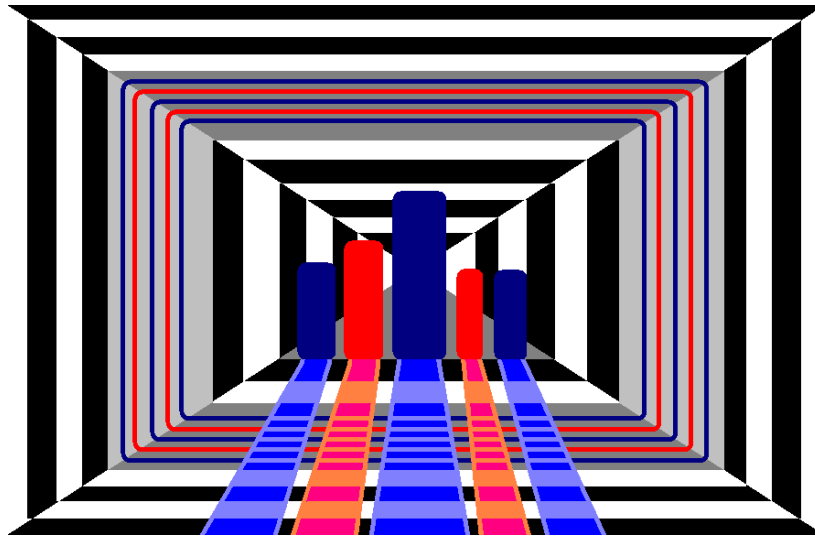


Přehled mikrobiologických vyšetřovacích metod



Mikrobiologie (a imunologie)

BOMI0111s + BTMI0111p

Týden 3

Ondřej Zahradníček

Obsah této prezentace

Přehled

Mikroskopie

Kultivace

Identifikační metody

Pokus na zvířeti

Průkaz nukleové kyseliny

Průkaz antigenu, nepřímý průkaz

Práce laboratoře v praxi

Přehled metod přímého průkazu

Metoda	Průkaz ve vzorku	Identifikace
Mikroskopie	ano	ano
Kultivace	ano	ano
Biochemická identifikace	ne	ano
Průkaz antigenu	ano	ano
Pokus na zvířeti	ano	v praxi ne
Molekulární metody	ano	v praxi ne*



*netýká se molekulární epidemiologie – sledování příbuznosti kmenů

1.

Mikroskopie

Co vidíme v mikroskopu

- **V případě mikroskopování kmene** vidíme jeden typ mikrobiálních buněk
- **V případě mikroskopování vzorku** můžeme vidět
 - **mikroby** – nemusí tam být žádné, a může tam být i klidně deset druhů
 - **buňky makroorganismu** – nejčastěji epitelie a leukocyty, někdy erytrocyty
 - **jiné struktury**, např. fibrinová vlákna, buněčnou drť (detritus) a podobně

Typy mikroskopie

- **Elektronová mikroskopie** – u virů; spíše výzkum než při běžném průkazu virů
- **Optická mikroskopie**
 - **Nativní preparát** – na velké a/nebo pohyblivé mikroby
 - **Nativní preparát v zástinu** (hlavně spirochety), **fázový kontrast** a další fyzikální varianty
 - **Fixované a barvené preparáty**, například:
 - Barvení dle Grama – nejdůležitější bakteriologické
 - Barvení dle Ziehl-Neelsena – např. u bacilů TBC
 - Barvení dle Giemsy – na některé prvoky
 - Fluorescenční barvení

U barvených preparátů se obvykle používá tzv. imersní systém (mezi objektiv a sklíčko se kápne imersní olej)

Gramovo barvení – princip

Chemikálie	Grampozitivní	Gramnegativní
Krystal. violet'	Obarví se fialově	Obarví se fialově
Lugolův roztok	Vazba se upevní	Upevní se méně
Alkohol	Neodbarví se	Odbarví se
Safranin	Zůstanou fialové	Obarví se červeně

Gramem se nebarvící bakterie se neobarví v prvním kroku kvůli absenci buněčné stěny (*Mycoplasma*) nebo proto, že jejich stěna je vysoce hydrofobní (*Mycobacterium*).

Spirochety by se barvily gramnegativně, ale jsou velmi tenké, takže i je lze také vlastně považovat za „Gramem se nebarvící“ a Gram se v jejich diagnostice nepoužívá.

Mikroskopie vzorku

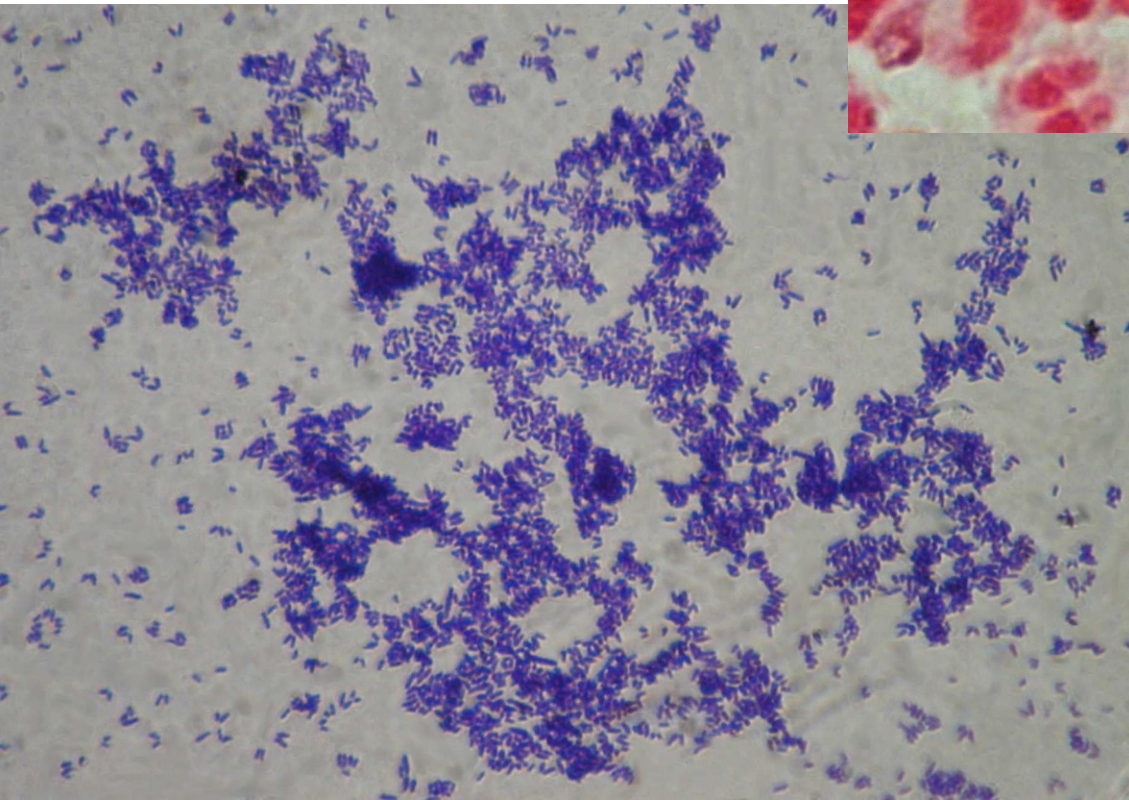
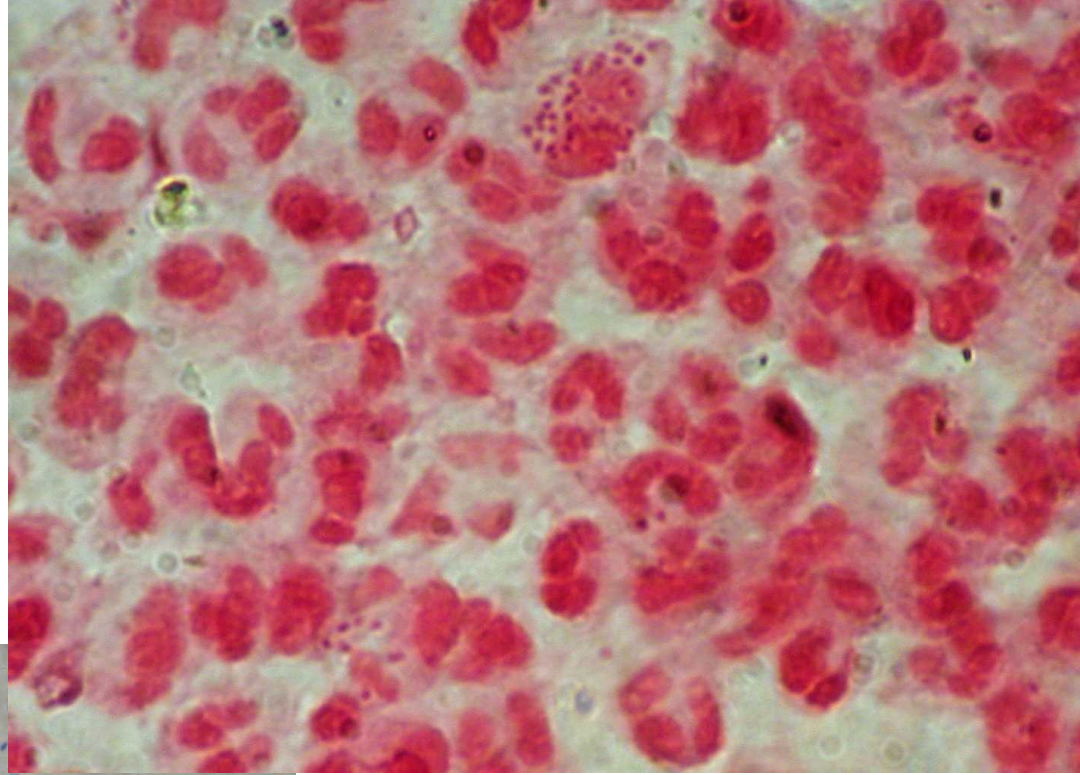


Foto: archiv
MÚ

Mikroskopie
kmene



2. Kultivace

Kultivace (pěstování) bakterií (*případně také kvasinek*)

- Bakterie často **pěstujeme na umělých půdách**
- Bakterie na půdu **naočkujeme a poté půdu umístíme do termostatu**, většinou nastaveného na 37 °C (pro bakterie významné pro člověka je to většinou optimální teplota – což má logiku)
- Za 24 (někdy až 48) hodin **půdu vytáhneme a pozorujeme, jak nám bakterie vyrostly**
- **Vláknité houby** se pěstují mnohem déle
- **Viry a paraziti** se většinou vůbec nepěstují

Kultivace bakterií – podmínky

- Bakteriím musíme připravit **přijatelné vnější podmínky** – teplotu, vlhkost apod.
- Některé (teplota) jsou dány **nastavením termostatu**, jiné (procento solí) **složením kultivační půdy**
- Používáme **různá kultivační média**, sloužící k určitým účelům
- **Aerobní a fakultativně anaerobní** bakterie můžeme pěstovat za normální atmosféry
- **Striktně anaerobní bakterie** vyžadují atmosféru bez kyslíku. **Kapnofilní** zase zvýšený podíl CO₂.

Foto: archiv
MÚ

Připravené kultivační
půdy se uchovávají
v chladničce



Smysl kultivace bakterií

- Proč vlastně v laboratoři bakterie pěstujeme?
 - Abychom je **udrželi při životě a pomnožili**. K tomu slouží kultivace na tekutých půdách i na „pevných“ půdách (to jsou půdy, které netečou, jejich základem je většinou agarová řasa)
 - Abychom získali **kmen** – pouze pevné půdy
 - Abychom je vzájemně **odlišili a oddělili** – používají se diagnostické a selektivní půdy, sloužící k identifikaci

Kultivace v praxi

- Vzorek se vloží do **tekuté půdy** nebo nanese **na pevnou půdu**
- U pevné půdy se ho snažíme tzv. **mikrobiologickou kličkou** rozředit, abychom získali **jednotlivé kolonie** a mohli dále pracovat s kmeny mikrobů
- **Tekuté půdy**
 - jsou půdy pomnožovací
 - základem je zpravidla hovězí vývar a bílkovinný hydrolyzát
 - nejdůležitější je peptonová voda, bujón, VL-bujón, selenitový bujón (selektivně pomnožovací)

Tekuté půdy

Foto: archiv MÚ



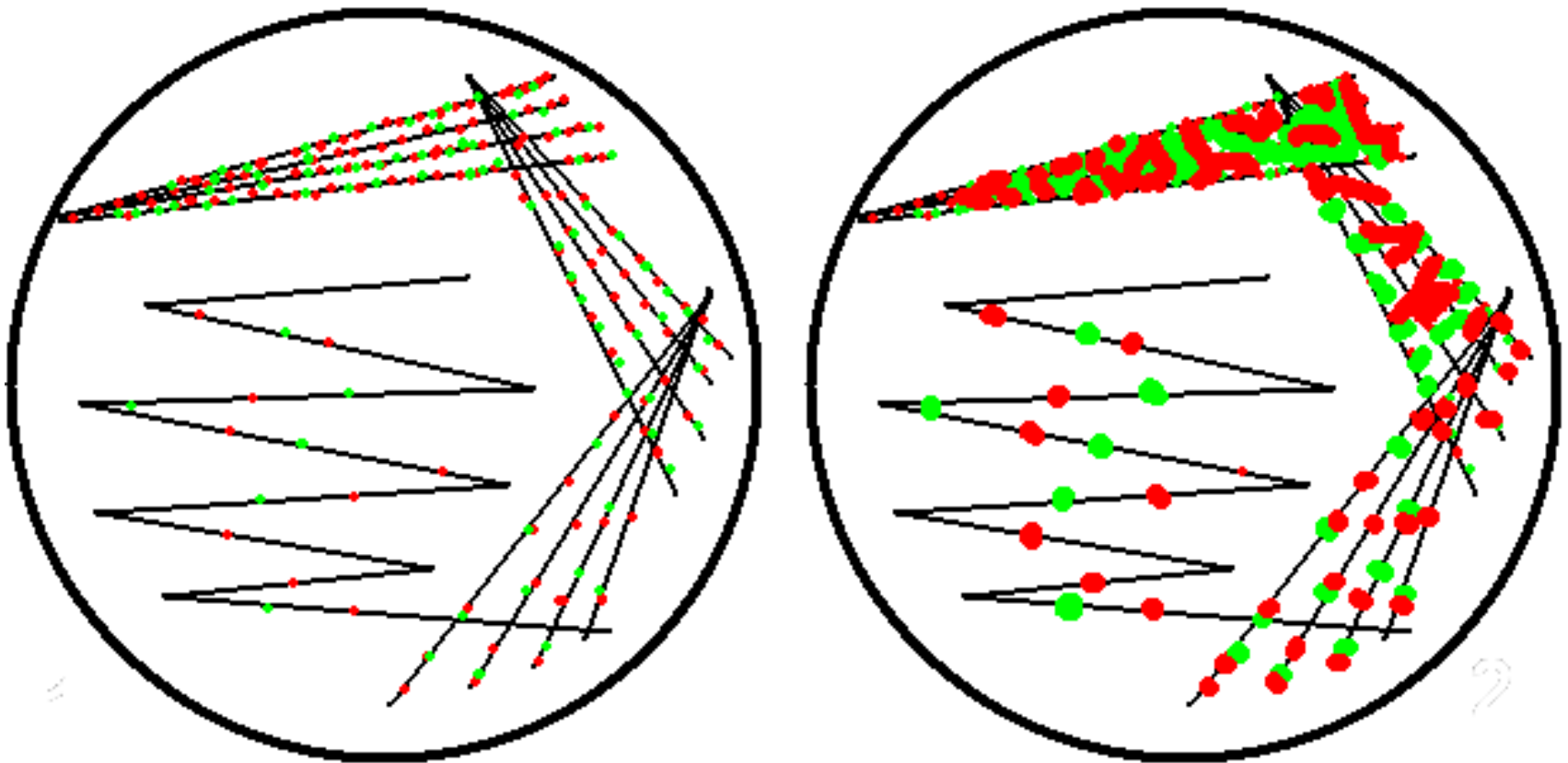
Pevné (agarové) půdy

- Základem je opět masopeptonový bujón, ale navíc obsahují výtažek z agarové řasy. Používala se i želatina, ale neosvědčila se tolik jako agar.
- Abychom využili všech výhod, které pevné půdy nabízejí, musíme vzorek (kultivace vzorek → kmen), ale i kmen (kultivace kmen → kmen) dobře rozočkovat. Klasickým způsobem rozočkování je tzv. **křížový roztěr**.

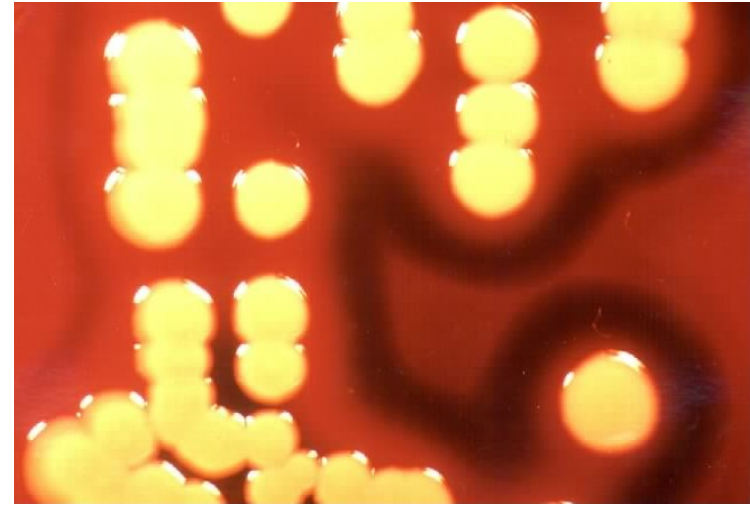
Foto:



V případě směsi vytvoří každá bakterie svoje kolonie (při dobrém rozočkování)



1 – očkování směsi bakterií (naznačeny tečkami), 2 – výsledek kultivace: v prvních úsecích směs, až na konci izolované kolonie



Pojem kolonie

- Kolonie je útvar na povrchu pevné půdy. Pochází z jedné buňky nebo malé skupinky buněk (dvojice, řetízku, shluku)
- Kolonie je tedy vždy tvořena **jedním kmenem**.
- V některých případech můžeme z počtu kolonií **odhadnout počet mikrobů** ve vzorku – nebo přesněji počet „kolonií tvořících jednotek“ (CFU)
- Popis kolonií má významné místo v diagnostice

Co se dá popisovat u kolonií

- Velikost
- Barva
- Tvar (okrouhlý...)
- Profil (vypouklý...)
- Okraje (výběžky..)
- Povrch (hladký, drsný)
- Konzistence (suchá...)
- Průhlednost
- Vůně/zápach
- Okolí kolonie

To vše ale pouze v případě, že se podařilo rozočkováním získat jednotlivé kolonie. Tam, kde je hustý nárůst, se většina těchto vlastností hodnotit nedá.

Pevné půdy



Foto: archiv MiÚ

Existují různé typy pevných půd

- **Diagnostické půdy** – roste "kdeco, ale různě" (krevní agar, VL krevní agar)
 - Chromogenní půdy – zvláštní druh diagnostických půd
- **Selektivní půdy** – roste "jen málo co" (krevní agar s 10 % NaCl pro kultivaci stafylokoků)
- **Selektivně diagnostické půdy** – např. Endova (rostou tam jen některé G– bakterie = selektivita + rozlišení bakterií podle štěpení laktózy = diagnosticita)
- **Obohacené půdy** – k pěstování náročných baktérií (čokoládový agar, což je zahřátý krevní agar)
- **Speciální půdy** – mají své zvláštní určení (MH půda pro testy citlivosti kmene k antibiotikům)

Půdy diagnostické

- Nepotlačují růst žádného mikroba
- Zato díky svému složení **rozlišují mikroby podle určité vlastnosti**
- Příkladem je **krevní agar** ke sledování hemolytických vlastností a **VL krevní agar** (podobný, ale na anaeroby)
- Zvláštním případem půdy chromogenní a fluorogenní



Pevné selektivní půdy

- Účelem je **selektovat (vydělít) ze směsi bakterií** pouze určitou skupinu nebo skupiny
- Příkladem je **agar pro stafylokoky s 10 % NaCl**. *(Oproti 0,9 % u běžného agaru. Je logické, že na této půdě rostou právě stafylokoky. Jsou to totiž kožní bakterie, zvyklé na život v kůži, občas i zpocené a slané.)*
- Někdy je selektivnosti dosaženo přidáním antibiotika. **Krevní agar s amikacinem** je selektivní pro streptokoky a enterokoky

Příklad selektivně diagnostické půdy – Endova půda

Endova půda je selektivní jen pro některé gramnegativní tyčinky (selektivní vlastnost)



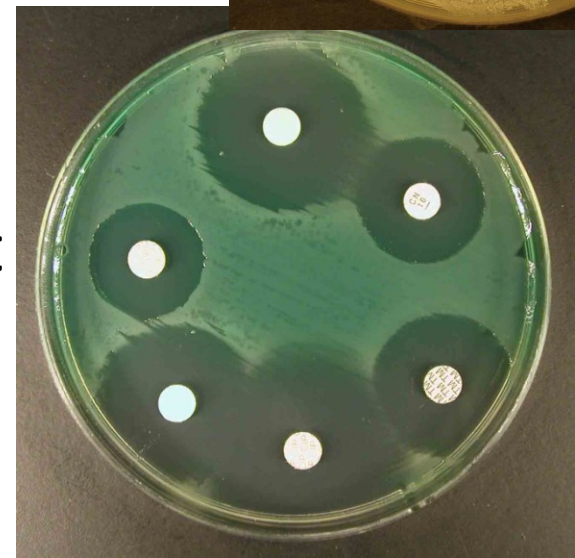
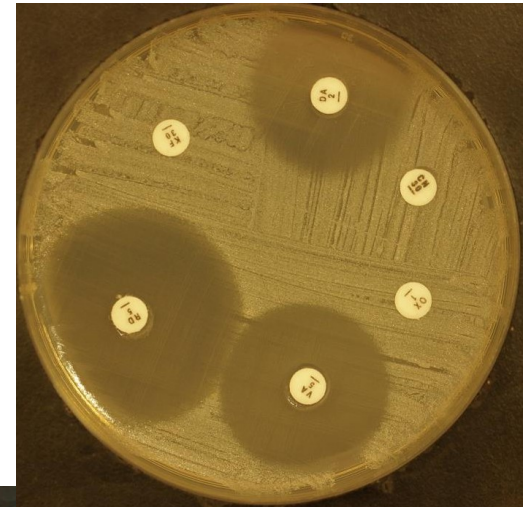
Endova půda umí také rozlišit bakterie podle toho, jestli dovedou štěpit laktózu, nebo ne (diagnostická vlastnost).

Půdy se používají i k testování citlivosti na antibiotika

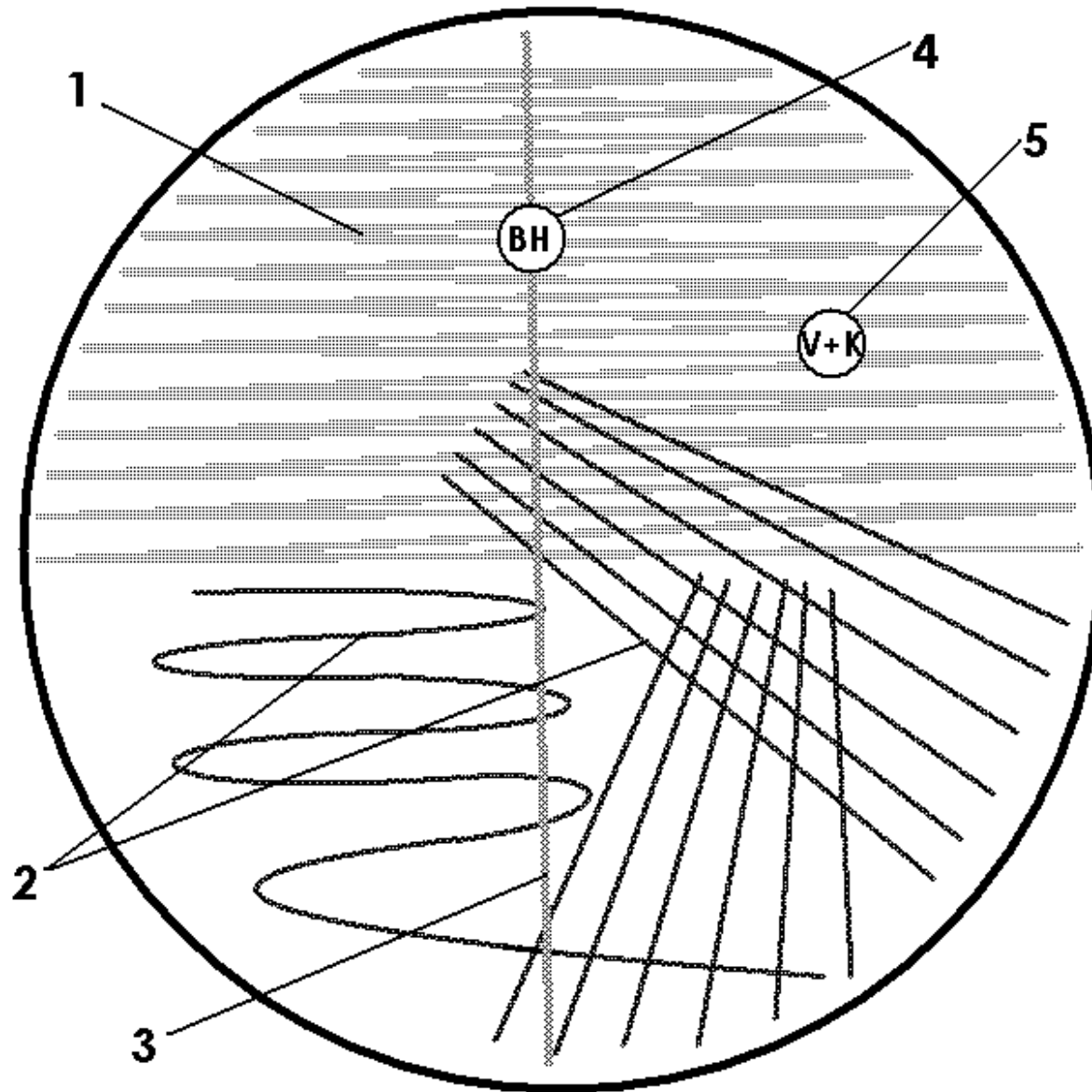
Foto: archiv
MiÚ

- V tomto případě se bakterie **naočkují po celé ploše** a na půdu se nakladou kulaté **papírky napuštěné jednotlivými antibiotiky (antibiotické disky)**. Antibiotika difundují agarem. Je-li kmen citlivý, vytvoří se zóna citlivosti.
- Nejčastěji se používá **bezbarvá MH půda**, na které je zároveň dobře vidět i pigmenty bakterií

Foto: archiv
MiÚ



Postup očkování výtěru z krku



1 očkováno tamponem

2 očkováno kličkou

3 stafylokoková čára

4 disk BH (bacitracin pro hemofily)

5 disk VK (vankomycin a kolistin pro meningokoky)

Na celé naočkované ploše pátráme po streptokokích (bezbarvé) a po stafylokokích (spíše bílé či zlatavé)

Výtěr z krku – reálný výsledek



Foto: archiv
MÚ

Pěstování anaerobních bakterií

Anaerobní bakterie nesnášejí kyslík. Musíme je tedy pěstovat ve speciální atmosféře bez kyslíku.



3. Biochemická (a jiná) identifikace kmenů

Biochemické identifikační metody

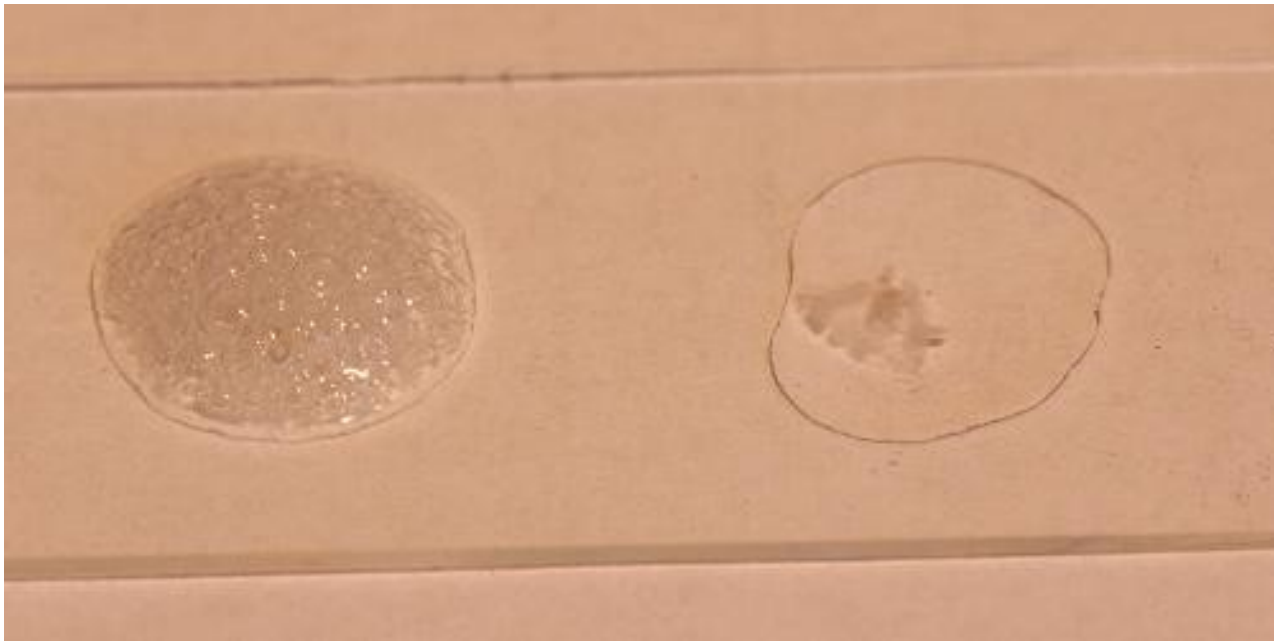
- Obecný princip je téměř vždy stejný: Bakterii předložíme určitý **substrát** a zkoumáme, zda ho bakterie pomocí svého enzymu změní v **produkt(y)**. Produkt(y) se musí lišit od substrátu **skupenstvím** či **barvou**. Neliší-li se, použijeme **indikátor**
- **Existuje přitom velké množství způsobů technického provedení tohoto typu testů.**
- *I mezi savci jsou rozdíly: člověk neumí tvořit vitamin C, někteří savci ano. Nedivme se tedy, že existuje tolik rozdílů mezi bakteriemi.*

Možnosti praktického provedení

- **Rychlé testy (vteřiny až minuty)**
 - Katalázový test
 - Testy s diagnostickými proužky (oxidáza)
- **Testy s inkubací (hodiny až dny)**
 - Jednoduché zkumavkové testy
 - Složité zkumavkové testy
 - Sady jednoduchých zkumavkových testů
 - Testy v plastové destičce (miniaturizace)
 - Jiné testy (např. Švejcarova plotna)

Katalázový test

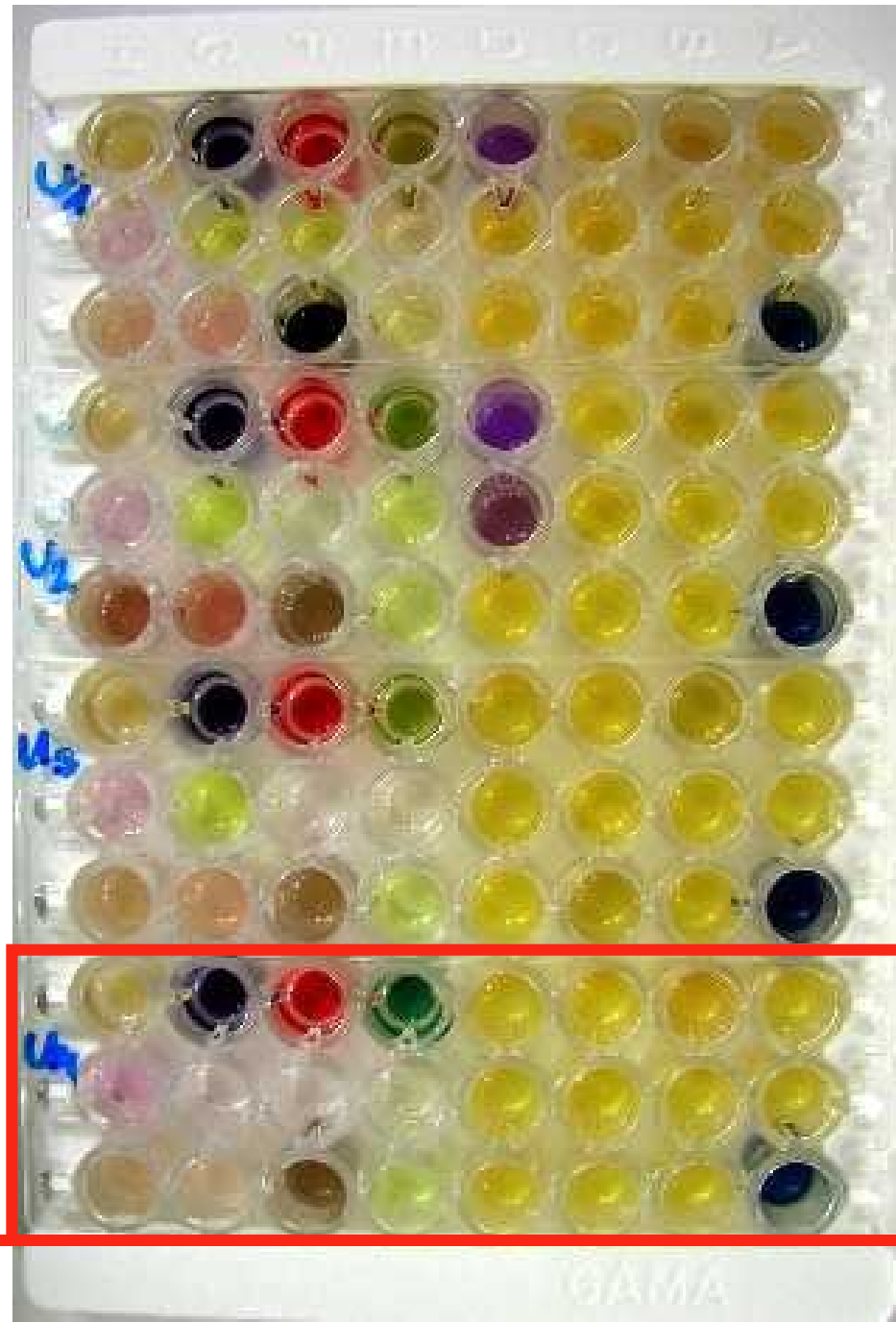
- **Katalázový test:** velmi jednoduchý, do substrátu (roztok H_2O_2) rozmícháme bakterie. Bublinky = pozitivita. **Princip:** $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- Foto: Veronika Holá, MiÚ



Moderní biochemické testy zahrnují i desítky reakcí

- Testy se dělají v důlcích plastových mikrotitračních destiček.
- Počet testů v sadách kolísá od sedmi až po více než padesát
- Liší se v technických detailech. Vždy je však substrát vysušený (případně lyofilizovaný), bakterie se nejprve rozmíchá ve fyziologickém roztoku nebo suspenzním médiu a pak se kape či lije do důlků

NEFERMtest 24 Erba
Lachema: do jednoho
rámečku lze vložit
čtyři trojřádky (čtyři
testy, určení čtyř
různých kmenů)



Další identifikační metody



- Ne všechny identifikační metody jsou založeny na principu substrát → produkt.
- K identifikaci kmene lze využít například typickou **citlivost na antibiotika**, **ovlivnění růstu** jedné bakterie druhou, růst při určitých **teplotách**, testování **pohybu** a podobně.
- V poslední době se prosazují nové metody, například **hmotová spektrometrie** typu MALDI-TOF, kde se hodnotí ionty vzniklé z proteinů typických pro jednotlivé druhy bakterií či kvasinek.
- Identifikace **antigenní analýzou kmene** bude probrána dále. Většinou se používá k **vnitrodruhové identifikaci** (např. odlišení tzv. EPEC od běžných *E. coli*)

4. Pokus na zvířeti



Pokus na zvířeti

Pokus na zvířeti býval důležitou součástí diagnostiky v začátcích mikrobiologie. Jsou už jen výjimečné případy, kdy se uplatní i dnes.

5. Průkaz nukleové kyseliny

Průkaz nukleové kyseliny



- **metody bez amplifikace nukleové kyseliny** (klasické genové sondy)
- **metody s amplifikací** (namnožením)
 - PCR (polymerázová řetězová reakce)
 - LCR (ligázová řetězová reakce)
- Principiálně se **použití v mikrobiologii neliší od použití jinde** (např. v genetice)
- Nevýhoda – **někdy jsou až příliš citlivé**, takže se prokáže každá molekula DNA, která mohla třeba „přilétnout odněkud zvenčí“. Citlivost se dnes ale dá omezit.

6. Průkaz
antigenu +
průkaz
protilátky

Metody založené na interakci antigen – protilátka

- O **antigenech a protilátkách** bude ještě řeč, až se budou probírat základy imunologie.
- Prozatím si pouze představíme v hrubých rysech **mikrobiální antigen a protilátku proti němu**, abychom si pak ukázali, jak se jejich vzájemná interakce využívá v diagnostice

Co je to antigen (Ag)

Antigen je **struktura na povrchu mikroba** (ale i třeba pylového zrnka či zvířecího chlupu), které tělo provokuje k tvorbě protilátek

Antigen **se dá prokázat pomocí protilátky**, která se proti němu vytvořila například u zvířete

Co je to protilátka (Ig = imunoglobulin)

Protilátka je **bílkovina, imunoglobulin, produkt imunitního systému člověka** (nebo zvířete).

Protilátka **se dá prokázat pomocí specifického antigenu**, proti kterému se vytvořila

Serologické metody (založené na interakci antigen – protilátka)

- **pracují s reakcí antigen – protilátka** (za vzniku komplexu); vzájemně se liší způsobem detekce komplexu antigen – protilátka
- **při stejném principu metod se dají využít pro průkaz antigenu** (pomocí zvířecí protilátky) **i pro průkaz protilátky v těle pacienta** (pomocí antigenu mikroba, nebo i celého mikroorganismu)

Jak si to představit

- Neznámý klíč mohu zkoušet strkat do různých zámků, abych zjistil, ke kterému z nich se hodí: **testuji klíč pomocí různých zámků**
- Neznámý zámek mohu zkoumat tak, že do něj zkouším strkat různé klíče, abych zjistil, který klíč se k němu hodí: **testuji zámek pomocí různých klíčů**
- **Přitom není pochyb, že zámek je něco úplně jiného než klíč!**

Serologická reakce v praxi

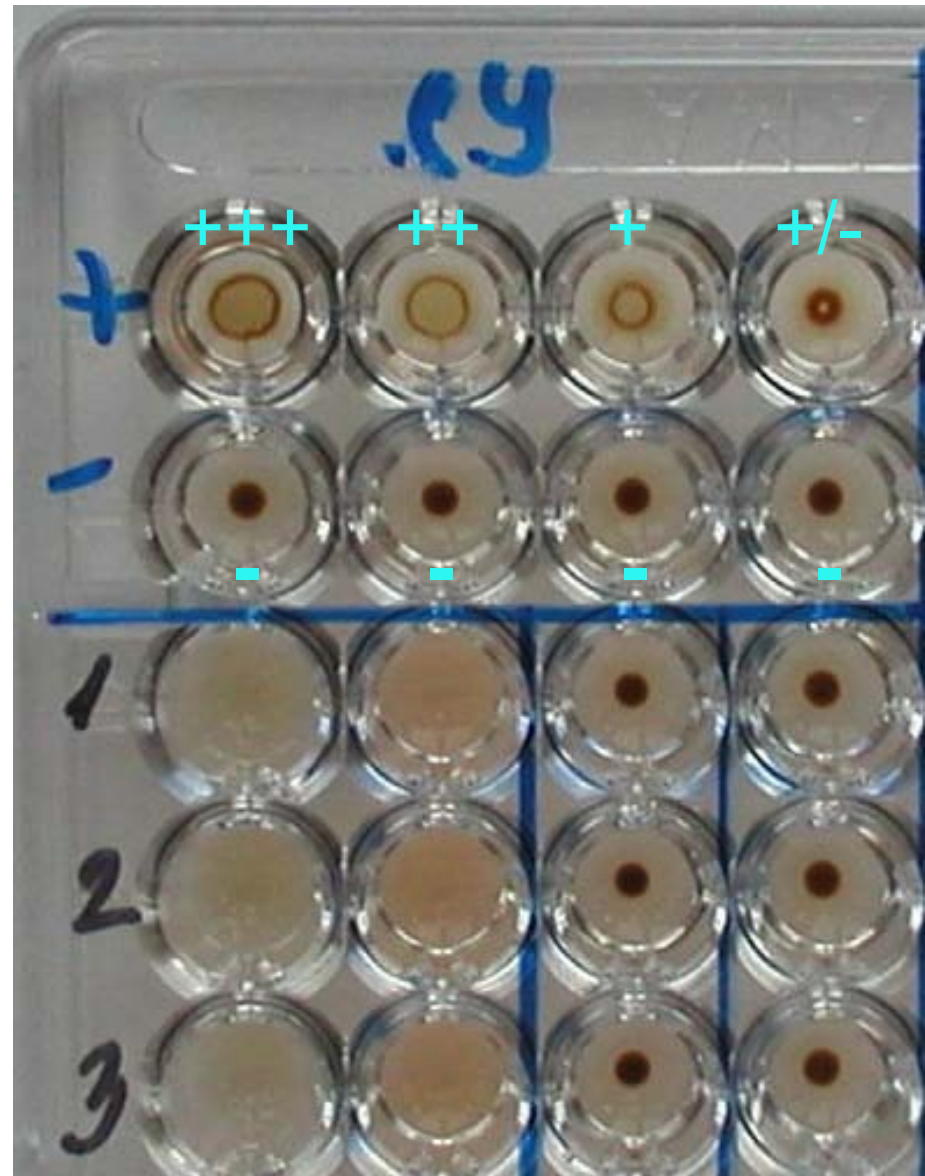
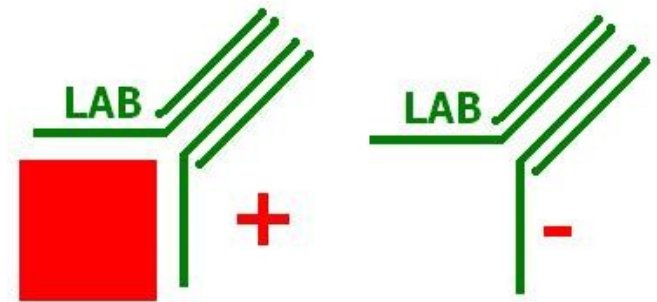


Foto: archiv MiÚ

Protilátku antigenem, nebo antigen protilátkou?

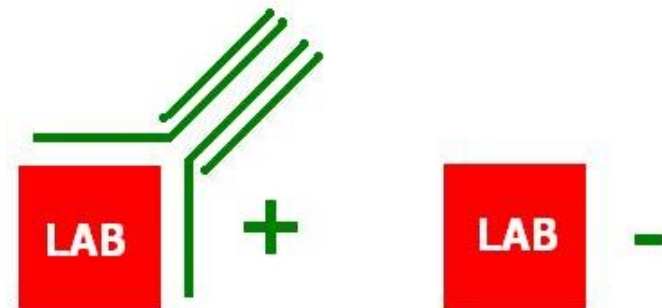
Průkaz antigenu: laboratorní protilátky (zvířecího původu) + vzorek pacienta nebo kmen mikroba.

Přímá metoda



Průkaz protilátky: laboratorní antigen (mikrobiální) + sérum (výjimečně sliny, likvor) pacienta

Nepřímá metoda



Přímý a nepřímý průkaz: Různé vzorky

- **Průkaz antigenu ve vzorku** je přímou metodou, stejně jako třeba kultivace či mikroskopie. Jako **vzorek** tedy použijeme to, v čem předpokládáme nález mikroba: **u meningitidy mozkomíšní mok, u střevních nákaz stolici apod.** Nebo použijeme kmen, který jsme z takového vzorku izolovali (pak jde o **antigenní analýzu kmene**)
- **Průkaz protilátek** je metodou nepřímou. Až na naprosté výjimky hledáme protilátky v jednom jediném typu vzorku: **v séru**

Průkaz antigenu a antigenní analýza

- **V rámci průkazu antigenu** (tedy přímého průkazu) lze tedy dále rozlišit dva podtypy:
 - **Přímý průkaz antigenu ve vzorku**, například ve vzorku mozkomíšního moku
 - **Antigenní analýza (identifikace) kmene**, izolovaného ze vzorku (například kmene meningokoka)
- U **nepřímého průkazu** naopak vždy pracujeme se vzorkem, a to **se vzorkem séra**, jak již bylo uvedeno

Serologická laboratoř



Foto: archiv MÚ

Čerstvá, nebo dávno prodělaná nákaza?

- Po nákaze přetrvávají protilátky dlouhodobě, někdy celoživotně. Samotný nálezn protilátek tedy tolik neznamena. Pro rozlišení čerstvé x dávno prodělané nákazy se používá:
 - **zjištění množství protilátek** (jako tzv. titru) a **změna tohoto množství v čase** (dynamika titru; za významnou se považuje čtyřnásobná změna, anebo tzv. serokonverze = v prvním vzorku ještě protilátky nejsou, ve druhém ano)
 - **rozlišení protilátek třídy IgM a IgG** (jen u některých novějších reakcí je to ovšem možné)
 - **stanovení tzv. avidity** (síly vazby protilátek)

Průběh protilátkové odpovědi

- **Akutní infekce:** velké množství protilátek, převážně třídy IgM 1
- **Pacient po prodělané infekci:** malá množství protilátek, hlavně IgG (imunologická paměť)
- **Chronická infekce:** různé možnosti 2



Ukázka serologické reakce ELISA

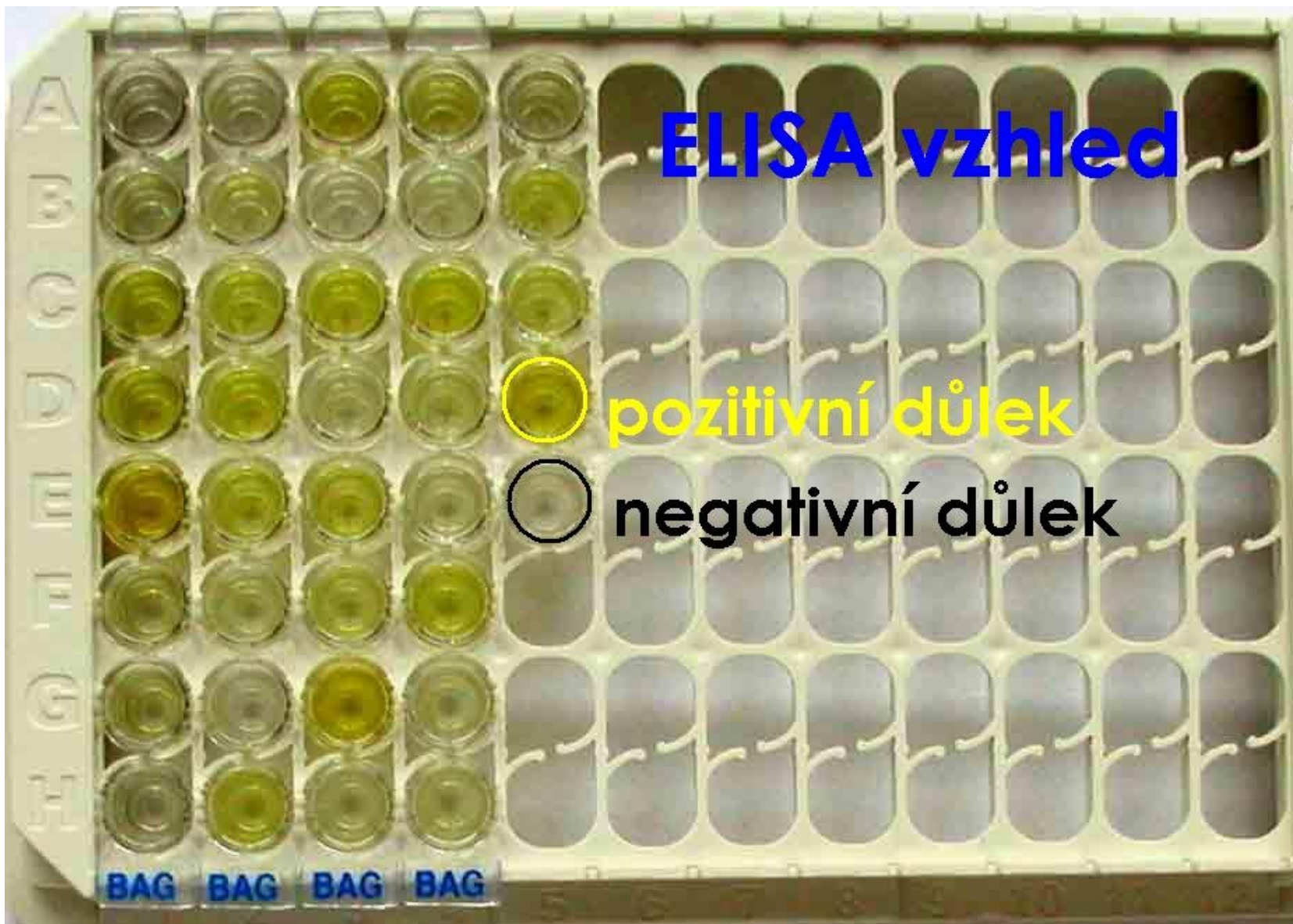


Foto: archiv MÚ

Přehled sérologických metod

- Precipitace (nejstarší a nejjednodušší)
- Aglutinace (a aglutinace na nosičích)
- Komplementfixační reakce (KFR)
- Neutralizace (ASLO, HIT, VNT)
- Reakce se značenými složkami:
 - Imunofluorescence (IMF)
 - Radioimunoanalýza (RIA)
 - Chemiluminiscenční analýza (CLIA, CMIA)
 - Enzymová imunoanalýza (EIA, ELISA)
 - Immunoblotty (= zvláštní případ EIA)
 - Imunochromatografické testy

Principy jednotlivých metod

- **Aglutinace a precipitace:** komplex Ag – Ig je viditelný. U precipitace se použije samotný Ag, u aglutinace je Ag navázán na částici
- **Komplementfixace:** složitá reakce s využitím jedné složky imunitního systému – komplementu (užívá se morčecí komplement)
- **Neutralizace:** využití přirozené schopnosti protilátek neutralizovat účinek viru či toxinu
- **Reakce se značenými složkami:** postupné navazování na povrch, co se neodplaví, zůstane a je detekováno

Rozdíl mezi staršími a novějšími metodami

- **Starší metody** (aglutinace, komplementfixace, neutralizace) neumějí rozlišit protilátky třídy IgG a IgM. Proto je tu nutno odebírat dva vzorky séra a sledovat dynamiku titru. Důležité je na žádanku uvést datum prvních příznaků a údaj, zda jde o I. či II. vzorek séra!
- **Novější metody** toto nepotřebují. Titry se nezjišťují, u metody ELISA se zato zjišťují hodnoty absorbance, odpovídající intenzitě reakce (množství molekul, které reagovaly). Většinou se u těchto metod neředí séra a neprobírá se dynamika titru

Příklady interpretace serologických reakcí – 1

Těhotná pacientka má IgG protilátky proti toxoplasmóze, IgM je negativní

Znamená to, že toxoplasmózu prodělala (možná i bezpříznakově) a teď už není nemocná, ale je chráněná. Je na tom tedy lépe, než kdyby protilátky neměla

Pacient má protilátky proti klíšťové encefalitidě v prvním vzorku 1 : 10, ve druhém 1 : 160

Pravděpodobně jeho potíže opravdu způsobil daný virus. Vzestup titru je 16×, to je významné (> 4×)

Příklady interpretace serologických reakcí – 2



Ivana má protilátky proti chřipce, v prvním vzorku 1 : 10, ve druhém 1 : 20

Nejspíš je to jen náhoda, Ivana asi chřipku kdysi prodělala, ale nepůjde o akutní stav. Možné je odebrat ještě třetí vzorek

Pacient nemá vůbec žádné protilátky proti borelióze, ačkoli potíže odpovídají této nemoci

Pacient asi má boreliózu, ale ještě se nestihly vytvořit protilátky. Pokud jsou příznaky typické, je třeba ho léčit, a vzorek séra odebrat znovu.

Závěr: Práce
laboratoře
v praxi

Práce laboratoře v praxi

- Do laboratoře **přijde vzorek**
- K **nepřímému průkazu** jsou přijímány **vzorky séra** (kde hledáme protilátky)
- K **přímému průkazu** jsou přijímány **vzorky z těch míst na těle, kde předpokládáme infekci:**
nejčastější jsou výtěry z krku a nosu, vzorky moče a stolice, ale někdy přijde i třeba kousek srdeční chlopně odebraný při operaci

Proces mikrobiologického vyšetřování – na všem záleží!!!

KLINICKÉ PRACOVNÍŠTĚ

LABORATOŘ

Indikace vyšetření – zda, jaké

Vlastní provedení odběru

Transport materiálu

Rozhodnutí, jak zpracovat

Vlastní zpracování materiálu

Zaslání výsledku

Interpretace v kontextu ostat. výsledků a stavu pacienta (léčit vždy **pacienta**, ne **nález**)

Na sledanou za týden!

Výsledek vyšetření
Pacient: Kristýnka
Nález: Klebsiella pneumoniae
Citlivost:
Citlivá na Fñ, Kš, Vž
Rezistentní na Bž, Pš, Xñ

Fñ 100 mg
3x denně tbl

