

Imunski sistem in obramba sistema



Uvod

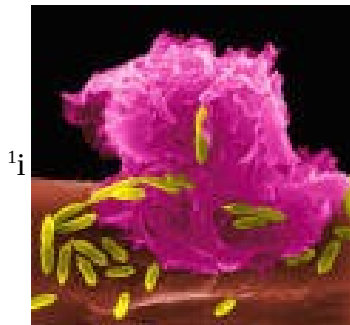
V tej seminarski nalogi sem se osredotočila predvsem na naše telo, oz. če sem natančnejša, sem se pod drobnogled vzela naš imunski sistem. Najprej sem podrobno razložila, kaj to imunski sistem sploh je. Nato sem opisala vse vrste obrambe in kako se telo ščiti pred zunanjimi vplivi, nato pa sem naštel in opisala še bolezni imunskega sistema. Vse bolezni sem vpisala v razpredelnico, da je bralcu lažje dostopna in lahko na hiter način izve na kratko o vseh boleznih. Nato pa sem se osredotočila na aids, ki sem ga tudi podrobneje opisala. Zatem sem se posvetila imunskemu sistemu. Kako si zvečamo odpornost, zato sem opisala tudi bitko, ki se odvija v naših telesih. Nato, sem opisala pridobljeno imunost, opisala sem celice, ki imajo bistven pomen, ko se pogovarjamo o imunosti, nato pa sem se osredotočila na imunski spomin s katerim sem tudi zaključila seminarsko nalogo.

Introduction

I this paper i introduced our body and desices. It is very important, that you know, how your body works. It's very important to eat heatlhty. Many people even don't know how their body works, but it's important, that you know, how you can help your body when you are sick. You have to sleep a lot, drink a lot of tea of water. You have to take medicine and don't go to school or to work. And, i decided to discribed aids too. It's the most dangerous desices in this world. You can get it almost in every contry, but there are some ways, that you can get it, even it people think, they will get it. So, i hope you will know something new.



1. Kaj je to imunski sistem?



¹i

Imunski sistem deluje kot varnostna sila, ki nadzoruje telo in ga varuje pred napadi od zunaj in pred podtalno dejavnostjo znotraj samega telesa. Novorojenčka zaščitijo protitelesa, ki jih dobi od matere. Deloma pa tudi materino mleko. Kmalu po rojstvu imunski sistem prevzame nalogo, ki jo bo opravljal za vse življenje: prepoznavanje vdirajočih bolezenskih organizmov, kot so bakterije in paraziti. Posebne celice imunskega sistema (²limfociti T in B) imajo sposobnost spomina, ki jim omogoča, da se hitro odzovejo na vsako infekcijo, s katero so se v preteklosti že srečale. S cepljenjem spodbudimo telo, da tvori več obrambnih spominskih celic. To je zelo pomembno za preprečevanje otroških bolezni (npr. otroška paraliza in davica).

1.1. Notranji nadzorni sistem

Notranji nadzorni sistem pa je pozoren tudi na patološke delitve celic v telesnih tkivih (npr. zdrav imunski sistem bo odstranil rakavo obolenje že v zelo zgodnji fazi.). Okvare imunskega sistema zaradi staranja ali bolezni (npr. aids) pa zmanjšajo sposobnost imunskega sistema in povečajo možnost, da zbolimo ali pa se razvije rakova tvorba. Ko je imunski sistem oslavljen, takrat pogosteje zbolimo in okrevanje poteka dlje časa. Imunski sistem pa lahko tudi poškodujejo določena zdravila (npr. steroidi, ki jih jemljejo ljudje s kroničnimi obolenji). Delovanje imunskega sistema, pa se lahko obrne tudi samo proti sebi (npr. ³avtoimunske bolezni (revmatoidni artritis)).

1.2. Obramba pred okužbo

Zdrav imunski sistem se lahko pred večino škodljivci brani sam. Poznamo pa dve vrsti obrambe: prirojeno in prilagojeno.

Z prirojeno obrambo označujemo mehanske ovire (npr. koža) ter kemično obrambo (npr. protibakterijski encimi v solzah).

Prilagodljivi obrambni sistem pa temelji na belih krvnih celicah (limfocith), ki se odzivajo na vdor mikroorganizmov v telo.

Celice B proizvajajo kemične snovi (protitelesa) ki krožijo po telesu in napadajo specifične organizme (povzročitelje bolezni). Celice T pa napadajo vdirajoče organizme neposredno. Obe vrsti celic ohranita »vdiralce« v spominu in se ob ponovnem srečanju takoj odzoveta.

2 Bolezni imunskega sistema

Obstajata dve vrsti bolezni imunskega sistema: pri alergijah in avtoimunskih boleznih so reakcije imunskega sistema pretirane, pri imunsko oslabljenih boleznih pa je sistem prešibak, da bi se lahko boril z organizmi, ki ga ogrožajo.

ALERGIJA: imunski sistem je preobčutljiv, zato neustrezno reagira na snovi, ki pri večini ljudi ne povzročajo večjih težav. Te snovi so imenovane alergeni in jih lahko vdahnemo, pojemo ali pa pridejo v stik z našo kožo. Alergeni izzovejo alergični odgovor (npr. seneni nahod, astma ali izpuščaj). Mnogo ljudi je alergičnih na jajca, mleko in nekatere žitarice.

AVTOIMUNSKÉ BOLEZNI: Včasih sistem ne tvori protiteles zoper bakterije in druge mikroorganizme, pač pa napada lastna tkiva. Ta zmotni napad je lahko usmerjen proti

¹ Imunski sistem: je telesni sistem, ki je zadolžen, da brani telo pred tujki in boleznimi

² Limfociti: krvne celice, ki sodelujejo pri obrambi telesa

³ Avtoimunske bolezni: to so bolezni, ko se telo začne braniti pred lastnimi celicami

določenemu organu (npr. ščitnici) ali pa povzroči organsko neznatne bolezni (glej tabelo). Te bolezni postanejo pogostejše v srednjih letih in pogostejše prizadenejo ženske, kot moške.

BOLEZEN:	OPIS BOLEZNI:
Addisonova bolezen	Okvarjene suprarenalne žleze povzročijo nizek krvni pritisk in slabost, zmanjšajo sposobnost telesa za odzivanje na stres.
Sladkorna bolezen	Skupki celic v trebušni slinavki (Langerhansovi otočki) ne zmorejo tvoriti dovolj inzulina kar povzroči zelo velike vrednosti sladkorja v krvi.
Slabokrvnost	Avtoimunska oblika anemije skrajša življenjsko dobo rdečih krvnih celic, posledica pa je slabotnost, bledica, glavobol, zasoplost.
Gravesova bolezen	Ščitnica ostane preveč aktivna, lahko se poveča in nastane golša. Zmanjša se telesna teža, spremljevalna pojava pa sta nemir in tremor.
Multipla skleroza	Poškodba živčnih ovojnic povzroči mišično slabost, motnje čutnega zaznavanja, motnje govora in vida.
Miastenija Gravis	Okvara stika med živcem in mišico povzroči utrujenost, mišično slabost, zlasti na mišicah obraza.
Sistemski lupus eritematosus	Poškodba vezivnega tkiva povzroči progresivno okvaro delovanja ledvic, pljuč in sklepov. Pojavi se razpoznavni izpuščaj na obrazu.

2.1. Aids

Kaj pa sploh pomenita kratici HIV in AIDS? H – human (človeški), I – immunodeficiency (oslavljen imunski sistem), V – virus (virus). A – acquired (pridobljen), I – immuno (imunski), D – deficiency (pomanjkljivost), S – syndrome (sindrom).

Je sindrom pridobljene imunske neodzivnosti, ki povzroča virus človeške imunske pomanjkljivosti (HIV). Ta virus uničuje določeno vrsto belih krvnih teles (limfocite). Zaradi njihovega zmanjšane števila postaja imunski sistem vse manj učinkovit.

Aids je peta vodilna bolezen na svetu za katero največkrat umirajo ljudje med 25 in 44 letom. V svetu je že okoli 10 milijonov ljudi okuženih z virusom HIV, ki povzroča aids, vsak dan pa jih umre 8000 zaradi te bolezni, medtem, ko se drugih 15000 dnevno okuži s tem virusom. Virus se prenaša predvsem z izmenjavo igel pri vbrizgavanju droge, z matere na plod in pa s spolnimi odnosi, ki je najpogostejši prenos virusa HIV, lahko pa se prenaša tudi s krvjo (npr. uporaba rabljenih organov in s transfuzijo, vendar je danes ta možnost že zelo majhna).

2.1.1. Nevaren seks - glavni vzrok za aids?

Nevaren seks je vsak odnos, ko kri ali sperma ene osebe preide v telo druge osebe. Zato je potrebna uporaba kvalitetnega kondoma, še posebej, če nekoga ne poznaš dovolj dobro.

Varen seks pa je odnos med partnerjema, ki sta skupaj dlje časa in sta si zvesta, ali pa seks z neznanimi osebami vendar redna uporaba kondoma.

Z alkohol in drugimi nedovoljenimi substancami pa ogrozimo naše razmišljanje in našo samokontrolo, ter povečamo možnost, da imamo spolni odnos brez kondoma. Prenáša pa se izključno z vaginalnim, analnim in oralnim seksom.

Virus HIV pa se ne prenaša, če se dotaknemo krožnik okužena, s pikom komarjev, uporaba stranišča za okuženim, težko se prenese na človeka, ki daruje kri ali organe, ker je vse sterilizirano.

Najbolj ogroženi so homoseksualni ali biseksualni moški, ki nezaščiteno spolno občujejo, intravenozni jemalci drog, ki uporabljajo že uporabljeno iglo ter otroci z materjo, ki je okužena z virusom HIV.

Virus HIV so odkrili v solzah, tkivih živčnih celic, krvi, semenski tekočini, materinem mleko in vaginalnih izcedkih.

Znaki okužbe: ljudje nimajo posebnih simptomov tudi do 10 let ali dlje. Medtem ko ni nobenih znakov, virus slabi in uničuje imunski sistem, dokler ne nastopi aids. Malo posameznikov, ki imajo genske posebnosti, se virus sploh ne razvije in ne učinkuje. Pogosti znaki pa so povečana telesna temperatura, znojenje, otekle limfne žleze, mrzlica, splošna oslabelost, izguba teže.

Zdravila za aids še ne poznamo, vendar poznamo nekaj načinov zdravljenja s katerimi preprečimo napredovanje bolezni za nekaj let in izboljšamo kvaliteto življenja tistim, pri katerih so se simptomi že pojavili.

3. Kako zvečamo imunsko ⁴odpornost?

Začnemo lahko pri otrocih, da jim dovolimo, da se igrajo z vrstniki in z njimi izmenjujejo okužbe in postajajo s tem odpornejši. Dovolimo jim, da se ob vsakem vremenu igrajo zunaj, seveda primerno oblečeni in obuti. Ne silimo jih s televizijo, ampak jih spodbujajmo, naj se ukvarjajo s športom.

Tudi vitamini, beljakovine in minerali so gradbeni deli imunskega sistema. Znano je, da v trajanju bolezni potrebujemo veliko več vitamina C, pa tudi vitamina E, ki ga potrebujejo še posebej starejši ljudje.

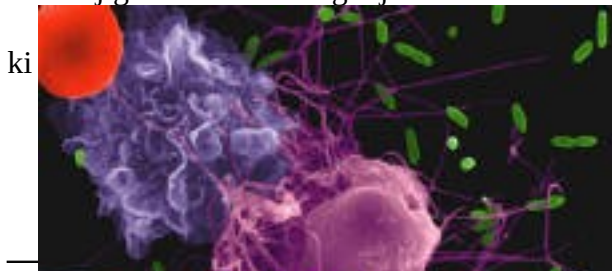
Priporočljiva pa je tudi savna in potem naj se obvezno skopamo v mrzli vodi, ter s tem telo pripravimo na stres, ki se mu mora »non stop« upirati.

3.1. Krvava bitka v naših telesih proti virusom in bakterijam

Najprej napade tujke v telesu naravna odpornost, ki delno onespobijo tujke, da lahko o njih naberejo čim več informacij.

Naravna obramba: Prva bojna črta: Nevtrofilci in makrofagi

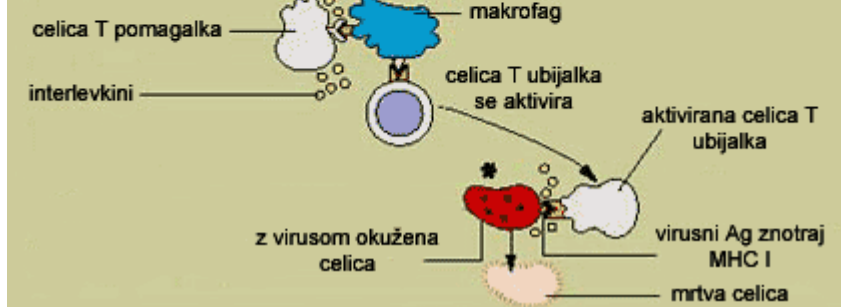
Prvi se na mestu vdora patogene bakterije pojavijo ⁵NEVTROFILCI, ki so najbolj številne in najbolj pomembne celice naravne odpornosti. Nevtrofilci so kratkožive celice, ki praviloma po tem, ko sovraga pojedo, nanj spustijo svoje kemično orožje v obliki vodikovega peroksida, superoksidnega aniona in dušikovega oksida. Nevtrofilci so skupaj z odmrli ostanki bakterij glavna sestavina gnoja.



ki

Takoj za tem pridejo na vrsto ⁶MAKROFAGI, so boljše opremljeni od nevtrofilcev. Tudi ti požirajo bakterije, ki jih s skupnim imenom poimenujemo fagociti. Makrofagi so dolgožive celice, ki lahko znova in znova proizvajajo zgoraj omenjena kemična





sredstva. Ko makrofagi pojedó svoj plen, se aktivirajo in začnejo izločati posebne signalne snovi, ki izzovejo

vnetje in sporočijo ostalim celicam imunskega sistema, da se v določenem delu telesa bije krvava bitka in da potrebujejo okrepitve.

⁷Vnetni odziv poskrbi, da na mestu okužbe pride zadostno število obrambnih molekul in celic, fizično onemogočajo širjenje infekcije ter povečajo obnovo poškodovanega tkiva. Spremljevalci vnetja so bolečina, toplota, rdečina in oteklina, ki so odraz sprememb v lokalnih žilah. Pride namreč do povečanja in hitrejšega pretoka krvi, od tod pa tudi toplota in rdečina. Zaradi določenih sprememb na površinah žil pride do povečane koncentracije belih krvničk na vnetnem mestu, poveča se tudi propustnost samih žil, žilna tekočina se nabira v okoliškem tkivu, kar povzroči bolečino in oteklino. Vse omenjene spremembe sprožijo posebne snovi, vnetni mediatorji, ki se začnejo sproščati, ko nevtrofilci ali makrofagi prepoznajo patogeno celico.

Druga pomembna naloga makrofagov je, da plen, ki so ga pojedli razsekajo na majhne koščke in te koščke v okviru posebnih površinskih molekul predstavijo specialnim enotam pridobljene imunosti.

4. Kako prepoznajo vsiljivce?

Makrofagi in v manjši meri tudi nevtrofilci imajo na površini receptorje, ki prepoznajo posebne kombinacije površinskih sladkorjev, beljakovin in maščob ter DNK vzorce, ki so značilni zgolj za bakterije. Med receptorji je vsaj 9 različnih predstavnikov in vse kaže, da vsak izmed njih prepozna točno določen bakterijski vzorec.

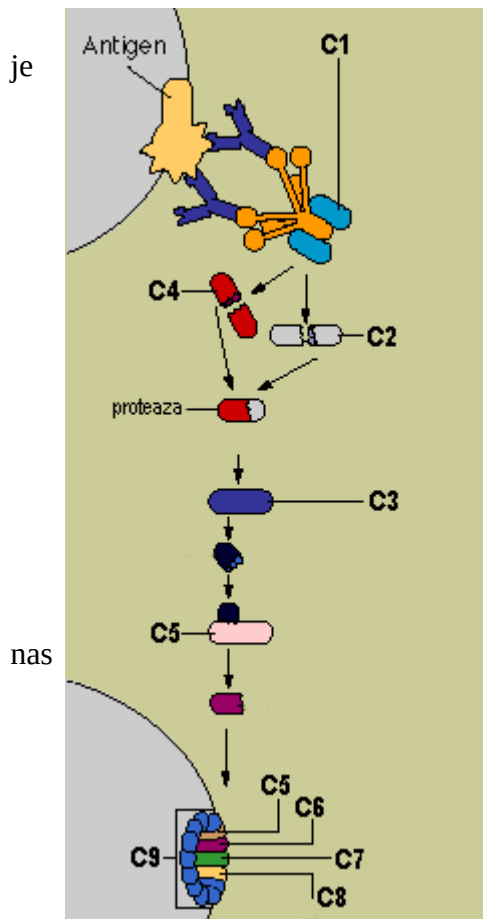
Vendar pa so bakterije precej zvite in so našle način, kako prelisičiti makrofage in nevtrofilce. Mnoge se zamaskirajo z debelim zaščitnim slojem, kapsulo, ki jo zgoraj omenjeni receptorji ne prepoznajo, spet druge pa se uspešno izmikajo uničujočemu delovanju kemijskega orožja.

Nevtrofilci in makrofagi so učinkoviti predvsem pri zamejevanju bakterijske okužbe, pred virusi pa nas, kot vse kaže, v zgodnjih fazah ščitijo čete naravnih celic ubijalk. Ko celico napadeta virus ali znotrajcelična bakterija, pride na površinah napadenih celic do določenih sprememb, tako se npr. zmanjša izražanje molekul, ki predstavljajo razrezane dele virusa celicam imunskega sistema ali pa se spremeni struktura nekaterih drugih površinskih molekul. Ravno te spremembe zaznajo naravne ubijalke in tako celico odstranijo. V citoplazmi imajo naši vojščaki spravljene mehurčke, ki so napolnjeni z dvema vrstama orožja, perforinom in grancimi. Prvi navrtla luknje v celično membrano, zato tako celico kmalu raznese, drugi pa sproža program programirane celične smrti. Celična smrt (nekroza) nastopi takrat, ko se celotna vsebina (med drugimi tudi encimi, signalne molekule, kalcij) celice sprosti v okolico, kar ima lahko včasih zelo škodljive posledice za okoliško tkivo. Poleg nekroze poznamo tudi programirano celično smrt, kjer vse poteka bolj kontrolirano. Značilne so razgradnje jedra in jedrne DNK, kondenzacija in fagocitoza celičnih ostankov. Tak način smrti je veliko boljši, saj ni škodljivih učinkov na sosednje celice. Z apoptozo se v telesu odstranijo stare in odslužene celice. Če je nekroza nekontrolirano odmetavanje odpadkov v okolico, potem je apoptoza skrbno sortiranje in maksimalna reciklaža odpadnega materiala.

⁷ Vnetni odziv: telo se odzove na nek tujek v telesu (npr. gnojenje, vročina, bolečina, gnoj,)

Naša vojska se pojavi na bojišču že en dan po okužbi, na fronti pa mora zdržati kar sedem dni. Toliko časa namreč potrebujejo specialne enote, da organizirajo in zagotovijo zadostno število vojakov za nadaljnjo obrambo.

4.1. Celice niso edine na prvi bojni črti - komplement



Poleg nevtrofilcev, makrofagov in naravnih celic ubijalk za zgodnjo obrambo organizma je zelo pomemben tudi sistem komplementa, ki ga sestavljajo posebne beljakovine krvne plazme. (Plazma je tekoča sestavina krvi, ki ostane, če odstranimo krvne celice. V njej so raztopljena številna hranila, soli in beljakovine. Serum je bistra tekočina, ki se izloči ob strjevanju krvi. Poleg celic ji manjka tudi beljakovina fibrinogen, ki sodeluje v procesu strjevanja).

Zanimivo je, da se je komplement razvil kot del naravne odpornosti, a je z razvojem postal velik pomočnik protitelesom, ki pa so že del orožja specialnih enot. Sistem komplementa v osnovi zajema devet različnih proteinov, ki se v krvi nahajajo v neaktivni obliki. Njihova aktivacija mora biti skrbno uravnana, saj si vsekakor ne želimo, da bi proteini komplementa podivjali in pomotoma napadli naše lastne celice ali za popolnoma neškodljive bakterije. Ponavadi se sistem aktivira z vezavo ene sestavine komplementa na površino patogene bakterije. S tem se ta komponenta aktivira, spremeni se v aktivno proteazo, beljakovino, ki lahko cepi druge beljakovine ter jih s tem aktivira. Prva komponenta aktivira drugo, druga tretjo in tako naprej dokler se ne aktivirajo vse sestavine komplementa. In kakšne so posledice aktivacije celotnega sistema?

Molekule komplementa so vezane na patogene, zato se zdijo bakterije fagocitom slajše, nekako tako kot imamo mi rajši jagode, če so obložene s kepico sladoleda. Poleg tega se vest o »gostiji s sladoledom« hitro razširi in na mesta vnetja pridejo novi lačni fagociti. Najkasneje aktivirana sestavina komplementa (komponenta C5 – C9) zgradijo novo orožje, ki navrta luknje v bakteriji, kar v končni fazi povzroči njihovo smrt.

Tako makrofagi kot tudi komplement tesno in zelo uspešno sodelujejo s specialnimi enotami pridobljene imunosti.

5. Pridobljena imunost

Vojščake specialnih enot imunskega sistema (pridobljena imunost) delimo v dve veliki podskupini, prvo sestavljajo limfociti T, drugo pa limfociti B. Kurirji, ki sprejmejo informacijo o patogenu od makrofagov, kot sem opisala že zgoraj, so celice T pomagalke. Pomagalke nato to informacijo posredujejo dvema tipoma različno oboroženih čet – celicam T ubijalkam in limfocitom B, celicam, ki delujejo zelo specifično, za vsakega sovražnika posebej izdelano orožje – protitelesa.

Vse krvne celice (bele in rdeče krvničke, krvne ploščice) izvirajo iz skupnega prednika, ki se nahaja v kostnem mozgu. Med bele krvničke uvrščamo celo kopico različnih celic: limfocite T in B, naravne celice ubijalke, makrofage, granulocite, bazofilce, mast celice, dendritične celice in nevtrofilce. Vse na tak ali drugačen način sodelujejo v obrambi pred virusi in bakterijami.

5.1. Sprejem informacije o sovražnikovem vdoru - antigen predstavitvene celice

Že prej sem omenila, da so makrofagi tiste celice, ki v ustrezno predelani obliki celicam pridobljene imunosti posredujejo informacijo o patogenu. Vendar makrofagi niso edine in tudi ne najboljše celice, ki opravljajo tako pomembno nalogo. Daleč bolj učinkovite so dendritične celice, ki s svojimi dolgimi izrastki – dendriti, lovijo bakterijske, virusne in pa tudi glivne vsiljivce. Tako kot makrofagi imajo receptorje, ki prepoznajo mikroorganizmom lastne vzorce. Ker spoznajo, s katero vrsto patogena imajo opravka, že deloma izberejo, kateri tip specialnih enot se bo kasneje rekrutiral. Tretji tip antigen predstavitvenih celic (APC) so limfociti B.

5.2. In kako se prenese informacija od APC do celice T pomagalka?

Celice T pomagalka razdelimo v dve podskupini. Nastanek prvih TH1, spodbujajo znotrajcelični, nastanek drugih TH2, pa zunajcelični patogeni T. TH1 Usmerjajo imunski odziv v celično, TH2 pa v s protitelesi posredovano imunost. Vse antigen predstavitvene celice izdelujejo posebne molekule, ki jih pri vseh živalskih vrstah poznamo pod imenom molekule poglobitnega histokompatibilnostnega kompleksa razreda II s kratico MHC II (Major Histocompatibility Complex). Molekule poglobitnega histokompatibilnostnega kompleksa delimo v dva razreda. Molekule prvega razreda najdemo na površini celic z jedri, molekule drugega pa na antigen predstavitvenih in še nekaterih drugih celicah. Za vse MHC molekule je značilna velika raznolikost, ki je zelo pomembna pri prepoznavi antigena. Celica T lahko spozna peptid – antigen, vezan na močno določen MHC, če pa je isti peptid vezan na drug MHC, pa morda ne spozna več. Prisotnost MHC molekul (predvsem prvega razreda) na površini skoraj vsake celice je razlog za zavrnitev presajenih organov, zato je ujemanje darovalca in prejemnika organa v MHC molekulah zelo pomembno.

Pri človeku so te molekule odkrili najprej na belih krvničkih, od tod izvira tudi vsesplošno uporabljena kratica HLA (Human Leukocyte Antigen).

Dodobra prebavljene bakterije, razrezane na kratke koščke – peptide, APC znotraj MHC II oz. HLA II predstavijo celicam T pomagalkam. Vsaka pomagalka ima na površini poseben t-celični receptor (TCR), ki je sposoben prepoznati en sam točno določen peptid znotraj MHC II molekule. V primeru, ko TCR naš peptid prepozna, bo prišlo do povezave z APC, drugače pa ne.

Poleg omenjene povezave je za aktivacijo pomagalka nujno potrebna še dodatna, komstimulatorna povezava. (Pomembni komstimulatorni molekuli, ki jih najdemo na APC sta CD80 in CD 86. Povečanje izražanja komstimulatornih molekul sprožijo mikroorganizmom lastni vzorci, isti signal torej, ki celicam naravne odpornosti oznanjajo prisotnost patogena. Celice T, katerih TCR so se povezali z ustreznim peptid – MHC kompleksom brez ustrezne komstimulatorne povezave, postanejo neodzivne – anergične ali pa celo umrejo. S tem je preprečeno, da bi celice T odgovarjale na lastne peptide – Ag, ki se v

okviru molekul MHC I izražajo na površinah nam lastnih celic.) Pri tem se povežejo kostimulatorne molekule na APC in molekula CD28 na pomagalki.

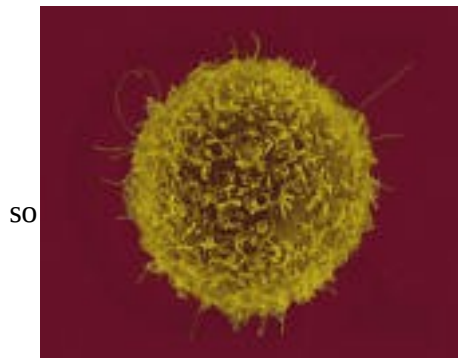
Aktivirane pomagalki sedaj aktivirajo makrofage, limfocite B in celice T ubijalke. V okolico namreč začnejo izločati različne snovi, med katerimi sta najbolj pomembna citokin IL-2, aktivira limfocite T in interferon gama, močan aktivator makrofagov. Citokini so manjši proteini ali druge male organske molekule, ki jih celice izločajo v okolico in s tem vplivajo na lastno delovanje ali na delovanje sosednjih celic. Vplivajo na fizične povezave in procese sporočanja med celicami. Najbolj znani so interleukini, ki uravnavajo delovanje imunskega sistema. Interferoni pa so beljakovine, katerih sinteza se sproži, ko virus okuži celico. Ime izvira iz dejstva, da se ti proteini vmešavajo (ang. To interfere) v razmnoževanje virusa. Vse omenjeno drži zlasti za IFN alfa in IFN beta, medtem, ko sinteza najbolj znanega IFN gama ni pogojena z virusno okužbo. Kljub temu je IFN gama zelo pomemben za obrambo pred znotrajceličnimi patogeni.

5.3. Celice T ubijalke - rablji za rakaste celice in celice, okužene z virusi

Celice T ubijalke so, kot že ime pove, neustrašne borke, ki v telesu poiščejo in ubijejo spremenjene celice, bodisi take, v katerih so si domovanje poiskali virusi, pa tudi tiste rakaste. In kako ločijo med spremenjenimi in normalnimi celicami?

Ravno tako kot celice T pomagalki imajo tudi ubijalke na površini poseben T-celični receptor, ki prepozna na koščke narezan virus ali spremenjen protein rakaste celice v okviru molekule poglobitvenega histokompatibilnostnega kompleksa (MHC). Seveda obstajajo med prepoznavo in odgovorom pomagalk in ubijalk določene razlike. Molekule, v okviru katerih se virusni in tumorski delčki predstavijo, sodijo med molekule MHC razreda I, za katere je značilno, da nimajo samo APC, ampak skoraj vse celice našega telesa, kar je razumljivo, saj bi drugače viruse in tumorske spremembe prepoznavali samo na APC, v ostalih celicah pa bi virusi lahko nemoteno prebivali. T celice ubijalke imajo tako kot naravne celice ubijalke v citoplazmi številne mehurčke, granule, napolnjene s perforinom in grancimi, zato tudi ubijajo na popolnoma enak način. Razlika med naravno ubijalko in celico T ubijalko je le v tem, da slednja s svojim TCR prepozna le en točno določen telesu tuj peptid, medtem ko naravne ubijalke pobijajo vse kakorkoli spremenjene celice. Tako kot pri pomagalkah je tudi za prepoznavo in uspešno aktivacijo celic T ubijalk nujno potrebna dodatna kostimulatorna povezava. V določenih primerih, predvsem pri virusnih okužbah, je za uspešno aktivacijo ubijalk potrebna še pomoč pomagalk.

5.4. Limfociti B - tovarne protiteles



so

Limfociti B izdelujejo zelo izpopolnjeno orožje, imenovano protitelesa. Vsaka celica B ima, podobno kot celice T, na svoji površini receptor - na membrano vezano protitelo, specifično za točno določen antigen. Antigen (Ag) je vsaka snov, ki izzove imunski odziv. Številni Ag so beljakovine, ki jih normalno v telesu ni - deli mikroorganizmov, toksinov ali tkiv drugih oseb, ki se v telo vnesejo ob presaditvi organov. Včasih lahko izzovejo imunski odziv tudi povsem neškodljive snovi (cvetni prah), to pa povzroči alergijske reakcije.

Ob aktivaciji se mirujoče celice B spremenijo v plazmatke in začnejo izdelovat ogromno število protiteles, ki so popolnoma enaka tistemu, pritrjenemu na njihovi površini, le da se ta množica "hi tech" orožja sedaj sprošča v izvencelično tekočino. Naloga teh natančno vodenih izstrelkov je pobiti bakterije, ki prebivajo izven celic, ter ujeti znotrajcelične med selitvijo iz ene v drugo celico. In kako jim to uspe? Pogosto preprečijo vstop bakterijam v celice, saj blokirajo določene receptorje na njihovi površini. Z vezavo na bakterije jih naredijo bolj slastne za fagocite, proces imenujemo opsonizacija, lahko pa aktivirajo že omenjeni komplement. Kakor prej celice T ubijalke potrebujejo tudi celice B za aktivacijo poleg antigena še pomoč celic T pomagalk bodisi preko direktne povezave med celicami ali pa v obliki citokinov.

5.5. Kako lahko celice B izdelajo za vsak Ag posebno protitelo in kako lahko vsaka celica T prepozna le en točno določen Ag?

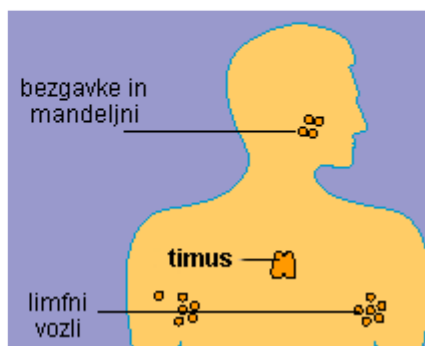
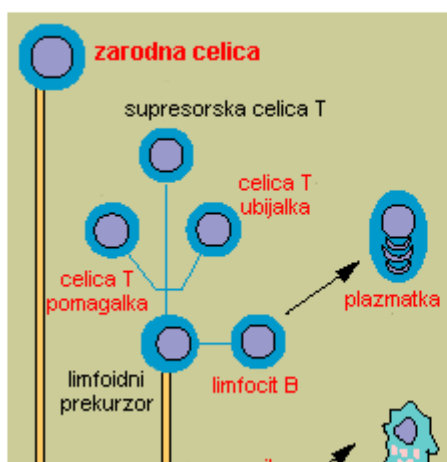
Danes vemo, da se vsak človek rodi s sposobnostjo izdelave 10¹² različnih protiteles. Vemo pa tudi, da ima vsak izmed nas zgolj okoli 30 000 genov, ki kodirajo poleg protiteles tudi vse ostale beljakovine v našem telesu. Če bi še vedno veljalo, da en gen nosi zapis za en protein, potem bi se znašli v hudi zagati. Teorija somatske rekombinacije lepo pojasni nastanek velikega števila različnih protiteles.

Vsako protitelo je sestavljeno iz dveh težkih in dveh lahkih verig. Vsako verigo kodira več med seboj sestavljenih DNA delcev. Formula za težko verigo se tako glasi: izberi 1 od 400 V, 1 od 15 D in 1 od 4 J segmentov, jih zlepi skupaj ter jim dodaj še segment konstante regije. Na ta način dobimo samo za težko verigo 24000 različnih kombinacij. Na podoben način se sestavi tudi lahka veriga in pomislite, koliko je vseh kombinacij, ko se vse te verige povežejo med sabo.

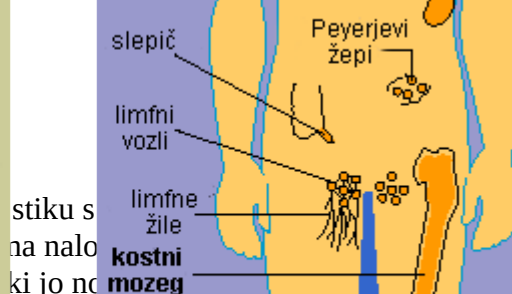
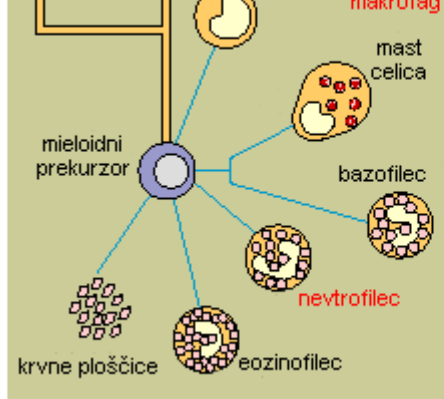
Vendar presenečenj v povezavi z raznolikostjo protiteles s tem še ni konec. Naslednje odkritje je znanstvenikom vzelo sapo. Ko se celica B sreča z ustreznim antigenom, pride v delu protitelesa, ki se antigenu prilega, do mutacij, katerih namen je še dodatno izboljšati specifičnost protitelesa za omenjeni antigen. To spoznanje je bilo zelo pomembno, saj so ravno izboljšane celice B tiste, ki se pretvorijo v spominske celice in ob ponovnem srečanju z antigenom nanj hitreje in učinkoviteje odgovorijo.

Z izjemo ravnokar omenjenega pojava, strokovno imenovanega somatska hipermutacija, se na enak način kot pri protitelesih ustvarja tudi raznolikost receptorjev celic T. Če obstaja toliko različnih protiteles in TCR, skoraj zagotovo določeni med njimi prepoznajo tudi naše lastne proteine. Kako to, da se ob tem ne sproži imunski odziv? Pojav neodzivnosti na lastne Ag imenujemo toleranca. Mehanizmov, ki jo zagotavljajo je kar nekaj, a rezultat vseh je, da so limfociti B in T, ki bi lahko izzvali reakcijo na lastno in poškodovali naše celice, še preden do tega pride, izbrisani ali vsaj inaktivirani.

6. Imunološki spomin



Celice B in T so si sposobne zapomniti, če so z določeno bakterijo ali virusom že imele opravka. Ko vsiljivca ponovno srečajo, ga hitreje in



stiku s
na nalo
ki jo ne
za morebitno novo sovražnikovo invazijo
ljenjem pogosto doživljenjsko zaščitimo

B in T z njim
Take celice se
zelo dolgo časa, ves
Zaradi teh
pred številnimi

6.1. Kje v telesu potekajo glavne bitke, kje nastaja in kje se kali naša vojska?

Vse celice imunskega sistema se "rojevajo" iz skupnega prednika v kostnem mozgu. Nezreli limfociti T potujejo v timus, ki se nahaja v zgornjem delu prsnega koša. Zorenje ter uničenje oz. inaktivacija samoreaktivnih celic B potekajo v kostnem mozgu, celic T pa v timusu. Kostni mozeg in timus sta glavna organa v limfatičnem sistemu. Od tu potujejo limfociti s krvotokom v sekundarne limfatične organe - bezgavke, vranico, limfna tkiva ob sluznicah, kjer se, ko srečajo ustrezen antigen, tudi aktivirajo. Limfociti krožijo med krvjo in sekundarnimi limfatičnimi organi, vse dokler ne srečajo antigena.

Bakterije, virusi in ostali nezaželeni gosti vstopajo v naše telo po zelo različnih poteh, vendar se antigeni in limfociti vedno srečajo šele v sekundarnih limfatičnih organih. V vranici se zbirajo Ag iz krvi, iz perifernih tkiv pa dendritične celice in makrofagi po limfi prinesejo Ag v bezgavke, Ag iz sluzničnih površin se zbirajo v bližnjih limfatičnih tkivih. Limfa predstavlja izvencelično tekočino, v kateri najdemo limfocite, beljakovine in maščobe, in se preko limfnih žil vrača v kri. Aktivirane celice T in B zapustijo sekundarne limfatične organe in se usmerijo na bojno polje - mesto infekcije, kjer se nadaljuje bitka med vojsko patogenov in armado imunskega sistema. In večinoma zmaga slednja.

Seznam literature

- <http://www.kvarkadabra.net/article.php/imunski-sistem>