

15 Afweer

Oriëntatie Als je afweersysteem je ziek maakt

1

Tot welk type cellen behoren cellen van je afweersysteem?

Cellen van je afweersysteem behoren tot de witte bloedcellen.

2

Leg uit dat het belangrijk is dat je afweersysteem onderscheid kan maken tussen lichaamsvreemd en lichaamseigen.

Het afweersysteem moet alleen lichaamsvreemde cellen en stoffen of lichaamsvreemd geworden cellen (gemuteerde cellen) uitschakelen, want deze kunnen gevaarlijk zijn. Het afweersysteem moet geen lichaamseigen cellen doden. Als het afweersysteem het onderscheid niet kan maken tussen lichaamsvreemd en lichaamseigen, gebeurt dat wel, wat resulteert in gevaarlijke aandoeningen.

3

De myelineschede zorgt voor sprongsgewijze impulsgeleiding, waardoor deze sneller verloopt. Als de myelineschede wordt aangetast, leidt dit dus tot een tragere impulsgeleiding.

Leg aan de hand van de functie van de myelineschede uit, waarom MS in eerste instantie vooral een effect op de impulssnelheid heeft.

4

Leg uit dat MS kan leiden tot uiteenlopende klachten.

MS kan leiden tot uiteenlopende klachten, omdat het afweersysteem het zenuwstelsel aanvalt. Hierdoor wordt de impulsgeleiding minder of verloopt zelfs niet. Het zenuwstelsel bevindt zich in je gehele lichaam. De klachten zijn dus afhankelijk van de plek van de ontsteking, de functie van de zenuw en de mate van de ontsteking.

5

Uit welke gegevens in de tekst blijkt dat MS geen erfelijke aandoening is, maar erfelijkheid wel een rol speelt?

Dat MS geen erfelijke aandoening is, blijkt uit de gegevens dat je geen MS hoeft te krijgen als je de genetische aanleg hebt geërfd en dat ook bij eeneiige tweelingen de kans bestaat dat slechts een van de twee MS ontwikkelt.

Dat erfelijkheid wel een rol speelt, blijkt uit het feit dat MS in sommige families vaker voorkomt en dat de kans op MS ook is verhoogd bij een lid van een eeneiige tweeling als de ander MS heeft.

1 Mechanische en chemische afweer

KENNIS

1

De verschillende linies van het afweersysteem beschermen het hele lichaam. Op een aantal plaatsen waar weefsels direct contact maken met het uitwendige milieu zijn er specifieke aanpassingen, zoals in de organen waarvan de inhoud tot het uitwendige milieu behoort.

- a Schrijf de nummers 1 tot en met 5 onder elkaar en noteer erachter of de inhoud van het betreffende orgaan wel of niet tot het uitwendige milieu behoort.

- 1 maag
- 2 luchtpijp
- 3 hersenen
- 4 baarmoeder
- 5 urinebuis

- 1 wel
- 2 wel
- 3 niet
- 4 wel
- 5 wel

- b Het oog is een van de meest kwetsbare organen, omdat het maar een heel beperkt herstellend vermogen heeft. Beschadigde netvliescellen worden vrijwel nooit opnieuw aangemaakt. Het inwendige oog is dan ook goed afgeschermd van de rest van het lichaam, onder andere door een bloed-netvliesbarrière. Ziekteverwekkers kunnen hierdoor nauwelijks binnendringen.

Behoort de bloed-netvliesbarrière tot de mechanische of chemische afweer? Leg je antwoord uit.

De bloed-netvliesbarrière behoort tot de mechanische afweer en is een voorbeeld van een fysieke aanpassing: een barrière of laag waar ziekteverwekkers (en afweercellen) niet doorheen komen (en die dus voorkomt dat ziekteverwekkers binnendringen).

- c Het oog heeft speciale aanpassingen die voorkomen dat pathogenen en schadelijke stoffen uit het uitwendige milieu het oog kunnen binnendringen, zoals de continue afgifte en afvoer van traanvocht. Twee leerlingen voeren hierover een discussie. Myra zegt dat traanvocht tot de mechanische afweer behoort. Gijs vindt dat je traanvocht tot de chemische afweer moet rekenen.

Beide leerlingen hebben gelijk. Leg voor zowel het standpunt van Myra als van Gijs uit waarom het klopt.

Het standpunt van Myra klopt: traanvocht behoort tot de mechanische afvoer, omdat het een fysieke aanpassing is. Door de continue afgifte en afvoer van traanvocht worden ziekteverwekkers en schadelijke stoffen weggespoeld. Het traanvocht vormt bovendien een extra laag tussen het oog en het uitwendige milieu, waardoor ziekteverwekkers en schadelijke stoffen minder goed het oog kunnen binnendringen en minder goed kunnen hechten.

Het standpunt van Gijs klopt: chemische afweer berust op stoffen die zorgen voor afweer tegen ziekteverwekkers en schadelijke stoffen. Het traanvocht bevat dergelijke stoffen zoals bijvoorbeeld lysozym.

2

Welke typen ziekteverwekkers hebben een gastheer nodig om te overleven (en zich voort te planten)? Leg je antwoord uit.

Virussen en parasieten hebben een gastheer nodig om te overleven. Virussen gebruiken de organellen van de gastheer om te overleven en zich voort te planten. Parasieten gaan een symbiotische relatie aan met een gastheer, waarbij ze van de symbiose profiteren. Parasieten onttrekken stoffen die ze nodig hebben aan de gastheer om te kunnen overleven.

3

In Nederland treedt besmetting met parasitaire spoelwormen vooral op in de buurt van varkenshouderijen. Veel varkens hebben spoelwormen en poepen de eitjes van de spoelworm uit. De eitjes zijn pas besmettelijk nadat ze vier weken in de grond hebben gerijpt. Mensen raken besmet door contact met de besmette grond of via groente of fruit. Rijpe eitjes kunnen terechtkomen in de mond. In de darmen kunnen uit deze eitjes witroze spoelwormen ontstaan van 10 tot 40 cm lang (zie afbeelding 4). Deze wormen kunnen maandenlang in de darmen leven, zonder veel klachten te veroorzaken. Ook mensen poepen eitjes uit. Soms zijn er in de ontlasting ook wormen te zien.

- a De eitjes van een spoelworm hebben diverse vormen van chemische afweer doorstaan voordat ze zich in de darmen vestigen. Noteer een voorbeeld.

Enkele mogelijke voorbeelden van chemische afweer: maagzuur, lage pH, verteringsenzymen.

- b Leg uit dat er in bovenstaande situatie eigenlijk geen sprake is van een infectie van het inwendige milieu.

Als spoelwormen zich ontwikkelen en leven in de darmen, bevinden ze zich nog steeds in het uitwendige milieu. Er is geen celmembraan gepasseerd en dus is er geen sprake van een infectie van het inwendige milieu.

INZICHT

4

De griep (influenzavirus) scoort altijd hoog in de lijsten van de dodelijkste virussen. Ieder jaar wordt 5 tot 15% van de wereldbevolking besmet. Wereldwijd leidt de griep tot ongeveer vijfhonderdduizend doden per jaar.

- a Leg op basis van de cijfers uit dat een virusinfectie met de griep niet 'superdodelijk' is in vergelijking met een ebola-infectie, waaraan gemiddeld 50% van de besmette mensen overlijdt.

Uitgaande van een wereldbevolking van ongeveer 8 miljard mensen raken jaarlijks minimaal $0,05 \times 8\,000\,000\,000 = 400\,000\,000$ (400 miljoen) mensen besmet met het virus. Uitgaande

van 500 000 griepdoden per jaar is dat een sterftekans van $\frac{500\,000}{400\,000\,000} \times 100\% = 0,125\%$ bij een besmetting met het griepvirus. Deze kans is bij een ebola-infectie met 50% dus vele malen groter. Wel worden er wereldwijd jaarlijks veel minder mensen besmet met ebola, waardoor ebola lager op de lijsten staat met de dodelijkste virussen.

- b Het griepvirus bevindt zich in de luchtwegen van iemand die besmet of ziek is. Door hoesten, niezen en praten komen er virusdeeltjes in de lucht terecht (zie afbeelding 5). Andere mensen kunnen deze deeltjes inademen en zo besmet raken.

De winter is het 'griepseizoen', verreweg de meeste besmettingen treden dan op. Dit komt gedeeltelijk doordat de luchtvochtigheid in de winter lager is, waardoor virusdeeltjes langer in de lucht kunnen blijven rondzweven. Ook is er minder ultraviolet licht, waardoor virussen worden gedeactiveerd.

Geef een andere reden waarom besmetting met de griep in de winter vaker voorkomt dan in de zomer.

Mogelijke redenen zijn:

- In de winter blijven mensen meer binnen en zitten ze dus dichter op elkaar, waardoor verspreiding van het griepvirus van persoon naar persoon gemakkelijker gaat.
- In de winter verblijven mensen vaak in slecht geventileerde ruimten, waardoor verspreiding van een virus via de lucht snel kan optreden.

5

De Amerikaanse Voedsel- en Warenautoriteit (FDA) heeft in 2022 de eerste gentherapie op basis van stamcellen goedgekeurd. Deze therapie is een behandeling voor patiënten met bèta-thalassemie, een aandoening die wordt veroorzaakt door een defect gen, waardoor het eiwit hemoglobine niet goed wordt aangemaakt. Patiënten hebben hierdoor chronische bloedarmoede. Voor het genetisch modificeren van de stamcellen met het genetisch defect van deze patiënten wordt een virus gebruikt, waarvan eerst het DNA is aangepast.

Noem twee eigenschappen die een virus geschikt maken om te gebruiken voor de genetische modificatie van andere cellen.

- Virussen zijn gespecialiseerd in het binnendringen van cellen, omdat ze een gastheercel nodig hebben om te overleven.
- Virussen kunnen hun DNA in gastheercellen tot expressie brengen.

6

Antivirale middelen zijn medicijnen die werkzaam zijn tegen virusinfecties. Antivirale middelen kunnen op verschillende manieren een virusinfectie remmen.

Bekijk BiNaS tabel 77D.

- a Welke stappen van de cyclus van een DNA-virus zouden antivirale middelen kunnen blokkeren?

Antivirale middelen zouden kunnen ingrijpen op (achtereenvolgens):

- het binnendringen van het virus van het celmembraan
- het oplossen van de capside in de cel (waardoor het virus-DNA vrijkomt)
- virus-DNA-replicatie
- transcriptie en translatie en vorming van capside-eiwitten
- het samenstellen van de nieuwe virussen
- afgifte van de nieuw gevormde virusdeeltjes

- b De ontwikkeling van antivirale middelen is veel uitdagender dan de ontwikkeling van antibiotica. Dit komt doordat er veel variatie in virussen is. Ook verschilt de leefwijze van virussen en bacteriën na infectie op één essentieel punt.

Welk verschil in leefwijze tussen virus en bacterie maakt de ontwikkeling van antivirale middelen uitdagender dan die van antibiotica? Leg je antwoord uit.

Virussen leven in de cellen van de gastheercel waar ze zich vermenigvuldigen. Bacteriën leven buiten de cellen van de gastheer. Dit verschil in leefwijze bemoeilijkt de ontwikkeling van antivirale middelen, omdat een medicijn het virus moet bestrijden zonder de gastheercel zelf te schaden.

7

Twee uur na de lunch voelt Luca zich niet goed: hij krijgt buikpijn met flinke buikkrampen, diarree én hij moet braken. Hij zoekt op internet zijn klachten op. Op de site thuisarts.nl vindt hij de volgende informatie:

Ziek door besmet eten

In eten en drinken zitten altijd wel bacteriën, virussen, schimmels of parasieten. De meeste kunnen geen kwaad. Van sommige kunt u wel ziek worden.

Dit heet voedselinfectie als de bacteriën, virussen of parasieten zelf u ziek maken.

Het heet een voedselvergiftiging als de gifstoffen die de bacteriën of schimmels maken u ziek maken.

U weet meestal niet welke van de twee u heeft door besmet eten.

Wat merk ik als ik ziek ben door besmet eten?

Door besmet eten en drinken kunt u deze klachten krijgen:

- meestal eerst buikpijn of buikkrampen
- misselijk en overgeven
- diarree
- duizelig zijn

Sommige bacteriën geven hoofdpijn, spierpijn en koorts.

Door sommige bacteriën kunt u bloed in uw poep krijgen. Bijvoorbeeld door de salmonellabacterie.

De klachten beginnen een paar uur tot meer dan 8 uur nadat u gegeten of gedronken heeft.

Meestal zijn de klachten na 1 dag tot 3 dagen weer over.

Bron: www.thuisarts.nl

De buikkrampen van Luca zijn heftig en hij moet zo vaak braken en poepen dat hij maar in de buurt van het toilet blijft. Hij zou graag een medicijn tegen deze klachten hebben. Maar hij leest ook op thuisarts.nl dat dit niet zinvol is.

- a Leg uit op welke manier deze zeer vervelende maag-darmklachten kunnen helpen bij de bestrijding van de voedselinfectie of voedselvergiftiging. Maak gebruik van relevante biologische begrippen in je uitleg.

De toegenomen darmperistaltiek zorgt voor de buikkramp-, diarree- en braakklachten. De peristaltiek is een vorm van mechanische afweer, want zo kan het lichaam een deel van de ziekteverwekkers verwijderen. Zo wordt voorkomen dat ze tot het inwendige milieu kunnen doordringen (en zich verder kunnen verspreiden). Op deze manier helpt de oorzaak van de klachten dus bij bestrijding van de voedselinfectie of voedselvergiftiging.

- b Sommige bacteriën (zoals salmonella) kunnen bloed in de ontlasting veroorzaken. Waar wijst bloed in de ontlasting op?

Bloed in de ontlasting wijst op een beschadiging van de darmwand en dit betekent dus ook dat ziekteverwekkers tot het inwendige milieu zijn doorgedrongen.

- c Als iemand een heel ernstige salmonella-infectie heeft opgelopen, worden soms antibiotica voorgeschreven.

Waarom is het belangrijk dat de gehele antibioticumkuur wordt afgemaakt, met het oog op de preventie van resistentie?

Het is belangrijk dat de kuur wordt afgemaakt, zodat alle salmonellabacteriën dood zijn. Als de kuur niet wordt afgemaakt, zijn de bacteriën die dan overleven waarschijnlijk beter bestand tegen het antibioticum. Als deze bacteriën zich weer gaan delen, kan er gaandeweg een resistente bacteriekolonie ontstaan.

- d Waarom zijn mensen na een antibioticakuur soms vatbaarder voor een infectie? Leg je antwoord uit.

Antibiotica werken niet altijd specifiek tegen de ziekteverwekkende bacterie, maar kunnen ook goede bacteriën doden, die bijvoorbeeld in de darmen of op de huid leven. Zij vormen normaal gesproken een biologische barrière tegen ziekteverwekkers, dus als deze vorm van mechanische afweer verstoord is, zijn mensen vatbaarder voor een infectie.

8

Reproductiegetal

Naar: Voorronde Biologie Olympiade Junior vwo 2021, vraag 3.

Om de ontwikkeling van het coronavirus in Nederland te kunnen volgen, hield het RIVM tot juli 2023 het reproductiegetal (R) bij. Het reproductiegetal laat zien hoe snel een virus zich verspreidt. Als dat getal bijvoorbeeld 2 is, dan besmet iemand die het virus heeft, gemiddeld twee andere mensen (zie afbeelding 6.1).

In afbeelding 6.2 zie je het reproductiegetal van het coronavirus van de laatste maanden waarin het RIVM dit nog bijhield.

Leg aan de hand van de grafiek uit dat het aantal besmettingen in het grootste deel van de weergegeven tijd niet toenam.

Het reproductiegetal ligt vrijwel steeds (vanaf 19 februari) onder de 1, wat dus betekent dat ieder besmet persoon minder dan één ander persoon besmet. Het aantal besmettingen neemt dus niet toe.

Context Een vleugje faagspray over je maaltijd

9

Soms worden antibiotica voorgeschreven als behandeling van een patiënt met een maag-darminfectie door het eten van besmet voedsel.

Leg uit waarom antibiotica niet werken bij een voedselvergiftiging.

Antibiotica bestrijden bacteriën. Bij een voedselvergiftiging worden de klachten veroorzaakt door (prikkeling van het maagdarmkanaal door) toxinen die in het voedsel aanwezig waren. Hiertegen werken antibiotica niet.

10

Leg uit dat het sprayen van faagspray vlak voor het eten van je voedsel niet helpt tegen voedselvergiftiging, maar dat het toepassen van faagspray in een eerder stadium (bijvoorbeeld in het productie- en distributieproces) wel effectief zou kunnen zijn.

Faagspray werkt niet tegen toxinen, maar zou wel kunnen voorkomen dat er toxinen in je eten komen, door bacteriën te doden voordat ze de toxinen kunnen afgeven.

11

De klachten van een voedselvergiftiging en een voedselinfectie lijken op elkaar. Het moment van aanvang van de klachten na inname van het besmette voedingsmiddel en de duur van de klachten verschillen echter meestal wel.

Treden bij een voedselinfectie de klachten eerder of later op dan bij een voedselvergiftiging? Leg je antwoord uit.

Bij een voedselinfectie zullen de klachten later optreden dan bij een voedselvergiftiging. Dit komt doordat de bacteriën zich eerst moeten vermenigvuldigen in het lichaam, voordat ze klachten veroorzaken (al dan niet door de afgifte van toxinen). Bij een voedselvergiftiging zullen de toxinen vrijwel direct bij aankomst in het maagdarmstelsel klachten veroorzaken.

12

De onderzoekers zeggen dat hun onderzoek ook aantoont dat de faagspray veilig is voor gebruik. Veel mensen zullen bezwaren hebben tegen het spuiten van virussen over hun voedsel, gezien het negatieve imago van virussen.

Formuleer zo'n mogelijk bezwaar.

Voorbeelden van juiste antwoorden:

- Sommige virussen zijn pathogeen en dringen menselijke cellen binnen, waardoor ze mensen ziek kunnen maken. (Bacteriofagen doen dit niet, maar dat weten de meeste mensen niet.)
- Het toedienen van virussen kan gevaarlijk zijn, omdat het de mechanische barrière van de darmflora kan verstoren.

13

Bacteriofagen zou je in de toekomst breder kunnen inzetten bij de behandeling van infecties. Dit is interessant, omdat bacteriën antibioticaresistentie ontwikkelen. De kans op de ontwikkeling van resistente bacteriën tegen bacteriofagen is heel klein. Leg uit waarom.

De kans op resistentie bij bacteriën tegen bacteriofagen is heel klein, aangezien de (zich snel delende) bacteriofagen ook in staat zijn met hun gastheer mee te evolueren (co-evolutie), waardoor ze effectief blijven tegen de bacteriën.

2 Aangeboren afweer

KENNIS

14

Op welk proces berust de bestrijding van ziekteverwekkers door het aangeboren afweersysteem voornamelijk?

Fagocytose is het belangrijkste proces in de bestrijding van ziekteverwekkers door het aangeboren afweersysteem.

15

Fagocyterende cellen herkennen pathogenen met behulp van receptoren. Ook andere lichaamscellen hebben receptoren.

Wat is het verschil tussen de moleculen die receptoren van fagocyterende cellen activeren en de moleculen die receptoren van andere lichaamscellen activeren?

De moleculen die receptoren van fagocyterende cellen activeren zijn lichaamsvreemd. De moleculen die andere lichaamsreceptoren activeren zijn over het algemeen lichaamseigen.

16

In afbeelding 13 is schematisch het lichaam van de mens met een aantal organen weergegeven. Welk orgaan produceert cellen van de aangeboren afweer? Noteer het nummer.

Orgaan 7 produceert cellen van de aangeboren afweer.

17

Uit welk type stamcel ontstaan de afweercellen van de aangeboren afweer?

De cellen van de aangeboren afweer ontstaan uit myeloïde stamcellen.

18

Bloedvatwandcellen (endotheelcellen) bevatten specifieke receptoren die voor vaatverwijding en verhoogde doorlaatbaarheid zorgen bij een infectie.

Welke receptoren zijn dit?

Dit zijn histamine-receptoren.

INZICHT

19

Granulocyten komen in veel grotere aantallen voor dan macrofagen.

Leg uit waarom er minder macrofagen nodig zijn dan granulocyten.

Macrofagen kunnen veel meer ziekteverwekkers fagocyteren dan granulocyten gedurende hun (veel langere) levensduur.

20

a Leg uit waardoor koorts ervoor zorgt dat de afweerreacties in het lichaam versnellen.

Koorts zorgt voor een verhoging van de temperatuur. Bij (het in gang zetten van) afweerreacties zijn enzymen betrokken. Een lichte verhoging van de temperatuur zal ervoor zorgen dat enzymen sneller werken en dus ook de afweerreacties versnellen.

b Als iemand koorts heeft, wordt een periode van bleekheid en rillen vaak afgewisseld door een periode van roodheid en zweten. Leg uit hoe dit komt.

Door de vernauwing van bloedvaten (bleekheid) verliest het lichaam minder warmte en bij rillen komt warmte vrij. In beide situaties stijgt de lichaamstemperatuur, waardoor het voldoet aan de verhoogde normwaarde. Als de normwaarde vervolgens wordt overschreden, vindt juist vaatverwijding (roodheid) en zweten plaats om het lichaam weer af te koelen tot de normwaarde.

- c Als iemand langdurig hoge koorts houdt, adviseert de huisarts soms gebruik van een koortsverlagend medicijn zoals paracetamol. Leg uit waarom.
Een koortsverlagend medicijn is soms nodig bij aanhoudende hoge koorts, omdat de koorts kan zorgen voor uitputting en uitdroging van de patiënt.

21

Fagocyten bestrijden ziekteverwekkers die extracellulair voorkomen. De aangeboren afweer kan ook intracellulair levende ziekteverwekkers onschadelijk maken.

Welk type cellen zijn hiervoor verantwoordelijk? Gebruik *BiNaS* tabel 84J3.

Voor de bestrijding van intracellulaire ziekteverwekkers zijn er 'natural killer'-cellen.

22

Noah snijdt zich tijdens het tuinieren met een snoeimess in zijn linkerduim. Hij stopt het bloeden door met een zakdoekje druk uit te oefenen op de wond en doet er vervolgens een verband om. Enkele uren later krijgt hij een pijnlijk, kloppend gevoel in zijn duim. Hij probeert het te negeren, maar de klachten nemen alleen maar toe. Als Noah het verband eraf haalt, ziet hij een rode, gezwollen duim die warm aanvoelt.

Leg uit hoe dit beeld heeft kunnen ontstaan als gevolg van het ongeluk. Gebruik in je antwoord de begrippen 'histamine', 'ziekteverwekker', 'huidbarrière', 'mestcellen' en 'ontstekingsreactie' in je antwoord.

Voorbeeld van een juist antwoord:

Dit is het gevolg van een lokale ontstekingsreactie, opgewekt door de afgifte van histamine door mestcellen ten gevolge van weefselschade en de aanwezigheid van een ziekteverwekker. Door de beschadiging van de huidbarrière kon een ziekteverwekker het inwendige milieu binnendringen.

23

Dora heeft door een stoornis in haar afweersysteem te weinig goed functionerende macrofagen.

- a Leg uit welk gevolg dit kan hebben voor Dora's afweer.
Door een gebrek aan macrofagen functioneert Dora's aangeboren afweer niet goed, waardoor te weinig ziekteverwekkers worden gefagocyteerd. Ook haar verworven afweer zal niet goed functioneren, omdat macrofagen een sleutelrol spelen bij de activatie van het verworven afweersysteem.
- b Er bestaan ook levensbedreigende aandoeningen waarbij er juist sprake is van een ongecontroleerde, buitensporig heftige activatie van het afweersysteem.
Leg uit waarom dergelijke aandoeningen levensbedreigend kunnen zijn.
Dergelijke aandoeningen kunnen levensbedreigend zijn omdat bij een ongecontroleerde, heftige activatie van het afweersysteem veel weefselschade kan ontstaan door de ontstekingsreactie, zeker als deze niet meer alleen is gericht tegen de ziekteverwekker.
- c Welke regulerende stoffen kunnen verantwoordelijk zijn voor deze ongecontroleerde, heftige activatie van het afweersysteem?
Deze regulerende stoffen zijn cytokinen.

24

Als je ziek bent door een infectie, kun je het best (bed)rust houden en licht verteerbare voeding eten.

Leg uit waarom.

Een infectie en de bestrijding hiervan kost veel energie. Door te rusten, verspil je geen energie aan andere lichamelijke activiteit. Door de inname van licht verteerbare voeding wordt het energieverbruik door het verteringsstelsel ook beperkt. Hierdoor blijft er meer energie over voor de bestrijding van de infectie.

Context Schurfthekel

25

Welke symbiotische relatie bestaat er tussen de mijt en zijn gastheer? Leg je antwoord uit.

De symbiotische relatie tussen de mijt en de gastheer is parasitisme, want de mijt profiteert van de relatie (voeding en voortplanting) en de gastheer heeft alleen nadeel.

26

Een schurftinfectie gaat (ook bij gezonde personen) niet over zonder behandeling met medicijnen. Wat zegt dit over de scabiësmijt?

De scabiësmijt heeft effectieve strategieën ontwikkeld om het afweersysteem te omzeilen.

27

Het is duidelijk dat het afweersysteem reageert op de mijt en zijn uitwerpselen. Dit leidt onder andere tot rode uitslag (zie afbeelding 14.2) op de plekken waar de mijt zich bevindt.

Leg uit op welke manier deze lokale rode uitslag ontstaat als reactie van je aangeboren afweersysteem op de mijt.

In de huid bevinden zich veel mestcellen. De scabiësmijten (en hun uitwerpselen) worden door deze cellen van de aangeboren afweer herkend (aan hun moleculaire patronen) als lichaamsvreemd. De mestcellen geven bij contact met de mijt de stof histamine af, die zorgt voor verwijding (en een verhoogde doorlaatbaarheid) van de bloedvaten op de plek waar de mijt zich bevindt. Dit is zichtbaar als rode huiduitslag.

28

De jeuk is ook een gevolg van de werking van het aangeboren afweersysteem. Toch geven arts en patiënt aan dat de jeuk wel degelijk kan helpen bij de bestrijding van de mijt.

Geef hiervoor een argument.

Voorbeelden van argumenten dat de jeuk kan helpen bij de bestrijding van de mijt:

- De jeuk zorgt ervoor dat besmette personen gaan krabben. Door te krabben worden sommige mijten gedood.
- Door de jeuk weten mensen dat ze een infectie hebben en laten ze zich behandelen (waardoor ze minder andere personen besmetten).

29

Een schurftinfectie zelf is heel vervelend, maar bij gezonde personen ongevaarlijk. Toch kunnen er gevaarlijke complicaties optreden, zoals een bacteriële superinfectie (= een infectie bovenop de oorspronkelijk infectie) met bijvoorbeeld *Staphylococcus aureus*.

Leg uit waarom de schurftinfectie mensen vatbaarder maakt voor een bacteriële infectie.

Normaal gesproken kunnen bacteriën niet door de huidbarrière heen. Door het krabben bij een schurftinfectie raakt de huid beschadigd. Hierdoor kunnen bacteriën, zoals *Staphylococcus aureus*, het lichaam binnendringen en infecteren.

3 Verworven afweer

KENNIS

30

Een groot deel van de miljoenen verschillende lymfocyten wordt niet gebruikt.

Waarom maakt het lichaam toch zoveel verschillende lymfocyten?

Een lymfocyt heeft één type receptoreiwit. Elk type receptoreiwit kan slechts één type antigeen binden. Elke ziekteverwekker heeft een ander antigeen. Door het aanmaken van een groot aantal verschillende lymfocyten is het lichaam voorbereid op zoveel mogelijk verschillende infecties.

31

Waardoor komt de reactie van de verworven afweer op een infectie langzamer op gang dan de aangeboren afweerreactie?

Er zijn altijd voldoende fagocyterende cellen die meteen kunnen reageren, terwijl bij de verworven afweer eerst een klein aantal lymfocyten, die specifiek zijn voor de ziekteverwekker, moet worden opgezocht en geactiveerd. De lymfocyten moeten zich eerst veelvuldig delen tot er voldoende specifieke afweercellen tegen die ziekteverwekker zijn.

32

Tegen welk type ziekteverwekkers zal de cellulaire respons vooral zijn gericht? Leg je antwoord uit.

De cellulaire respons is vooral gericht tegen intracellulair levende ziekteverwekkers, dus vooral virussen. De cellulaire respons vernietigt geïnfecteerde lichaamscellen.

33

Leg uit dat het verworven afweersysteem niet kan functioneren zonder het aangeboren afweersysteem.

Het verworven afweersysteem kan niet functioneren zonder het aangeboren afweersysteem, omdat het verworven afweersysteem moet worden geactiveerd door het aangeboren afweersysteem. Dit zou dus niet gebeuren zonder fagocytose en antiepresentatie door het aangeboren afweersysteem.

34

Tussen de miljoenen T-cellen die het lichaam aanmaakt met elk hun eigen type antigeenspecifieke receptor, bevinden zich ook T-cellen waarvan de antigeenspecifieke receptor bindt met een lichaamseigen eiwit.

Leg uit dat het belangrijk is dat deze T-cellen nog tijdens de rijping in de thymus worden afgebroken.

Het is belangrijk dat deze T-cellen zo snel mogelijk worden afgebroken (voordat ze worden geactiveerd), omdat er anders een afweerreactie tegen lichaamseigen cellen met dit eiwit wordt gestart.

35

Tegen welke typen ziekteverwekkers is de humorale respons vooral gericht? Leg je antwoord uit.

De humorale respons is vooral gericht tegen ziekteverwekkers die zich buiten de cel in lichaamsvloeistoffen bevinden, dus extracellulair levende bacteriën, schimmels en parasieten, maar ook vrij rondzwevende virusdeeltjes.

36

Welke celtypen van de verworven afweer spelen nog geen rol bij een eerste infectie met een bepaalde ziekteverwekker? Leg je antwoord uit.

De T- en B-geheugencellen spelen bij zo'n eerste infectie geen rol. Deze cellen hebben geen actieve functie bij de eerste infectie, maar blijven wel leven en 'onthouden' de antigenen van de ziekteverwekker. (Bij herinfectie met dezelfde ziekteverwekker herkennen ze deze, waardoor er snel specifieke afweercellen gevormd kunnen worden.)

37

Leg uit dat cytotoxische T-cellen niet kunnen binden aan de MHC-II-receptor van een APC.

Cytotoxische T-cellen kunnen niet binden aan de MHC-II-receptor van een APC, omdat cytotoxische T-cellen het koppelings eiwit CD8 hebben, dat niet kan zorgen voor een koppeling aan de MHC-II receptor (alleen aan MHC-I).

38

Het aangeboren afweersysteem activeert het verworven afweersysteem.

Leg uit aan de hand van de allergische reactie dat het verworven afweersysteem op zijn beurt ook het aangeboren afweersysteem kan stimuleren.

Antistoffen (tegen allergenen) geproduceerd door B-cellen van de verworven afweer kunnen binden aan mestcellen van de aangeboren afweer, waarna deze na binding van allergenen aan de antistoffen worden geactiveerd (en histamine afgeven).

39

Leg uit waarom plasmacellen veel ribosomen bevatten.

Plasmacellen kunnen snel grote hoeveelheden antistoffen produceren. Antistoffen zijn eiwitten. Ribosomen zijn nodig bij de synthese van eiwitten.

INZICHT

40

Er zijn verschillende groepen antistoffen. Jonge B-cellen produceren voornamelijk IgM- en IgD-antistoffen. Na activatie door een T-helper cel produceren ze IgA, IgG of IgE. Gebruik bij deze opdracht *BiNaS* tabel 84K.

Welke groep van antistoffen komt het meest voor bij de mens?

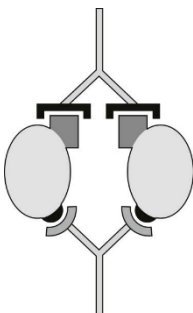
De groep IgG (zie *BiNaS* tabel 84K) komt het meest voor bij de mens.

41

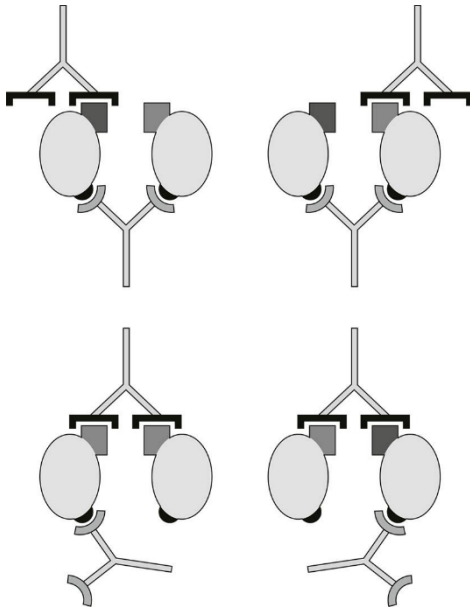
Aan een antigeenmolecuul kunnen zich tegelijkertijd verschillende antistofmoleculen binden. In afbeelding 26 zijn schematisch twee verschillende antistofmoleculen (P en Q) weergegeven en twee antigeenmoleculen (R) met elk twee bindingsplaatsen voor deze antistofmoleculen.

a In sommige gevallen kunnen antigenen onschadelijk worden gemaakt door twee antigeenmoleculen aan elkaar te binden.

Teken de situatie waarin de antistofmoleculen P en Q twee antigeenmoleculen R aan elkaar binden.



- b Elke binding tussen een antistofmolecuul en een antigeenmolecuul kan weer worden losgemaakt.
Teken de vier mogelijke situaties waarbij een van de bindingen van opdracht a is verbroken.



- c Antistoffen kunnen worden behandeld met een protease, waardoor de twee armen van het Y-vormig molecuul zich afsplitsen.
Zijn deze nieuwgevormde antistoffen in staat om te functioneren? Leg je antwoord uit.
De nieuwgevormde antistoffen kunnen nog steeds binden aan antigenen, omdat de aanhechtingsplaats voor antigenen nog steeds intact is (zie onder andere BiNaS tabel 84K).

42

- Hiv (humaan immunodeficiëntievirus) is een virus dat het afweersysteem van de mens verzwakt. Hiv is een soa. Als je een hiv-infectie hebt en daar niet voor wordt behandeld, kun je aids (*acquired immunodeficiency syndrome*) krijgen. Dan is je afweersysteem zo verzwakt door hiv dat je lichaam nauwelijks meer tegen andere infecties is beschermd.
Als je onveilige seks hebt gehad en twijfelt of je hiv hebt opgelopen, kun je een hiv-test laten doen (zie afbeelding 27). Soms is de test vals negatief (toont ten onterechte geen infectie aan) als de test te snel na een mogelijke besmetting heeft plaatsgevonden. De arts kan dan voorstellen opnieuw te testen, maar dan enkele weken later om zeker te weten dat de test echt negatief is.
- a Wat wordt in een afgenomen bloedmonster bepaald om te kijken of je bent geïnfecteerd? Leg je antwoord uit.

Er wordt gekeken of er in het bloed antistoffen tegen hiv voorkomen. Doordat dit een reactie van het verworven immuunsysteem is, kan het enige tijd duren voordat je antistoffen in het bloed kunt aantreffen.

- b Hiv is zo gevaarlijk omdat virusdeeltjes op zoek gaan naar bepaalde afweercellen die ze gemakkelijk kunnen binnendringen. Eenmaal in deze cellen gebruikt het hiv-virus de cel om zichzelf te vermenigvuldigen. De afweercellen dragen dus bij aan de verspreiding van nieuwe virusdeeltjes. Uiteindelijk knapt de afweercel open, waardoor hij sterft.
Op de website van het Radboud UMC staat de volgende informatie als antwoord op de vraag wat het verschil is tussen hiv en aids:
Door het aanvallen van welke afweercel kan een infectie door hiv uitmonden in aids (verworven afweerstoornis), met als gevolg dat een patiënt extreem gevoelig kan worden voor andere infectieziekten? Leg je antwoord uit.
Uit de bovenstaande informatie blijkt dat hiv CD4-cellen als gastheer gebruikt en uiteindelijk vernietigt. CD4-cellen zijn dus de T-helpercellen. Aangezien deze cellen de verworven afweerreactie tegen infecties aansturen, zal er bij een tekort aan T-helpercellen nog nauwelijks verworven afweer plaatsvinden, met ernstige infecties door andere ziekteverwekkers tot gevolg.
- c Waarom kan hiv ook leiden tot vormen van kanker, zoals het genoemde kaposisarcroom?
Door de vermindering van goed functionerende T-helpercellen zijn er ook minder cytotoxische T-cellen die gemuteerde cellen herkennen en bestrijden, waardoor deze gemuteerde cellen zich ongeremd kunnen blijven delen en er dus tumoren kunnen ontstaan.
- d Het lichaam probeert na besmetting het hiv wel te bestrijden. Maar de antigenen van het virus veranderen zo snel, dat de verworven afweer dit niet bij kan houden (zie afbeelding 28). Waardoor kunnen de antigenen van het virus zo snel veranderen?
De virusdeeltjes vermenigvuldigen zich zo snel dat er heel veel mutaties optreden. Dit zorgt ervoor dat ook de antigenen steeds veranderen, waardoor er weer een nieuwe verworven afweerrespons moet worden gestart.

43

Toxische-shocksyndroom

Naar: Nederlandse Biologie Olympiade 2022, vraag 10 en 11.

In 2020 overleed in België een 17-jarig meisje aan het toxische-shocksyndroom, ook bekend als tamponziekte. Tamponziekte ontstaat als in het bloed in een veel te lang gedragen tampon bacteriën als *Staphylococcus aureus* en *Streptococcus pyogenes* zich vermenigvuldigen, waarbij toxinen ontstaan. Deze toxinen gedragen zich als superantigenen. Bij een normale respons van T-cellen op antigenen wordt tot 0,001% van de T-cellen geactiveerd. Bij een infectie van bacteriën die superantigenen produceren, is dit tot wel 20% van de T-cellen. Het gevolg is een extreme ontstekingsreactie die leidt tot shock en orgaanfalen.

Vier leerlingen geven een verklaring voor het ontstaan van de shock en het orgaanfalen ten gevolge van de ontstekingsreactie:

- 1 De ontstekingsreactie zorgt ervoor dat de bloedvaatjes gaan lekken en de bloeddruk daalt.
 - 2 De ontstekingsreactie zorgt ervoor dat de bloedvaatjes gaan lekken en de bloeddruk stijgt.
 - 3 De ontstekingsreactie zorgt ervoor dat de bloedvaatjes vernauwen en de bloeddruk daalt.
 - 4 De ontstekingsreactie zorgt ervoor dat de bloedvaatjes vernauwen en de bloeddruk stijgt.
- a Welke leerling heeft gelijk? Leg je antwoord uit.
Leerling 1 heeft gelijk. Bij een ontstekingsreactie worden bloedvaten meer doorlaatbaar onder invloed van histamine (afgegeven door mestcellen), waardoor bloedvaatjes gaan lekken. De bloeddruk zal hierdoor dalen, zeker in combinatie met het vaatverwijdende effect van histamine.
- b Superantigenen binden op een afwijkende manier aan de membraaneiwwitten van het immuunsysteem. Normale antigenen binden aan de variabele delen van membraaneiwwitten. Alleen T-cellen met een passende receptor kunnen daardoor hechten en worden geactiveerd. Superantigenen binden direct aan de constante delen van membraaneiwwitten van T-cellen. Dit maakt dat heel veel verschillende T-cellen kunnen worden geactiveerd. In afbeelding 29 zijn de onderdelen betrokken bij de binding van superantigenen en normale antigenen met cijfers aangegeven.

In de afbeelding zijn een APC, een T-cel, een MHC-II-eiwit, een receptor, een antigeen en een superantigeen weergegeven.

Geef voor elk onderdeel aan welk nummer erbij hoort.

APC: 4

T-cel: 1

MHCII: 3

receptor: 2

antigeen: 5

superantigeen: 6

Context Hoogleraar weefselimmunologie

44

Femke van Wijks werkzaamheden zijn divers. Noem drie werkzaamheden die ze vervult binnen haar rollen als hoogleraar Weefselimmunologie en manager onderzoek Kindergeneeskunde.

Van Wijks werkzaamheden zijn onder andere leidinggeven, onderzoek doen, onderzoeksresultaten publiceren, coachen en lesgeven.

45

Waarom denk je dat Femke opmerkt dat de wetenschap een competitieve omgeving is? Mocht je dit niet kunnen bedenken, zoek dan eerst informatie op internet.

De wetenschap is een competitieve omgeving, omdat wetenschappers allemaal (als eerste) de beste onderzoeksresultaten willen verkrijgen om te kunnen publiceren, financiering van hun onderzoek te krijgen en promotie te krijgen.

46

Noem twee capaciteiten die je nodig hebt om als onderzoeker in de immunologie te werken.

Voorbeelden van mogelijke capaciteiten zijn:

- beschikken over inhoudelijke kennis
- beschikken over onderzoeksvaardigheden
- zelfvertrouwen hebben / stevig in je schoenen staan / niet bescheiden zijn
- kunnen samenwerken

47

Waarom denk je dat er zo weinig vrouwen in hoge functies in de bètawetenschappen werken?

Eigen antwoord.

48

Zou een carrière als onderzoeker in de immunologie iets voor jou iets zijn?

Geef drie redenen waarom wel of niet.

Eigen antwoord.

4 Immuniteit

KENNIS

49

- a Valerie heeft haar dochtertje Bobbi van 3 maanden laten inenten op het consultatiebureau. Een paar uur later krijgt Bobbi milde ziekteverschijnselen. Hoe komt dat?
 Bobbi's afweersysteem start een afweerreactie tegen de antigenen van de (ingespoten delen van de) ziekteverwekker. Je kunt daardoor een dag lang een beetje ziek zijn.
- b Als Bobbi bijna 1 jaar is, heeft ze weer een afspraak op het consultatiebureau voor een derde vaccinatie met hetzelfde vaccin. Deze keer lijkt Bobbi geen last te hebben van milde ziekteverschijnselen. Dit komt wel vaker voor bij een herhaalde vaccinatie.
 Verklaar de afwezigheid van ziekteverschijnselen na deze herhaalde vaccinatie.
 De afwezigheid van ziekteverschijnselen na deze herhaalde vaccinatie (al de derde keer hetzelfde vaccin) kan komen doordat er al een bepaalde mate van immuniteit ontstond na eerdere vaccinaties.

50

Tijdens de coronapandemie werd het begrip 'groepsimmuniteit' veel gebruikt.
 Leg uit hoe groepsimmuniteit kan helpen bij de bestrijding van een virus.

Virussen hebben gastheercellen nodig om te overleven en zich voort te planten. Als veel mensen in een populatie immuun zijn tegen een virus, heeft het virus minder kans om geschikte gastheercellen te vinden en kan het virus zich dus ook minder vermenigvuldigen.

51

Ziekteverwekkers van typische kinderziekten komen vaker voor dan andere ziekteverwekkers.

- a Leg uit hoe het komt dat kinderziekten bij volwassenen toch vrijwel niet voorkomen.
 Vrijwel iedereen wordt al op jonge leeftijd besmet met deze ziekteverwekkers en is daardoor een groot deel of de rest van zijn leven immuun.
- b Mazelen is geen onschuldige kinderziekte en is om deze reden opgenomen in het Rijksvaccinatieprogramma. De ziekte kan dodelijk zijn. Daarnaast zorgt mazelen voor het verdwijnen van geheugencellen tegen eerder doorgemaakte infectieziekten.
 Leg uit welke gevolgen dit heeft voor de antistofreactie als iemand na de mazelen besmet raakt met een ziekteverwekker waarvoor hij vóór de mazelen al immuun was.
 Als iemand na de mazelen wordt besmet met een ziekteverwekker waarvoor hij al immuniteit had opgebouwd, start er opnieuw een primaire reactie (en geen secundaire reactie), omdat er geen geheugencellen meer zijn.
- c Verkoudheid en griep worden net als de mazelen veroorzaakt door een virus.
 Waardoor kan voor mazelen wel, maar voor verkoudheid en griep geen blijvende immuniteit ontstaan?
 Verkoudheids- en griepvirussen muteren snel, waardoor hun antigenen ook veranderen. Hierdoor werken de gevormde geheugencellen niet tegen de gemuteerde virussen en moet het afweersysteem steeds weer nieuwe T- en B-cellen activeren. Het mazelenvirus muteert veel minder snel, waardoor je voor hetzelfde virus immuniteit kunt opbouwen.

52

Bioloog en slangenexpert Freek Vonk is al meerdere keren gebeten door een slang, ook enkele keren door een gifslang (zie afbeelding 36). Hij had geluk dat deze gifslangen zuinig waren met hun gif. De World Health Organisation schat dat gifslangen verantwoordelijk zijn voor honderdduizend doden per jaar. Antiserum is duur en in veel afgelegen gebieden niet voorhanden, terwijl snelle toediening cruciaal is.

- a Leg uit hoe het antiserum werkt.
Het antiserum bevat antistoffen tegen het slangengif-antigeen. Door vorming van een antigeen-antistofcomplex wordt het gif onschadelijk gemaakt.
- b Vonk deed zelf ook onderzoek naar antiserum. Het serum wordt nu gemaakt van paardenbloed, waarbij de paarden steeds een beetje gif kregen toegediend om ze immuun te maken. Als het aan Vonk lag, zou dit worden vervangen door menselijk antiserum. Wat zou het voordeel van menselijk antiserum zijn?
Menselijk antiserum geeft minder allergische reacties.
- c Ook pleit Vonk voor het beschikbaar maken van zogenoemde auto-injectoren met antiserum in alle dorpen waar de kans op een slangenbeet aanwezig is. Met deze apparaatjes wordt het mogelijk zelf antiserum toe te dienen. Volgens hem zou dit veel doden schelen. Leg dit uit.
De mogelijkheid tot zelftoediening van antiserum door de beschikbaarheid van auto-injectoren zorgt (vooral in afgelegen gebieden) voor minder doden, aangezien snelle toediening cruciaal is en er dan niet hoeft te worden gewacht op medische hulp.
- d Twee leerlingen doen een uitspraak over toediening van het antiserum:
Rihan: 'Het toedienen van antiserum is een vorm van passieve immunisatie.'
Julian: 'Het toedienen van antiserum is een vorm van kunstmatige immunisatie.'
Wie heeft of hebben gelijk? Licht je antwoord toe.
Ze hebben beiden gelijk. Toediening van het antiserum is een vorm van passieve immunisatie, want er worden antistoffen (en geen antigenen) toegediend. Deze toediening van het antiserum is een vorm van kunstmatige immunisatie, omdat de antistoffen op kunstmatige wijze worden toegediend.

53

Leg uit waarom geheugencellen zorgen voor een langdurigere bescherming dan antistoffen.
Geheugencellen blijven aanwezig, terwijl antistoffen langzaam worden afgebroken.

INZICHT

54

Sinds 2017 is er een uitbraak van de longpest op Madagaskar. Longpest is de meest besmettelijke vorm van pest, omdat deze via hoesten van mens op mens wordt overgedragen. De symptomen lijken op een ernstige longontsteking en leiden onbehandeld vrijwel altijd tot de dood. Een snelle behandeling met antibiotica is belangrijk.

- a Wordt de pest veroorzaakt door een virus of een bacterie? Leg je antwoord uit.
De pest wordt veroorzaakt door een bacterie (*Yersinia pestis*). Antibiotica helpen tegen bacteriën en niet tegen virussen.
- b Hoewel er in het verleden wel is gevaccineerd met afgezwakte of volledig geïnactiveerde *Yersinia pestis* bij een beperkte doelgroep, bestaat er nu geen vaccin meer. Wat kan de reden zijn dat er geen vaccins meer beschikbaar zijn?
Voorbeelden van mogelijke redenen:
- De vaccins bleken niet effectief genoeg.
 - De vaccins bleken niet veilig genoeg / gaven te veel bijwerkingen, of een combinatie hiervan (de werking woog niet op tegen de veiligheid).
 - Andere preventieve methoden of behandeling bleken effectiever en/of veiliger.
- c Er is ook gekeken naar de inzet van passieve immunisatie. Onderzoek toonde echter aan dat vooral de cellulaire afweer van groot belang is bij bescherming tegen *Yersinia pestis*. Leg uit waarom passieve immunisatie als behandeling bij een uitbraak dan minder kansrijk is.
Bij passieve immunisatie worden antistoffen toegediend. Antistoffen maken ziekteverwekkers buiten de cel onschadelijk. De cellulaire afweer maakt ziekteverwekkers in lichaamscellen onschadelijk.

55

- a Iemand zegt dat mRNA-vaccins leiden tot genetische modificatie van je lichaamscellen. Leg uit dat dit onjuist is.

Bij genetische manipulatie is er sprake van een aanpassing van het DNA met lichaamsvreemd DNA. mRNA-vaccins brengen alleen mRNA-moleculen in. Deze moleculen worden na (enkele keren) te zijn gebruikt voor de eiwitsynthese weer afgebroken. Er is dus geen sprake van genetische manipulatie van lichaamscellen.

- b Leg uit dat je cellen regelmatig, ook bij niet-vaccineren, worden blootgesteld aan lichaamsvreemd mRNA.

Je wordt continu blootgesteld aan virussen. Bij elke virusinfectie zullen geïnfecteerde lichaamscellen dus virus-RNA bevatten.

56

Voor kinderen die vanaf 1 januari 2024 worden geboren is er in Nederland een rotavirusvaccinatie beschikbaar. Het rotavirus zorgt voor een ontsteking van maag en darmen en komt vooral bij jonge kinderen voor. In Nederland belanden jaarlijks circa 2700 kinderen tot 5 jaar oud in het ziekenhuis, waarvan er vijf tot zeven overlijden. De vaccinatie beschermt tegen ernstige gevolgen van een rotavirusinfectie. Het vaccin met een levend verzwakt virus wordt rond de leeftijd van 6-9 weken en 3 maanden gegeven (zie afbeelding 34). Anders dan bij andere vaccinaties wordt dit vaccin niet toegediend via een prik, maar via een vloeistof die in de mond wordt gedruppeld.

Hier staan vier stellingen over deze orale toediening:

- 1 Door orale toediening komt het vaccin meteen terecht in het inwendige milieu.
 - 2 Door orale toediening kan het vaccin invloed uitoefenen op de plaatselijke afweer door het darmslijmvlies.
 - 3 Door orale toediening kan het vaccin na opname door het verteringsstelsel zorgen voor immuniteit, net zoals bij vaccins die worden ingespoten.
 - 4 Orale toediening is minder belastend voor een baby dan een prik.
- a Geef van elke stelling aan of deze juist of onjuist is.

1 onjuist

2 juist

3 juist

4 juist

- b Welke vormen van afweer moeten de verzwakte levende ziekteverwekkers van het vaccin overleven voordat ze hun werk kunnen doen?

Ze moeten de mechanische en chemische afweer overleven.

57

Salmonellose

Naar: Nederlandse Biologie Olympiade 2021, vraag 36.

Salmonellabacteriën kunnen bij de mens via besmet voedsel (zoals onvoldoende verhitte kip) een ontsteking van het darmkanaal veroorzaken. Deze infectie wordt salmonellose genoemd en kan worden bestreden met antibiotica. Bacteriën bevatten stevige peptidoglycaanvezels in hun celwand. De celwand voorkomt dat de cel onder bepaalde osmotische omstandigheden barst. Sommige antibiotica verhinderen de vorming van peptidoglycaan, waardoor de celwand zijn functie verliest. In het Verenigd Koninkrijk worden kippen gevaccineerd tegen salmonella. Salmonellose komt daar bijna niet meer voor.

Is deze vaccinatie een vorm van actieve immunisatie of passieve immunisatie?

En worden daarbij antigenen of antistoffen toegediend?

Deze vaccinatie is een vorm van actieve immunisatie, er worden namelijk antigenen toegediend.

58

Tetanus is een infectieziekte die gepaard gaat met spierkrampen. Iemand die met tetanusbacteriën is besmet, kan passief worden geïmmuniseerd door een injectie met antiserum. Vroeger werd dit serum verkregen door bloed af te nemen bij een dier (bijvoorbeeld een paard) dat bij herhaling met kleine hoeveelheden tetanusbacteriën was ingespoten. Als een patiënt nog meer injecties nodig had, kreeg hij niet opnieuw paardenserum. De ervaring had geleerd dat er dan heftige reacties konden optreden. De patiënt kreeg dan serum van een rund of een schaap. Tegenwoordig worden menselijke antistoffen toegediend.

a De immuniteit die ontstaat door het toedienen van een serum is van korte duur.

Leg uit waardoor dat komt.

Een serum bevat antistoffen tegen een bepaalde ziekteverwekker. Deze antistoffen werken zelf ook als antigeen en worden afgebroken door het afweersysteem. Er worden geen geheugencellen tegen de ziekteverwekker gevormd.

b Wat is de verklaring voor de heftige reactie bij het opnieuw toedienen van paardenserum?

Het afweersysteem van de patiënt heeft antistoffen gemaakt tegen de lichaamsvreemde stoffen (antigenen) in het paardenserum.

Context Immunotherapie tegen kanker

59

Valt vaccineren ook onder immunotherapie? Leg je antwoord uit.

Ja, bij vaccinaties wordt het immuunsysteem ingezet om ziekte te voorkomen.

60

Leg uit waarom immunotherapie met T-cellen, waarover in de tekst wordt gesproken, zo kansrijk is.

T-cellen zorgen voor cellulaire afweer en spelen dus een belangrijke rol bij het vernietigen van gemuteerde tumorcellen.

61

Leg uit hoe T-cellen gewoonlijk tumorcellen opsporen en vernietigen.

Cytotoxische T-cellen herkennen de gemuteerde lichaamscellen als lichaamsvreemd door de presentatie van lichaamsvreemd antigeen op de MHC-I-receptor van de gemuteerde cel. Na binding aan deze receptor met behulp van CD8, vernietigt de cytotoxische T-cel de tumorcel door de afgifte van cytokinen.

62

Volgens de onderzoekers is er na de dierproeven geen enkele aanwijzing dat de nieuwe T-celtherapie gevaar op kan leveren voor mensen.

Leg uit waarom dit wel een reële zorg was.

Het gemuteerde gen waarmee de T-cel voor de therapie is gemodificeerd, is afkomstig van een kwaadaardige T-cel en leidt daarbij tot extreem agressieve tumorvorming. De gemodificeerde T-cellen van de therapie zouden dus ook kunnen veranderen in tumorcellen en zelf lymfeklierkanker kunnen veroorzaken.

63

In de Verenigde Staten mag een medicijn op mensen worden getest zodra is aangetoond dat het niet giftig is voor de mens. De onderzoekers gaan hun therapie nu op mensen testen.

Beargumenteer waarom het waarschijnlijk niet moeilijk is om proefpersonen te vinden, ook al zijn de werking en de langetermijneffecten van de T-celtherapie nog niet volledig bekend.

Voorbeeld van een mogelijk antwoord: Aangezien de T-celtherapie effectief lijkt bij een veelvoud aan kankers en er veel mensen zijn waarbij de bestaande therapieën niet (meer)

helpen, kan dit een laatste redmiddel vormen dat mensen willen proberen om hun leven te verlengen.

5 Transplantatie en bloedtransfusie

KENNIS

64

Waarom komt acute afstoting tegenwoordig nog zelden voor?

Acute afstoting komt nog zelden voor, omdat de acceptor vooraf wordt getest op HLA-antistoffen in het bloed.

65

Het gaat om zes verschillende genen.

Er zijn per gen vele verschillende allelen mogelijk.

Codominantie: beide geërfde allelen komen (voor alle zes de genen) tot expressie.

Welke oorzaken worden in de tekst genoemd voor de grote variatie in HLA-eiwitten?

66

Hoeveel verschillende soorten HLA-eiwitten kan iemand op de celmembranen in zijn celmembraan hebben? Leg je antwoord uit.

$6 \text{ (verschillende genen)} \times 2 \text{ (allelen die beide tot expressie komen)} = 12 \text{ soorten HLA-eiwitten}$

67

Welke lichaamscellen hebben geen HLA-eiwitten? Leg je antwoord uit.

Rode bloedcellen hebben geen HLA-eiwitten, zij hebben geen celkern.

68

Als een brandwond niet vanzelf geneest, is een huidtransplantatie nodig. Hiervoor wordt vrijwel altijd een stuk onbeschadigde huid (vaak van het bovenbeen) van de patiënt zelf getransplanteerd. Eerst is het belangrijk om de verbrande huidresten te verwijderen, omdat deze de patiënt ziek kunnen maken.

a Waarom kunnen de verbrande huidresten de patiënt ziek maken?

De verbrande huidresten kunnen de patiënt ziek maken, omdat beschadigd weefsel tot een ontstekingsreactie leidt.

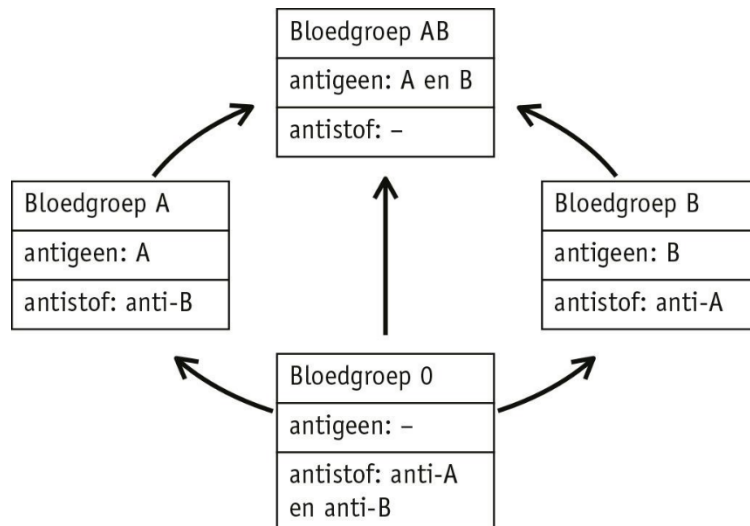
b Veroorzaakt een transplantatie met eigen huid afstotingsverschijnselen? Leg je antwoord uit.

Deze transplantatie zal geen afstotingsverschijnselen veroorzaken, doordat het HLA-systeem door het afweersysteem wordt herkend. Het HLA-systeem is van jezelf, dus dat levert geen problemen op.

69

In afbeelding 44 staat een schema met AB0-bloedgroepen.

Vul het schema verder in en geef met pijlen aan welke bloedtransfusies mogelijk zijn. Dit is voorgedaan voor de transfusie van donorbloed van bloedgroep A naar een ontvanger van bloedgroep AB.



70

De benaming A+ wordt gebruikt om aan te geven dat je bloedgroep A hebt en resuspositief bent.

- a Mensen die aan iedere patiënt bloed kunnen geven worden algemene donor genoemd. Welke bloedgroep (combinatie van het AB0-systeem en resusfactor) heeft een algemene donor? Leg je antwoord uit.

Een algemene donor heeft bloedgroep 0–. Iemand met deze bloedgroep kan bloed geven aan patiënten met alle bloedgroepen, doordat bij bloedgroep 0 de rode bloedcellen geen antigenen bevatten en het minteken betekent dat er ook geen resusfactor of antigeen aanwezig is.

- b Mensen die van iedere persoon bloed kunnen ontvangen worden algemene acceptor genoemd. Welke bloedgroep (combinatie van het AB0-systeem en resusfactor) heeft een algemene acceptor? Leg je antwoord uit.

Een algemene acceptor heeft bloedgroep AB+. Patiënten met bloedgroep AB+ kunnen bloed van alle bloedgroepen ontvangen. Bij bloedgroep AB bevat het bloedplasma geen anti-A en geen anti-B en het plusteken betekent dat er resusfactor aanwezig is, waardoor ze hiertegen ook geen antistoffen maken.

71

Waarom hoeven de meeste zwangere vrouwen geen antiresus ingespoten te krijgen?

De meeste zwangere vrouwen hoeven geen antiresus toegediend te krijgen, omdat 85% van hen resuspositief is. Antiresus hoeft je alleen in te spuiten bij resusnegatieve vrouwen.

72

Bekijk BiNaS tabel 84K. Tot welke groep antistoffen behoort antiresus? Leg je antwoord uit.

Antiresus behoort tot IgG, deze groep antistoffen kan de placenta passeren.

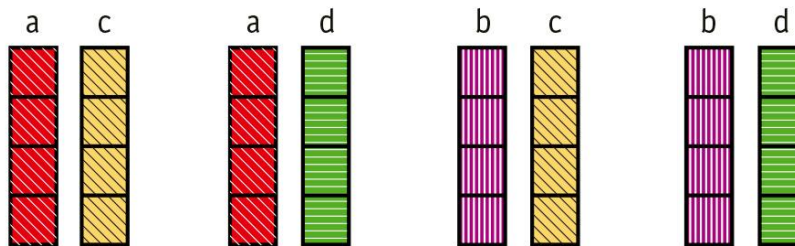
INZICHT

73

In afbeelding 45 staat een schematisch overzicht van de HLA-genen op chromosomenpaar 6 van een vader en een moeder.

- a Teken alle mogelijke combinaties van dit chromosomenpaar die hun kinderen zouden kunnen hebben. Maak gebruik van dezelfde kleuren en arceringen als in de oorspronkelijke afbeelding. Je hoeft de HLA-allelen per gen niet te benoemen.

kinderen



- b Het gezin bestaat naast beide ouders uit de zonen Bas en Jelmer en dochter Eva. Eva heeft een niertransplantatie nodig. Er wordt eerst gekeken of er een donormatch is in het gezin. Bas blijkt een match en de donatie zou kunnen plaatsvinden. Moeder vindt het toch een akelig idee en vraagt aan de arts waarom zij haar nier niet kan doneren. Zij is toch ook directe familie van Eva?

Welke uitleg zal de arts geven?

De moeder is geen goede match, omdat slechts 50% van de HLA-eiwitten overeenkomen. Doordat Bas een match is, komen bij hem alle HLA-eiwitten overeen.

74

Antistoffen tegen het AB0-systeem zijn al vanaf de geboorte aanwezig (mits je geen bloedgroep AB hebt). Wanneer een moeder met bloedgroep A zwanger is van een kind met bloedgroep B (en moeder en kind dezelfde resusfactor hebben) treden er geen problemen op zoals bij de zogenoemde resuskindjes.

Geef hiervoor een verklaring.

Een moeder met bloedgroep A kan zonder problemen zwanger zijn van een kind met bloedgroep B, omdat antistoffen van het AB0-systeem (IgM) de placenta niet kunnen passeren. Dit in tegenstelling tot de resusantistoffen.

75

Bestudeer afbeelding 38.

- a Hoeveel verschillende alleleencombinaties / haplotypes kan iemand voor de HLA-genen op één chromosoom hebben?

Er bestaan $20 \times 11 \times 41 \times 20 \times 9 \times 6 = 9\,741\,600$ verschillende haplotypes.

- b Hoeveel verschillende HLA-eiwitten kunnen theoretisch op nierepitheelcellen voorkomen? Leg je antwoord uit.

Nierepitheelcellen zijn kernhoudende cellen. Op nierepitheelcellen kunnen $20 \times 11 \times 41 = 9020$ verschillende HLA-eiwitten voorkomen. Dit zijn de MHC I-eiwitten: HLA I-eiwitten die op alle cellen met celkern voorkomen.

76

Soms wordt er bij transplantaties gebruikgemaakt van embryonale stamcellen. Ook hierbij is er kans op afstotingsreacties.

Welke genetische aanpassing zou de kans op afstotingsreacties kunnen verkleinen? Betrek in je antwoord de term HLA-systeem.

De kans op afstotingsreacties kan kleiner worden door de genen van de patiënt voor het menselijke HLA-systeem in te brengen in de chromosomen van de stamcellen van het donorembryo.

77

Een 12-jarige jongen heeft nog nooit een bloedtransfusie gehad. Deze jongen heeft bloedgroep A-.

- a Bevat het bloed van deze jongen antiresus? Leg je antwoord uit.

Het bloed van deze jongen bevat geen antiresus. De jongen maakt pas antiresus als zijn bloed in contact komt met bloed waarbij op de celmembranen van rode bloedcellen het resusantigeen voorkomt (Rh+).

- b Kun je bij een bloedtransfusie bloed van deze jongen aan een patiënt met bloedgroep A+ geven? Leg je antwoord uit.

Ja, je kunt bloed van deze jongen aan een patiënt met bloedgroep A+ geven. De jongen heeft A Rh-. Er zit dus geen antigeen op de celmembranen van zijn rode bloedcellen. De ontvangende patiënt heeft het antigeen wel. Er wordt geen antiresus gevormd.

78

- a Iemand zegt dat de kans op een HLA-match bij leden van tweelingen tussen tweelingen flink kan verschillen. Klopt dat? Licht je antwoord toe.

Ja, dat klopt. Eeneiige tweelingen zijn genetisch identiek en zullen dus altijd een 100% HLA-match hebben. De kans op een match is 100%. Bij twee-eiige tweelingen is dit niet het geval. Bij hen is de kans op een HLA-match dus hetzelfde al bij een gewone broer of zus, dus meestal 25%.

- b Wil jij jouw organen doneren en/of jouw lichaam ter beschikking stellen aan de wetenschap na je overlijden? Leg je antwoord uit.

Voorbeelden van antwoorden:

- Ja, ik wil mijn organen wel doneren, omdat ik dan toch dood ben en ik iemand anders het leven kan redden.
- Nee, ik wil mijn lichaam niet ter beschikking stellen van de wetenschap, omdat ik mijn familie de mogelijkheid wil geven mijn lichaam ongeschonden te begraven.

Context Kweekbloed

79

Het AB0-systeem is het bekendste bloedgroepsysteem. Het is niet vreemd dat de andere systemen veel minder bekend zijn, omdat alleen bij het AB0-systeem direct problemen ontstaan bij een transfusie met de verkeerde bloedgroep.

- a Leg uit waarom er meteen problemen kunnen ontstaan als je bloed ontvangt van een verkeerde bloedgroep uit het AB0-systeem.

De antistoffen tegen antigeen A en B bevinden zich al je hele leven in je bloed. Zodra je bloed ontvangt met een lichaamsvreemd antigeen A of B, treedt er meteen antistof-antigeencomplexvorming op en gaat het bloed klonteren. Er ontstaan dus meteen problemen.

- b Bij een ziekte als sikkelcelanemie hebben de eigen rode bloedcellen een verkeerde vorm, waardoor patiënten gedurende hun leven veelvuldig bloedtransfusies nodig hebben. Leg uit waarom er bij deze patiënten bij een transfusie problemen kunnen optreden door een verkeerde match met de andere bloedgroepsystemen.

Bij patiënten met sikkelcelanemie kunnen de andere bloedgroepsystemen problemen veroorzaken bij een bloedtransfusie, doordat ze door de herhaling van bloedtransfusies ook antistoffen vormen tegen de lichaamsvreemde antigenen van deze bloedgroepsystemen. Als deze antistoffen eenmaal in het bloed aanwezig zijn, zorgen ze bij een herhaalde toediening van de lichaamsvreemde antigenen voor klontering van het bloed.

80

Er zijn bij de mens ruim vijftig resusantigenen bekend, maar de afwezigheid van resus D bepaalt of je een bloedgroep resuspositief of resusnegatief noemt. De meest zeldzame bloedgroep is resus 0, ook wel 'gouden bloed' genoemd, waarbij er helemaal geen resusantigenen op de rode bloedcellen voorkomen. Er zijn wereldwijd nog geen vijftig mensen bekend met deze bloedgroep.

- a De term 'gouden bloed' klinkt positief.

In welke zin is 'gouden bloed' inderdaad positief?

Mensen met 'gouden bloed' kunnen hun bloed doneren aan iedereen en zijn dus een universele donor.

- b Als mensen met 'gouden bloed' een bloedtransfusie nodig hebben, is dat meteen problematisch. Leg uit hoe kweekbloed voor hen een oplossing zou kunnen zijn.

Aangezien 'gouden bloed' zo zeldzaam is, is de kans op voldoende bloed in bloedbanken van mensen met deze bloedgroep extreem klein. Kweekbloed zou dan de oplossing kunnen zijn als onderzoekers in staat zijn om (van gedoneerd 'gouden bloed' of met behulp van genetische manipulatie) voldoende hoeveelheden antigeenvrije rode bloedcellen te maken.

Samenhang Poep, een veelbelovend medicijn?

1

Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau.

Kies uit: *afweersysteem* – *antigeen* – *baby* – *bacterie* – *Clostridium difficile* – *darm* – *darmflora* – *microbiota* – *moeder* – *toxine* – *vagina* – *virus*.

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	–
Ecosysteem	darmflora, microbiota
Populatie	<i>Clostridium difficile</i>
Organisme	baby, bacterie, <i>Clostridium difficile</i> , moeder
Orgaanstelsel	afweersysteem
Orgaan	darm, vagina
Cel	bacterie
Molecuul	antigeen, toxine, virus

2

Als een natuurlijke bevalling voor een moeder of de baby levensbedreigend is, komen baby's via een keizersnede ter wereld. Bij een keizersnede wordt een operatieve snede in de buikwand van de moeder gemaakt.

Leg uit dat een keizersnede minder gunstig kan zijn voor de opbouw van het afweersysteem van een baby dan een natuurlijke bevalling.

Kinderen die via een keizersnede worden geboren, komen niet of veel minder in contact met bacteriën van de darmflora en vagina van de moeder dan baby's die op de natuurlijke manier zijn geboren. De darmflora van de baby wordt daardoor niet goed opgebouwd en het afweersysteem van de baby wordt minder goed geactiveerd.

3

- a Na een antibioticumbehandeling raken vooral ouderen in een ziekenhuis of een behandelkamer van de huisarts besmet met *Clostridium difficile*. Geef hiervoor een verklaring.

In ziekenhuizen en bij huisartsen komen vaker schadelijke bacteriën voor, doordat deze plaatsen door patiënten worden bezocht. Ouderen hebben vaak al een verminderde weerstand en na een antibioticakuur, waarbij goede bacteriën worden gedood, wordt de patiënt kwetsbaar voor *Clostridium difficile*.

- b De behandeling van *Clostridium difficile* met antibiotica is vaak niet effectief, doordat de bacteriën resistent zijn geworden tegen antibiotica.

Leg uit hoe een bacteriepopulatie resistent kan worden tegen antibiotica.

Door mutatie kunnen bacteriën ontstaan die resistent zijn tegen antibiotica. Deze resistente bacteriën overleven een antibioticabehandeling, terwijl de niet-resistente bacteriën door het middel worden gedood. De resistente bacteriën vermenigvuldigen zich en geven hun resistentie-eigenschap door aan hun nakomelingen. Op die manier ontstaat geleidelijk een populatie bacteriën die ongevoelig is geworden voor het betreffende antibioticum.

4

- a Als de darmflora van de donor niet goed matcht met de ontvanger, kan het zijn dat een poeptransplantatie niet werkt. Leg dit uit.
Ieders darmflora is uniek. Tegen de eigen darmflora start je lichaam geen afweerreactie, omdat je tolerantie hebt opgebouwd voor de bijbehorende antigenen. Tegen (sommige bacteriesoorten van) de darmflora van iemand anders zou je lichaam wel een afweerreactie kunnen geven. Er kan dan een ontstekingsreactie ontstaan, waardoor de gedoneerde darmflora wordt afgestoten.
- b Het is niet aannemelijk dat er een poepbank zal komen, waarin iedereen een poepmonster doneert voor het geval dat hij of zij later een poeptransplantatie nodig heeft.
Geef een reden waarom dit niet aannemelijk is.
Voorbeeld van een juist antwoord:
De voordelen (momenteel is poeptransplantatie alleen bewezen effectief tegen een infectie met *Clostridium difficile*) wegen niet op tegen de nadelen (kosten, logistiek, langdurige opslag, veiligheid).

Practica

1 Modelleren van een epidemie met Coach

1

Dubbelklik op de vier groepen.

Welke aantallen zie je aan het begin?

gezond = 990

ziek = 10

immuun = 0

dood = 0

2

Bepaal de waarden van de besmettingsfactor (besmettelijkheid van een bacterie of virus), de sterftefactor (virulentie van bacterie of virus) en de genezingsfactor (kans om immuun te worden) door te dubbelklikken op deze drie variabelen.

Verklaar wat de gevonden waarden inhouden.

Besmettingsfactor = 0.001. Dat betekent dat 1 op de 1000 individuen per dag besmet raakt.

Sterftefactor = 0.1. Dat betekent dat 1 op de 10 besmette individuen sterft.

Genezingsfactor = 0.05. Dat betekent dat 5 op de 100 besmette individuen immuun wordt.

3

Voorspel wat er zal gebeuren.

De epidemie verloopt steeds heviger, er vallen veel doden, daarna dooft de epidemie uit.

4

Noteer de resultaten. Verklaar de resultaten van de computerberekeningen.

Er vallen veel doden: 662 van de 1000 mensen, dieren of planten sterven. De epidemie dooft uit na ongeveer 30 dagen: vrijwel elk organisme is dan immuun of dood. Dat komt overeen met de hypothese.

5

Een epidemische ziekte kan ook minder besmettelijk of minder of helemaal niet dodelijk zijn.

Wat betekent dat voor de besmettingsfactor, voor de sterftefactor en voor de genezingsfactor?

De besmettingsfactor wordt lager, de sterftefactor wordt lager, dus de genezingsfactor wordt hoger.

6

Formuleer eerst een voorspelling over het verloop van de grafieken.

Voorspelling: in alle drie gevallen vallen er minder doden.

7

Test daarna wat er in het model gebeurt. Geef hiervan een korte beschrijving.

- Bij verlaging van de besmettingsfactor verandert er weinig aan de uiteindelijke aantallen van de vier groepen. Maar de epidemie dooft later uit.
- Bij verlaging van de sterftefactor vallen er veel minder doden en worden veel meer individuen immuun. Ook nu dooft de epidemie later uit.
- Bij verhoging van de genezingsfactor zijn er ook veel minder doden en veel meer immune individuen. De epidemie dooft snel uit.

8

Leg uit waarom het belangrijk is na elke berekening de veranderde factor terug te zetten op de oorspronkelijke waarde.

Als je de factor niet terugzet, kun je niet de invloed van één bepaalde factor onderzoeken.

9

Ebola of vogelpest maakt heel veel slachtoffers.

Welk(e) van de drie factoren is of zijn hiervoor verantwoordelijk?

Een hoge waarde van de sterftfactor en een lage waarde van de genezingsfactor zijn hiervoor verantwoordelijk.

10

Beantwoord de onderzoeksvragen. Is de hypothese juist?

- Een epidemie zorgt ervoor dat een populatie sterk in aantal kan afnemen. En als de populatie groeit, dat die groei niet onbeperkt is. Daarbij spelen de groeifactor, de sterftfactor en de genezingsfactor alle drie een rol.
- Bij lagere besmettelijkheid verandert er weinig aan de uiteindelijke aantallen, maar de epidemie dooft wel later uit. Bij lagere virulentie vallen er veel minder doden en worden veel meer individuen immuun. Ook nu dooft de epidemie later uit. Bij meer immuniteit zijn er ook veel minder doden en veel meer immune individuen. De epidemie dooft snel uit. De hypothese is juist.

11

Vind je dat zo'n model nuttig is, ook al is het een sterk vereenvoudigd beeld van de werkelijkheid?

Voorbeeld van een juist antwoord:

Zo'n model is nuttig, doordat je ingewikkelde relaties tussen soorten snel kun doorrekenen en hypothesen snel kunt toetsen.

12

Noem enkele zaken die in het model zijn weggelaten, maar die in de werkelijkheid wel een rol spelen.

Voorbeelden van juiste antwoorden:

In dit model is er maar één doodsoorzaak: de epidemische ziekte. De immuniteit is blijvend, terwijl in werkelijkheid iemand na een tijd immuniteit kan verliezen, bijvoorbeeld door verandering van een virus (denk aan griep).

2 Het bepalen van de bloedgroep van een bloedmonster

Examenopgaven

Onderzoek naar medicijnen tegen ebola

1

Hoe verhindert de ebola-infectie van een dendritische cel dat een T-helpercel wordt geactiveerd?
En wordt als gevolg hiervan de cellulaire en/of de humorale respons geblokkeerd?

F

Lachgas, geen onschuldige partydrug

2

Leg uit hoe antistoffen en macrofagen veroorzaken dat de cellen van Schwann worden vernietigd.

Uit het antwoord moet blijken dat

- (door het lichaam geproduceerde) antistoffen binden aan de antigenen op cellen van Schwann 1p
- (waarna) de macrofaag (met zijn antistofreceptor) bindt aan de antistoffen op de cel van Schwann (en deze fagocyteert / vernietigt) 1p

3

Welk proces wordt verhinderd door de IVIg-behandeling?

C

De fipronilcrisis in de pluimveesector

4

Leg uit hoe het opnemen van een sub-letale dosis fipronil door vogelmijten de ontwikkeling van resistentie versnelt.

Uit het antwoord moet blijken dat

- er vogelmijten zijn die bepaalde genetische eigenschappen hebben waardoor ze beter bestand zijn tegen fipronil / er genetische variatie bestaat in de mate waarin vogelmijten fipronil verdragen 1p
- (waardoor) vogelmijten die beter bestand zijn tegen fipronil zich meer voortplanten (waardoor op termijn de populatie vogelmijten resistent kan worden) 1p

Teken en de ziekte van Lyme

5

Worden deze processen in gang gezet onmiddellijk na het doorboren van de huid van de gastheer?

Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende proces wel of niet onmiddellijk in gang wordt gezet.

1 niet

2 niet

3 wel

indien drie nummers correct 2p

indien twee nummers correct 1p

indien minder dan twee nummers correct 0p

6

Welke afweercellen spelen deze sleutelrol?

- A APC's
- B B-lymfocyten
- C cytotoxische T-cellen
- D plasmacellen

A

Cross-over-niertransplantatie

7

Waardoor zal deze bloeddonatie geen agglutinatie veroorzaken?

- A Het bloed van de acceptor bevat geen AB0-antigenen.
- B Het bloed van de acceptor bevat geen AB0-antistoffen.
- C Het bloed van de donor bevat geen AB0-antigenen.
- D Het bloed van de donor bevat geen AB0-antistoffen.

C

8

Welke koppels zijn op grond van hun bloedgroepen geschikt voor een onderlinge cross-over-niertransplantatie?

- A alleen koppel 1 met koppel 2
- B alleen koppel 1 met koppel 3
- C alleen koppel 2 met koppel 3
- D koppel 1 met koppel 3, en koppel 2 met koppel 3

D

9

Geef hiervoor een verklaring.

Uit het antwoord moet blijken dat

- kinderen de helft van de HLA-eiwitten van hun vader krijgen en die zijn bij de moeder (deels) lichaamsvreemd 1p
- tijdens de zwangerschap / bevalling kunnen (bloed)cellen van het kind in contact komen met het afweersysteem van de moeder, dat daarop antistoffen produceert tegen HLA-eiwitten (afkomstig) van haar man 1p

Koorts en ziek zijn

10

Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende effect onderdeel is van het aangeboren (niet-specifieke) afweersysteem of van het verworven (specifieke) afweersysteem.

- 1 verworven / specifieke afweersysteem
- 2 aangeboren / niet-specifieke afweersysteem
- 3 aangeboren / niet-specifieke afweersysteem
- 4 verworven / specifieke afweersysteem

indien vier nummers correct 2p

indien drie nummers correct 1p

indien minder dan drie nummers correct 0p