



EVOLUTIE ZIT IN JE GENEN

over Darwin en genomics

C. Veranderingen in DNA

Je gaat nu zelf onderzoek doen op basis van gegevens van het Forensisch Laboratorium voor DNA Onderzoek. Prof. dr. Peter de Knijff, die als geneticus bij dat laboratorium werkt, wordt vaak ingeschakeld bij grote rechtszaken. Hij geeft daar uitleg over de betekenis van DNA-sporen die bij een misdrijf zijn gevonden. Daarnaast doet Peter de Knijff onderzoek naar de evolutie van de mens. Ook daarbij worden biotechnologische technieken gebruikt. Op basis van DNA-profielen kunnen we namelijk bepalen of twee individuen nauw aan elkaar verwant zijn. Of juist niet. DNA leert ons ook iets over de manier waarop de mens zich over de aarde heeft verspreid. Evolutie is dus actueler dan ooit. Als je mee wilt praten over evolutie heb je aan Darwin alleen niet genoeg, want evolutie... zit in je genen.

Veel plezier!

Opdracht 1. Van generatie op generatie

1. Vorm een groepje van drie.

2. Lees de volgende pagina uit het boekje:

DNA verradt hoe de mens de wereld koloniseerde (pag. 64)

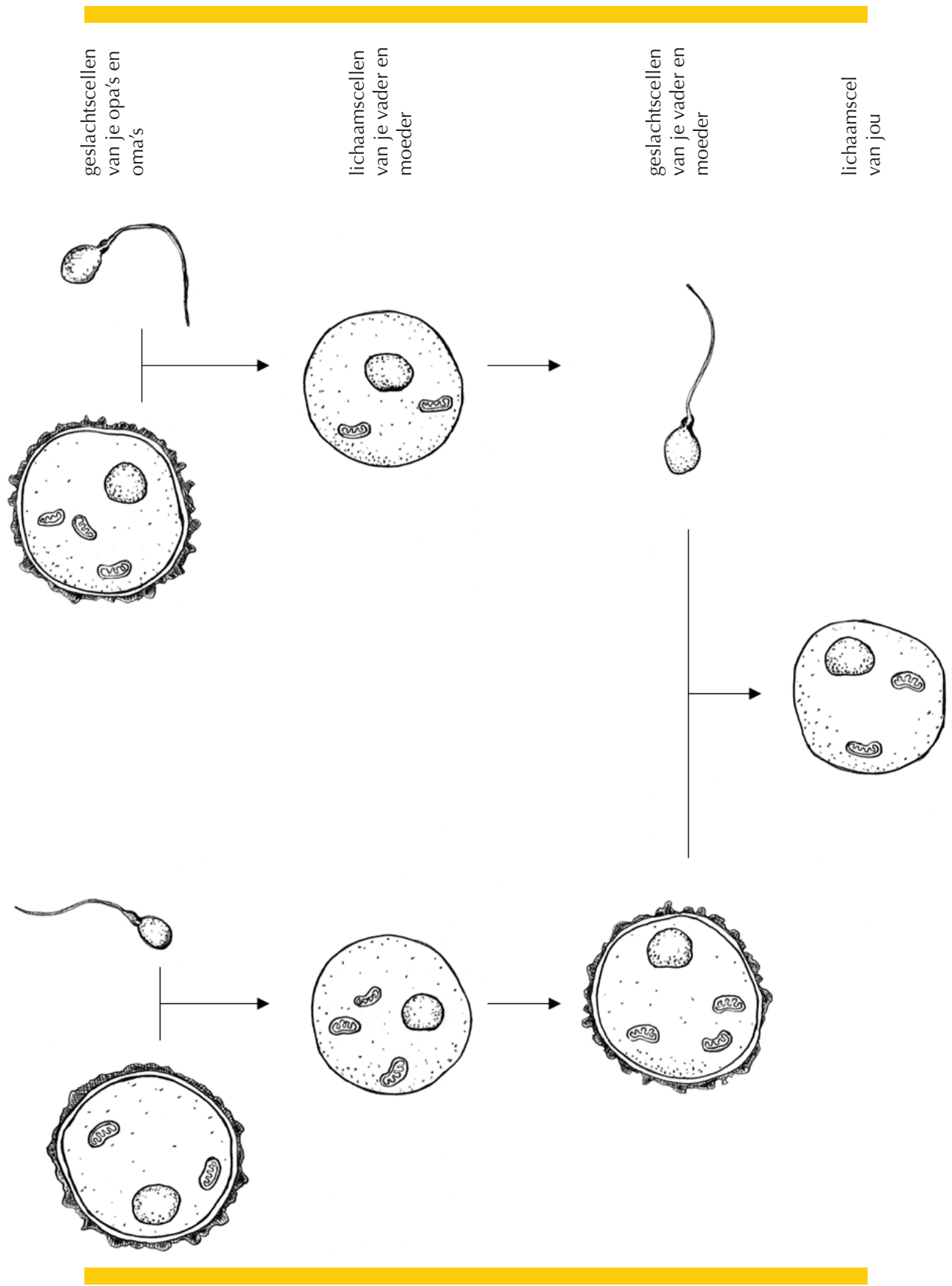
In de tekst worden verschillende soorten DNA genoemd:

- **autosomaal DNA:**
al het 'gewone' DNA in de kern, dus alle chromosomen met uitzondering van de geslachtschromosomen (X en Y)
- **Y-DNA:**
DNA van het Y-chromosoom, dat alleen bij mannen voorkomt
- **mtDNA:**
het DNA dat alleen in mitochondriën voorkomt

De tekening op de volgende pagina stelt een stamboom voor. De cel helemaal onderaan stelt een cel van jouw eigen lichaam voor. De vier cellen in de bovenste rij zijn geslachtscellen van jouw opa's en oma's. In het midden zie je de lichaamscellen van je ouders en daaronder hun geslachtscellen.

3. Kleur de tekening als volgt in:

- Zet in de celorganellen waar Y-DNA te vinden is een blauwe stip.
- Zet in de celorganellen waar mtDNA te vinden is een rode stip.
- Zet in de celorganellen waar autosomaal DNA te vinden is een groene stip.
- Geef met een stippellijntje aan via welke cellen jij jouw mtDNA hebt geërfd.
- Geef, als je een jongen bent, met een stippellijntje aan via welke cellen jij jouw Y-DNA hebt geërfd.



Opdracht 2. De mens verspreidt zich over de aarde

Als je naar het DNA van verschillende bevolkingsgroepen kijkt, dan vertoont Y-DNA maar weinig variatie. Dat is logisch, want in principe wordt het Y-chromosoom van vader op zoon onveranderd doorgegeven. Bij mtDNA geldt hetzelfde, alleen gaat het daarbij om de vrouwelijke lijn. Toch zijn her en der wel kleine verschillen te vinden. Als binnen een DNA-sequentie één nucleotide anders is, dan spreken we van SNPs oftewel **single nucleotide polymorphisms** (zie figuur 1, pag. 64).

1. Lees het volgende hoofdstuk:

DNA verraadt hoe de mens de wereld koloniseerde (pag. 64 – 67)

Wat moet je doen?

Wetenschappers hebben de afgelopen jaren over de gehele aarde menselijk DNA verzameld. Het gaat daarbij om DNA van de oorspronkelijke bevolking in een regio. Je gaat bij deze opdracht met je groepje zelf onderzoek doen naar de verwantschap van bevolkingsgroepen. Dat doe je op basis van een echte dataset met SNPs uit het Forensisch Laboratorium voor DNA Onderzoek. Er zijn twee verschillende datasets: één op basis van Y-DNA en één op basis van mtDNA. Je gaat met je groepje aan de slag met één van deze datasets. Let op: de lettercodes die in de datasets gebruikt worden zijn fictief; ze komen dus niet overeen met de codes uit het cahier en andere (wetenschappelijke) publicaties.

2. Vraag aan je docent één van beide datasets en de bijbehorende werkbladen.

3. Je onderzoek bestaat nu uit de volgende stappen:

- stap a. de 'oervorm' vaststellen
- stap b. een stamboom maken
- stap c. de migratieroute bepalen

stap a. de 'oervorm' vaststellen

Eerst ga je bepalen wat het meest 'oorspronkelijke' DNA profiel is. Met andere woorden, welk profiel komt het meest overeen met het profiel van mensapen? Deze 'oervorm' staat aan de basis van je stamboom.

- Vergelijk het mensaap-profiel met de 14 profielen uit je dataset. Bepaal welk profiel het meest overeenkomt met het mensaap-profiel. Dat is de oervorm.
- Let op: zoek naar een verschil van één SNP!
- Noteer de letter van het 'oerprofiel' op het werkblad. Het begin van de stamboom is al getekend (mensaap → ...). Schrijf boven de pijl op welk SNP-nummer mensaap en oervorm van elkaar verschillen.

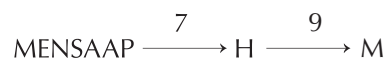
bijvoorbeeld:

MENSAAP $\xrightarrow{7}$ H

stap b. een stamboom maken

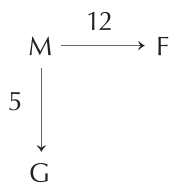
- Vergelijk de 13 overgebleven profielen met het oerprofiel (**niet** met het mensaap profiel).
- Let op: zoek weer naar een verschil van één SNP!
- Noteer dit profiel weer op het werkblad. Schrijf bij de pijl ook weer het SNP nummer.

bijvoorbeeld:



- Let op: soms ontstaan uit een profiel niet één maar twee of drie nieuwe profielen. Dan is er dus een splitsing in je stamboom. Het gaat dan wel steeds om andere SNPs. Je moet dus *alle* overgebleven profielen vergelijken met het laatst toegevoegde profiel. Geef zo'n splitsing in je stamboom aan, en noteer bij iedere pijl de desbetreffende SNP. Uit elk van de 'takken' van de stamboom kunnen weer nieuwe profielen ontstaan. Maar soms 'loopt een tak dood'.

bijvoorbeeld:



- Maak de stamboom verder af. Zoek dus steeds het profiel dat het meest overeenkomt met het laatste profiel dat je aan de stamboom hebt toegevoegd.
- Vraag als je klaar bent met je stamboom een nakijkvel van je docent. Verbeter zonodig je stamboom.

stap c. de migratieroute bepalen

Je stamboom is af. Met behulp van de wereldkaart kunnen we nu de migratieroute bepalen. Het idee is dat de mens (*Homo sapiens*) ergens op de aarde ontstaan is, en zich in de loop van duizenden jaren over alle continenten heeft verspreid. Waarschijnlijk ging het daarbij vaak om een klein groepje mensen dat uit een gebied wegtrok en zich ergens anders vestigde.

- Noteer eerst bij iedere locatie op de wereldkaart de codes van de profielen die daar voorkomen. Gebruik hiervoor de oorspronkelijke dataset. Zet ook een streepje onder het profiel dat op die locatie het meest voorkomt.
- Het beginpunt is de locatie waar de 'oervorm' het meest talrijk is. Werk vanaf deze locatie verder. Geef met pijlen de meest waarschijnlijke migratieroute(s) aan.
- Bepaal van iedere volgende locatie welk profiel daar het meest voorkomt.

als dat profiel al bij vorige locaties aanwezig was...

Trek dan een pijl vanaf de dichtstbijzijnde locatie met dat profiel.

als het profiel er voor het eerst voorkomt...

Zoek in de stamboom op uit welk ander profiel het ontstaan is. Trek dan een pijl vanaf die dichtstbijzijnde locatie met dat andere profiel.

- Niet alleen het profiel dat het meest voorkomt, maar ook de andere profielen op een locatie kunnen een aanwijzing geven voor de migratieroute.
- Let op: soms lopen van één locatie pijlen naar meerdere locaties.
- Vraag als je klaar bent met de migratieroutes een nakijkvel van je docent. Verbeter zonedig.

Opdracht 3. Heb je het begrepen?

Beantwoord de onderstaande vragen.

1. **Waarom wordt bij onderzoek naar verwantschap de voorkeur gegeven aan Y-DNA en mtDNA boven autosomaal DNA?**
 - A bij Y-DNA en mtDNA vindt bij de celdeling geen recombinatie plaats
 - B op Y-DNA en mtDNA komen wél SNPs voor, op autosomaal DNA niet
 - C tot nog toe is alleen van Y-DNA en mtDNA de nucleotidenvolgorde bepaald
2. **Hoe ontstaan SNPs eigenlijk?**
 - A door genduplicatie
 - B door natuurlijke selectie
 - C door (punt)mutaties
3. **De dataset uit de vorige opdracht bestond uit 14 SNPs. Hoeveel nucleotiden liggen er tussen SNP 1 en SNP 14?**
 - A 12 nucleotiden
 - B 24 nucleotiden (want DNA bestaat uit twee strengen)
 - C dat is niet op te maken uit de dataset
4. **DNA bestaat uit coderende en niet-coderende delen. Genen zijn stukken DNA die voor eiwitten coderen. Komen SNPs in genen voor?**
 - A ja, want nucleotiden maken altijd deel uit van een gen
 - B alleen bij Y-DNA, want dat is een chromosoom in de kern
 - C meestal niet, want mutaties kunnen een gen onwerkzaam maken
5. **De dataset uit de vorige opdracht bestond uit 14 verschillende profielen. Welke van deze profielen komen voor bij de mensen die nu op aarde leven?**
 - A allemaal
 - B alleen de profielen aan de 'uiteinden' van de stamboom
 - C geen van allen
6. **Noord- en Zuid-Amerika zitten niet vast aan andere continenten. Hoe zijn de eerste mensen daar terecht gekomen?**
 - A de continenten zaten in die tijd nog helemaal aan elkaar vast
 - B de schepen van ontdekkingsreizigers zijn de oceaan overgestoken
 - C door een (nu verdwenen) landvlakte tussen Siberië en Alaska over te steken
7. **Wanneer kwamen voor het eerst op alle continenten (behalve Antarctica) mensen voor?**
 - A ongeveer 1.000 jaar geleden
 - B ongeveer 10.000 jaar geleden
 - C ongeveer 100.000 jaar geleden
8. **Hoeveel tijd zat er tussen het moment waarop de eerste mensen uit Oost-Afrika migreerden, en het moment waarop op alle continenten (behalve Antarctica) mensen voorkwamen?**
 - A ongeveer 600 jaar
 - B ongeveer 6.000 jaar
 - C ongeveer 60.000 jaar

9. *De mens (Homo sapiens) is waarschijnlijk ontstaan in Oost-Afrika. In de dataset uit de vorige opdracht was de 'oervorm' ook het meest talrijk in Oost-Afrika. Maar dat hoeft niet altijd zo te zijn. Het komt ook voor dat de 'migranten' het oorspronkelijke profiel behouden, en dat het DNA profiel van de 'thuisblijvers' verandert. Het Forensisch Laboratorium voor DNA Onderzoek gebruikt, behalve DNA profielen, ook andere gegevens om een stamboom van menselijke bevolkingsgroepen te maken, en de migratieroutes te bepalen. Welke gegevens zouden ze hiervoor kunnen gebruiken?*