

Gerdien de Jong

Van het lancetvisje via *Tiktaalik* naar *Homo sapiens*

Fossielen, genen, embryo's en anatomie wijzen op de lange evolutie van de mens

Darwins theorie is anderhalve eeuw oud maar er bestaan nog veel misverstanden over. Voor wie meer wil weten, is er genoeg studiemateriaal beschikbaar.

De Evangelische Omroep (EO) verdraait in aangekochte natuurdocumentaires alles wat maar naar evolutie ruikt. 'Miljoenen jaren geleden' wordt 'lang geleden', 'evolueren' wordt 'zich ontwikkelen' en duidelijke verwijzingen naar de afstamming van de mens en naar fossiele verwanten worden geknipt. Dit doet de EO in elke natuurdocumentaire; daarom komt de serie *Het Leven van Zoogdieren* niet altijd overeen met het oorspronkelijke *The Life of Mammals* van de BBC.

In 2007 meldde ik dit op internet en dat kwam me op een behoorlijke hoeveelheid e-mail van creationisten te staan. Zij schreven onder meer: 'Het is onmogelijk dat de mens van de aap afstamt, want de apen leven nog steeds en zijn in de dierentuin te zien.' En: 'Er zijn nooit enige overgangsvormen gevonden, tussen wat voor soorten dan ook.' Of: 'Professor Leaky heeft na 40 jaar toegegeven dat hij geen overgang tussen mens en aap kan vinden.'

De inhoud van deze e-mails wijst op elementaire onwetendheid. Kennis van de geschiedenis van het leven is blijkbaar geen vanzelfsprekende zaak. En ook zij die er wel wat vanaf weten, kunnen vreemde ideeën opperen. In de vorig jaar verschenen bundel *Omhoog kijken in Platland. Over geloven in de wetenschap* wordt bijvoorbeeld gesteld dat de bouwplannen van dieren constant zijn en niet kunnen veranderen in de loop van de evolutie. 'Een zoogdier kan zich aanpassen aan het waterleven (dolfijnen) of de lucht (vleermuizen), maar het blijft een zoogdier, en wordt geen vis of vogel' (P.G. Smelik, emeritus hoogleraar farmacologie aan de VU). Dit wordt serieus als argument opgevoerd tegen de mogelijkheid van verandering – terwijl de overgang van vis naar landdier en van landdier naar vogel en zoogdier in de fossielen te volgen is. In de afgelopen 170 jaar is dat steeds gedetailleerder gedocumenteerd.

'DE EERSTE KUNST WERD 75.000 JAAR GELEDEN GEMAAKT - DAT IS 25.000 JAAR VOORDAT DE ANATOMISCH MODERNE MENS UIT AFRIKA BEGON TE MIGREREN.'

Deze discrepantie tussen beschikbare kennis en onwetendheid roept de vraag op of er wel voldoende informatie beschikbaar is voor de geïnteresseerde leek. Recent verschenen in dit verband twee geschikte boeken: *De vis in ons* van Neil Shubin en *Waar komen we vandaan?* van wetenschapsjournalist Carl Zimmer. Deze boeken behandelen respectievelijk de geschiedenis van het menselijk lichaam en van de menselijke soort. Shubin is paleontoloog en geeft daarnaast aan de Universiteit van Chicago anatomieonderwijs aan geneeskundestudenten. Deze combinatie van paleontologie en anatomie beschouwt hij als een enorm voordeel: kennis van de bouw van andere dieren is voor een anatoom erg bruikbaar. De beste routekaart voor het menselijk lichaam zijn de lichamen van andere dieren. Die zijn namelijk vaak simpeler versies van ons eigen lichaam. De kopzenuwen van de haai zijn de beste gids voor de hersenzenuwen in het menselijk hoofd, zoals generaties van medische studenten leerden toen ze in hun eerste jaar een haai moesten ontleden. Het basisschema van de koppen van alle gewervelde dieren is namelijk identiek – een al 130 jaar bekend feit.

Shubin vertelt het verhaal over het ontstaan van ons lichaam aan de hand van fossielen, anatomische structuren, embryo's en genen. Deze ontstaansgeschiedenis laat zich goed illustreren in de dierentuin. Daar ziet u gewervelde dieren, alle met een kop en twee ogen. Een deel daarvan heeft vier poten en daarvan heeft weer een deel haar. Een deel van de gewervelde dieren met een kop, vier poten en haar loopt op twee benen en praat. Die laatste groep vindt u ook in de dierentuin, hoewel niet achter tralies.

Op grond van zo'n rondgang in de dierentuin kunnen we voorspellen waar in de tijd – en dus in welke geologische laag – we fossielen in gesteenten zullen vinden. Gewervelden met kop zullen eerder verschijnen dan gewervelden met kop en vier poten; gewervelden met kop en vier poten zullen weer eerder verschijnen dan gewervelden met kop, vier poten en haar. En gewervelden met kop, vier poten en haar zullen op hun beurt eerder verschijnen dan gewervelden met kop, poten en haar die rechtop lopen.

Van iedere groep die deel uitmaakt van een bredere groep verwachten we de fossielen in latere lagen te vinden. Op deze manier voorspellen paleontologen in welke gesteenten een fossiel de meeste kans heeft voor het eerst aangetroffen te worden. Shubin heeft dit principe toegepast op de overgang van vissen naar landdieren. Er waren overblijfselen van landdieren bekend van 365 miljoen jaar geleden. Zij hadden een platte kop, een nek, ribben, geen schubben en vier poten. Vissen die daar het meest op leken, werden gevonden in lagen van 385 miljoen jaar geleden. Ze hadden een kegelvormige kop, geen nek, geen ribben, schubben en vier vinnen met een wat ingewikkelde botstructuur. Shubin en zijn medewerker Edward Daeschler gingen daarom op expeditie naar een gebied waar gesteente van 375 miljoen jaar oud aan de oppervlakte komt; precies ertussenin dus. Ze zochten naar sedimentgesteente uit een rivierdelta met ondiep water. Dat was een logische plaats voor een dier dat tussen water en land leefde, een waterlevende voorouder van landbeesten.

Zo'n plek bleek te bestaan, op Ellesmere Island in Canada, 1600 km van de Noordpool. Daar vond Shubin de *Tiktaalik roseae*, de vis met polsen. *Tiktaalik* heeft een platte kop, een nek, ribben, schubben en voorvinnen met de structuur van poten maar met een vinvlies. In kop- en pootskelet toont *Tiktaalik* de overgang van kwastvinnige vis naar landviervoeter. Daarmee is het het mooiste overgangsdier in een lange reeks.

'DE KOPZENUWEN VAN DE HAAI ZIJN DE BESTE GIDS VOOR DE HERSENZENUWEN IN HET MENSELIJK HOOFD.'

Bij de kwastvinnige vis heeft de voorvin botten maar is deze stijf. Viervoeters hebben een elleboog en pols. De botten in de voorvin van *Tiktaalik* laten gewrichten zien: de eerste elleboog en de eerste pols. *Tiktaalik* kon zich in ondiep water opdrukken om boven water naar prooi te zoeken. Het dier gebruikte een bestaande structuur (de vin) niet alleen als peddel maar ook als steun, en dat gaf aanleiding tot een buigbare vin.

Een ingewikkeldere vraag is hoe we eigenlijk aan poten komen. Dat kunnen we onderzoeken door naar de ontwikkeling van voorpoten in embryo's te kijken. Dan blijkt dat de voorvinnen van haaien en roggen en de voorpoten van muizen en kikkers op dezelfde manier door dezelfde genen worden aangelegd. Bij de primitiefste levende gewervelden, zoals haaien en roggen, laten de genen en de embryonale ontwikkeling al ons eigen bouwplan zien in de kop, kopzenuwen en vinnen.

Het menselijk hoofd bestaat uit een groot aantal onderdelen met een verschillende evolutionaire herkomst. Een deel komt overeen met de schedel van de haai, die onder de kraakbeenvissen valt; een ander deel met dekplaten in de koppen van de eerste beenvissen, die na de kraakbeenvissen ontstonden. En nog een ander deel komt overeen met de eerste twee kieuwbogen van het lancetvisje.

De gelijkenis is te zien aan de ontwikkeling van het embryo en aan de anatomie van volwassenen. Bij alle gewervelden (behalve bij de kaakloze prikken) ontwikkelen de kaken zich uit de eerste kieuwboog. Bij zoogdieren komen ook de oorbotjes hamer en aambeeld daaruit voort. De stijgbeugel (het derde oorbotje) en een deel van het tongbeen ontstaan uit de tweede kieuwboog. Shubin geeft de fascinerende geschiedenis van het middenoor van zoogdieren goed weer.

'DE VOORVINNEN VAN HAAIEN EN DE VOORPOTEN VAN MUIZEN WORDEN OP DEZELFDE MANIER DOOR DEZELFDE GENEN AANGELEGD.'

Sinds 1837 is bekend dat de oorbotjes van zoogdieren overeenkomen met botjes in de onder- en bovenkaak van reptielen: in het embryo van zoogdieren worden de botjes in de kaak aangelegd en migreren daarna naar het oor. Vanaf omstreeks 1840 kwamen fossielen die een mengelmoes van zoogdier en reptiel leken aan het licht. Er zijn veel van deze 'zoogdierachtige reptielen' gevonden, een serie van min of meer reptiel tot zoogdier, van oud tot jonger in de tijd. De naam 'zoogdierachtige reptielen' is wat misleidend, omdat deze beesten geen verwanten van de huidige reptielen zijn. Maar ze hebben wel meer dan één bot in de onderkaak en kiezen met één wortel, net als alle reptielen: de huidige en de uitgestorvene.

Het mooie aan de 'zoogdierachtige reptielen' is dat ze de overgang laten zien van een onderkaak met een aantal botten naar een onderkaak met één bot. De achterste botten van de onderkaak komen los en vormen de hamer in het middenoor en het bot dat het trommelvlies omsluit. Het aambeeld komt uit een bovenkaakbot. De stijgbeugel was al een middenoorbotje en is het enige middenoorbotje bij de reptielen. De hele overgang van reptielenkop naar zoogdierenkop is in detail gedocumenteerd. Voor wie geen bezwaar heeft tegen een paar honderd namen is *The Origin and Evolution of Mammals* van T.S. Kemp (2005) fascinerende literatuur.

Embryo's en fossielen wijzen erop dat de voorouders van de huidige zoogdieren een reptielachtige bouw hadden. Ook tonen zij dat de gezamenlijke voorouders van reptielen en zoogdieren er als een vis uitzagen. Shubin laat bovendien zien dat genen en anatomie onafhankelijk van elkaar ook op dezelfde ontstaansgeschiedenis wijzen. Door steeds verschillende bewijzen naast elkaar te leggen, maakt hij duidelijk dat de mens een lange ontstaansgeschiedenis heeft, voordat hij er enigszins als een mens of als een aap uitzag.

In *Waar komen wij vandaan?* geeft Carl Zimmer een helder en kort overzicht van de soortsgeschiedenis van de mens en van alle soorten die meer lijken op de mens dan op de chimpansee. Het boek schetst een toegankelijk beeld van de fossiele vondsten van mensachtigen en van het onderzoek, en bevat een mooie collectie foto's van schedels van mensachtigen en hun werktuigen.

Zimmer toont de grote lijnen in de menselijke evolutie en houdt zich verre van details, zoals de vraag waar *Homo erectus* ophoudt en *Homo sapiens* begint. Het antwoord hangt namelijk af van opvattingen over het juiste onderscheid tussen soorten. Zo onderscheidt de ene bioloog vijftien soorten die meer lijken op de huidige mens dan op de chimpansee terwijl de andere er wel vijfentwintig ziet. De diversiteit van soortsnamen in verschillende boeken is dan ook berucht.

Vijfentwintig miljoen jaar geleden gingen de voorouders van de huidige mensapen (gibbon, orang-oetan,

gorilla, chimpansee, bonobo, mens) en de oude-wereld-apen als makaken en bavianen uit elkaar. Van deze voorouders splitste de gibbon zich later af. De meest plausibele theorie stelt dat de voorouders van de orang-oetan, gorilla, chimpansee, bonobo en mens daarna rechttop gingen lopen, zo'n twaalf tot vijftien miljoen jaar geleden. Waarschijnlijk begonnen ze met lopen over takken, met zwaaiende armen.

Het oudste fossiel van een wezen dat meer verwant lijkt met de huidige mens dan met de chimpansee is *Sahelanthropus*, van zes à zeven miljoen jaar oud. *Orrorin* volgt, omstreeks zes miljoen jaar geleden. *Orrorin* liep met zekerheid rechttop, *Sahelanthropus* waarschijnlijk. Alle soorten van *Sahelanthropus* tot en met *Homo habilis* hadden korte benen en lange armen: lange armen om te klimmen en benen om rechttop te lopen.

'HOMO ERGASTER IS DE EERSTE MET EEN MENSELIJK POSTUUR MET LANGE BENEN, VAN HET SOORT VOOR LANGEAFSTANDSWANDELINGEN OF ZELFS DE MARATHON.'

Het maken en gebruiken van werktuigen geldt vaak als kenmerkend voor de mens, al maken chimpansees in zekere mate ook werktuigen. De oudste stenen werktuigen dateren van 2,6 miljoen jaar geleden. Ze zijn samen met ingekerfde botten gevonden. Zulke botten zijn ook aangetroffen samen met *Australopithecus garhi*, van 2,5 miljoen jaar geleden. Het lijkt erop dat deze soort stenen werktuigen maakte. Maar hij had slechts een derde van het hersenvolume van de huidige mens en hoorde nog niet tot het genus *Homo*.

Dat begint met *Homo habilis*, van 2,3 tot 1,6 miljoen jaar geleden. *Homo habilis* heeft een wat groter hersenvolume dan *Australopithecus* - iets meer dan een derde van dat van *Homo sapiens* - maar nog wel korte benen. *Homo ergaster*, omstreeks 1,8 tot 1,5 miljoen jaar oud, is de eerste met een menselijk postuur met lange benen, van het soort voor langeafstandswandelingen of zelfs de marathon. Dit wezen heeft een groter hersenvolume dan *Homo habilis*, omstreeks de helft van dat van de huidige mens, en misschien een betere stijl vuistbijlen. *Homo erectus* leefde van omstreeks 1,8 miljoen tot misschien 30.000 jaar geleden; zijn hersenvolume was tussen half en driekwart van dat van *Homo sapiens*. *Homo erectus* verspreidde zich vanuit Afrika over Azië. Er zouden nog zeker twee migratiegolven volgen. Die van de huidige mens begint zo'n 50.000 jaar geleden.

De oudste mogelijk van *Homo sapiens* afkomstige fossielen zijn omstreeks 195.000 jaar oud en de oudste fossielen die met zekerheid *Homo sapiens* zijn, dateren van 156.000 jaar geleden. Hun hersenvolume is dan 1450 cm³, even groot als dat van de moderne mens. Een steen met misschien met opzet gemaakte krassen, mogelijk de eerste kunst, werd 75.000 jaar geleden gemaakt. Dat is 25.000 jaar voordat de anatomisch moderne mens uit Afrika begon te migreren. De oudste grotschilderingen in Europa dateren van 36.000 jaar geleden: 120.000 jaar nadat de hersenen hun huidige volume hadden bereikt. In de evolutie van de mens bestond dus geen een-op-een relatie tussen rechttop lopen, werktuigen, hersenvolume en cultuur.

'156.000 JAAR GELEDEN BEREIKTEN DE HERSENEN VAN *HOMO SAPIENS* HUN HUIDIGE VOLUME.'

Boeken als deze van Shubin en Zimmer zijn broodnodig. Ze bieden elementaire gegevens over de menselijke evolutie en geen of weinig interpretatie. Anders dan bijvoorbeeld Richard Dawkins' *Het verhaal van onze voorouders* (2006) of Zimmers *Evolutie. Triomf van een idee* (2002) zijn beide studies geschikt voor geïnteresseerden zonder (veel) voorkennis; een schoolbibliotheek van het vwo zou ze in huis moeten hebben. Ze laten zien hoeveel overgangen er zijn, dat bouwplannen niet constant zijn en dat we niet van de huidige apen afstammen - al hebben we een gemeenschappelijke voorouder met de chimpansee, de rat, de kat, de longvis en het lancetvisje.

Shubin speelt in op de situatie in de Verenigde Staten. Veel mensen daar zijn allergisch voor het idee evolutie. Hij gebruikt het woord dan ook nauwelijks, maar laat zien dat alle organen en alle waarnemingen bewijzen dat het lichaam in de loop van de evolutie is ontstaan. Creationisten hadden wat moeite met zijn boek en de door hem gevonden *Tiktaalik*. De best geïnformeerde creationist, Reinhard Junker van de studievereniging *Wort und Wissen*, schrijft: 'Geen twijfel mogelijk: *Tiktaalik* bezit een mozaïek aan kenmerken dat goed in een overgang tussen vissen en viervoeters past - hier scoort de evolutietheorie een punt.' Maar vervolgens stelt hij: 'De opeenvolgende reeks vormen in het boven-Devoon en onder-Carboon zouden in plaats van een evolutionair-theoretisch scenario ook een reeks ecologische zones kunnen weerspiegelen.' Hier wordt een onnodige tegenstelling tussen afstamming en levenswijze geconstrueerd in een poging te ontsnappen aan de ongewenste conclusie 'afstamming onder verandering'.

Zimmer laat zien hoeveel documentatie er is voor de geschiedenis die de mens voor zichzelf heeft, en niet deelt met zijn naaste levende verwant de chimpansee. De vele overgangsvormen tussen de mens en zijn voorouders zijn dus bekend. Het is de echter de vraag of mijn e-mailschrijvers deze boeken willen lezen. En zelfs als ze dat doen, zullen de bezwaren blijven. Van 'ziet u wel hoe mooi de wereld is, dat kan toch niet zomaar ontstaan?' tot 'volgens Genesis bestaat de wereld 6000 jaar'. Wetenschappelijk denken is geen gemeengoed en feitelijke informatie blijft in Nederland hard nodig.

Gerdien de Jong is als evolutiebioloog verbonden aan de Universiteit Utrecht.

Besproken boeken:

DE VIS IN ONS - EEN REIS DOOR 3.5 MILJARD JAAR GESCHIEDENIS VAN HET MENSELIJK LICHAAM

door **Neil Shubin**

Uitgeverij Nieuw Amsterdam. Amsterdam 2008.

304 pag. € 19,95

(Oorspr. titel YOUR INNER FISH)

WAAR KOMEN WE VANDAAN?

door **Carl Zimmer**

Uitgeverij Nieuw Amsterdam. Amsterdam 2006.

(Oorspr. titel SMITHSONIAN INTIMATE GUIDE TO HUMAN ORIGINS)

176 pag. € 19,95

Literatuur:

- **R. Dawkins.** *Het verhaal van onze voorouders. Een pelgrimstocht naar de oorsprong van het leven.* Uitgeverij Nieuw Amsterdam. Amsterdam 2006.
- **C. Dekker, R. van Woudenberg** en **G. van den Brink.** *Omhoog kijken in Platland. Over geloven in de wetenschap.* Uitgeverij Ten Have. Kampen 2007.
- Reinhard Junker. www.wort-und-wissen.de/index2.php?artikel=sij/sij132/sij132-6.html (geraadpleegd 18 juli 2008).
- **T.S. Kemp.** *The Origin and Evolution of Mammals.* Oxford University Press. Oxford 2005.
- **C. Zimmer.** *Evolutie. Triomf van een idee.* Uitgeverij Het Spectrum. Houten 2002.