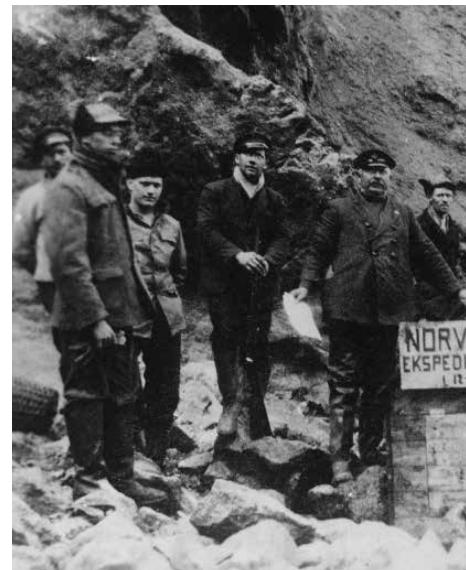




volledig witte kieuwen



Ijvis *Pagetopsis macropterus*



expeditie Bouvet eiland 1927

BLOEDELOZE VIS

In de biologieles leerde we dat alle vertebraten (zoogdieren, vogels, reptielen en vissen) rode bloedcellen bezitten en dat die kleur afkomstig is van het respiratoir pigment hemoglobine. Zonder dit proteïne nemen de vertebraten geen zuurstof op en is er geen leven mogelijk. En toch zwemt er in het ijswater rond Antarctica een bloedeloze vis rond.

In 1927 vertrok uit Noorwegen een schip dat koers zette naar de diepe onderkant van de wereld. Het was de bedoeling om de vlag te planten op het eiland Bouvet, gelegen iets ten noorden van Antarctica. Dit om recht te claimen op eventuele latere walvisvangst in dat stukje oceaan. Bouvet is een klein en onherbergzaam eiland dat bedekt is met ijs en sneeuw en dat geteisterd wordt door schrale winden. Na het planten van de Noorse vlag gooide de bioloog van de 'Norvegia' (Ditlef Rustad) zijn netten uit en ving een eigenaardig uitzijnde vis. Hij had grote ogen, brede vinnen en een langwerpige muil vol tanden. Net de snuit van een krokodil. Maar wat het meest opviel aan zijn 'krokodilijvis' was het bleek, haast transparant uitzicht en het ontbreken van schubben. Bij het opensnijden zag Rustad een groot wit hart, bleke bloedvaten en bloedeloze kieuwen. Verder onderzoek gebeurde toen niet.

Vijfentwintig jaar later bracht een andere bioloog, Johan Ruud, een aantal exemplaren mee en analyseerde de eigenaardige ijvis wel. Met een spuit trok hij 'bloed' uit het hart en de grote vaten, en het bleek kleurloos. Microscopisch onderzoek wees op de totale afwezigheid van rode bloedcellen en dus van hemoglobine. Hoe kon die vis zonder dit zuurstof transporterende hemoglobine overleven? En waarom bevroor het waterige 'bloed' niet in een zee van $-1,8$ Celsius? Waarom verstijfde de vis niet tot een 'fish stick'?

Noodzaak en opportuniteit

Voor het antwoord op die vragen was het wachten op

DNA-onderzoek, 40 jaar later. Toen bleek dat één van de twee genen die normaal coderen voor het hemoglobine, volledig verdwenen was en het andere nog rudimentair aanwezig, maar affunctioneel. Normaal vernielt een vis de genetische code voor zo'n levensbelangrijk proteïne niet, dus moest er in zijn omgeving 'iets' gebeurd zijn. Iets waarop hij zich uit noodzaak heeft moeten aanpassen en daar de opportuniteit voor vond.

Uit geologisch onderzoek weten we ondertussen dat er zo'n 33 miljoen jaren geleden daar inderdaad iets gebeurd is. Door een continentale verschuiving van tektonische aardplaten werd Antarctica volledig gescheiden van het zuidelijkste punt van Zuid-Amerika. Van zodra Antarctica volledig omgeven was door de oceaan, ontwikkelden zich nieuwe stromingen en koelde het water rond Antarctica sterk af. Van 10° Celsius tot $-1,8^{\circ}$. De meeste vissoorten overleefden dit verkoelde ecosysteem niet maar één enkele soort kon zich gaandeweg aanpassen, de Notothenioidae. Onze bloedeloze ijvis vormt daarin een kleine familie.

Hematocriet

Zoals motorolie in een auto vrij dik wordt in koude winterdagen, zo neemt ook de viscositeit van bloed toe in ijskoude wateren. Dit kleverige goedje valt dan heel moeilijk rond te pompen. Antarctische vissen omzeilden miljoenen jaren geleden dit probleem door het aantal rode bloedcellen per bloedvolume geleidelijk te reduceren. Bij de mens bedraagt



normaal bloed en ijsvisbloed

Ijsvis *chionodracorastrospinosus*

de 'hematocriet' ongeveer 45% terwijl Antarctische vissen het tot 15% verlaagden. Maar onze ijsvis trok dat tot het extreme door en elimineerde zijn hele bestand rode bloedcellen. Met die erythrocyten verdween ook alle hemoglobine uit zijn lichaam en werd de genetische code ervoor obsoleet. Het bloed van de ijsvis bevat slechts 1% cellen, allemaal witte bloedcellen. Het rode bloed werd zo kleurloos als water.

Het spreekt vanzelf dat de ijsvis een breed gamma compenserende maatregelen heeft moeten ontwikkelen om zonder het zuurstofdragend hemoglobine in leven te blijven. Gelukkig heeft koud water een grotere oplosbaarheid voor zuurstof dan warm water. De koude oceaan rond Antarctica is bijzonder zuurstofrijk. Dus kwam het erop aan om zoveel mogelijk zuurstof rechtstreeks uit het water op te nemen. Vandaar zijn vrij groot kieuwoppervlak en zijn dunne schubbenloze huid. Onder dat vel ligt een groot vertakkend netwerk van uitzonderlijk brede capillairen die ook veel zuurstof kunnen opnemen. Het schubbenloos vel maakt de vis bovendien min of meer transparant.

Door de dunne schedelhuid kan men bijvoorbeeld de hersenen zien liggen en zelfs het verloop van de oogzenuwen. Verdere adaptaties om het gemis aan rode bloedcellen te compenseren zijn een relatief groot hart, een vrij groot

bloedvolume en een wat lager basaal metabolisme. De ijsvis moet zich dus tevreden stellen met een wat minder vinnig leven.

Antivries

Op winterse dagen doen automobilisten antivries in de wagen om het water in de motor en de radiator niet te laten bevriezen. Ook de ijsvis kan niet zonder antivries-proteïnen. Omdat gewone vissen geen antivries bezitten moet de ijsvis in de loop van zijn evolutie ergens dat antivries-proteïne 'uitgevonden' hebben. Maar hoe? Dat ontdekten Arthur Devries (nou ja) en zijn collega's van de universiteit van Illinois rond 1960. In plaats van het antivries van nul af aan te maken (een gloednieuw proteïne te ontwerpen) heeft de ijsvis een bestaand verteilingsproteïne simpelweg verbouwd tot antivries. Het is een mooi voorbeeld van hoe de Darwinistische evolutie werkt via DNA-mutaties en 'trial and error' met zijn genetisch materiaal.

Dat is zondermeer een sterk staaltje engineering. Op winterse dagen nemen wij allerlei maatregelen om de wagen tegen de kou te beschermen. Maar de ijsvis heeft het voor elkaar gekregen zijn organisme te veranderen 'terwijl die wagen aan het rijden was'. Hij vond een nieuw antivries uit, verwisselde de olie (bloed) door iets minder viskeus, vergrootte de benzinepomp (hart) en gooide onderweg een paar onderdelen

overboord. Zelfs belangrijke onderdelen (zoals hemoglobine) die in iedere gewone vis voorhanden waren in de vorige 500 miljoen jaren.

Enkele ijsvissen hebben zelfs nog meer onderdelen weggegooid, zoals het myoglobine. Dit is ook een zuurstofbindend proteïne dat in de spieren aanwezig is en ter plaatse voor zuurstof zorgt bij inspanning. Of bij de hartslag. Vandaar dat de hartspeer van ijsvissen zo krijt wit is in plaats van rood bij andere vertebraten. DNA-analyse toont ook hier aan dat de genetische code voor het myoglobine gemuteerd is en obsoleet.

Conclusie

De ijsvis heeft het voor elkaar gekregen om tijdens zijn evolutie (en al zwemmend) zijn organisme aan te passen aan de sterk veranderende leefomstandigheden. Zo toont hij aan dat, als een species een weg vindt om daarin te overleven, er genen geboren worden en genen afsterven. En van die wonderbare evolutie is het DNA de forensische getuigenis. ■

Dr. Johan Van Robays
Patholoog-anatoom

