

Obramba pred tujki

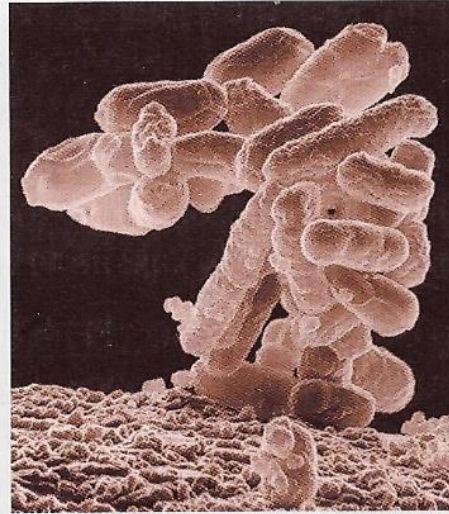
# Patogeni mikroorganizmi

- Vsak večji organizem je idealno okolje, v katerem je dovolj hrane in možnosti za razvoj in razmnoževanje manjših organizmov.
- Tem organizmom pravimo **patogeni mikroorganizmi** ali na kratko **patogeni**.



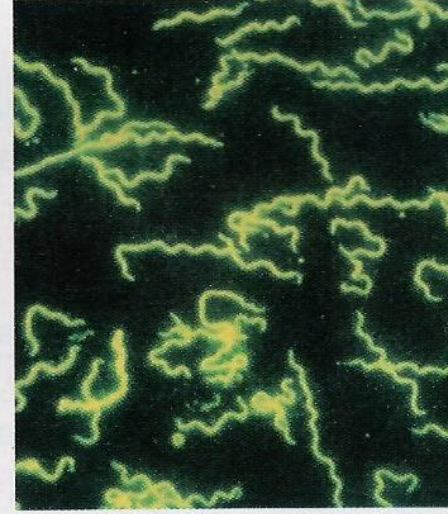
*Salmonella* sp.

(zastrupitev s hrano – vročina, bruhanje, vnetje prebavil)



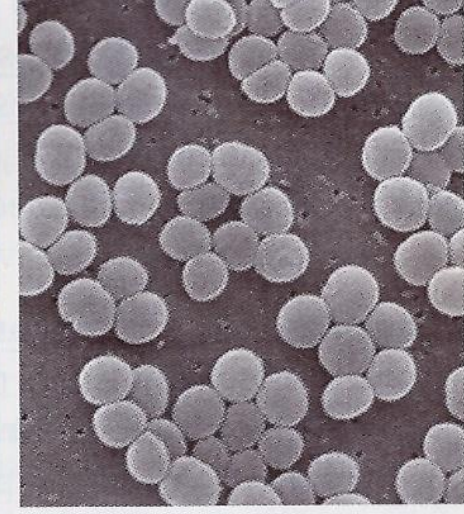
*Escherichia* sp.

(infekcija sečil, peritonitis, meningitis,...)



*Borrelia* sp.

(artritis, meningitis)



*Staphylococcus* sp.

(gnojne razjede na koži in sluznicah, bolezni dihal, pljučnica, ...)

# Imunost

- **Imunost** je lastnost organizma, da postane **odporen proti tujku**.
- Poznamo dva tipa imunosti:
  - **Prirojeno**
    - Imunost, ki jo **podedujemo**
  - **Pridobljeno**
    - Imunost, ki jo **pridobimo**, ko pridemo **v stik** z določenim **patogenom**.

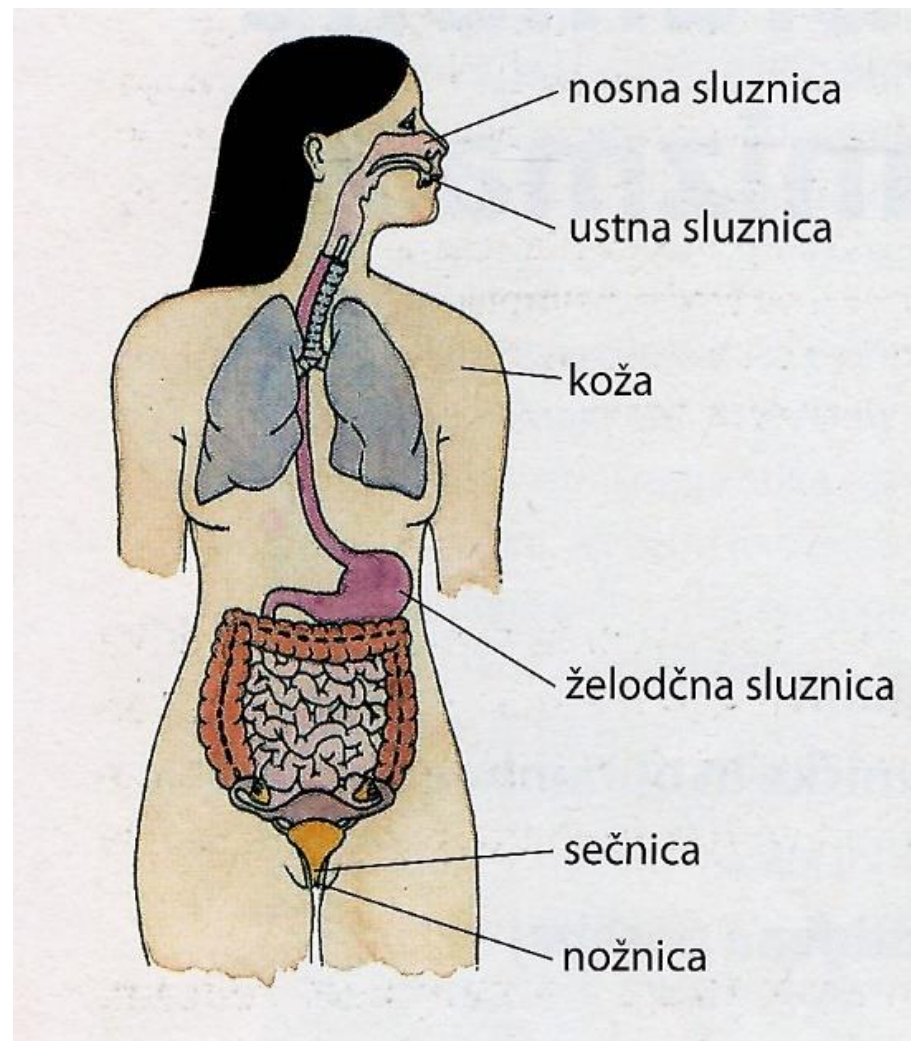
# Zunanja nespecifična obramba

- Mesta, kjer se bije boj proti tujkom na **prvi obrambni črti**, so **koža** in **sluznice** dihal, prebavil in spolnih organov.
  - **Koža** s svojo zgradbo preprečuje fizičen vstop patogenov v telo.
  - Pri tem **ne razlikuje med** različnimi **patogeni**, zato pravimo, da izvaja **nespecifično obrambo**.
    - **Žleze lojnice** izločajo **maščobne kisline** in **mlečno kislino**, ki zakisajo kožo, kar predstavlja neugodno okolje za razvoj mikroorganizmov.
    - **Sluzne žleze** izločajo **sluz**, na katero se lepijo tujki, ki jih s sluzjo vred migetalčne celice odstranijo.

# Zunanja nespecifična obramba

- **Dlačice v nosnicah** omejujejo vstop bakterij.
- **Migetalke v nosni sluznici** porivajo proti zunanosti sluz in ujete mikroorganizme.
- **Solze** vsebujejo lizozim, ki uničuje bakterije.
- **Želodčna kislina** uničuje patogene organizme v želodcu.
- **Kisli vaginalni izločki** omejujejo rast glivic in bakterij

# Koža in sluznice – prva obramba pred tujki



# Notranja nespecifična obramba - vnetje

- **Koža** in **sluznice** so dokaj **zanesljiv obrambni sistem**.
- Če pa nastane v njih **rana**, vdrejo vanjo bakterije in drugi mikroorganizmi.
- **Mastociti** (ameboidne celice, ki so prisotne v vezivnih tkivih in posebno v bližini kapilar) sprostijo **histamin** (=vnetna snov), ki širi pore v stenah kapilar.
- Iz kapilar se začne cediti krvna plazma, v tkivo prilezejo **obrambne beljakovine** **komplementnega sistema**, ki privlačujejo tudi bele krvne celice (**celice požiralke** ali **fagocite**).
- **Beljakovine komplementnega sistema** uničijo bakterije.
- **Celice požiralke** se nato lotijo bakterij, ne glede na njihovo vrsto.
- Zato imenujemo to obrambo **notranja nespecifična obramba**.
- **Vnetno stanje** traja toliko časa, dokler so v rani patogeni.



# Notranja nespecifična obramba – delovanje komplementnega sistema

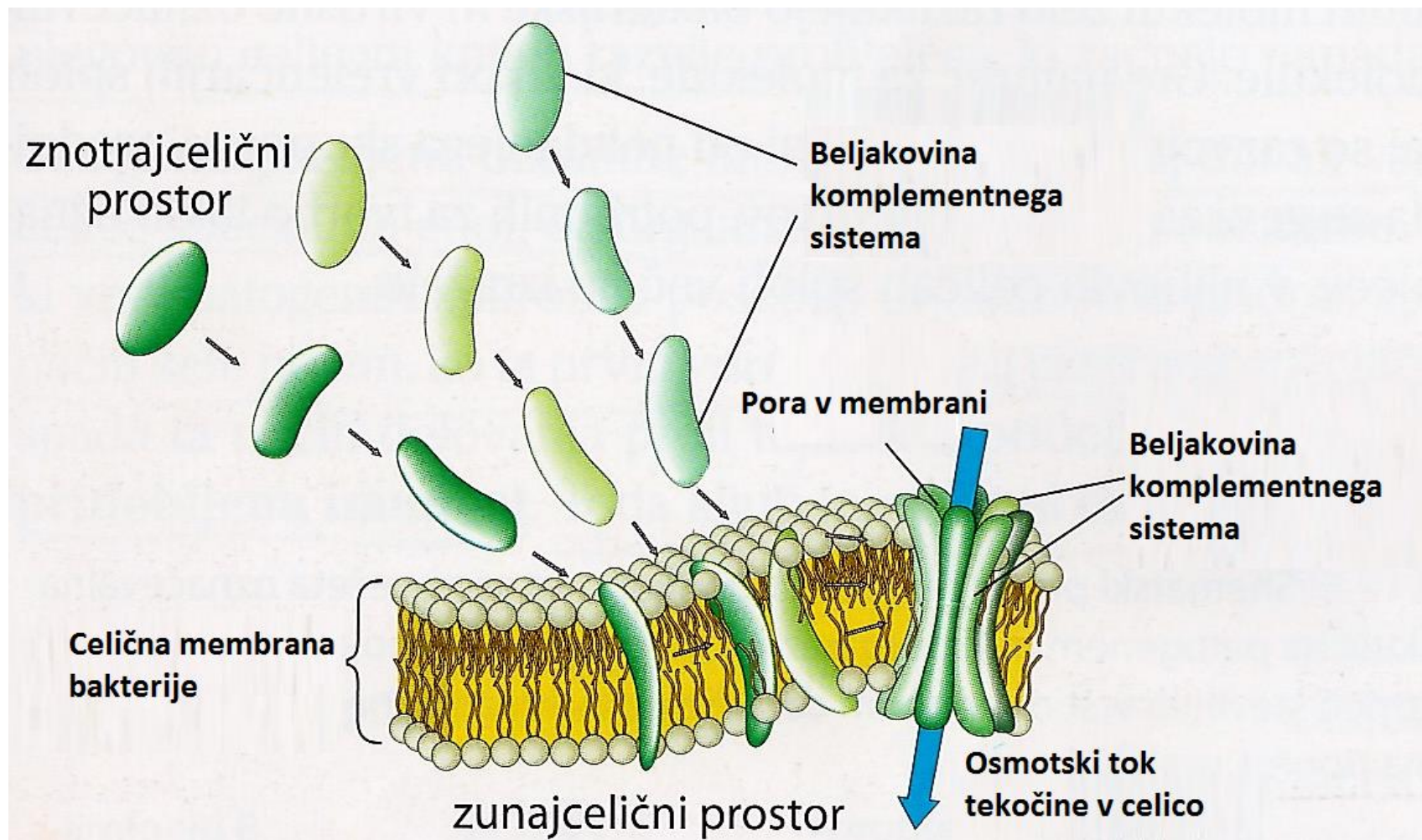
- **Komplementni sistem** je skupina **obrambnih beljakovin**, ki nastaja v jetrih in kroži po krvi.
- S krvno plazmo prispejo beljakovine do okuženega mesta, kjer se prva izmed njih aktivira, ko pride v stik z bakterijo.
- Potem se aktivirajo po vrsti še druge in se vgradijo v membrano bakterije, tako da v njej nastane luknja.
- Skozi luknjo začne v bakterijo vdirati voda, iz nje pa vhajati vsebina celice.
- Nazadnje bakterija popolnoma propade, ostanke požrejo fagociti.



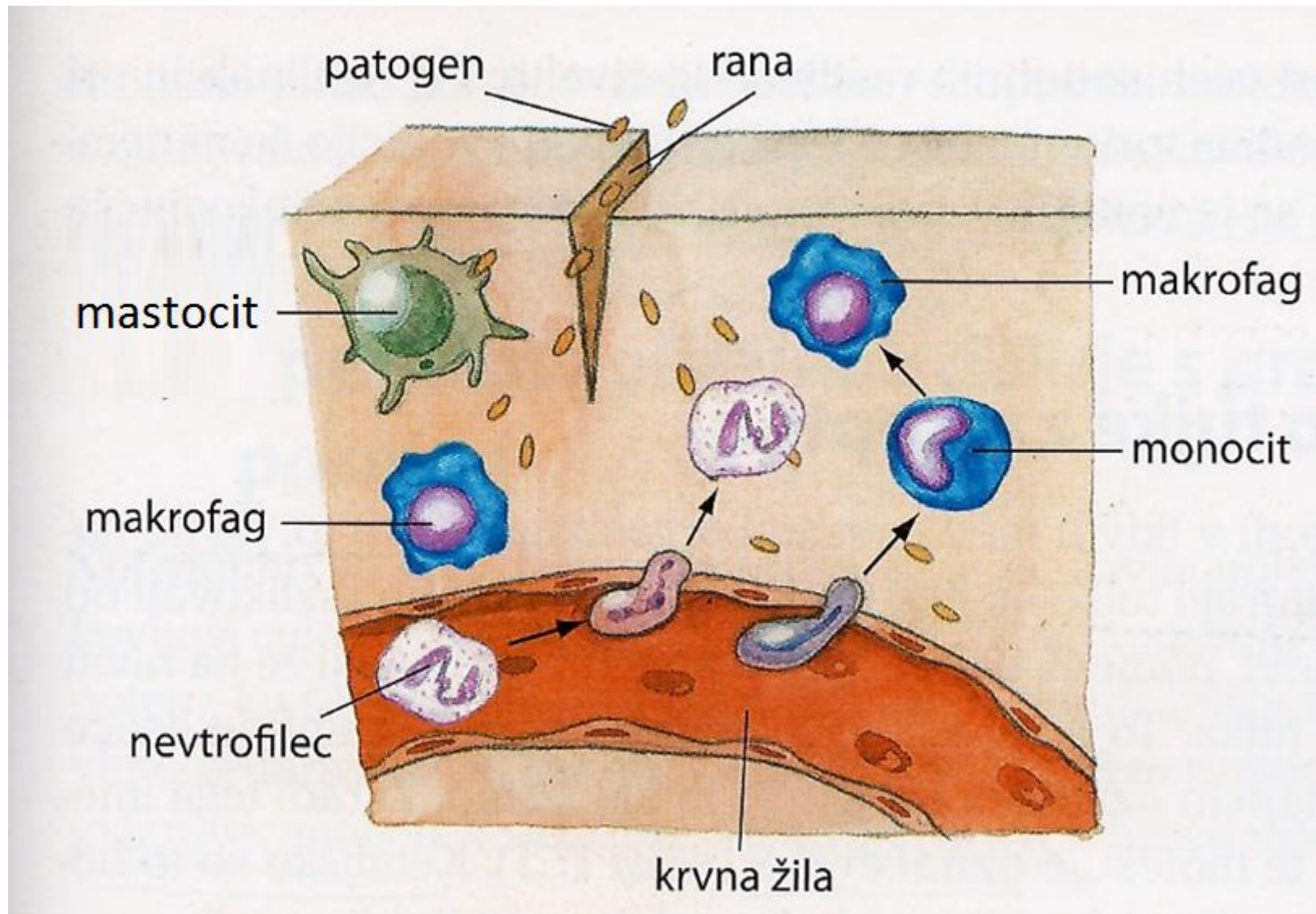
# Notranja nespecifična obramba - fagociti

- Med fagocite spadajo **nevtrofilci** in **monociti**, ki se razvijejo v velike celice požiralke, **makrofage**.
- Učinkovitost notranje nespecifične obrambe je odvisna predvsem od dednih lastnosti, zato spada k **prirojeni imunosti**.

# Notranja specifična obramba – delovanje komplementnega sistema

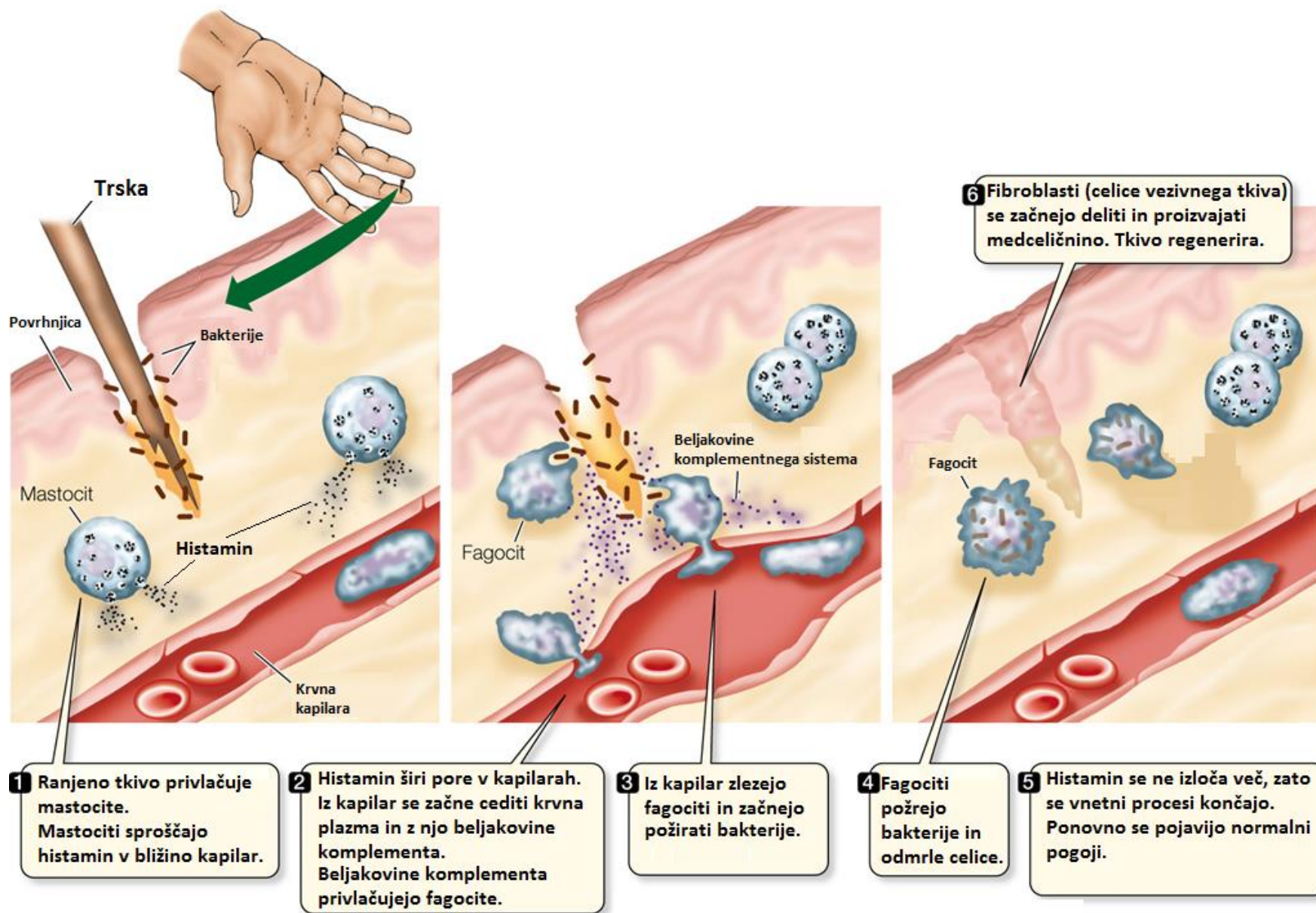


# Notranja nespecifična obramba - fagociti





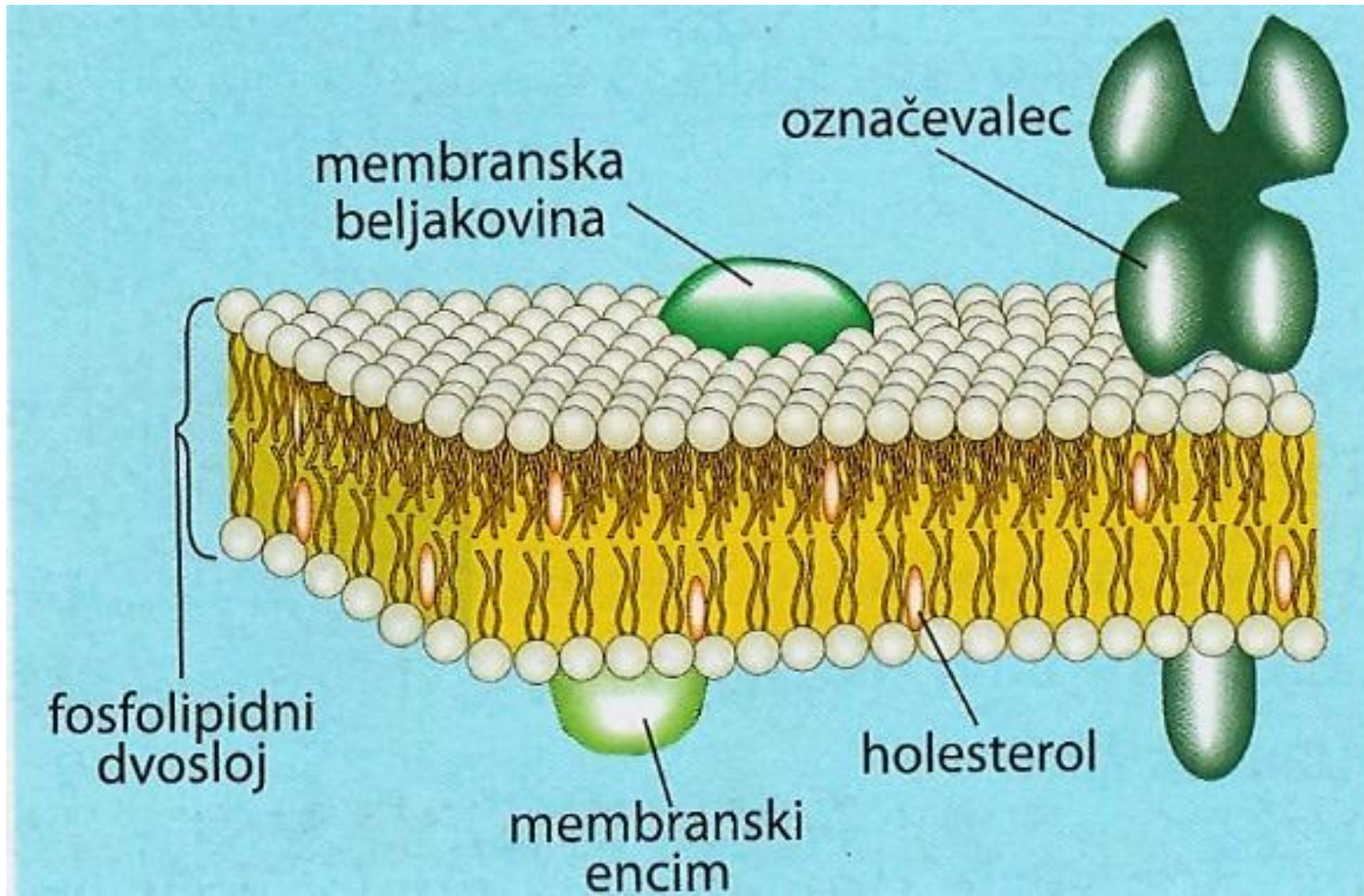
# Vnetni proces



# Receptorji za spoznavanje tujk

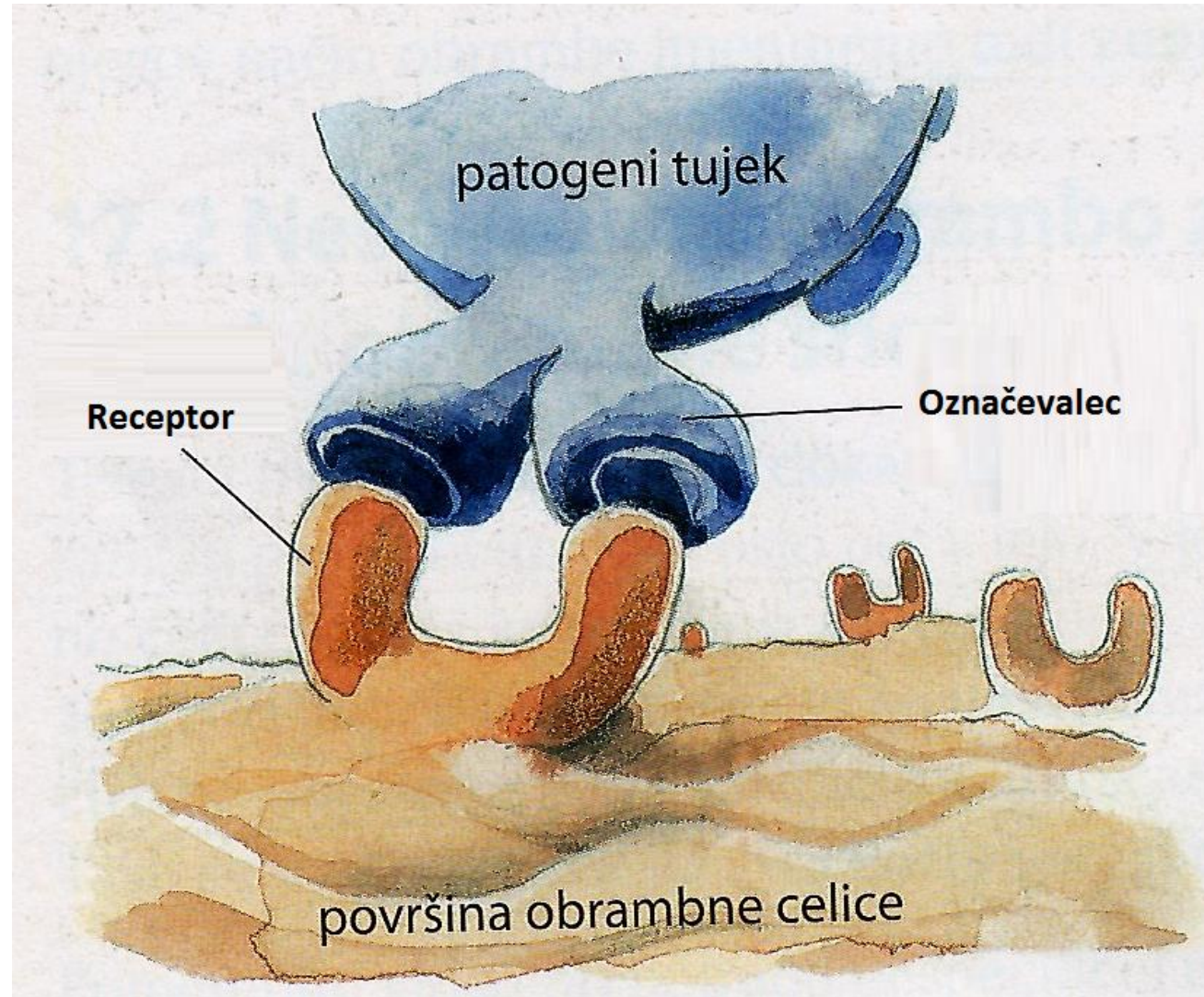
- Kako obrambne celice (**fagociti**) **prepoznajo tujke**?
- Tujki imajo na membrani posebne molekule, ki jim pravimo **označevalci**.
- Obrambne celice imajo **receptorje**, ki se ujemajo z označevalci.
- **Receptorji niso zbirčni**, temveč se lahko vežejo z zelo raznoliko vrsto označevalcev.
- Zato spada delo fagocitov k nespecifični obrambi.

# Membrana tujka z označevalcem





# Povezava med označevalcem in receptorjem





# Specifična obramba

- **Specifična obramba** močno poveča učinkovitost obrambnega sistema.
- Celice specifične obrambe delimo v dve veliki podskupini.
- Prvo sestavljajo **limfociti T**, drugo pa **limfociti B**.
- **Limfociti B** nastanejo in dokončno dozori v **kostnem mozgu**.
- **Limfociti T** nastanejo v **kostnem mozgu** in dokončno dozori v **priželjcu**.
- **Kostni mozeg** in **priželjc** sta dva glavna organa v imunskem sistemu.
- Iz teh organov potujejo limfociti v sekundarne limfatične organe (**bezgavke**, **vranico** in **limfna tkiva** ob sluznicah), kjer **srečajo antigen** in **se aktivirajo**.
- **Antigen** je **tujek z označevalcem**.

# Aktivacija limfocitov T

- Ko se v telesu pojavi **tujek**, ga najprej **požrejo požiralke**.
- Posebne požiralke so **makrofagi**, ki so **specifične za predstavljanje antigenov**.
- Ko makrofagi požrejo tujke (antigene) in jih delno razgradijo, **spravijo koščke antigenov**, ki so pomembni za prepoznavanje, **na svojo površino**.
- Predstavijo jih dvema podvrstama limfocitov T.
- **Limfociti T se nanje povežejo z receptorji in se aktivirajo**:

# Aktivacija limfocitov T

- Ena podvrsta se pretvori v :
  - **celice T ubijalke ( $T_K$ )**, ki se namnožijo in uničijo tujke.
- Druga podvrsta se pretvori v:
  - **celice T pomagalk ( $T_H$ )**, ki prevzamejo vlogo kurirja in obvestijo limfocite B.
  - **spominske celice T ( $T_M$ )**.

# Aktivacija limfocitov B

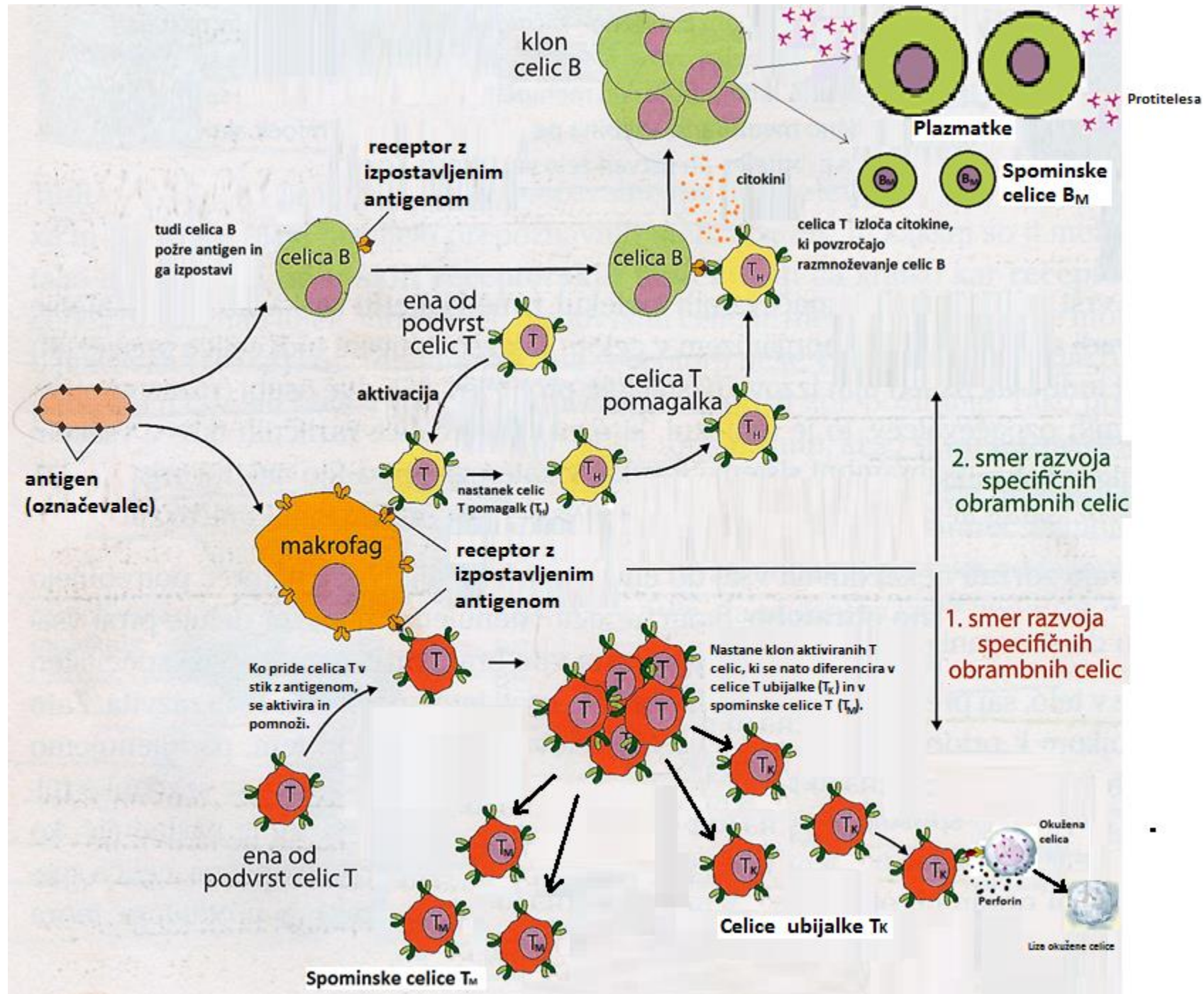
- Tudi **Limfociti B požrejo antigene** in **jih izpostavijo** na svoji površini, toda brez dodatne aktivacije s strani celic T pomagalk, še ne začnejo s specifično obrambo.
- Po aktivaciji s strani celic T<sub>H</sub> se limfociti B zelo namnožijo in povečajo.
- Spremenijo se v:
  - **Plazmatke** (imajo povečan endoplazmatski retikel in izdelujejo veliko količino protiteles)
  - **Spominske celice B**

# Plazmatke

- Plazmatke so tovarna protiteles, ki se povežejo z antigeni in jih uničijo.
- Kmalu po uničenju antigenov plazmatke odmrejo, saj proizvodnje protiteles ni več potrebno.
- Odvečna protitelesa encimi razgradijo.

# Spominske celice

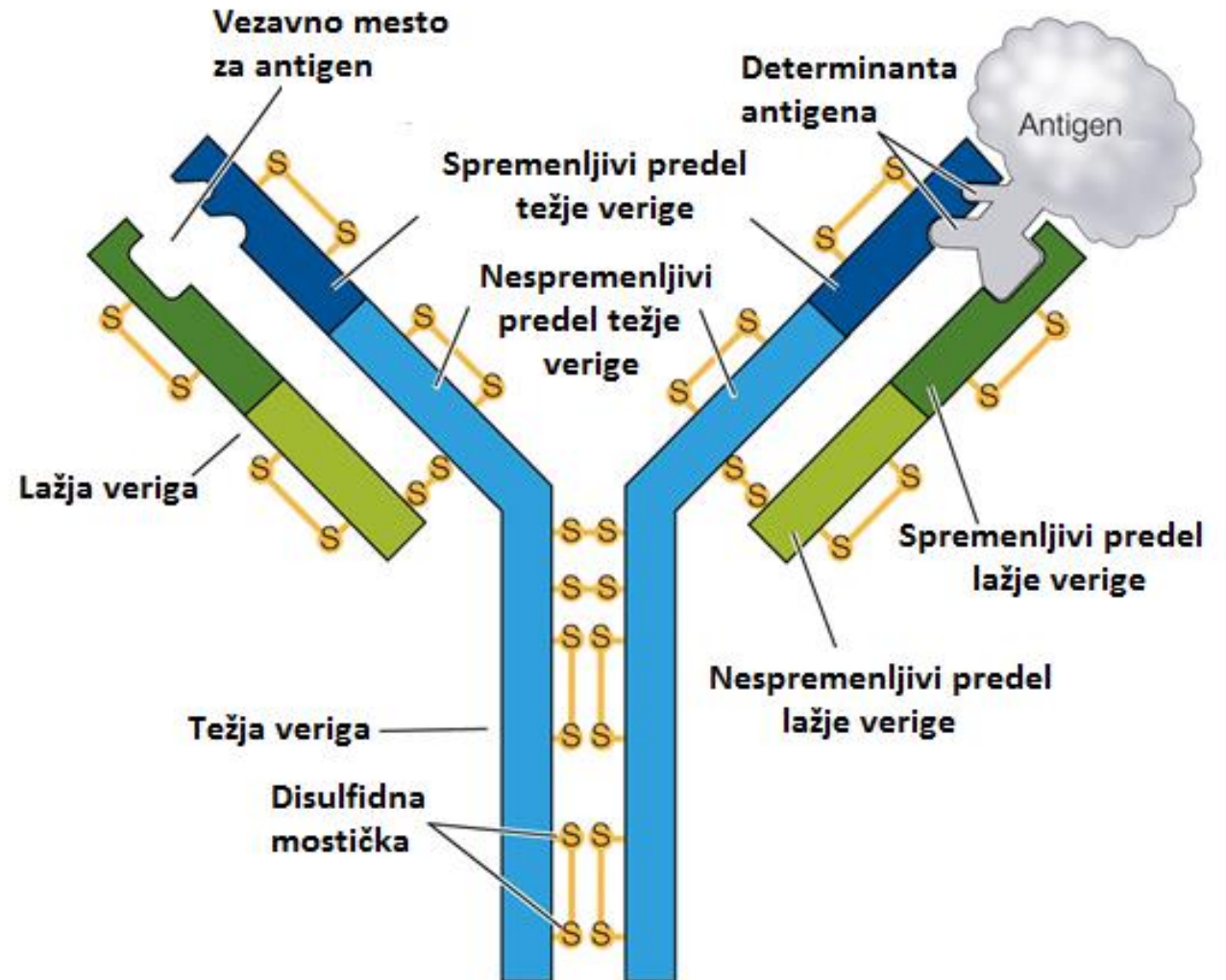
- Spominske celice si zapomnijo tip antigena, proti kateremu je treba proizvajati protitelesa.
- Ko pride antigen drugič v telo, ni potrebna ponovna aktivacija limfocitov.
- Spominske celice se z receptorji povežejo na antigen in posledično:
  - **Spominske celice B** začnejo proizvajati protitelesa proti antigenu.
  - **Spominske celice T** neposredno uničijo antigen.
- To pomeni, da postanemo proti temu antigenu lahko imuni tudi za vse življenje (za boleznijo, ki jo ta antigen povzroča, ne zbolimo več).





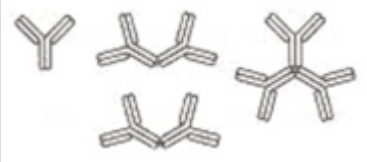



# Protitelesa

- **Protitelesa** so beljakovine, ki jim pravimo tudi **imunoglobulini**.
- Sestavljena so iz **4 polipeptidnih verig**, **dveh težjih** in **dveh lažjih**.
- En del protitelesa je **nespremenljiv**, drugi pa **spremenljiv**.
- **Spremenljivi del** ima **vezavno mesto za antigen**, tako da ga lahko nevtralizira.



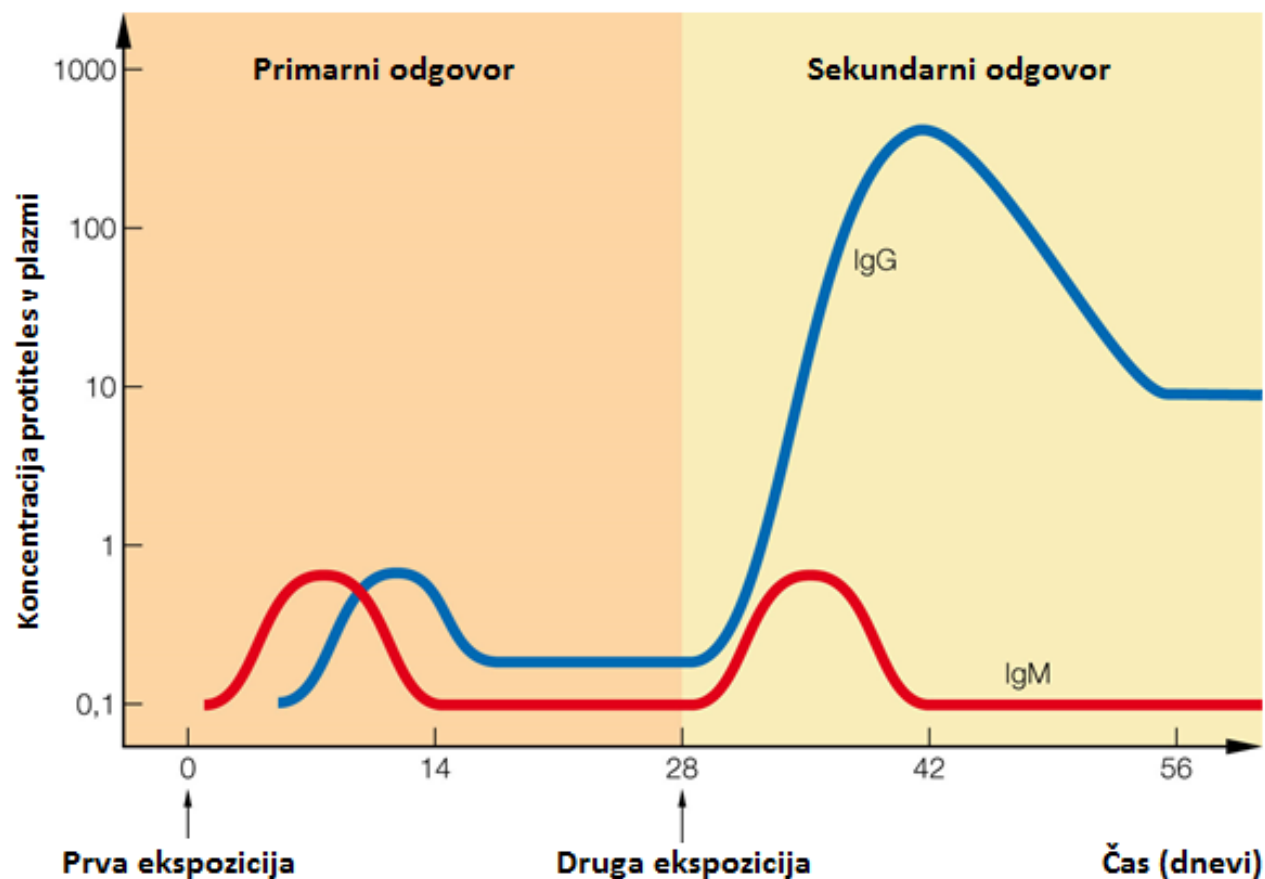
# Različne vrste protiteles

- Poznamo **več vrst težjih verig**, ki jih poimenujemo z grškimi črkami  **$\alpha$** ,  **$\delta$** ,  **$\epsilon$** ,  **$\gamma$**  in  **$\mu$** .
- Glede na zgradbo težje verige razlikujemo **5 vrst protiteles**, ki jih poimenujemo z odgovarjajočimi črkami latinske abecede: ***IgA***, ***IgD***, ***IgE***, ***IgG*** in ***IgM*** (nekatero vrste se še naknadno delijo na podvrste).
- Različna zgradba težje verige omogoča vezavo različnih spremenljivih predelov in posledično različnih funkcij.

Vrsta protitelesa	Težja veriga (podvrsta)	Razpolovna doba (dnevi)	Koncentracija v serumu (mg/ml)	Oblika, v kateri se izloča	Prisotnost	Funkcije	Drugo
Ig A	α (IgA <sub>1</sub> in IgA <sub>2</sub> )	6	3,5	<div> <div>Monomerična, dimerična, trimerična</div>  </div>	Sluznice (predvsem), kri, materino mleko	Zaščita sluznic, opsonizacija (=vezava na mikrobe in njihovo uničenje), aktivacija komplementa	
IgD	δ	3	V sledovih	Nobena (se ne izloča)	Kri	Receptor na membrani celic B	
IgE	ε	2	0,05	<div> <div>Monomerična</div>  </div>	Kri, tkiva	Alergija	
IgG	γ (IgG <sub>1</sub> , IgG <sub>2</sub> , IgG <sub>3</sub> in IgG <sub>4</sub> )	23	13,5	<div> <div>Monomerična</div>  </div>	Kri, tkiva, posteljica	Opsonizacija, aktivacija komplementa, imunost dojenčka	Najbolj številna protitelesa v serumu
IgM	μ	5	1,5	<div> <div>Pentamerična</div>  </div>	Kri	Aglutinacija antigenov, aktivacija komplementa, receptor na membrani celic B	V prvem tednu po infekciji je teh protiteles največ

# Primarni in sekundarni odgovor

- Ko pride organizem **prvič v stik z antigenom**, se najprej sintetizirajo protitelesa **IgM**, potem pa **IgG**.
- Ko pride organizem **drugič v stik z antigenom**, se aktivira **sekundarni odgovor**, ki je veliko **hitrejši** od primarnega in predvideva **večjo produkcijo** protiteles **IgG**.



# Imunost lahko umetno izboljšamo z aktivno imunizacijo (= cepljenjem)

- V preteklosti so ljudje umirali predvsem zaradi kužnih bolezni (nekateri bolezni namreč povzročajo človeku hude stranske učinke, ki lahko tudi privedejo do smrti).
- Ob koncu 18. stol. so odkrili **cepljenje**, s katerim se v telo vbrizga inaktivirane, oslabiljene patogene ali samo njihove antigene.
- Telo jih prepozna in proti njim izdela **imunski odgovor** (ustrezna protitelesa in spominske celice).
- Ob pojavu pravega patogena telo nanj učinkoviteje reagira, saj ima proti njemu že pripravljenih dovolj spominskih celic.
- Imunosti, ki jo izzovemo s cepljenjem, pravimo **aktivna imunost**.

# Cepljenje – da ali ne?

- Dandanes se na spletu pojavlja polno člankov, ki zagotavljajo, da je **cepljenje škodljivo**, ker **povzroča resne zaplete** in **številne smrti dojenčkov**.
- Nekaj zagotovo drži, saj je cepljenje zelo resen poseg v notranje okolje.
- Pri ljudeh, ki imajo **težave z imunskim sistemom**, so resni zapleti zelo verjetni.
  - Zato se morajo zdravniki pred cepljenjem otroka obvezno posvetovati z njegovima staršema in preveriti, ali je imel kateri izmed njiju zaradi cepljenja kakšne težave (veliko bolezni imunskega sistema je namreč dednih).
- Do zapletov lahko pride tudi, **če je otrok** med cepljenjem **bolan**.
  - Zato se mora zdravnik obvezno predhodno pozanimati o njegovem zdravstvenem stanju.

# Cepljenje – da ali ne?

- Z uvedbo množičnega cepljenja prebivalstva so tako rekoč popolnoma izginile nekatere bolezni, kot so npr. **črne koze**, ki so nekdanj umorile vsakega sedmega otroka v Evropi.
- Obvezno cepljenje je skorajda izkoreninilo **otroško paralizo** in drastično omejilo **bakterijski meningitis**.
- Tudi **rdečk** je po uvedbi cepljenja občutno manj.
  - Bolezen za otroka sicer ni nevarna, saj jo prebolijo že v nekaj dneh, utegne pa biti nevarna za noseče ženske, saj lahko v prvih 20 tednih nosečnosti zelo prizadene plod.
- Nasprotniki cepljenja menijo, da bi bolezni izginile same po sebi, tudi če se ne bi množično cepili.
- Vsekakor pa velja dejstvo, da je **cepljenje pripomoglo k večjemu preživetju ljudi**.



# Obvezna cepljenja v Italiji

- Bakterija *Corynebacterium diphtheriae* - **difteritis** (vnetje srčne mišice, paraliza možganskih in perifernih živcev).
- Bakterija *Clostridium tetani* - **tetanus** (omejitev izločanja zaviralnih nevrotransmitterjev (glicin, GABA) in posledično krčenje vseh mišic; če krčenje zajame tudi dihalne mišice, pride do smrti).
- *Poliovirus* - **poliomielitis** (omrtvelost-pareza ali ohromitev-paraliza zaradi okvar v prednjih rogovih hrbtenjače).
- Virus *HBV* - **hepatitis tipa B** (vnetje jeter)

# Obvezna cepljenja v Italiji

- Bakterija *Bordetella pertussis* - **oslovski kašelj**
- Virus *Haemophilus influenzae B* - **meningitis**
- *Paramyxovirus* - **ošpice** (morbillo)
- *Rubulavirus* - **parotitis** (mumps)
- *Rubivirus* - **rdečke** (rosolia)
- Virus *Varicella zoster* - **norice**

# Neobvezna cepljenja v Italiji

- Bakterija *Streptococcus pneumoniae* (*Pnumococcus*) - pljučnica
- Bakterija *Meningococcus B* in *C* - meningitis
- *Papilloma virus* - rak materničnega vratu
- Virus *Haemophilus influenzae* - gripa

# Pasivna imunizacija

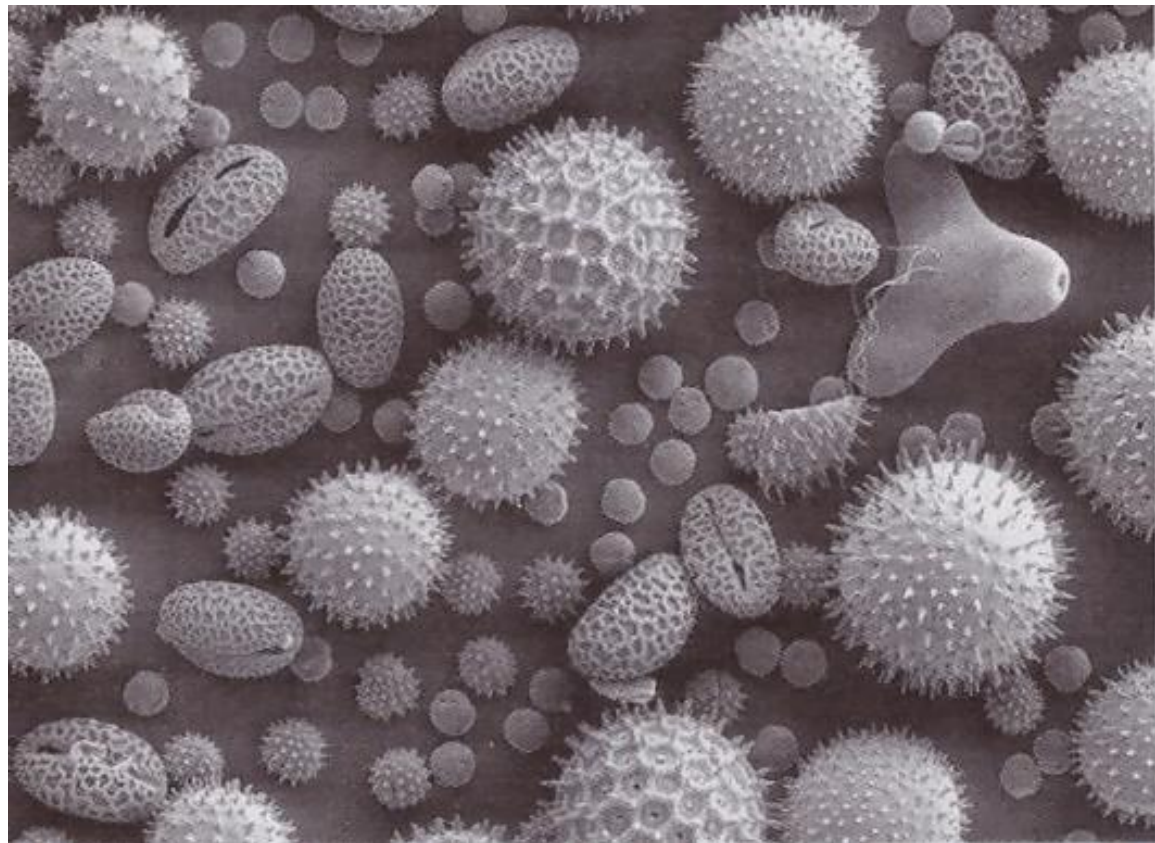
- Pasivna imunizacija je vbrizganje že izdelanih protiteles.
- Sprejeta protitelesa zatrejo dejavnost patogenov ali škodljivih snovi (npr. kačjega strupa).
- Pomanjkljivost pasivne imunizacije je njena kratkoživost: protitelesa so beljakovine in kot take se v telesu ves čas razgrajujejo (telo varujejo le nekaj tednov).
- Pasivna imunizacija lahko poteka tudi naravno:
  - Plod v maternici dobiva protitelesa prek posteljice.
  - Dojenček dobiva dodatna protitelesa prek materinega mleka.

# Motnje imunskega sistema

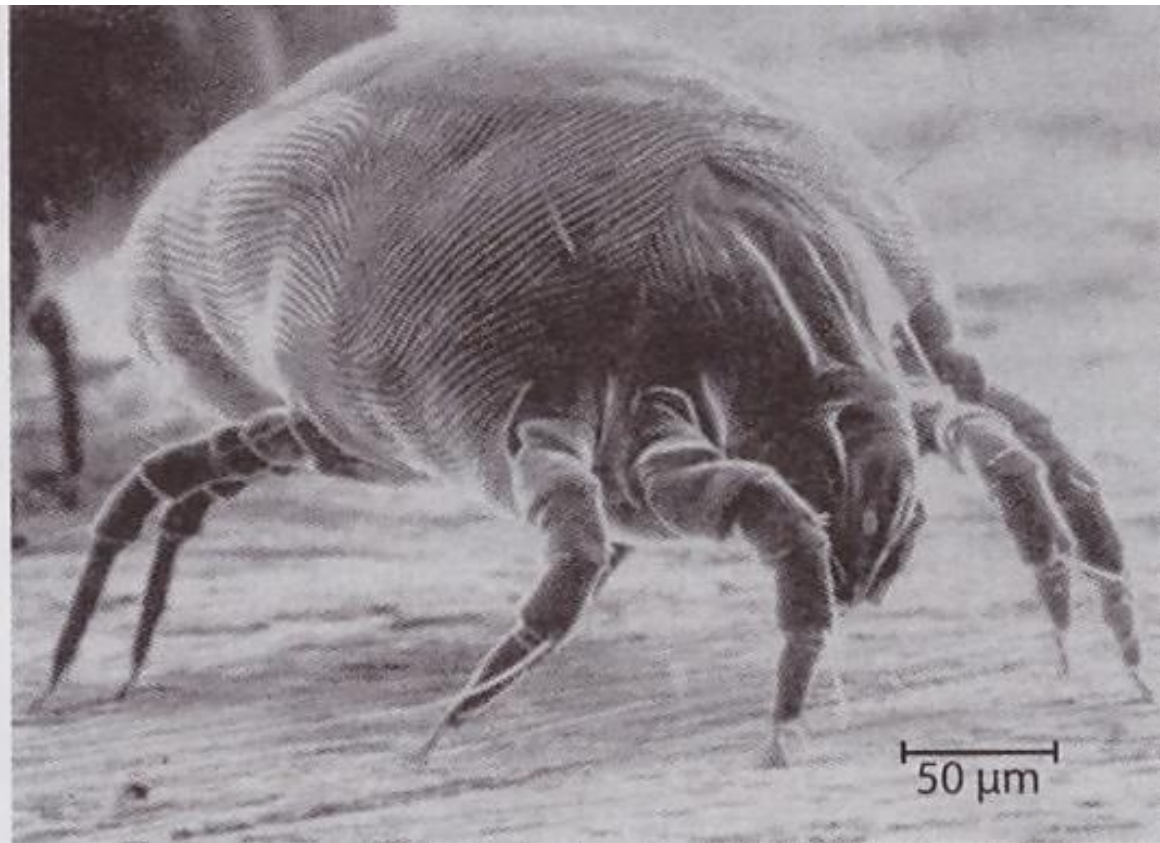
- Obstajajo tri vrste motenj imunskega sistema:
  - Alergije
  - Avtoimunske bolezni
  - Imunska pomanjkljivost

# Alergije

- **Imunski sistem** deluje zelo izbirno in **išče le tiste antigene**, ki bi lahko resnično škodovali organizmu.
- Zgodi pa se tudi, da ne izbira več tako skrbno in se začne odzivati tudi na tiste tuje snovi, ki sicer v nobenem primeru niso nevarne (**hrana, pelod, prah, pršice**,...) in začne proti njim tvoriti protitelesa.
- Ljudje, ki so podedovali nagnjenost k alergičnim reakcijam, postanejo za te snovi občutljivi.
- **Alergija** je torej **preobčutljivostna reakcija** na snovi, ki običajno niso nevarne.



**Beljakovine, ki odletavajo z ogrodja pršice**



**Pršica v hišnem prahu**

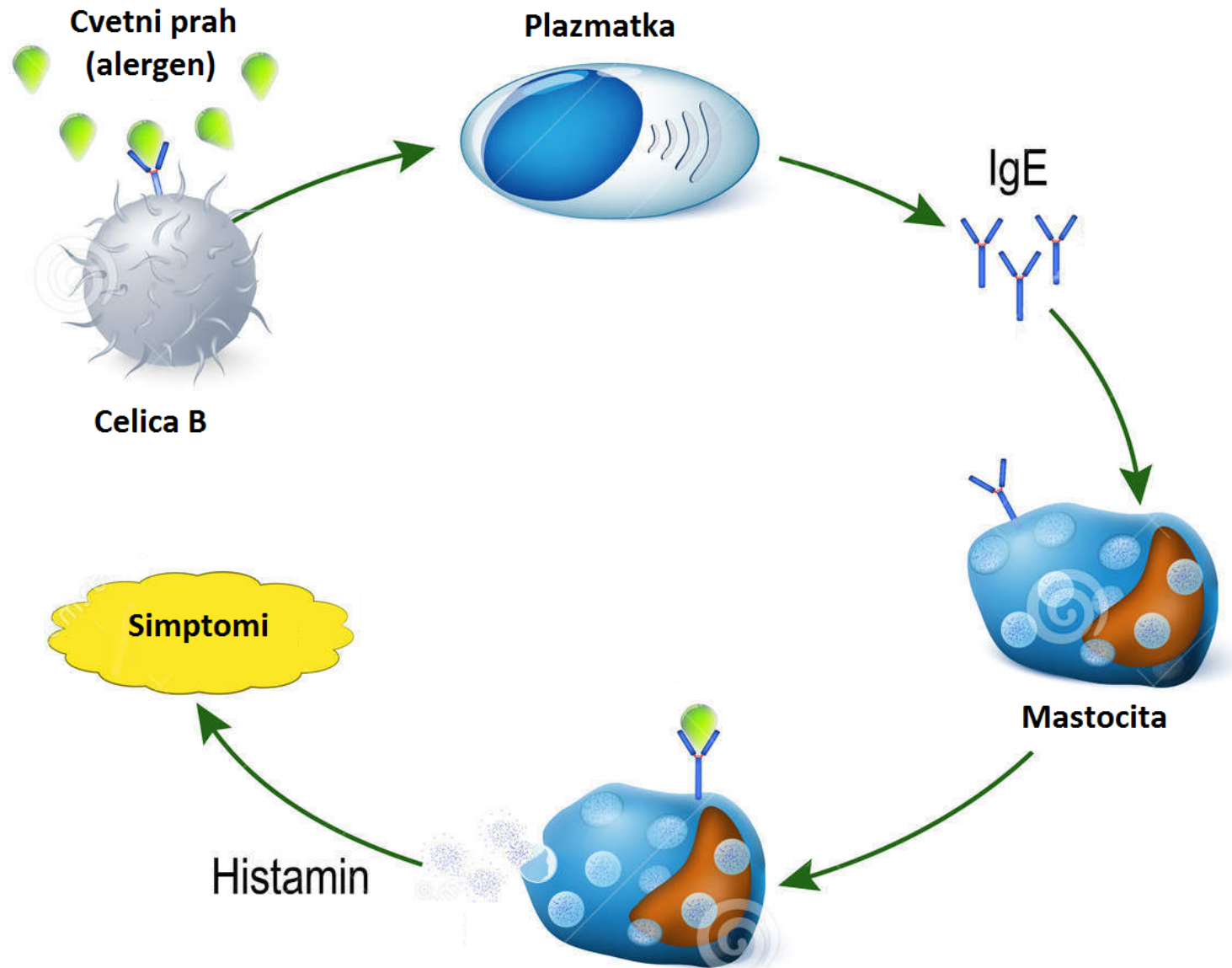


# Zaporedje alergične reakcije

- Cvetni prah, ki deluje kot alergen, se ob prvem vstopu v sluznico poveže z receptorji na celici B.
- Celica B se aktivira in iz nje nastane plazmatka.
- Plazmatka začne proizvajati protitelesa IgE.
- Protitelesa IgE se pritrdijo na mastocyte (obrambne celice v sluznicah) in jih sensibilizirajo.
- Mastocyte postanejo občutljive na cvetni prah.
- Ko se cvetni prah drugič pojavi v sluznici, se pritrdi na sensibilizirane mastocyte, ki začnejo posledično sproščati vnetne snovi (histamin).
- Histamin izzove nabrekanje tkiva, izcejanje iz nosa, kihanje, solzenje, oteženo dihanje, srbečico, vnetje, ...

# Prikaz zaporedja alergične reakcije

Prvo srečanje z alergenom



Drugo srečanje z alergenom

# Anafilaktični šok

- **Anafilaktični šok** je najhujša oblika alergijske reakcije.
- Alergen povzroči **burno reakcijo** v **več organskih sistemih**, kar se lahko konča tudi s **smrtjo**.
- **Najpogosteje** se pojavi **po piku žuželk** ali po zavžitju nekaterih **zdravil** oziroma določene **hrane**.
- Bolniku je treba takoj pomagati z **adrenalinom**.
- Potem mora bolnik čimprej dobiti **antihistaminik** in **kortikosteroide**, ki delujejo protivnetno.

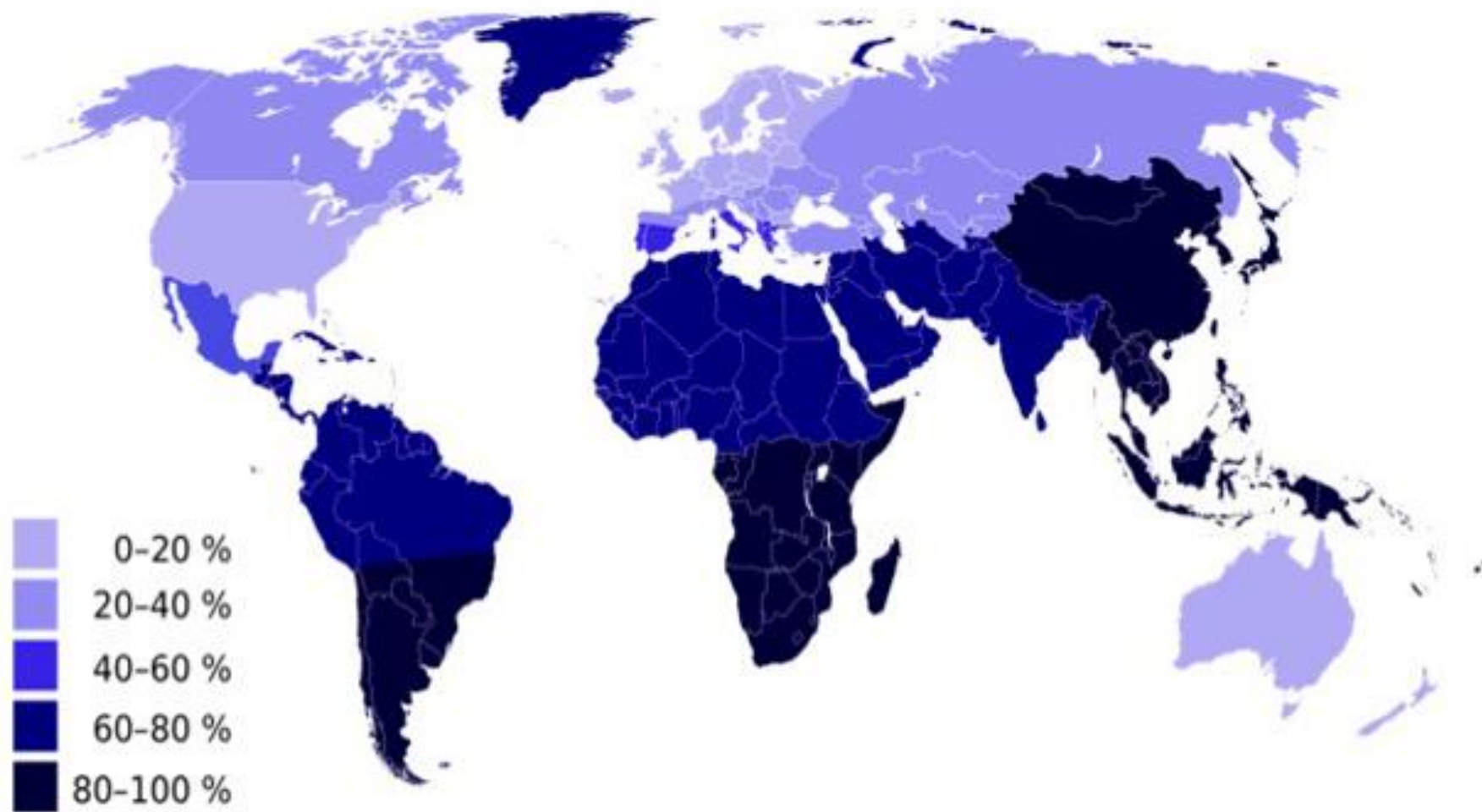
# Intoleranca

- **Intoleranca** se pojavi, če v organizmu primanjkuje encim, ki je potreben za prebavo določene hrane.
- Primer je **intoleranca na laktozo**: organizem ne producira encima **laktaze**, ki razcepi laktozo na glukozo in galaktozo.
- Kopičenje laktoze v črevesju povzroča **prebavne motnje**: drisko, krče, napenjanje.

# Intoleranca na laktozo

- Intoleranca na laktozo je genetskega izvora.
- Pri različnih narodih se pojavlja v različnih odstotkih, v veliko večji meri je prisotna na jugu kot na severu.
- V državah Severne Evrope je incidenca 2 – 10 %.
- V državah Srednje Evrope je incidenca 15 – 20 %.
- V Sredozemlju je incidenca 25 – 50 %.
- V severni polovici Afrike je incidenca 65 – 75 %.
- V Vzhodni Aziji je incidenca približno 90 %.

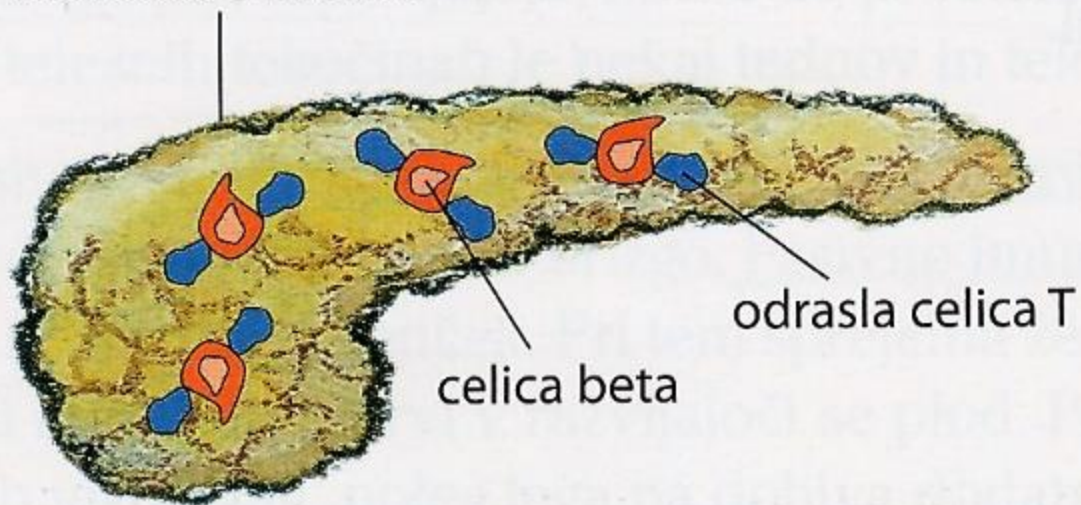
# Razširjenost intolerance na laktozo



# Avtoimunske bolezni

- Avtoimunske bolezni nastanejo zaradi **čezmernega delovanja imunskega sistema**.
- **Obrambne celice** prepoznajo označevalce na celicah **lastnega telesa**, kot da bi bili **tuji** (antigeni) in jih napadejo.
  - Primer:
    - **Sladkorna bolezen tipa 1**: plazmatke izdelujejo **protitelesa proti celicam  $\beta$**  v trebušni slinavki, ki izdelujejo **insulin**.
      - Zato **celice  $\beta$  počasi propadajo**.

trebušna slinavka



celica beta

odrasla celica T

**Slika 17.15:** Obrambne celice T lahko napadejo celice beta, ki v trebušni slinavki izdelujejo insulin. Tako se razvije avtoimunska sladkorna bolezen.



# Imunska pomanjkljivost

- **Imunska pomanjkljivost** se pojavi takrat, ko v imunskem sistemu izpade eden izmed njegovih sestavnih delov.
- **Imunsko pomanjkljivost** lahko:
  - **Podedujemo:**
    - prizadete **celice B** → ni možna tvorba protiteles
    - slabo razvit ali manjkajoči priželjci → pomanjkanje **celic T**
  - **Pridobimo** kasneje **v življenju**:
    - okužba s patogeni (**virus HIV**)
    - stranski učinek zdravljenja s **kemoterapijo**
    - stranski učinek **preprečevalcev zavrnitve presadkov**.

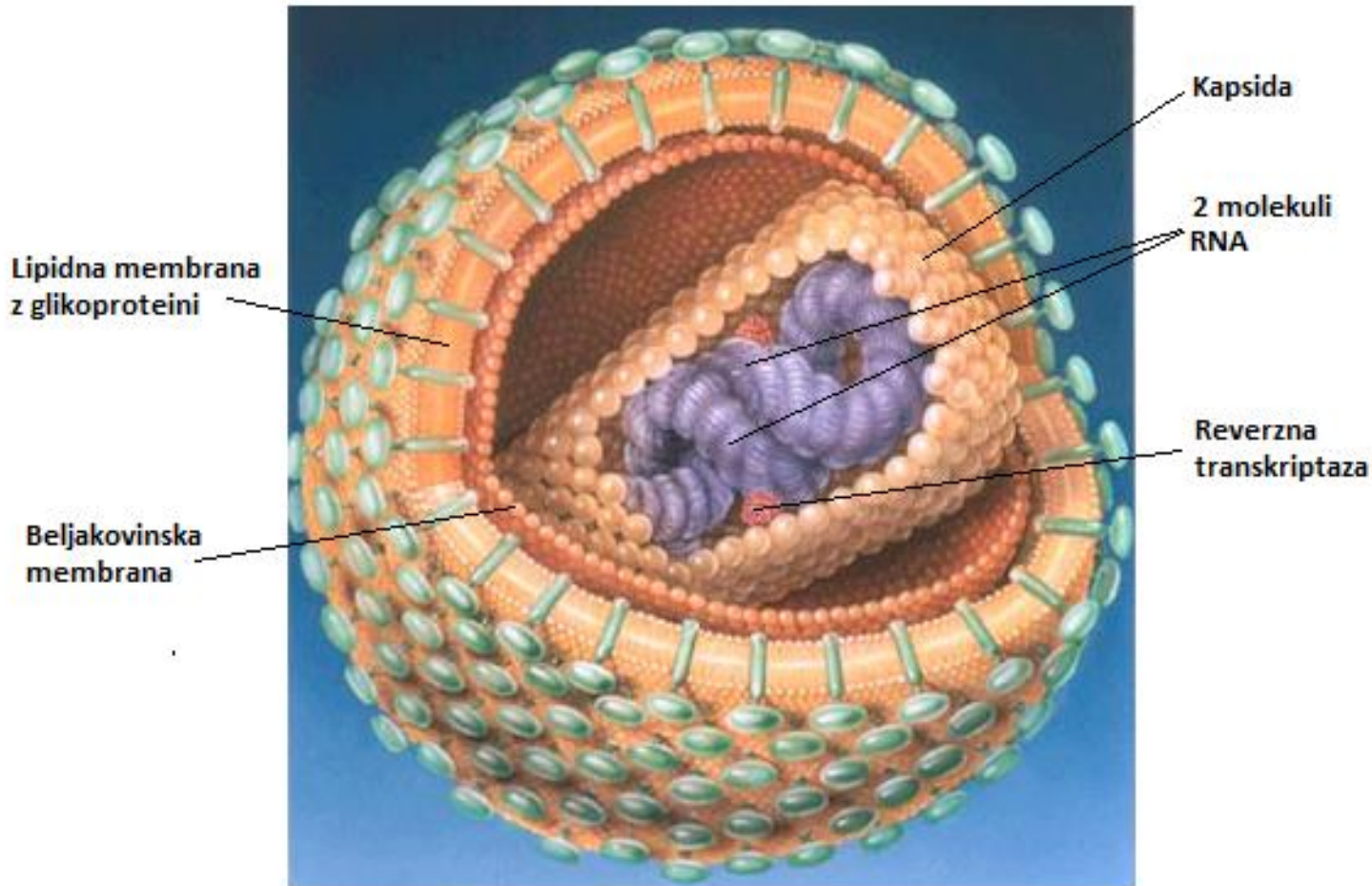
# Začasna imunska pomanjkljivost

- Začasno se pojavi imunska pomanjkljivost tudi pri:
  - običajnih virusnih obolenjih (gripa, ošpice,...)
  - transfuzijah krvi
  - slabi prehrani
  - kirurških posegih
  - kajenju
  - stresu.

# Imunska pomanjkljivost, ki jo povzroča virus HIV

- Bolezen, ki jo povzroča virus HIV imenujemo **AIDS** (*Acquired Immunodeficiency Syndrom* - **Sindrom pridobljene imunske pomanjkljivosti**).
- Virus HIV napada predvsem celice **T pomagalk**.
- **Okužba** z virusom je običajno **asimptomatična**.
- Le **včasih** se pokaže kot nekakšna **gripa**, ki jo spremlja **zmanjšanje števila limfocitov T**.

# Zgradba virusa HIV



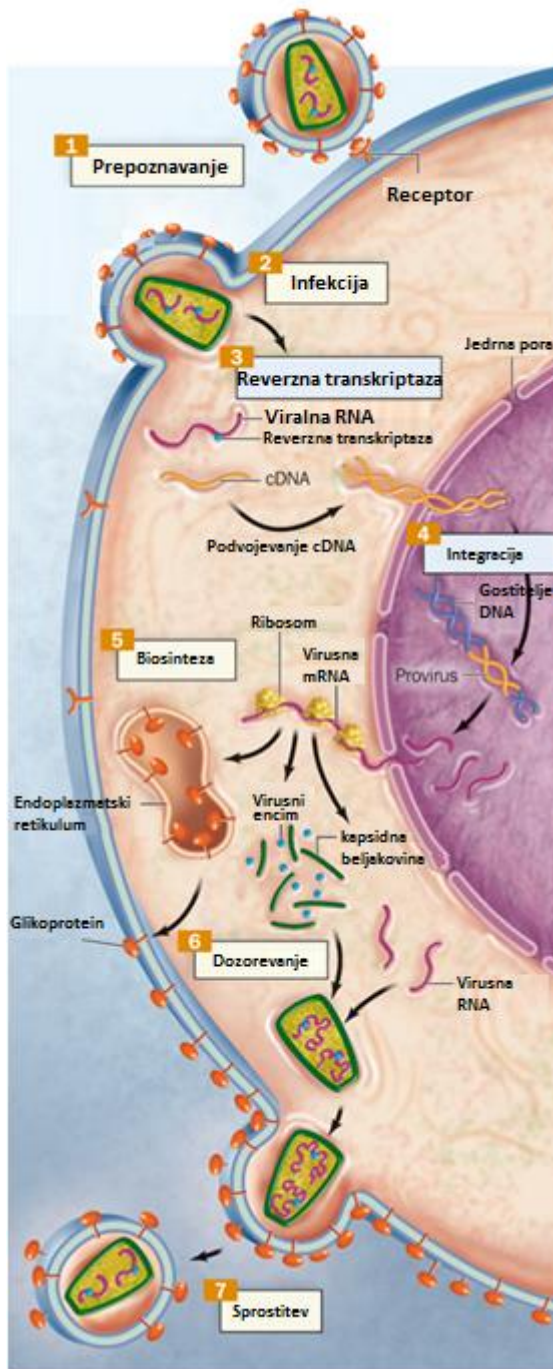
- Virus vsebuje 2 molekuli RNA, okoli katerih je več ovojnic:
  - jedrna beljakovinska ovojnica ali kapsida,
  - beljakovinska membrana,
  - lipidna membrana z glikoproteini na zunanji strani.

# Virus HIV zlahka uide obrambnim celicam

- Izražanje genov za glikoproteine se hitro spreminja, zato **se spreminjajo** tudi **glikoproteini** na lipidni membrani.
- **Protitelesa**, ki jih telo proizvaja, **se ne ujemajo z antigeni** (glikoproteini), ki so sprožili obrambno reakcijo.

# Virus HIV je primer retrovirusa

Virus l'HIV uporablja **reverzno transkriptazo** za kopiranje lastne RNA v DNA, ki se bo vključila v genom gostiteljske celice.



# Razmnoževanje virusa HIV

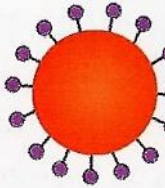
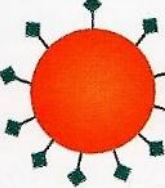
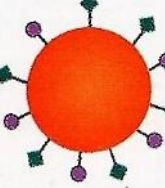
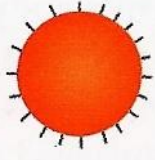

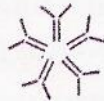
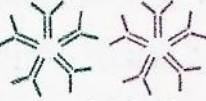



- Po pritrditvi na gostiteljsko celico spusti virus HIV vanjo svoj genetski material.
- S pomočjo reverzne transkriptaze tvori na modelu svoje RNA dvojno vijačnico DNA.
- Ta DNA se združi z gostiteljevo DNA.
- Med prepisovanjem se virusna DNA pretvori v m-RNA, ki se nato združi z ribosomi gostiteljske celice.
- Na ribosomih in v endoplazmatskem retiklu se sintetizirajo vse virusne sestavine.
- Virusne sestavine se združijo v nov virus, ki z eksocitozo zapusti celico.

# Prenos virusa HIV

- Za svoje delovanje in razmnoževanje mora virus uporabljati celični metabolni sistem (**izven celic virus kmalu propade**).
- Zato se **večinoma prenaša** le z **zelo tesnimi stiki sluznic**, do katerih pride pri **nezaščitenih spolnih odnosih**.
- **Redkeje** se virus prenaša pri **transfuziji krvi**.
- Velika verjetnost je tudi, da se okužijo **zasvojenci z drogami**, ki uporabljajo **isto brizgalko**.
- Pri **običajnih družabnih stikih** med ljudmi **se ne prenaša** (uživanje hrane ali vode s **souporabo skodelic** in **kozarcev**).
- Prav tako **se ne okužimo** prek **kašljanja** ali **kihanja**, pri **rokovanju**, med plavanjem v **javnih bazenih** ali pri uporabi **stranišč**.

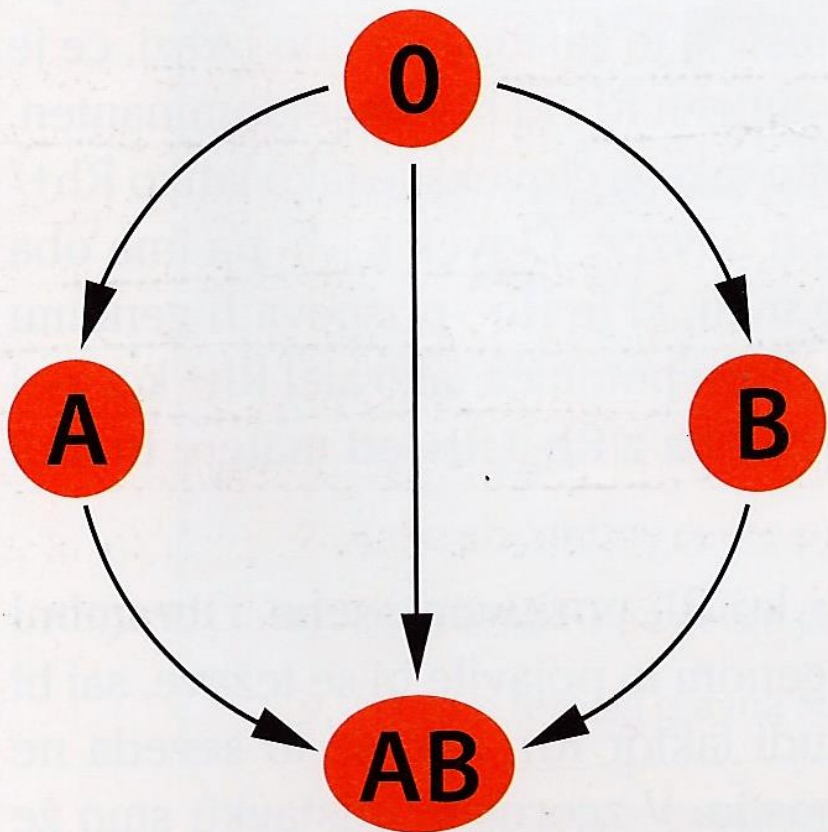


# Tudi rdeča krvna telesa so nosilci antigenov

	A	B	AB	0
rdeče krvno telesce z antigeni				
protitelo v plazmi	 proti B	 proti A	ni protiteles	 proti A in B
antigen	 antigen A	 antigen B	 antigen A in B	brez antigenov

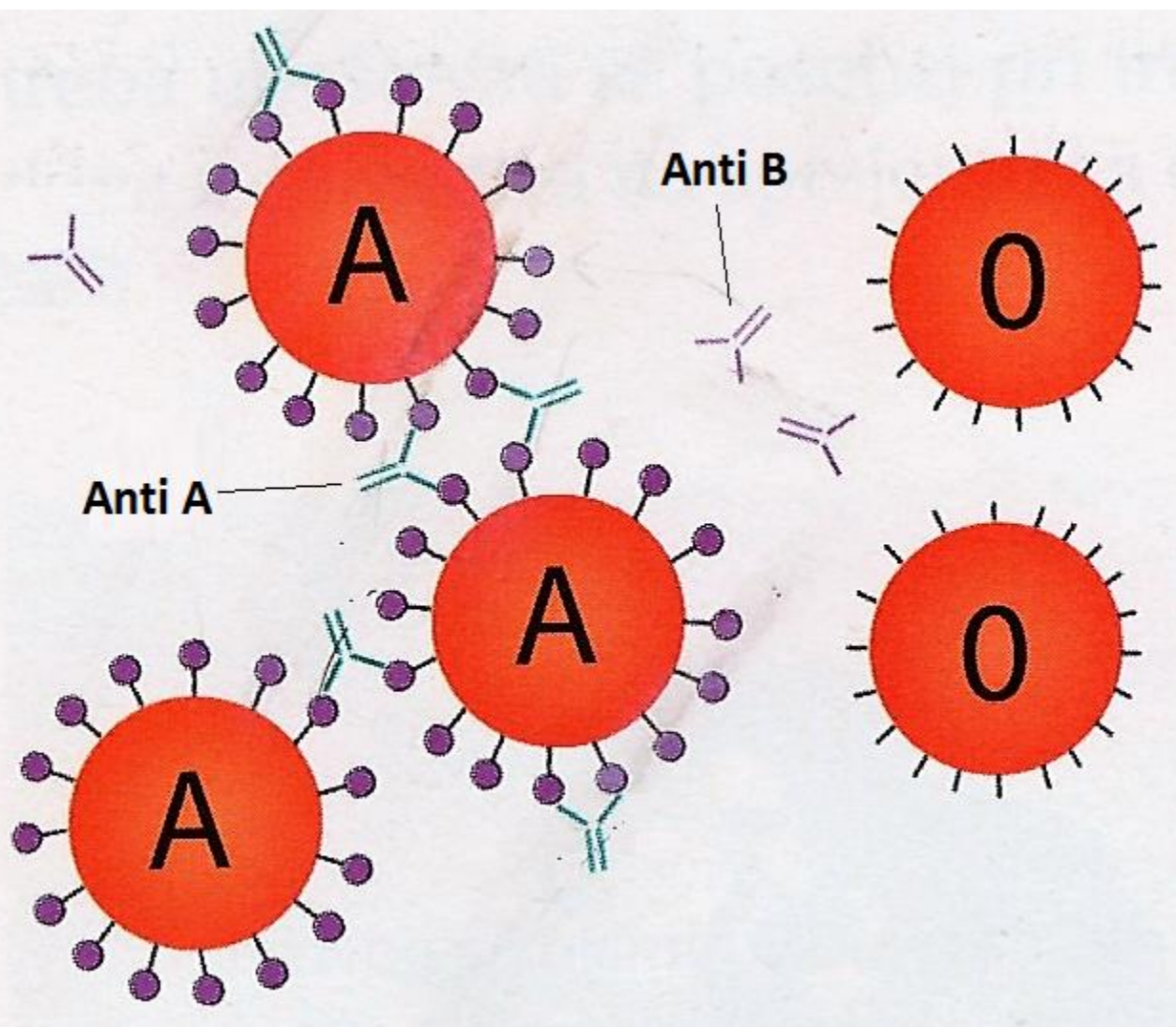
**Slika 17.18:** Krvne skupine in protitelesa pri človeku. Za krvno skupino 0 je značilno, da njene rdeče krvničke nimajo na površini antigenov, zato nastanejo že zgodaj v razvoju protitelesa proti obema tipoma antigenov. Rdeče krvničke krvne skupine A imajo antigene A, zato proizvaja imunski sistem protitelesa proti antigenom B. Podobno ustvarja imunski sistem protitelesa A v človeku s krvno skupino B. Rdeče krvničke krvne skupine AB imajo oba tipa antigenov, zato imunski sistem proti nobenemu ne ustvarja protiteles. Zaradi tega lahko sprejme kri od kateregakoli krvodajalca.

# Možnosti sprejemanja krvi



**Slika 17.19:** Shema, ki prikazuje možnosti sprejemanja krvi. Oseba s krvno skupino 0 je lahko načelni dajalec krvi za vse skupine. Puščice kažejo, da lahko od njega dobijo kri sprejemniki s krvno skupino A, B in AB. A lahko da kri le sprejemniku s krvno skupino AB, tako istemu tipu krvi da lahko kri le dajalec s krvjo B.

# Neustrezna transfuzija povzroča aglutinacijo rdečih krvničk

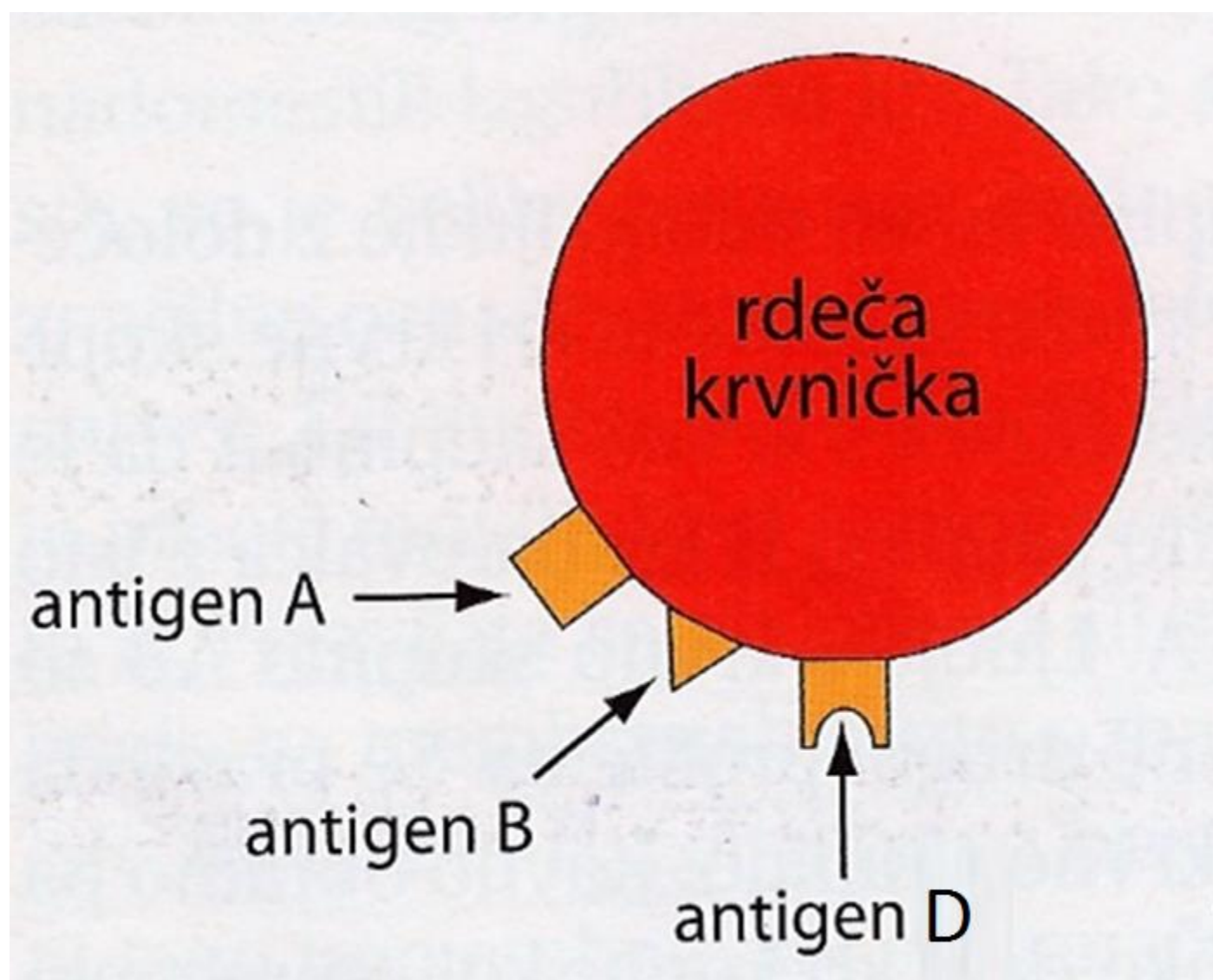


- Če oseba skupine A daruje kri osebi skupine 0, protitelesa anti A, ki jih proizvaja oseba 0, aglutinirajo krvničke A.



# Sistem rhesus ali Rh

- Poleg sistema AB0 poznamo še en sistem razvrščanja krvnih skupin.
- To je sistem rhesus ali okrajšano Rh.
- Ime rhesus prihaja od vrste opic Macacus rhesus, pri katerih so sistem rhesus odkrili.
- Če pri transfuziji faktorja Rh ne upoštevamo, so posledice prav tako usodne, kot so napake pri sistemu AB0.
- Sistem rhesus zaobjema alele C, D in E, od katerih je antigen D imunološko najaktivnejši.
- Človek, ki ima antigen D je Rh pozitiven ( $Rh^+$ ).
- Človek, ki nima antigena D je Rh negativen ( $Rh^-$ ).



# Faktor Rh med nosečnostjo

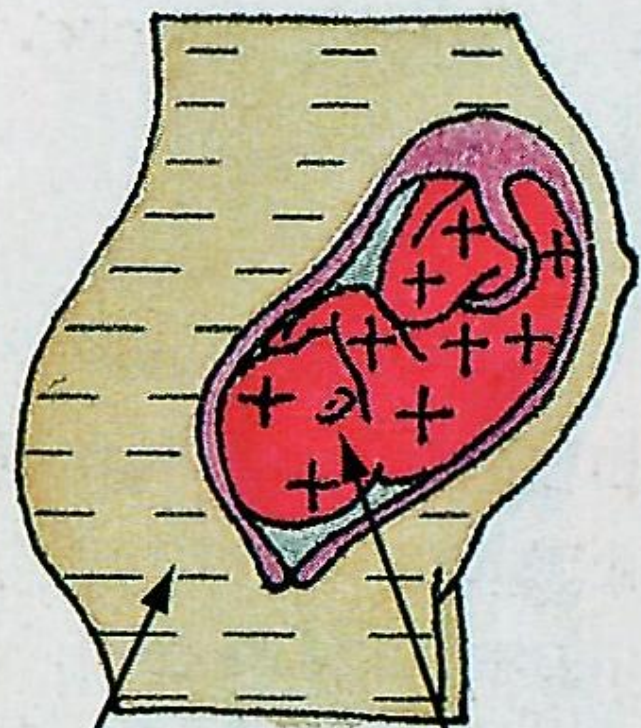
- Če  $Rh^-$  ženska zanosi z  $Rh^+$  moškim, lahko plod podeduje od očeta alel  $Rh^+$ .
- Med porodom pride do krvavenja in lahko preide nekaj otrokove krvi v materin krvni obtok.
- Antigen D na otrokovih krvničkah izzove v materinem obrambnem sistemu nastanek protiteles anti-D.
- V nasprotju z rdečimi krvničkami, prehajajo protitelesa prosto skozi posteljico.

# Faktor Rh med nosečnostjo

- Ker je potrebno nekaj časa, da se tvorijo protitelesa, ta ponavadi ne utegnejo prodreti v kri prvega otroka, veliko možnosti pa je, da protitelesa prodrejo v krvni obtok drugega otroka.
- Otrok bo zbolel za fetalno eritroblastozo (razkroj krvničk, poškodbe ledvic, možna smrt).
- Danes lahko te težave preprečimo z injekcijo učinkovine Rho-GAM, ki jo vbrizgamo materi po porodu prvega Rh pozitivnega otroka.
- Učinkovina preprečuje tvorbo protiteles anti-D v materi, s čimer zaščitimo naslednji Rh pozitivni plod.

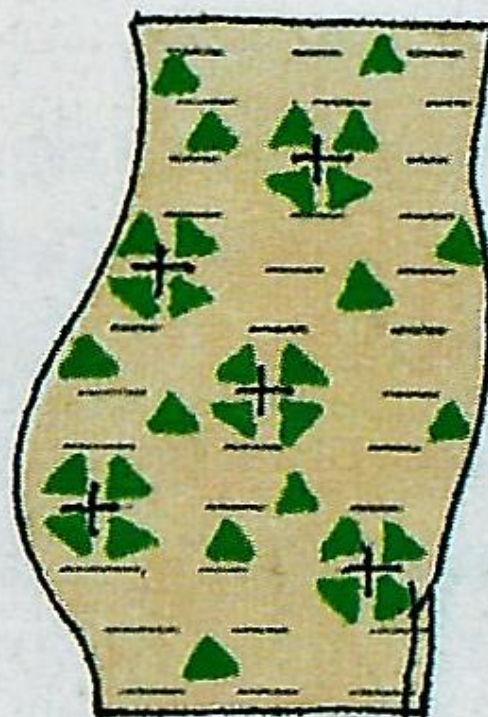
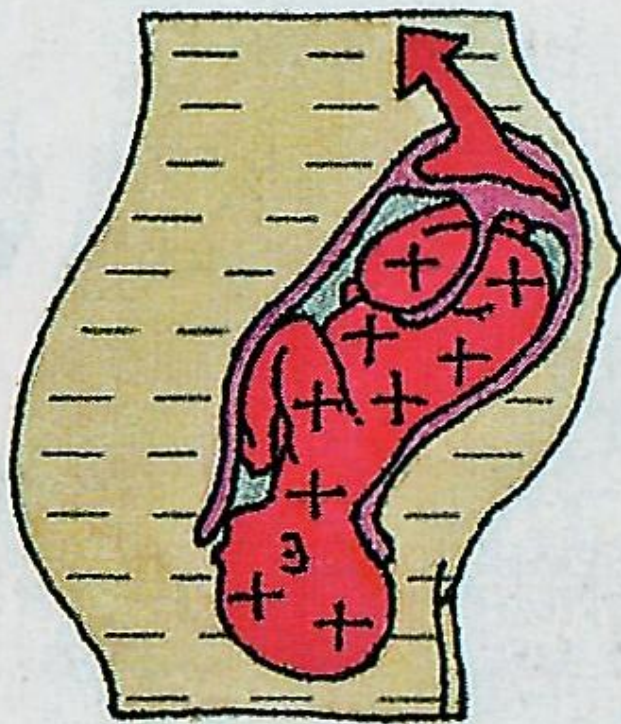


Ob porodu pride nekaj  
otrokovih eritrocitov v  
materin krvni obtok.



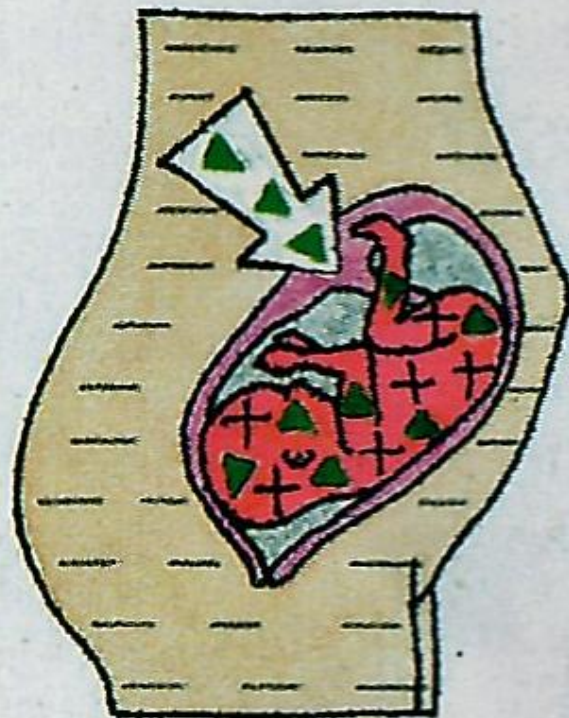
Rh<sup>-</sup> mati

Rh<sup>+</sup> otrok



V materinem telesu  
nastajajo protitelesa  
proti Rh<sup>+</sup> krvi.

Protitelesa prehajajo  
skozi posteljico.  
Ob naslednji nosečnosti  
uničujejo otrokove Rh<sup>+</sup>  
eritrocite.





# Zakaj ne velja isto pravilo za sistem AB0 ?

- Medtem ko nastanejo protitelesa anti-D samo po mešanju nesorodne krvi, so **protitelesa anti-A in anti-B** v telesu naravno prisotna in niso vezana na mešanje krvi (**nastanejo po stiku s hrano**, v kateri so antigeni A in B, ki zaidejo v kri).
- **Mati krvne skupine 0** ima zato v krvi **protitelesa anti-A in anti-B**, ki **prehajajo skozi posteljico**, vendar ne **povzročijo fetalne eritroblastoze**, ker se v plodovih krvničkah antigeni A in B zelo slabo izražajo.