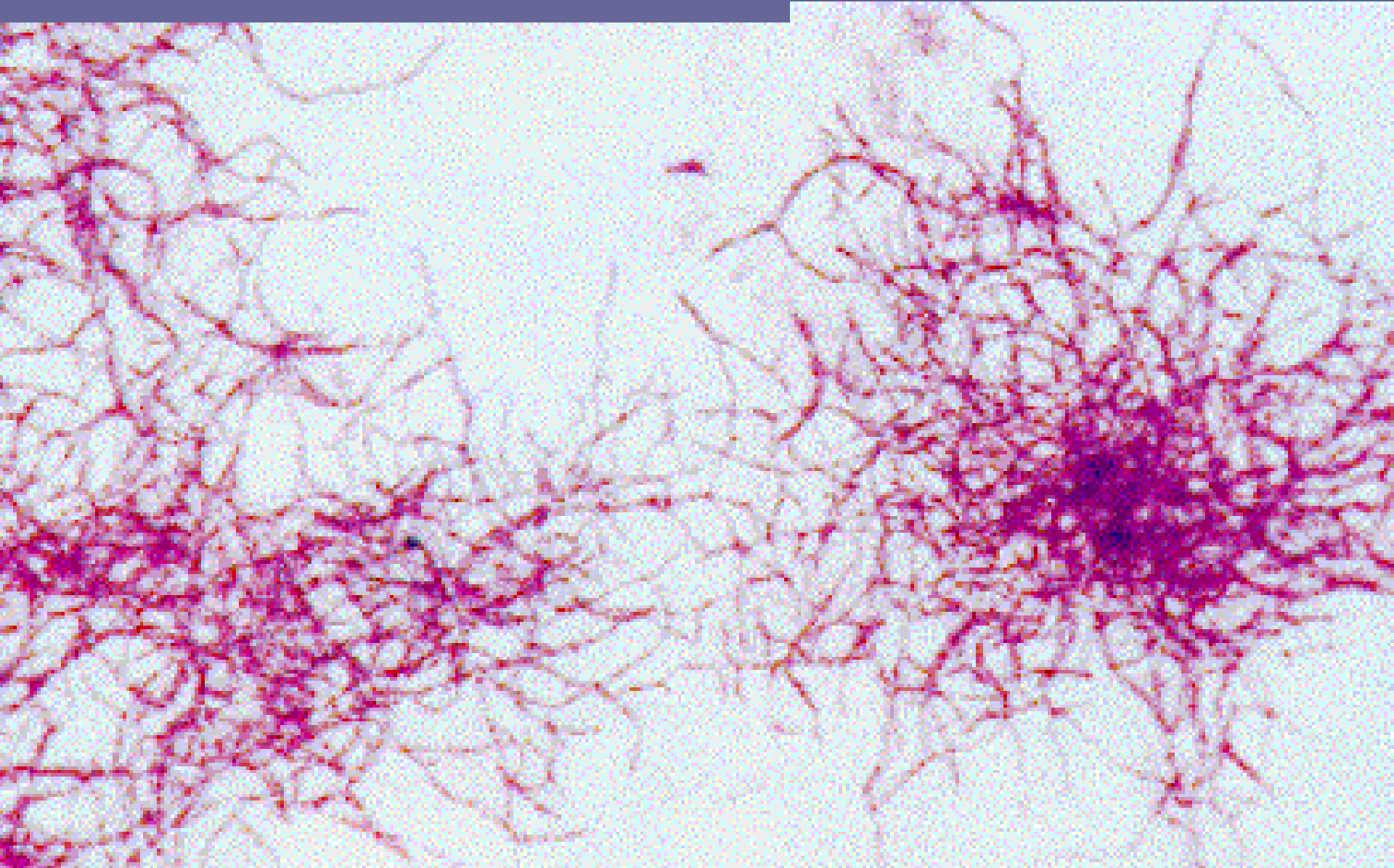


Actinomyces israeli

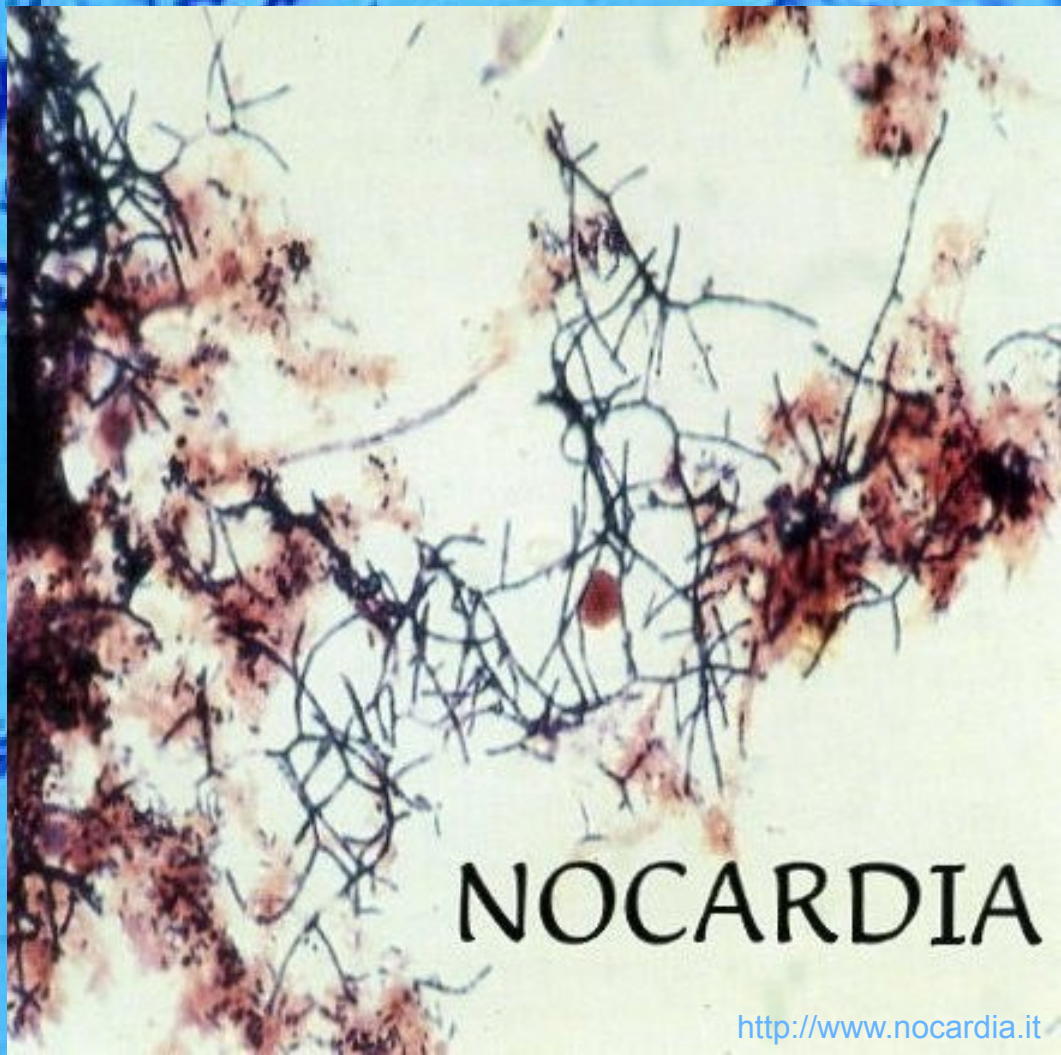
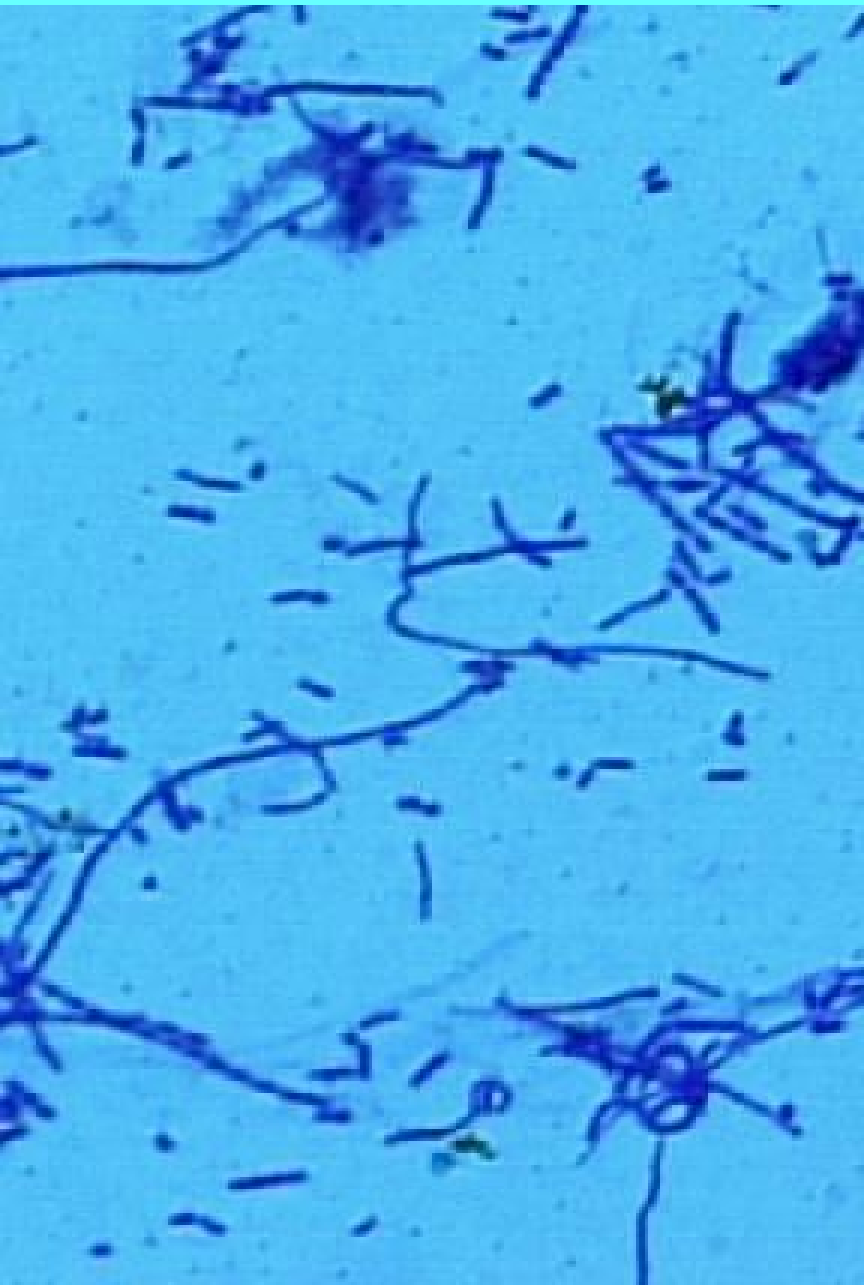
pathmicro.med.sc.edu



Nocardia asteroides



Nocardia asteroides

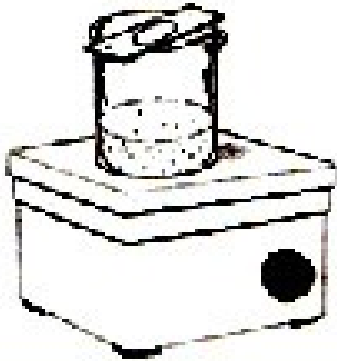


NOCARDIA

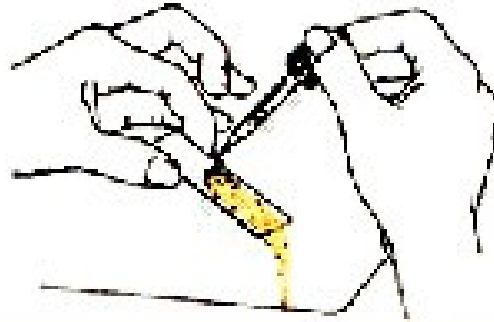
Jak pátrat po mykobakteriích

- **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



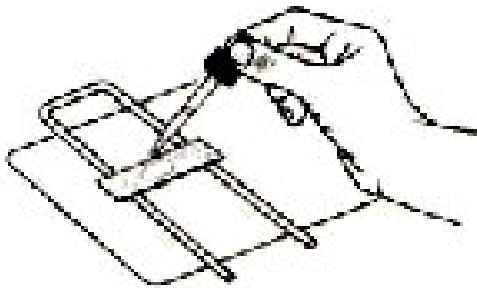
1 Cover smear with carbolfuchsin. Steam over boiling water for 8 minutes. Add additional stain if stain boils off.



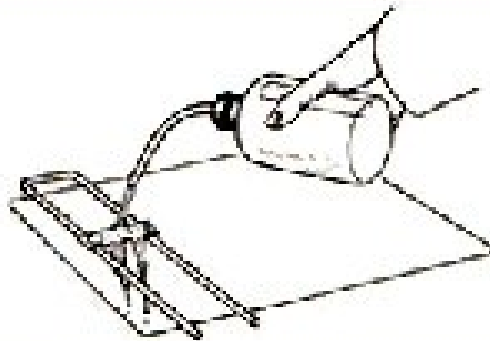
2 After slide has cooled decolorize with acid-alcohol for 15 to 20 seconds.



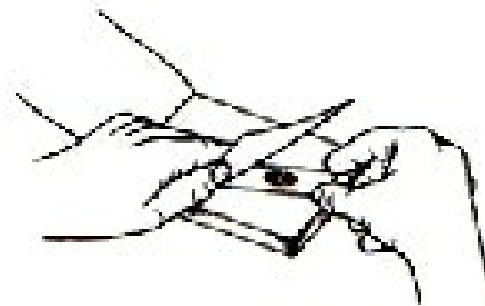
3 Stop decolorization action of acid-rinsing briefly with water.



4 Counterstain with methylene blue for 30 seconds.



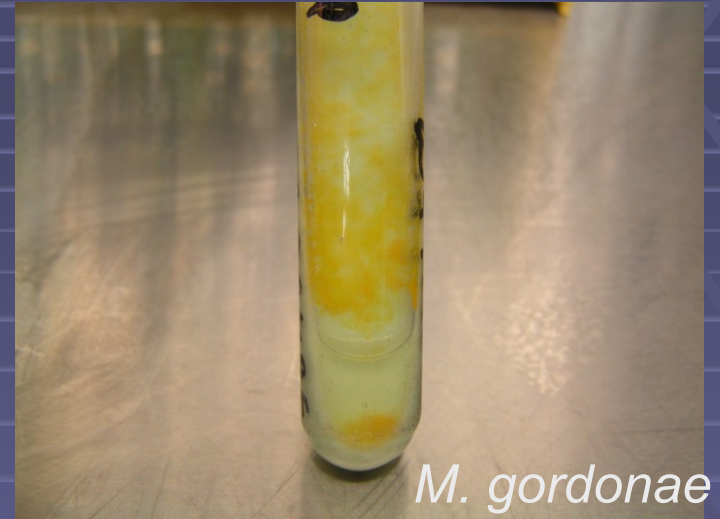
5 Rinse briefly with water to remove excess methylene blue.



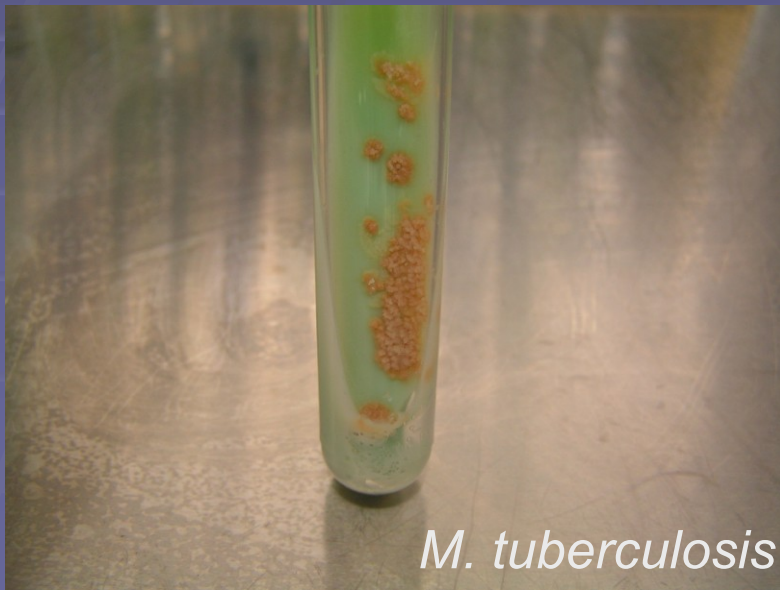
6 Blot dry with bibulous paper. Examine directly under oil immersion.

Ziehl-Neelsen acid-fast staining procedure

Kultivace



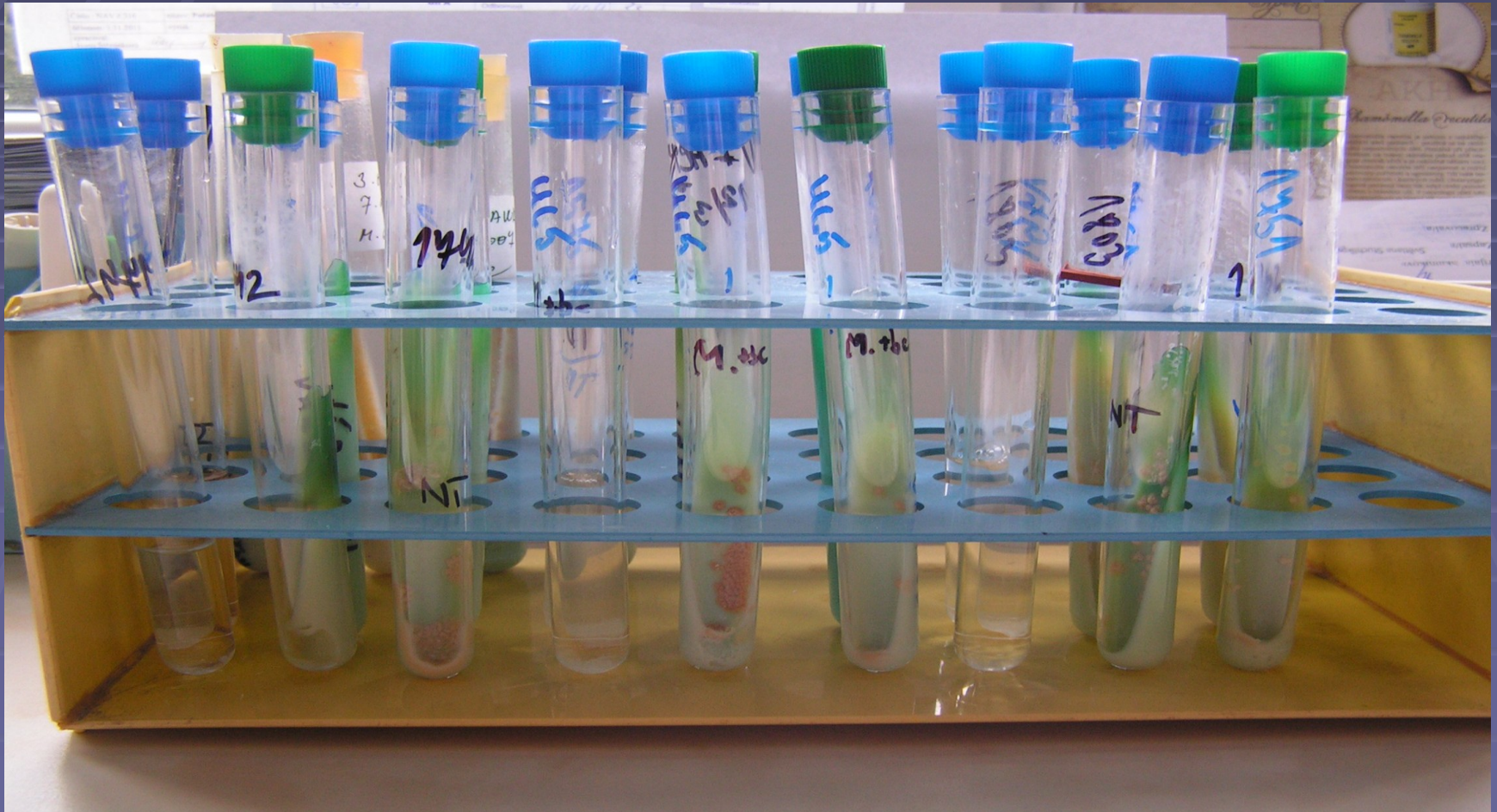
M. gordonae



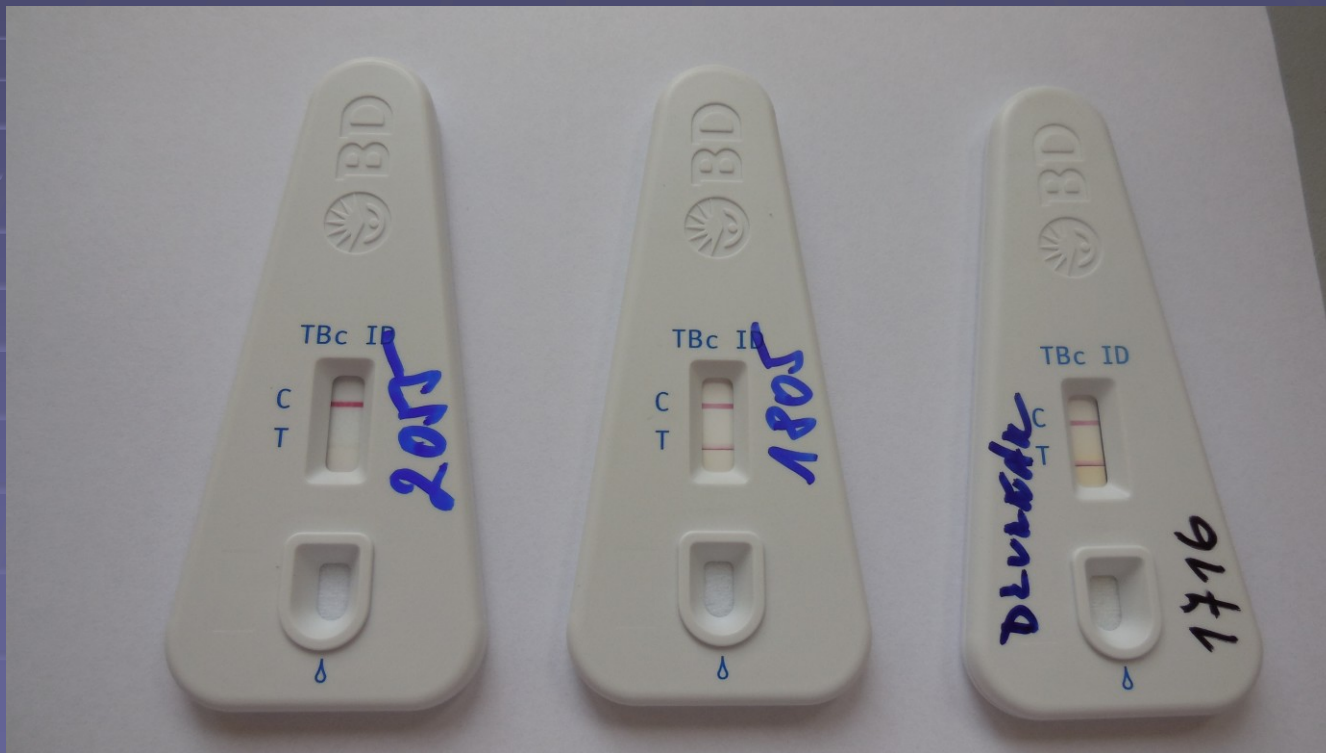
M. tuberculosis



Kultivace

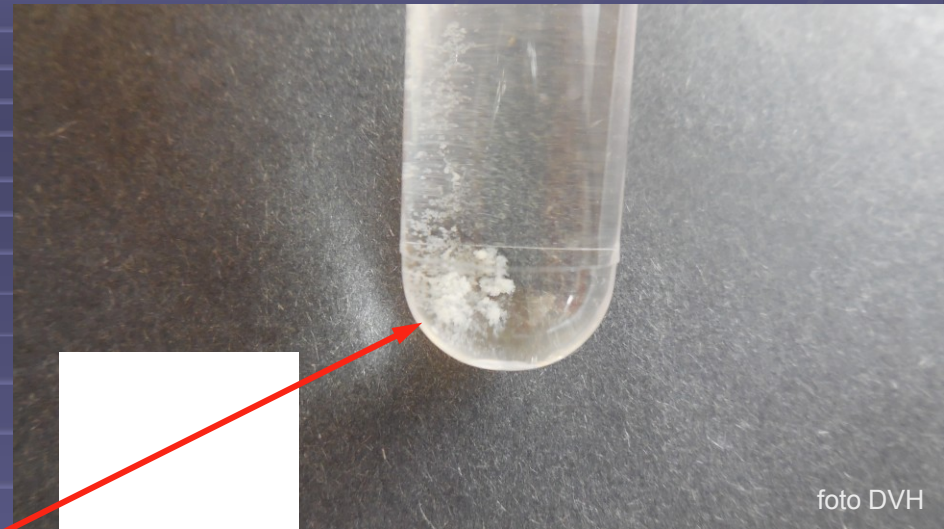


Možnosti identifikace – chromatografické testy



K tekuté Šulově půdě

- 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 možností 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

Příklad hodnocení*

*může se lišit u jednotlivých typů testu

NIL [IU/ml]	TB minus NIL [IU/ml]	MIT minus NIL [IU/ml]	Výsledné hodnocení testu	přítomnost infekce <i>M. tuberculosis</i>
$\leq 8,0$	$< 0,35$	$\geq 0,5$	Negativní	nepravděpodobná
	$\geq 0,35$ a $< 25\%$ hodnoty NIL	$\geq 0,5$		
	$\geq 0,35$ a $\geq 25\%$ hodnoty NIL	libovolná hodnota	Pozitivní	pravděpodobná
	$< 0,35$	$< 0,5$	Neurčitý	nelze určit
$\geq 0,35$ a $< 25\%$ hodnoty NIL	$< 0,5$			
$> 8,0$	libovolná hodnota	libovolná hodnota		

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

<http://filebox.vt.edu>

- 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