

# **IMUNOCHEMIE**

**Ludmila Zajoncová**

# LITERATURA:

**M. Ferenčík: Imunochémia**  
**ALFA Bratislava (1989)**

**R.A. Goldsby: Immunology 5.vydání**  
**W.H.Freeman and Company**  
**New York (2003)**  
**1. Vydání (1992)**

**M.Ferenčík, B. Škárka: Biochemické**  
**laboratorné metódy**  
**Alfa Bratislava (1981)**

**Pingoud A., Urbanke C., Hoggett J., Jeltsch A.**  
**Biochemical Methods**  
**Wiley-VCH, Weinheim (2002)**

## Podmínky pro splnění předmětu Imunochemie

**test z imunochemie (40 otázek)**

**napsat na 65 %**

**odpovědět alespoň 26 otázek správně**

<b>40-38</b>	<b>A</b>
<b>37-35</b>	<b>B</b>
<b>34-32</b>	<b>C</b>
<b>31-29</b>	<b>D</b>
<b>28-26</b>	<b>E</b>
<b>25-0</b>	<b>F</b>

# Definice imunochemie

**1907**

Arrhenius charakterizoval imunochemii jako vědu „o **chemických reakcích látek**, které vznikly po injekci cizích látek do krve zvířat, nebo-li po jejich imunizaci.

Produkty imunizace reagují s těmito cizími látkami podobně jako proteiny nebo enzymy, na základě svých chemických vlastností“

**Dnešní definice:**

Imunochemie zkoumá chemii antigenů a protilátek a mechanismus jejich interakce.

## Struktura přednášek

- ❖ Úvod do imunologie a imunochemie
- ❖ Antigeny
- ❖ Protilátky
- ❖ Vztah antigen-protilátka
- ❖ Příprava poly a monoklonálních protilátek
- ❖ **Imunochemické metody:**
  - sérologické
  - imunodifúzní
  - elektroforetické
  - radioimunoanalýza
  - enzýmová imunoanalýza
  - fluorescenční a luminiscenční analýza
  - imunosenzory
  - histoimunochemie

# Imunochemie je mezioborová věda: imunologie x chemie

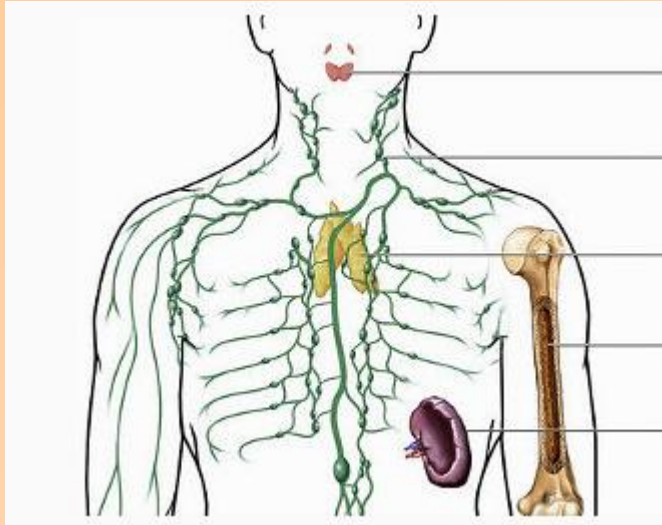
**další obory:**

**molekulární biologie, mikrobiologie, biochemie,  
biofyzika**

**medicínské obory, genetika aj.**

**Moderní imunochemie je součástí imunologie, ale její výsledky a metodické postupy tvoří samostatný celek, z kterého čerpají i jiné vědní obory.**

# Jak funguje imunita a co jí může ovlivnit?



mandle

lymfatické uzliny

brzlík

kostní dřeň

slezina

**Imunita je schopnost organismu bránit se proti chorobám (bránit se virům, bakteriím a také nádorovým buňkám)**

**Imunitní systém u savců**

**(slezina, lymfatické uzliny, kostní dřeň, brzlík a dále lymfocyty, protilátky, imunohormony)**

## **Když imunita nefunguje...**

- **zvýšená únava**
  - **chronické potíže**
  - **častá nemocnost**
  - **kožní projevy**
- (malé děti, osoby starší 60 let, stres, deprese, fyzická námaha)**

## **Posílení imunity**

- **přestěhovat se na venkov**
- **zdravý životní styl (strava)**
- **pravidelný pohyb**
- **dostatek spánku, dostatek odpočinku**
- **otuzování**



## Zvýšení obranyschopnosti organismu imunizace



**aktivní: očkování, vakcinace (oslabený původce onemocnění)**

**pasivní: očkování přímé vkládání protilátek do organismu**

## Autoimunita a alergie

**Autoimunita:** IS poškozují vlastní organismus tak, že reaguje na vlastní struktury (roztroušená skleróza, celiakie, revmatoidní artritida).

**Alergie:** Porucha IS, kdy organismus reaguje na neškodnou látku (rýma, kašel, vyrážka, únava).



## Praktické využití imunochemie v klinické biochemii

- vyšetření hormonů
- těhotenské testy
- metabolika
- rakovinné markery
- srdeční markery
- thyridy
- funkce ledvin
- EVB
- léky
- alergeny
- jaterní fibrosa
- kostní metabolismus

# Historie imunologie

Vědní obor **imunologie**

vychází z poznání, že jedinci, kteří se uzdravili z určité nemoci, byli následně chráněni proti této nemoci

latinsky: *immunis*

anglicky: *immunity*

znamená: **stav ochrany před infekční nemocí**

430 l.p.n.l.

Peloponéské války: mor v Athénách  
kdo se nakazil morem a uzdravil, už znovu  
neonemocní

15. století

Číňané a Turci

suché strupy z pravých neštovic vdechovali  
**VARIOLACE**

1718

Paní May Wortley **Montagu** (Konstantinopol)  
pokusy na vlastních dětech

1721

zavedla první očkování proti pravým  
neštovicím

1798

**Edward Jenner**

ochrana před **PRAVÝMI NEŠTOVICEMI**  
dojičky kravské neštovice  
osmiletý chlapec James Phipps  
metoda vakcinace



**1881**

## **Louis Pasteur**

očkování kuřat drůbeží choleroou  
(živá kultura), kultura slábla a kuřata se  
uzdravila

**Vaccine - vakcína** (zeslabená kultura bakterií)

**Louis Paster** rozšířil závěry na další nemoci:  
vakcinalizoval skupinu ovcí oslabenými  
bakteriemi sněti (*Anthrax bacillus*)

**1885**

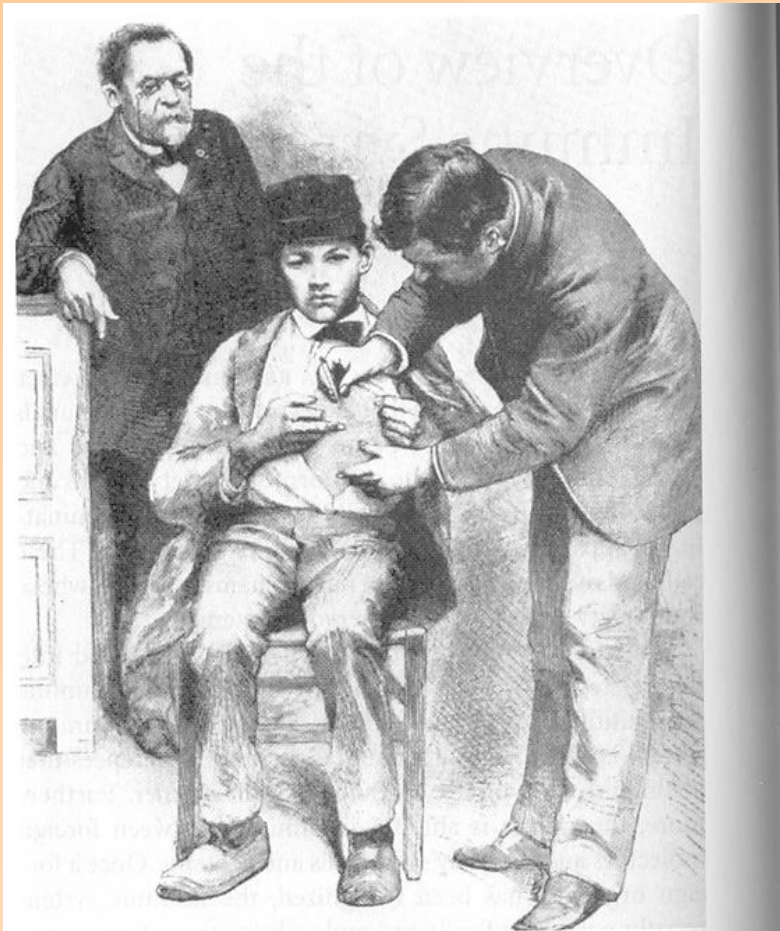
## **1. vakcína podaná člověku - Pasteur**

vir proti vzteklině

Pasteur vakcionaci prováděl, **ale nevěděl proč**

Rozšířil znalosti i na další nemoci:  
antrax, slepičí cholera, prasečí mor

zeslabený kmen bakterií = VACCINE (vacca-kráva)



**1. Vakcína podaná člověku:  
chlapec Joseph Meisner  
viry proti vzteklině**

**Louis Pasteur prohlíží Joseph Meister po vakcíně  
proti vzteklině**

**1890**

**Emil von Behring**

**Shibasaluro Kitasako** (záškrt – difterie)

Sérum z očkovaných zvířat do neočkovaných  
pochopili princip imunity

**1901**

Získali za tyto výzkumy Nobelovu cenu

Aktivní komponenta séra by mohla neutralizovat  
toxin (srážet nebo aglutinovat).

Tato komponenta byla nazvána antitoxin,  
precipitát nebo aglutinát.

**30. léta**

**Elvin Kabat** frakce odpovědnou

za imunitu v lidské tekutině

gamma-globulin (imunoglobulin) humors,

**protilátky**

**Humorální imunita**

**1883**

Ještě před objevením humorální imunity:

**Elie Metchnikoff** (Nobelova cena 1909)

pozoroval bílé krvinky (fagocyty), které byly schopny spolknout (usmrtit)

mikroorganismy (cizí materiál).

Fagocyty byly aktivnější u zvířat, která byla imunizována.

Označil fagocyty za hlavní vykonavatele imunity (monocyty, neutrofily).

**Buněčná imunita**

**ve 40. léta**

**Merril Chase** (tuberkulóza guinejských prasat) dokázal

přenos imunity do organismu pomocí bílých krvinek (buněčná imunita)

**v 50. léta**

**Lymfocyty** (technika tkáňových kultur)

objeveny buňky odpovědné za obě imunity (humorální i buněčná imunita)



**Bruce Glick**

**Státní univerzita v Mississippi  
dokázány 2 typy lymfocytů:**

**T-lymfocyty**

**získané z thymusu (brzlíku)  
buněčná imunita**

**B-lymfocyty**

**z Fabriciovy burzy (u ptáků)  
humorální imunita**

**Humorální x Buněčná imunita:**

**Oba systémy jsou spojeny a jsou nutné  
pro imunitní odpověď.**

**TABLE 1-1** Nobel Prizes for immunologic research

Year	Recipient	Country	Research
1901	Emil von Behring	Germany	Serum antitoxins
1905	Robert Koch	Germany	Cellular immunity to tuberculosis
1908	Elie Metchnikoff Paul Ehrlich	Russia Germany	Role of phagocytosis (Metchnikoff) and antitoxins (Ehrlich) in immunity
1913	Charles Richet	France	Anaphylaxis
1919	Jules Border	Belgium	Complement-mediated bacteriolysis
1930	Karl Landsteiner	United States	Discovery of human blood groups
1951	Max Theiler	South Africa	Development of yellow fever vaccine
1957	Daniel Bovet	Switzerland	Antihistamines
1960	F. Macfarlane Burnet Peter Medawar	Australia Great Britain	Discovery of acquired immunological tolerance
1972	Rodney R. Porter Gerald M. Edelman	Great Britain United States	Chemical structure of antibodies
1977	Rosalyn R. Yalow	United States	Development of radioimmunoassay
1980	George Snell Jean Dausset Baruj Benacerraf	United States France United States	Major histocompatibility complex
1984	Cesar Milstein Georges E. Köhler	Great Britain Germany	Monoclonal antibody
	Niels K. Jerne	Denmark	Immune regulatory theories
1987	Susumu Tonegawa	Japan	Gene rearrangement in antibody production
1991	E. Donnall Thomas Joseph Murray	United States United States	Transplantation immunology
1996	Peter C. Doherty Rolf M. Zinkernagel	Australia Switzerland	Role of major histocompatibility complex in antigen recognition by T cells

# Význam imunitního systému

Pro vznik života jsou potřebné  
3 základní mechanismy:

- ❖ **získání volné energie** a její transformace do formy, která bude pohánět biochemické reakce (biokatalýza)
- ❖ **přepis a přenos genetické informace** (transkripce a replikace)  
(biochemie, biofyzika, molekulární biologie)
- ❖ **získání informace** z vnějšího i vnitřního prostředí, jejich logické zpracování a regulace životně důležitých procesů.  
(biochemie, neurologie, endokrinologie, imunologie)

## Informační systémy živých soustav:

- ❖ chemický (humorální)
- ❖ elektrochemický (nervový)
- ❖ imunochemický (imunitní)

**Příjem informací je důležitý pro živou soustavu, buňku i jednotlivce, neboť zabezpečuje adaptaci na vnější i vnitřní prostředí.**

## Humorální systém

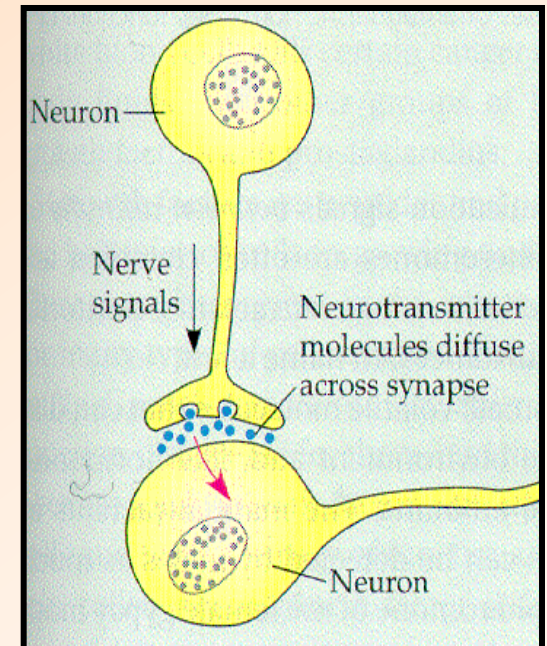
**Nejstarší, nejprimitivnější  
během fylogenetického vývoje se dostal  
na vyšší úroveň.**

**enzymy-substráty-inhibitory,  
induktory-receptory, hormony,  
feromony, mediátory**

# Nervový systém

Od červů a členovců se objevuje.  
Základem je nervová buňka-**neuron**.

(Lidský mozek váží 1400 g a obsahuje  $10^{10}$  neuronů, které jsou propojeny do síťových okruhů. Spojení se uskutečňuje elektrickými impulsy a speciálními chemickými látkami- neurotransmitery a neuroendokrinními peptidy.)



## Imunitní systém

**Základem je rozpoznání „vlastního od cizího“  
Důsledkem je rozpoznání a odvržení  
tkání a buněk geneticky různých jedinců.  
Způsobují to speciální znaky na povrchu buněk -  
**tkáňové antigeny.****

**(typické pro každého jedince a jsou produktem genů  
sdružených do hlavního histokompatibilního  
komplexu)**

## Co je to imunitní systém?

**Difúzní orgán (u dospělého člověka 1000 g)**

- složený:**
- $10^{12}$  lymfocytů (druh bílých krvinek)
  - přídatné buňky (makrofágy atd.)
  - $10^{20}$  molekul protilátek (Ig)
  - miliony molekul výkonných a regulačních látek (imunohormony)
  - složky komplementu
  - mikrobicidní a cytotoxické buňky

**Lymfocyty kolují v krvi v lymfě nebo se sdružují v primárních a sekundárních lymfoidních orgánech.**



## Reakce imunitního systému (imunitní odpověď)

- ❖ prospěšná (vzniká imunita)
- ❖ škodlivá (imunopatologické reakce)

## Funkce imunitního systému

- ❖ imunologický dohled (surveillance)
- ❖ obrana před patogenními mikroorganismy  
(bakterie, plísně, kvasinky a viry)

## Imunologický dohled (surveillance)

**Lymfocyty a protilátky** se dostávají (krev, lymfa) do všech tkání v organismu a rozpoznávají vlastní od cizího.

Vyloučí nádorové, poškozené, opotřebované buňky a také buňky z geneticky odlišného jedince.

Zabezpečuje dodržení dokonalého, bezchybného složení buněk podle určitého **genomu**.

**Rozlišení vlastního od cizího**

**Protilátky nerozpoznávají celé buňky, ale jen určitá místa na jejich povrchu**

**Determinantní skupiny = Determinanty**

**Jerne N.K.: Epitopy**

**Molekula, která obsahuje determinanty = Antigen.**

**Protilátka se nenaváže na determinantní skupiny celým povrchem, ale jen vazebným místem = Paratop.**

**Antigen - epitop**

**Protilátka - paratop**

**Protilátky –heterogenní populace glykoproteinových molekul**

**Protilátky se nacházejí:**

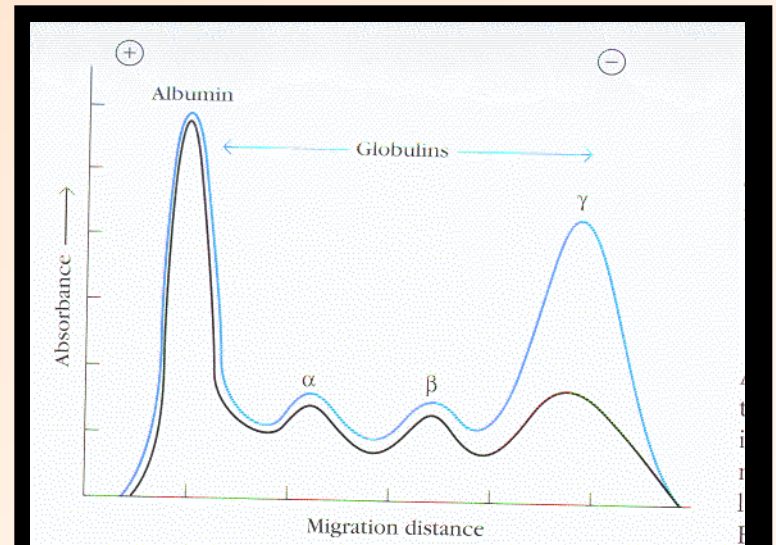
- ❖ krevní sérum
- ❖ další tělesné tekutiny
- ❖ intracelulární prostor
- ❖ cytoplazmatická membrána B lymfocytů

**Elektroforéza krevního séra:**

**protilátky = gama-globulinová frakce**

**Imunoglobuliny**

**Frakcionace krevního séra pomocí  
stejnosměrného proudu**



**Lymfocyty a protilátky se také rozpoznávají vzájemně. Celý imunitní systém (IS) tvoří „sít“ do které se zachytí všechno „cizí“ nebo „pozměněné“.**

**IS kontroluje vlastní i cizí buňky a molekuly.**

**Cizí nebo pozměněné struktury zaznamenává jako **antigeny**.**

**To vede k jejich označení, vychytání a odstranění z organismu.**

## Proč vznikl imunitní systém?

### Polymorfismus:

Lidé a vývojově nejvýše stojící živočichové podoba morfologická, chemickou stavbou těl ale

každý jedinec má neopakovatelné chemické složení dané genetickým vybavením **genomem**. Genetická variabilita zvyšuje pravděpodobnost přežití určitého druhu.

Každá jaderná buňka obsahuje genetický materiál, který určuje všechny fenotypové znaky druhu.

Vyšší organismus se brání splynutí s jiným.

Nelze volně přenést transplantovat orgány, protože jinak by se vlastnosti jednotlivce neurčovali podle genetických zákonů, ale nahodile.

## Úvod do imunologie

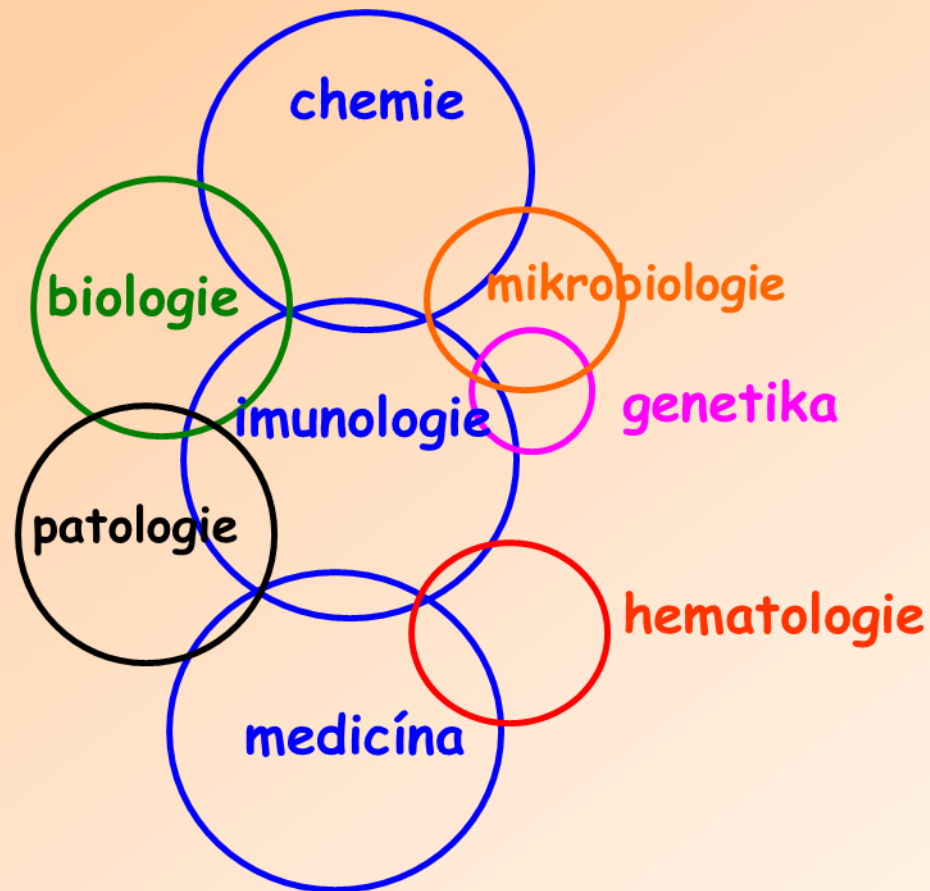
biologické vědy **imunologie** medicínské vědy

zkoumá buněčné a molekulové reakce v organismu člověka a zvířat, které vznikají po rozpoznání cizorodých antigenů imunitním systémem

Soubor těchto reakcí: **imunitní odpověď**

imunitní odpověď: **-prospěšná** (proti nemocem)  
**-indiferentní**  
**-škodlivá** (přecitlivělost)

# Propojení imunologie s jinými vědními obory





**Imunitní odpověď mohou indukovat nejen cizí, ale i **vlastní** antigenově pozměněné buňky a molekuly, které jsou potom rozpoznávány jako cizí.**

- ❖ prospěšnou imunitu (protinádorová imunita)**
- ❖ škodlivou imunitu (autoagresivní choroby)**

## Počátek imunitní odpovědi (IO):

Interakce antigenu s antigensenzitivními (imunokompetentními buňkami).

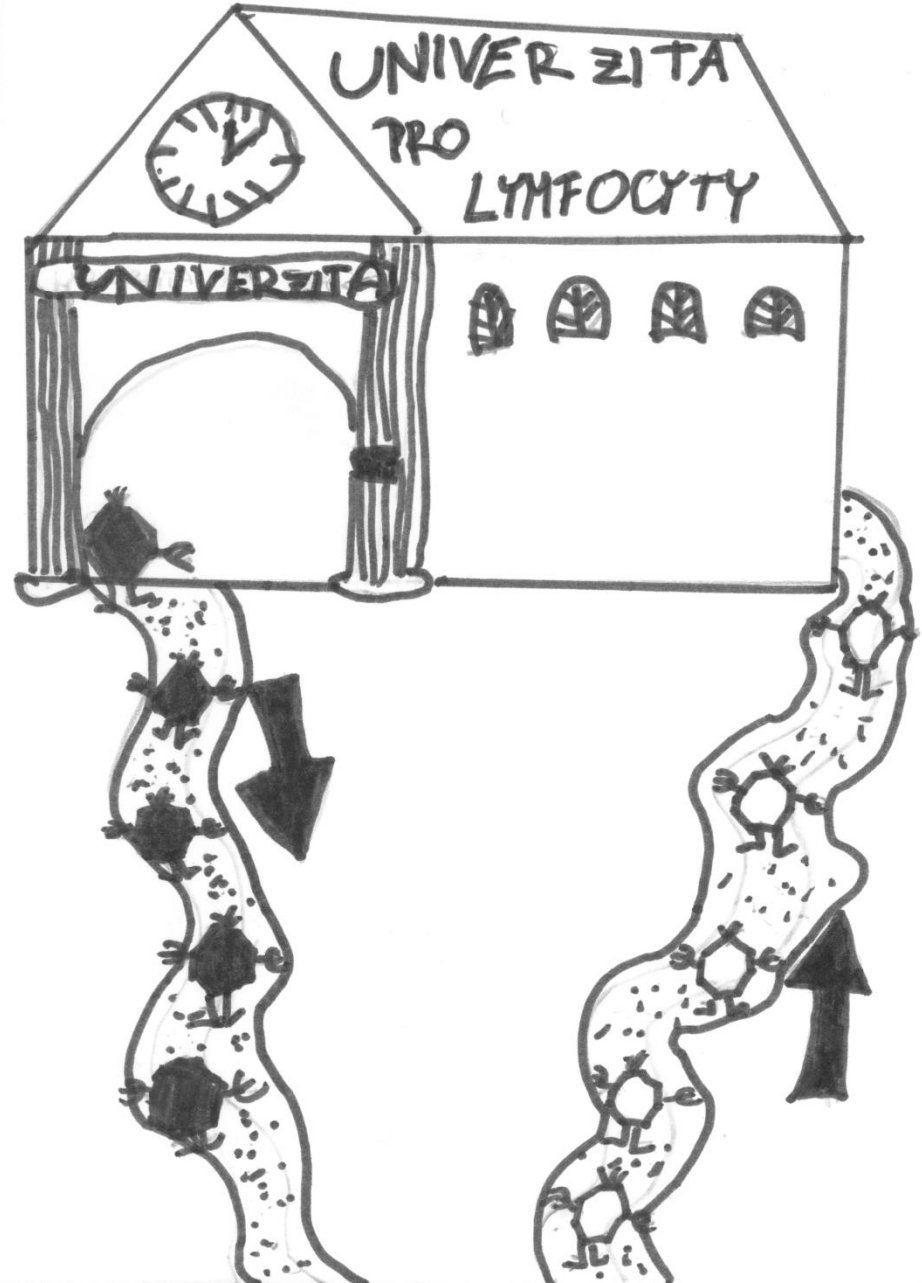
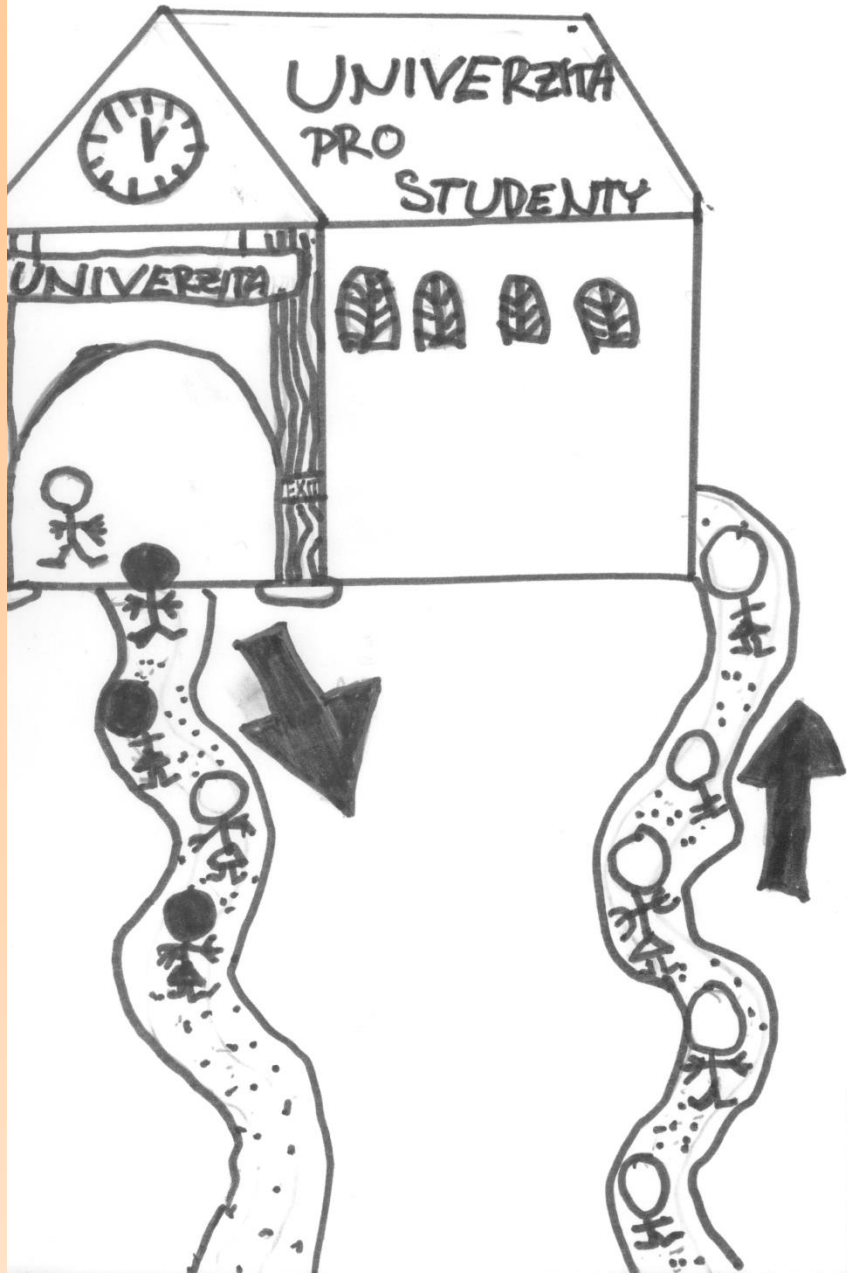
Určitá populace **lymfocytů**,

které mají na svém povrchu antigenové receptory.

**Imunokompetenci** získávají lymfocyty během svého vývoje v primárních lymfoidních orgánech.

**K. NOUZA** je přirovnává k univerzitám  
(náročné studium, přísné zkoušky)

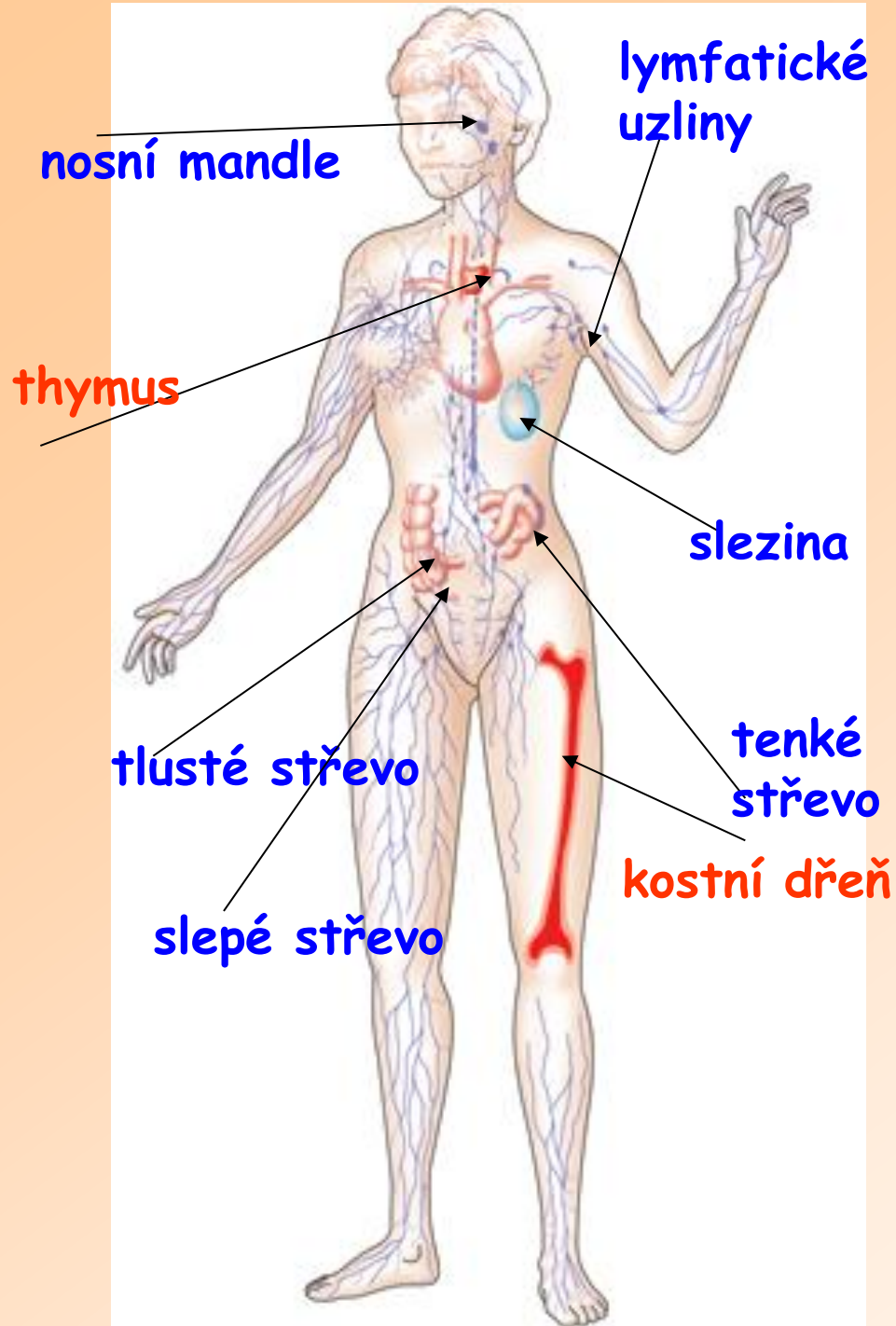
**Imunokompetence** je schopnost lymfocytů rozpoznat antigen a odpovědět na něj specifickým způsobem.



## Primární lymfoidní orgány u obratlovců:

- ❖ Thymus (brzlík) **T-lymfocyty**
- ❖ Fabriciova burza u ptáků nebo její ekvivalent u savců (kostní dřeň) **B-lymfocyty**

**Lymfocyty se usazují (po získání imunokompetence) v sekundárních nebo periferních lymfoidních orgánech (lymfatické uzliny, slezina, některé shluky lymfatické tkáně) nebo cirkulují v krevním nebo lymfatickém řečišti.**



## Lymfoidní orgány:

### primární:

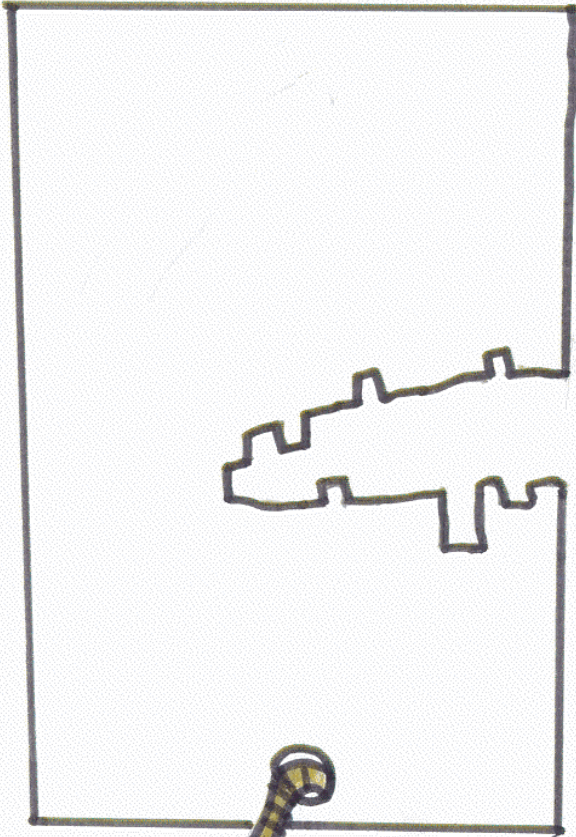
thymus, kostní dřeň  
(značeny červeně)

### sekundární orgány:

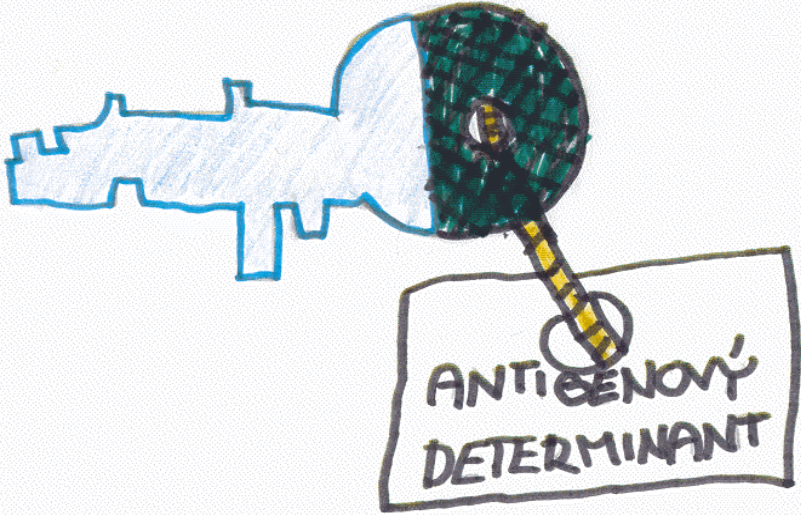
slezina, lymfatické uzliny  
sliznice, lymfoidní tkáně  
(značeny modře)

**Antigenové receptory** se nacházejí na povrchu  
B- a T-buněk (lymfocytů)

- ❖ **Glykoproteiny**, jedním koncem zakotvené do fosfolipidové dvojvrstvy cytoplazmatické membrány, druhý konec trčí z buňky ven.
- ❖ **Vazebné místo** - část molekuly receptoru, která vyčnívá z povrchu lymfocytu a má **komplementární strukturu** k určitému antigenovému determinantu.
- ❖ **Specifičnost vazby**  
Antigenový determinant se může navázat jen na jeden antigenový receptor.  
(Jeden klíč k zámku)



ANTIGENOVÝ  
RECEPTOR



ANTIGENOVÝ  
DETERMINANT

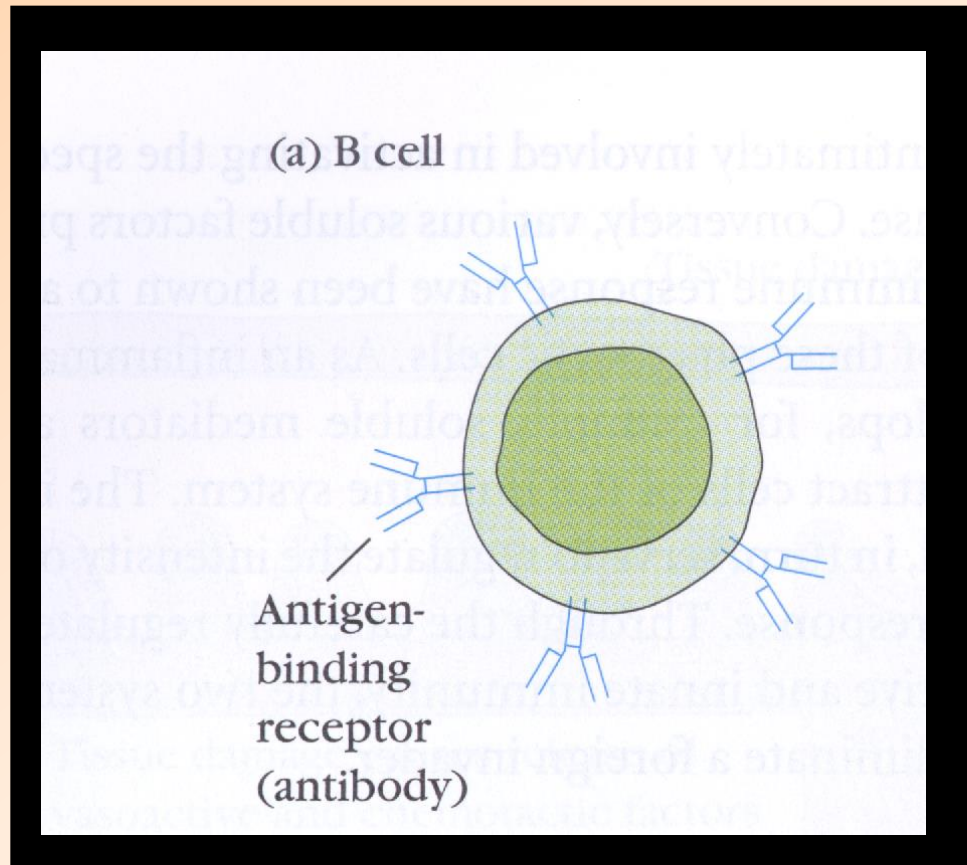
**Vazebných míst** je mnoho milionů typů (tolik kolik je antigenových determinantů)  
Na **jednom** lymfocytu je **jeden** typ receptoru se stejným vazebným místem.  
V celkovém počtu lymfocytů, které kolují v organismu, je každého jednotlivého typu jen pár (několik stovek), které mají receptory tím samým vazebným místem.

- ✓ jeden lymfocyt s receptory určité specifiky neváže jen antigeny s přesně komplementárními determinanty, ale i determinanty **podobné struktury**.
- ✓ **Pevnost vazby** je tím slabší, čím méně přesné jsou determinanty.



## Antigenové receptory na povrchu B-buněk

Molekuly protilátek (imunoglobuliny), které se při biosyntéze uvnitř buňky nedostaly ven přes cytoplazmatickou membránu, ale se do ní zabudovaly ve formě receptoru.

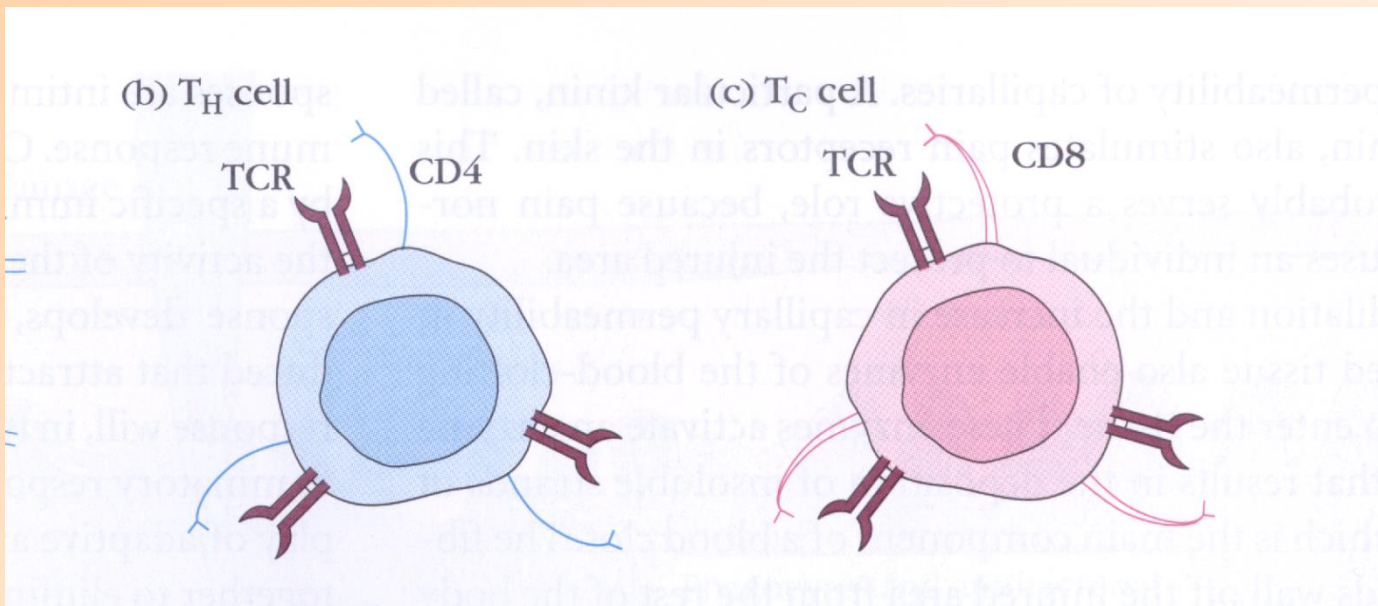


humorální

# Antigenové receptory na povrchu T-buněk (pomocné a cytotoxické buňky)

Mají stejné vazebné místo jako receptory na B-lymfocytech, ale další část jejich molekuly je jiná. Nejsou to imunoglobuliny, ale geneticky odlišný druh **glykoproteinů**.

Antigenové receptory na T-buňkách nerozpoznají komplementární antigenové determinanty přímo, ale společně s histokompatibilními znaky (antigeny), typickými pro buňky každého jednotlivce.



buněčná

## Vazba antigenového determinantu na receptor:

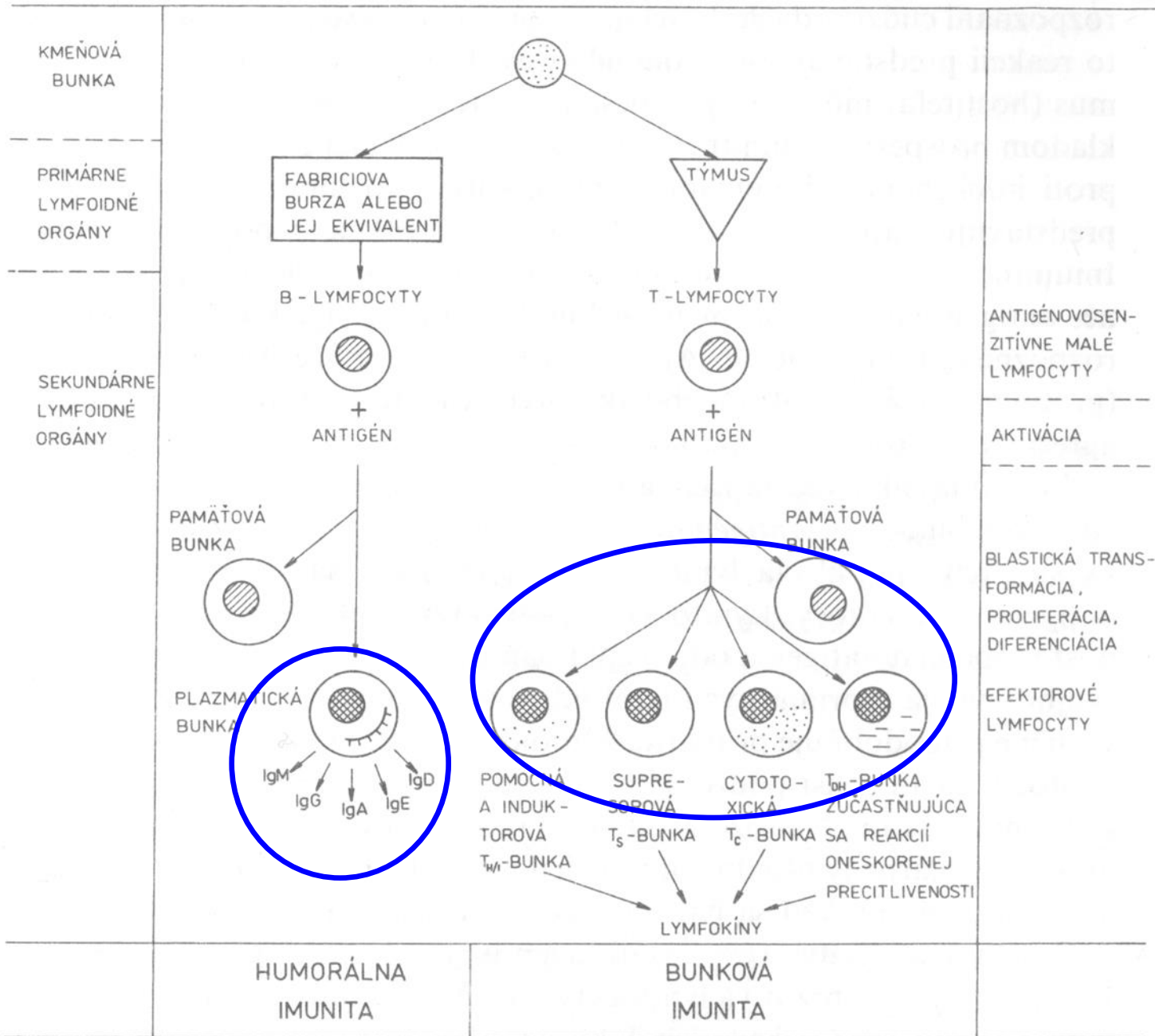
Spouští se řada biochemických reakcí:

- ❖ začíná rozmnožování určitého typu lymfocytů
- ❖ diferencují se na výkonné (efektorové) buňky
- ❖ vznik **buněčné linie** (klonu) z aktivovaných lymfocytů (ostatní jsou v klidu).

Reakce antigenového determinantu s vazebným místem lymfocytového receptoru se nazývá **specifická imunitní odpověď**.

## Specifické imunitní mechanismy

- ❖ **Humorální imunita (protilátky)**
- ❖ **Buněčná imunita (buňky)**



## Humorální typ imunity

- ❖ antigenem se aktivují určité linie **B-lymfocytů**
- ❖ začínají se diferencovat plazmatické buňky
- ❖ plazmatické buňky sekretují protilátky  
se stejným vazebným místem, jaké měly  
ve svých receptorech B-buňky, které antigen  
rozpoznaly
- ❖ protilátky jsou odpovědné za humorální typ  
specifických imunitních reakcí

## Buněčný typ imunity

- ❖ antigen stimuluje příslušnou linii T-buněk
- ❖ nevznikají protilátky
- ❖ vznikají různé subpopulace regulačních nebo výkonných T-lymfocytů.

## T-lymfocyty

- ❖ podmiňují buněčnou imunitu a reakce předčasné přecitlivělosti.
- ❖ T-lymfocyty: induktorové pomocné, tlumivé a cytotoxické a jejich produkty lymfokiny.  
pomocné a tlumivé mají regulační funkci

## Pomocné- induktorové T-buňky

- ❖ mají regulační funkci při vzniku specifické IO
- ❖ pomocné T-buňky pomáhají B-buňkám rozpoznat antigen
- ❖ jsou nevyhnutné při zahájení tvorby protilátek
- ❖ jsou nevyhnutelné při vzniku cytotoxických T-buněk
- ❖ označení jako  $T_H$ - nebo  $T_{H/I}$ - (helper = pomocný)



## Tlumivé buňky T-buňky (supresorové)

- ❖ mají regulační funkci při vzniku specifické IO
- ❖  $T_S$ \_buňky
- ❖ funkce potlačit (suprimovat) rozbíhající se IO
- ❖ jedna subpopulace brzdí produkci protilátek
- ❖ jiná subpopulace tlumí vznik výkonných buněk specifické buněčné imunity (např. cytotoxických T-lymfocytů)

## Cytotoxické T-buňky (T<sub>C</sub>-buňky) CTL

**Působí cytotoxicky,  
usmrcují a poškozují terčové buňky, které nesou  
na povrchu antigen, který vyvolal jejich tvorbu.  
Buňky T<sub>C</sub>-, které nemají antigen neusmrcují.**

**Terčová buňka pro CTL může být např.**

- ✓ nádorová buňka**
- ✓ transplantované buňky od geneticky neidentického jedince**
- ✓ vlastní buňky, povrch kterých modifikoval virus.**

## Působení výkonných a regulačních T-lymfocytů:

- ❖ přímo mechanismem specifické imunity
- ❖ prostřednictvím různých chemických látek **lymfokinů**, mnohé mají charakter imunohormonů
- ❖ hlavní producent lymfokinů jsou  $T_{H/1}$ -buňky

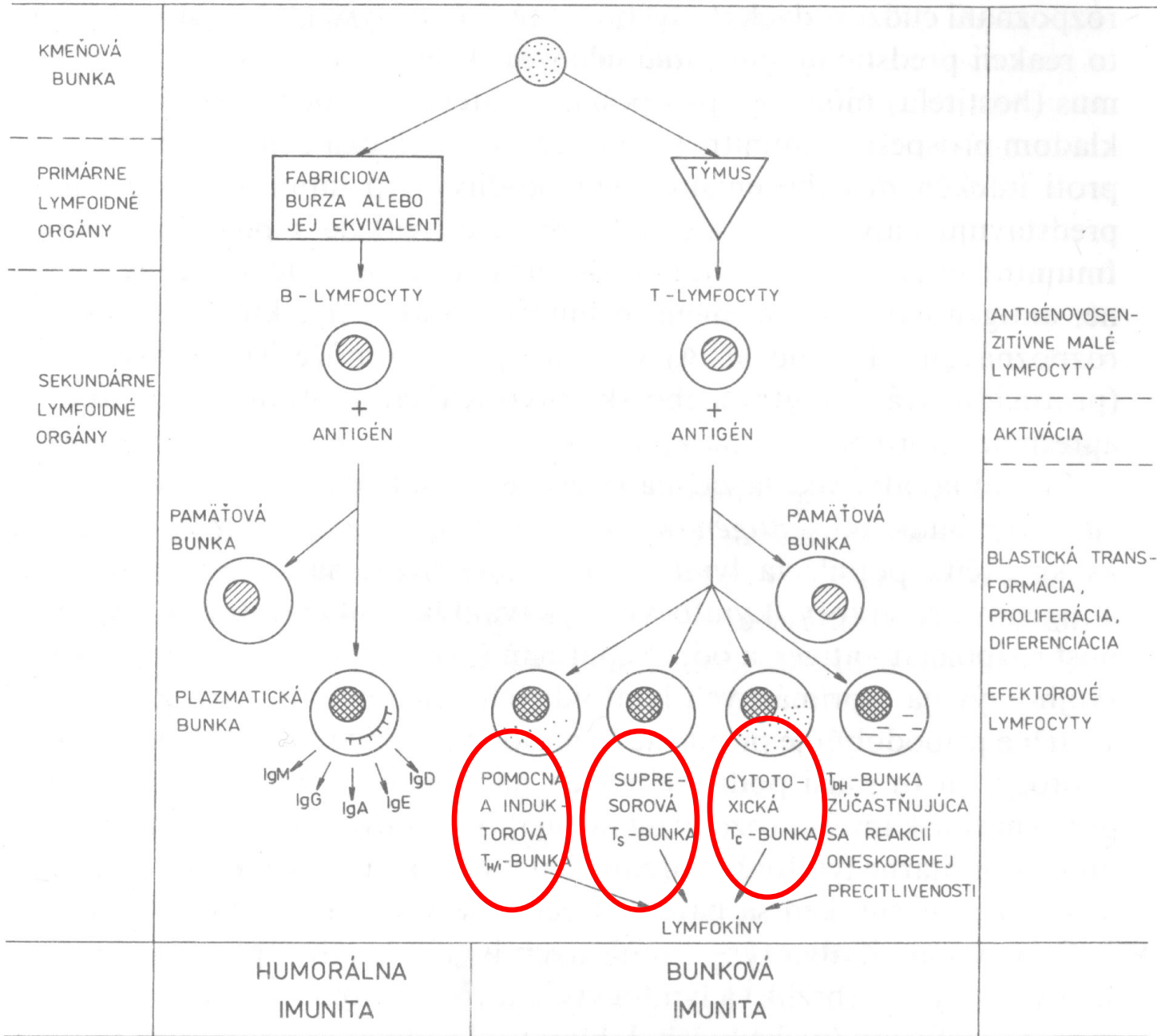
## Paměťové buňky

Určitá populace lymfocytů si po prvním střetu s antigenem pamatuje antigen.

Paměťové buňky umožňují rychlejší a intenzivnější IO.

Lymfocyty si pamatují takový antigen, se kterým se už setkali = **získaná imunita**.

Buněčná imunita je vývojově starší, schopnost tvořit protilátky se vyskytuje u vývojově výše stojících živočichů.



POMOCNÁ A INDUKTOROVÁ T<sub>H1</sub>-BUNKA

SUPRESOROVÁ T<sub>S</sub>-BUNKA

CYTOTOXICKÁ T<sub>C</sub>-BUNKA

T<sub>H1</sub>-BUNKA ZÚČASTŇUJÚ SA REAKCIÍ ONESKORENEJ PRECITLIVENOSTI

## **Setkání antigenu s imunokompetentní buňkou vede:**

- ❖ tvorba protilátek a výkonných lymfocytů**
- ❖ imunologická tolerance (imunitní systém nereaguje)**
- ❖ imunopatologické stavy.**

# Úspěch transplantace orgánů a tkání:

je závislý na potlačení imunitní odpovědi, kterou se organismus brání proti přijetí cizího transplantátu.

## Potlačení imunitní reakce: Imunosupresivní terapií:

- ❖ fyzikální (ozařování)
- ❖ chemická látky, které inhibují proteosyntézu, syntézu RNA a DNA, (kortikosteroidy, cytotoxická farmaka)
- ❖ biologická odstranění thymusu- thymektomie  
antilymfocytární sérum.

Výsledek imunosuprese je krátkodobá paralýza (inhibice) imunitního systému

# Imunita

- ❖ **přirozená (nespecifická)**
- ❖ **získaná (specifická)**



## Přirozená imunita

**Nespecifická odolnost organismu vůči**

- ✓ **infekčním zárodkům (viry, bakterie, plísně, kvasinky atd.),**
- ✓ **cizorodým buňkám**
- ✓ **nádorovým buňkám**

- ❖ **odolnost podmiňuje genom každého jednotlivce**
- ❖ **působí spontánně (bez ohledu na střet)**
- ❖ **působí proti různým antigenům.**

**Je vývojově starší.**

## Rozdělení přirozené imunity:

- ❖ buněčná
- ❖ humorální

## Humorální:

**komplementový systém, interferony,  
chemotaktické faktory, opsoniny,  
mediátory zápalové reakce, enzymy a inhibitory.**

## Buněčná:

**Fagocytosa:** vychytat, usmrtit nebo inaktivovat cizorodé částice.

Uskutečnění pomocí určitého druhu bílých krvinek, které se nazývají **fagocyty**.

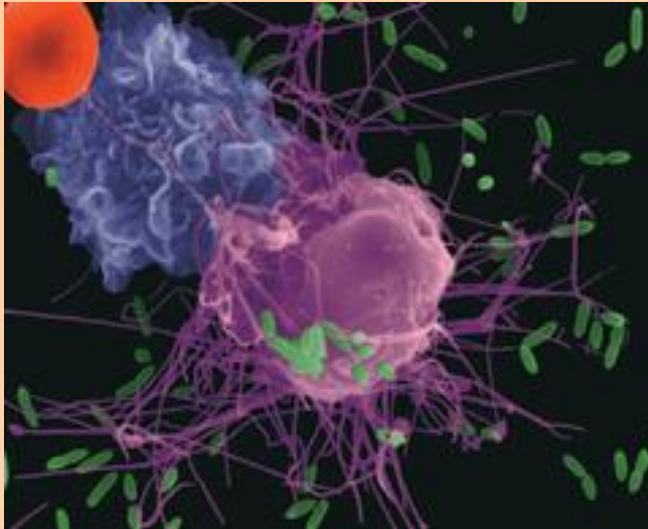


**Makrofág** pohlcuje  
a degraduje bakterie  
časné stádium  
fagocytosy.

### **Buněčná:**

**Fagocytosa: vychytat, usmrtit nebo inaktivovat  
cizorodé částice.**

**Uskutečnění pomocí určitého druhu bílých krvinek,  
které se nazývají fagocyty.**



**Makrofág (fialový) atakuje Escherichia coli (zelená).**

### **Buněčná:**

**Fagocytosa: vychytat, usmrtit nebo inaktivovat cizorodé částice.**

**Uskutečnění pomocí určitého druhu bílých krvinek, které se nazývají fagocyty.**

## Získaná imunita

- ❖ Humorální  
(B-lymfocyty, **protilátky**, lymfokiny)
- ❖ Buněčná  
(regulační a výkonné T-lymfocyty, lymfokiny aj.).

**Žádný imunitní systém nepracuje izolovaně,**  
**ale vzájemně se doplňují a spolupracují.**  
**Látky, které se zúčastňují přirozené imunity**  
**zvyšují účinnost specifických imunitních reakcí.**  
**Produkty specifických imunitních reakcí,**  
**hlavně protilátky a některé lymfokiny**  
**ulehčují a zesilují průběh reakcí nespecifické**  
**imunity.**