## 2. DNA

pp197

### Samenvatting

DOELSTELLING 1

Je moet in een context de bouw en functies van DNA kunnen beschrijven.

- DNA (desoxyribonucleïnezuur) bevat de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een levende cel.

- Genoom: het geheel aan erfelijke informatie in een cel van een organisme.

– Bij eukaryoten: al het DNA in de celkern (kernDNA) en het DNA in celorganellen (mitochondriën en chloroplasten).

– mtDNA: DNA in mitochondriën.

– Plasmide: kort stukje cirkelvormig DNA in prokaryoten.

- DNA is een nucleïnezuur en is opgebouwd uit nucleotiden (zie afb. 1).

– Een nucleotide bestaat uit desoxyribose, een fosfaatgroep en een stikstofbase.

– In DNA komen vier stikstofbasen voor: adenine (A), cytosine (C), guanine (G) en thymine (T).

ba

[ND: Tekst in afbeelding

fosfaatgroep

stikstofbase

nucleotide

desoxyribose]

Bijschrift: Afb. 1. Weergave van aan elkaar gekoppelde nucleotiden in een DNA-molecuul.

Bijschrift: Afb. 2. In een DNA-molecuul liggen twee nucleotideketens in een helixstructuur om elkaar heen.

ea

- DNA bestaat uit twee nucleotideketens, die in een dubbele spiraal (helix) om elkaar heen liggen (zie afb.2).

– De stikstofbasen vormen vaste paren: adenine (A) met thymine (T); cytosine (C) met guanine (G).

pp198

- Bij eukaryoten bestaat een chromosoom uit één lang DNA-molecuul met eiwitten.

- Een gen is een stuk DNA dat de informatie bevat voor de synthese van een of meer eiwitten.

– Elk gen heeft een vaste plaats op een chromosoom.

– Allelen: verschillende varianten van hetzelfde gen.

- De volgorde van de nucleotiden (DNA-sequentie) bevat de informatie voor de synthese van eiwitten.

- Grote delen van het DNA coderen niet voor eiwitten: niet-coderend DNA.

Het heeft een regulerende functie bij de synthese van eiwitten.

DOELSTELLING 2. NIET IN CE

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe DNA-replicatie plaatsvindt.

- DNA-replicatie vindt plaats in de S-fase van de celcyclus.

– DNA-replicatie begint wanneer een enzym de verbindingen verbreekt tussen de basenparen.

– DNA-polymerase verbindt vrije nucleotiden aan de vrijgekomen stikstofbasen van een enkelvoudige nucleotideketen (zie afb. 3.

– Aan elke originele nucleotideketen ontstaat een nieuwe nucleotideketen.

- Na DNA-replicatie bestaat een chromosoom uit twee chromatiden die vastzitten met een centromeer.

ba

[ND: Tekst in afbeelding

DNA-polymerase (beweegt naar rechts)

DNA-polymerase (beweegt naar links)

nieuw DNA-fragment

vrije nucleotiden in kernplasma

(beweegt naar rechts)

oude keten

oude keten

nieuwe keten

nieuwe keten

DNA-polymerase (beweegt naar links)]

Bijschrift: Afb. 3. DNA-replicatie (schematisch).

ea

pp199

DOELSTELLING 3. NIET IN CE

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de eiwitsynthese plaatsvindt.

- Langs een deel van een nucleotideketen van een DNA-molecuul (een gen) wordt een RNA-molecuul gevormd.

– Dit gebeurt op plaatsen in het DNA-molecuul waar genen aan staan.

- RNA (ribonucleïnezuur) verschilt van DNA:

– RNA bestaat uit een enkele streng nucleotiden.

– RNA bevat ribose in plaats van desoxyribose bij DNA.

– RNA bevat de stikstofbase uracil (U) in plaats van thymine (T) bij DNA.

– RNA wordt gevormd langs één keten van een DNA-molecuul.

- Bij eukaryoten verlaat het RNA via de kernporiën de kern en komt zo bij de ribosomen in het cytoplasma.

– RNA brengt de code van een gen over naar de ribosomen in het cytoplasma.

- De genetische code: de vertaling van de nucleotide-volgorde in RNA naar de aminozuurvolgorde van een eiwit door ribosomen (zie afb. 4).

– Een codon bestaat uit drie opeenvolgende nucleotiden.

– Er zijn 64 verschillende codons, waaronder één startcodon (AUG).

– 61 codons coderen voor de aminozuren.

– 3 codons geven het einde aan van de eiwitsynthese (de stopcodons).

ba

[ND: Tekst in afbeelding

cytoplasma

kern

ribosoom

DNA-helix wijkt uiteen

code op DNA wordt overgeschreven op RNA

RNA verlaat de kern

code op RNA wordt vertaald in een eiwit, opgebouwd uit aminozuren

de aminozuurketen vouwt zich op tot het actieve eiwit

aminozuur

codon]

Bijschrift: Afb. 4. Een overzicht van de eiwitsynthese (schematisch).

ea

pp200

- Er kunnen meerdere ribosomen tegelijkertijd een RNA-molecuul aflezen.

- Eiwitten die in ribosomen zijn ontstaan worden verder bewerkt.

– De functie van eiwitten wordt bepaald door de aminozuurvolgorde en door de ruimtelijke structuur.

– Bewerking kan in het cytoplasma, het endoplasmatisch reticulum of het golgisysteem plaatsvinden.

– Sommige eiwitten worden pas functioneel als ze buiten de cel zijn afgescheiden.

- Erfelijke eigenschappen komen tot uiting in het fenotype door de aanwezigheid van bepaalde eiwitten.

DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen uitleggen hoe de regulatie van de genexpressie en celdifferentiatie plaatsvindt en wat het belang ervan is voor de zelfregulatie en zelforganisatie van een organisme.

- Genregulatie is het aan- of uitzetten van een gen.

- Genexpressie: wanneer een gen aan staat, kan RNA worden gevormd langs het DNA. Dit kan worden vertaald in een eiwit.

- Gedeelten van het DNA hebben verschillende functies:

– Regulatorgenen zorgen bij prokaryoten voor de synthese van repressoren. Ze kunnen een gen aan- of uitzetten.

– Regulatorgenen coderen in eukaryoten voor eiwitten die de genexpressie kunnen remmen of activeren.

– Structuurgenen bij prokaryoten: bevatten informatie voor de synthese van eiwitmoleculen.

- Stamcellen kunnen differentiëren tot elk celtype.

- Genregulatie tijdens de embryonale ontwikkeling bij eukaryoten:

– De plaats van een stamcel in een organisme bepaalt welke regulatorgenen aanstaan.

– Regulatorgenen coderen in eukaryoten voor eiwitten die andere genen aan of uit kunnen zetten (zie afb. 5).

– Door genregulatie ontstaan verschillende gespecialiseerde cellen, weefsels en organen in een meercellig organisme.

- Epigenetica is de wetenschap die zich bezighoudt met het bestuderen van omkeerbare veranderingen in de activiteit van genen, die niet het gevolg zijn van veranderingen in de nucleotidevolgorde van het DNA.

– Genexpressie wordt geblokkeerd doordat eiwitten DNA steviger binden of door DNA-methylering. Het gen staat uit.

– Epigenetische factoren: invloeden die de werking van genen beïnvloeden.

– Bij DNA-replicatie kunnen epigenetisch verworven eigenschappen worden doorgegeven aan de dochtercellen en bij voortplanting aan het nageslacht.

pp201

ba

[ND: Tekst in afbeelding

ß-galactosidase in *E*. *coli*.

structuurgen

1

structuurgen

2

structuurgen

3

regulatorgen structuurgenen

DNA-molecuul

RNA

repressor blokkeert vorming RNA

repressor start vorming

RNA

1 repressie van structuurgenen bij *E. coli*

lactose bindt repressor structuurgen

1

structuurgen

2

structuurgen

3

eiwit 1 eiwit 2 eiwit 3

start vorming

RNA

DNA-molecuul

RNA RNA

repressor lactose regulatorgen structuurgenen

2 opheffing van de repressie door lactose bij *E. coli]*

Bijschrift: Afb. 5. Regulatie van het gen voor

ea

DOELSTELLING 5

Je moet in een context het ontstaan, de verschillende typen en de uitwerking van mutaties kunnen beschrijven. Ook moet je kunnen beschrijven hoe kanker ontstaat en wordt behandeld.

- Mutatie: een blijvende wijziging in de nucleotide-volgorde van het DNA of RNA van een cel.

- Puntmutatie (genmutatie): het DNA is op één plaats veranderd.

– In het DNA kunnen een of meer stikstofbasen zijn toegevoegd, verwijderd of vervangen door andere stikstofbasen.

pp202

- Genoommutatie: het aantal chromosomen in een cel is veranderd.

– Doordat bij meiose I de chromosomen van een paar bij elkaar blijven of doordat bij meiose II de chromatiden van een chromosoom bij elkaar blijven.

– Een van de dochtercellen heeft één chromosoom te veel (bijv. bij het syndroom van Down) en de andere dochtercel één chromosoom te weinig.

- De frequentie waarmee mutaties plaatsvinden, wordt verhoogd door mutagene invloeden:

– kortgolvige straling (bijv. radioactieve straling, röntgenstraling, ultraviolette straling);

– bepaalde chemische stoffen (bijv. stoffen in sigarettenrook, asbest);

– virussen.

- Het aantal mutaties in een cel blijft beperkt door DNA-reparatie van enzymen.

– De celcyclus wordt stilgelegd totdat reparerende enzymen hun werk hebben voltooid.

– Het tumorsuppressorgen produceert eiwitten die de celcyclus stilleggen of ervoor zorgen dat een cel met onherstelbare DNA-schade overgaat tot celdood.

- Mutaties kunnen neutraal, positief of negatief zijn voor het organisme.

– De gevolgen van recessieve mutaties of mutaties in één chromosoom van een paar zijn vaak niet merkbaar.

– Genen waarin een mutatie plaatsvindt, zijn vaak uitgeschakeld.

– Mutaties kunnen een grote uitwerking hebben als ze optreden in een geslachtscel, een bevruchte eicel of een cel van een embryo.

– Mutaties kunnen de overlevingskans vergroten. Dit is een evolutionair voordeel.

- Kanker ontstaat door een aantal mutaties.

– Mutaties in een suppressorgen en in een proto-oncogen kunnen leiden tot kanker.

– Proto-oncogenen coderen voor eiwitten die de celgroei en de celdifferentiatie stimuleren.

– Door een mutatie kan een proto-oncogen veranderen in een oncogen waardoor er een tumor (gezwel) kan ontstaan.

– Bij kanker is de tumor kwaadaardig: de bouw van het weefsel wordt verstoord. En de delingssnelheid wordt niet afgeremd.

– Een primaire tumor kan operatief worden verwijderd of door radiotherapie worden gedood.

- Metastase (uitzaaiing): cellen uit de primaire tumor laten los en komen in het bloed of de lymfe terecht.

– Secundaire tumoren: tumoren die zijn ontstaan door uitzaaing.

– Chemotherapie: behandeling van kanker met cytostatica (medicijnen die de celdeling remmen; ook in gezonde weefsels).

- Mutagene invloeden zijn meestal ook carcinogeen (kankerverwekkend).

pp203

DOELSTELLING 6

Je moet in een context verschillende technieken en toepassingen kunnen beschrijven die mogelijk zijn met DNA.

- Genetische modificatie is het veranderen van het DNA van een organisme.

– Genetisch gemodificeerde organismen worden transgeen of ggo (genetisch gemodificeerd organisme) genoemd.

- Recombinant-DNA-techniek is het wijzigen van de nucleotidevolgorde van het DNA in een organisme door DNA in te brengen dat afkomstig is van een ander organisme (zie afb. 6).

– De organismen hoeven niet tot dezelfde soort te behoren.

– Met speciale enzymen wordt een DNA-fragment met bepaalde informatie uit een DNA-molecuul geknipt. Onder invloed van andere enzymen verbinden verschillende DNA-fragmenten zich met elkaar.

– Bacteriën die een recombinant-DNA-plasmide opnemen, gaan delen en eiwitten produceren die men kan gebruiken voor specifieke doeleinden.

ba

[ND: Tekst in afbeelding

circulair DNA

plasmide

het plasmide wordt geïsoleerd

het plasmide wordt opengeknipt met een enzym

het DNA met het gen wordt geïsoleerd

het gen wordt uit het DNA geknipt

het plasmide neemt het gen op

het recombinant-DNA-plasmide wordt opgenomen door een bacterie

de bacterie gaat zich delen

productie van een bepaald eiwit

recombinant-DNA-plasmide

recombinantbacterie

bacterie

een cel met DNA met een bepaald gen]

Bijschrift: Afb. 6. Recombinant-DNA-techniek.

ea

pp204

- Een virus bestaat uit één molecuul DNA of RNA in een dunne eiwitmantel. Na infectie van specifieke gastheercellen laten ze hun DNA of RNA achter.

– DNA wordt naar de celkern getransporteerd en ingebouwd in het DNA van de gastheercel.

– Een RNA-virus bevat een enzym dat een DNA-keten vormt langs een RNA-streng.

De RNA-keten wordt afgebroken en DNA-polymerase vormt dubbelstrengs DNA dat wordt ingebouwd in het DNA van de gastheer in de celkern.

– Langs het virale DNA ontstaat RNA dat codeert voor eiwitten waarmee nieuwe virussen worden gevormd.

– Nieuwe virussen komen vrij doordat ze worden afgesnoerd of doordat de gastheercel openbarst.

- Complementair DNA of copyDNA (cDNA):

– Een bepaald enzym vormt enkelstrengs DNA langs RNA-moleculen die men heeft geïsoleerd uit cellen die veel van een gewenst eiwit maken. Met DNA-polymerase wordt een dubbele DNA-keten gevormd. Dit cDNA kan worden ingebracht in een plasmide of virus.

**ComPetenties/vaarDigheDen**

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het vorm-functie-denken;

- geleerd dat epigenese een evolutionair voordeel kan opleveren: evolutionair denken;

- geleerd hoe genregulatie op verschillende organisatieniveaus invloed heeft: systeemdenken;

- geoefend in het beargumenteerd geven van je mening.