

Sporen van evolutie in de mens

Bewijsmateriaal voor macro-evolutie in het menselijk lichaam

Versie 1.1, juli 2005

Bart Klink

In dit artikel wordt een deel van het bewijsmateriaal opgesomd voor het feit dat de mens gemeenschappelijke voorouders heeft met andere dieren, in het bijzonder met andere apen (in de biologie is de mens een aap en dus ook een dier). Ik gebruik hier bewust het woord "bewijsmateriaal" omdat het woord "bewijs" in het Nederlands dubbelzinnig is. In het Engels maakt men onderscheid tussen "proof" en "evidence". Hierin is "proof" een (absoluut) bewijs, zoals het bewijs van een wiskundige stelling of een logische redenering. De natuurwetenschap werkt niet met deze vorm van bewijs, zij werkt met "evidence", wat ik vertaal met bewijsmateriaal. Absoluut bewijs (proof) krijg je niet in de natuurwetenschap (ook niet in de evolutiebiologie dus), bewijsmateriaal (evidence) is er daarentegen genoeg!

Verder wil ik met dit artikel een zo breed mogelijk publiek proberen te bereiken, ook mensen met weinig achtergrondkennis. Dit gaat helaas vaak ten koste van de diepgang en nuance. Ik heb geprobeerd hier een tussenweg in te vinden. Ook heb ik geprobeerd technisch taalgebruik zoveel mogelijk te vermijden, en waar het toch gebruikt wordt, uit te leggen. Ik heb mijn stellingen en bewijsvoeringen zo veel mogelijk geprobeerd te onderbouwen en verwijst hierbij regelmatig naar wetenschappelijke literatuur, zoals gebruikelijk is in de wetenschap. Aan de hand van deze referenties kan iedereen mij controleren en kunnen liefhebbers de betreffende literatuur raadplegen voor meer diepgang.

Het is mijn bedoeling dit artikel in de toekomst uit te breiden met meer voorbeelden (vandaar dat ik werk met een versienummer). Eventuele suggesties hiervoor zijn altijd welkom, mits ze onderbouwd kunnen worden met wetenschappelijke literatuur. Voor suggesties of kritiek kan per e-mail contact met mij worden opgenomen (bart_klink@hotmail.com).

Inhoud

1	Inleiding	2
2	Homologie	2
3	Rudimentaire organen	3
	3.1	Het staartbeentje 3
	3.2	Menselijke staarten
	3.3	Verstandskiezen 4
	3.4	De spier m. plantaris 5
	3.5	Oorspieren 6
	3.6	Wormvormig aanhangsel 6
4	Opbouw van de hersenen	7
5	DNA	9
	5.1	Overeenkomsten in DNA 9
	5.2	Onmogelijkheid tot het zelf aanmaken van vitamine C 9
	5.3	Endogene retrovirussen 10
6	Conclusie	10
7	Referenties	10

1 Inleiding

Creationisten (gelovigen die hun scheppingsverhaal letterlijk nemen) blijven maar vragen om bewijsmateriaal voor evolutie, ondanks dat de berg die hiervoor reeds is, nog steeds blijft groeien. Deze berg bewijsmateriaal komt voort uit verschillende wetenschappelijke disciplines als paleontologie (fossielkunde), biogeografie (de manier waarop het leven verdeeld is over de aarde), vergelijkende anatomie, vergelijkende fysiologie, genetica, moleculaire biologie en 'evo-devo' (*evolutionary developmental biology*).

Evolutie vormt de basis van de gehele biologie en ook voor een deel van de medische wetenschap (o.a. onderzoek naar hiv, het virus dat aids veroorzaakt). Evolutie wordt vaak onderverdeeld in *micro-evolutie* en *macro-evolutie*. Hierin is micro-evolutie de genetische verandering in een populatie (groep dieren van dezelfde soort) onder het niveau van de soort (*species*). De meeste mensen die een probleem hebben met evolutie, geloven echter niet in macro-evolutie. Macro-evolutie is evolutie op grote schaal, op of boven soortniveau dus. Dit brengt gemeenschappelijke afstamming (in het Engels: *common descent*) van al het leven, inclusief de mens, met zich mee (Theobald, 2005). Het menselijk lichaam namelijk zit vol met sporen van ons evolutionair verleden, bewijsmateriaal voor gemeenschappelijke afstamming. In dit artikel worden een paar van deze sporen besproken.

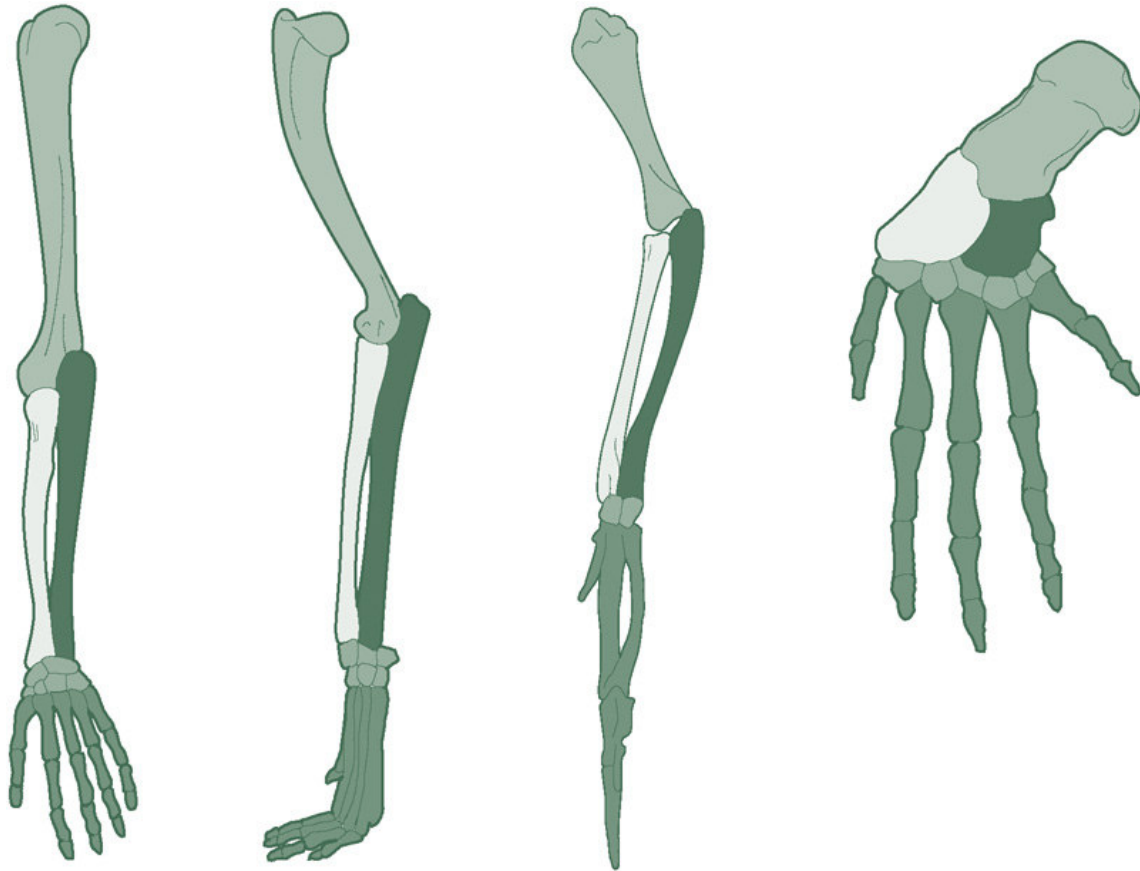
Om de overeenkomsten tussen de mens en andere dieren (en apen in het bijzonder) te 'verklaren', beweren sommige creationisten dat deze overeenkomsten wijzen op een gemeenschappelijke *Ontwerper*, in plaats van gemeenschappelijke *afstamming* van al het leven. Het probleem met deze 'verklaring' is dat hiermee elke mogelijke overeenkomst *en* verschil verklaard kan worden, een ontwerper kan immers naast overeenkomstige ook verschillende dingen ontwerpen. Dit maakt 'gemeenschappelijk ontwerp' een zinloze verklaring. Daarnaast maakt het bestaan van onder andere endogene retrovirussen in het DNA het idee van 'gemeenschappelijk Ontwerp' onlogisch (zie aldaar).

2 Homologie

Iedereen die eens goed naar de anatomie van verschillende dieren heeft gekeken, zal zien dat er naast de vele verschillen ook veel overeenkomsten te zien zijn. Deze overeenkomsten zijn vooral goed te zien in de botten en spieren van de verschillende diersoorten. Deze overeenkomstige structuren worden in de biologie *homologieën* genoemd ("homologie" betekent letterlijk "overeenkomst"). Zoals mooi te zien is in figuur 1, vertonen de voorste ledematen van de verschillende weergegeven dieren verrassend veel overeenkomsten (de overeenkomstige botten hebben in elk dier dezelfde kleur). De voorste ledematen zijn steeds verschillende variaties op een bepaald concept. Zelfs de overeenkomsten tussen de arm van een mens en de vin van een walvis zijn duidelijk te zien, ondanks hun totaal verschillende leefomgevingen.

Dit is goed te verklaren aan de hand van evolutie, al deze dieren hebben immers een gemeenschappelijke voorouder. Vanuit deze gemeenschappelijke voorouder zijn al deze verschillende diersoorten ontstaan en zijn hun skeletten aan de verschillende leefomgevingen aangepast. Ondanks deze aanpassing zijn de overeenkomsten nog goed te zien. De mens vormt hier geen uitzondering op. Voornamelijk de anatomie van andere apen, die evolutionaire gezien dicht bij ons staan (chimpansee, gorilla, etc.), lijkt zeer veel op die van ons. Dit is precies wat gemeenschappelijke afstamming voorspelt. Hiermee vormen

homologieën een sterk bewijs voor evolutie, zoals Darwin ook al bijna 150 jaar geleden opmerkte (Lewin e.a., 2004).



Figuur 1: homologieën tussen verschillende diersoorten (v.l.n.r.: mens, hond, vogel en walvis). De overeenkomstige botten hebben dezelfde kleuren. Ontleend aan Lewin et al. (2004).

Naast bovenvermelde botten zijn er nog veel meer voorbeelden van homologieën. Hildebrand (2001) en soortgelijke boeken geven hier vele voorbeelden van.

3 Rudimentaire organen

Het begrip *rudimentair* (in het Engels *rudimentary* of *vestigial*) behoeft wat uitleg, omdat hier veel misverstanden over zijn. De *Oxford Concise Science Dictionary* definieert het begrip als volgt: “een rudimentair lichaamsdeel is een onderdeel van een organisme dat in omvang is afgenomen gedurende de evolutie omdat de functie waarvoor het diende significant verminderde of totaal overbodig is geworden.” Soortgelijke definities worden ook gebruikt in de biologische literatuur, zelfs al door Darwin in 1859 (Theobald, 2004). Een rudimentair lichaamsdeel *hoeft dus niet per definitie functieloos te zijn* (wat wel vaak gedacht wordt), hoewel het wel zo *kan zijn*.

3.1 Het staartbeentje

Het staartbeentje (in wetenschappelijke benaming *os coccygis*) is het laatste stukje van onze wervelkolom, de plek waar bij veel andere dieren de staart begint. Het bestaat meestal uit vier vergroeide wervels, hoewel dit er ook drie of vijf kunnen zijn. De bovenste wervel heeft een

aantal anatomische kenmerken die erg veel lijken op die van andere wervels (Klink, 2004). Door een aantal oorzaken kan het staartbeentje verschrikkelijk veel pijn gaan doen (dit wordt *coccydynia* genoemd). In sommige gevallen wordt het staartbeentje dan verwijderd, wat verder geen gevolgen heeft voor de betreffende persoon (Theobald, 2004).

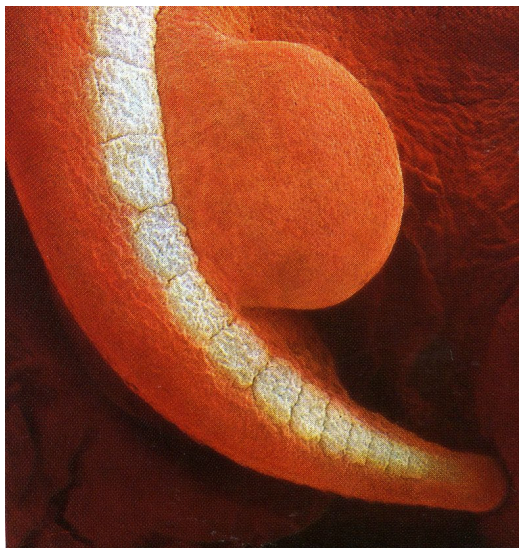
Ook hechten bij de meeste mensen spieren op het staartbeentje aan die het mogelijk zouden maken om het staartbeentje alle kanten op te bewegen. Niet iedereen heeft die spieren en soms zijn het slechts banden, zonder spiervezels (Klink, 2004). Hoe dan ook, we kunnen ze in ieder geval niet gebruiken.

Waarom hebben wij zo'n staartbeentje en spieren waarmee we het zouden kunnen bewegen? Het antwoord ligt in ons evolutionair verleden. Voor onze verre voorouders, die voornamelijk in bomen leefden, was een staart erg handig, voor balans (tijdens sprongen en bij het lopen over takken) en als grijpporgaan. Deze functie is reeds miljoenen jaren geleden verloren gegaan, maar het restantje van die staart dragen wij nog steeds in ons.

3.2 Menselijke staarten

We hebben niet alleen een staartbeentje, ieder mens heeft zelfs een (beginnende) staart gehad. Elk embryo heeft tussen de vierde en vijfde week tien tot twaalf ontwikkelende staartwervels. Deze beginnend staart steekt uit voorbij de anus en benen en zorgt voor meer dan 10% van de lengte van het embryo (Theobald, 2004). Dit is niet gebaseerd op de vervalste tekeningen van Haeckel, maar op foto's van ontwikkelende embryo's (figuur 2). Deze ontwikkeling van een staart wordt bestuurd door bepaalde genen, dezelfde genen die in andere zoogdieren ook voor de ontwikkeling van de staart zorgen.

Normaliter komt de staart bij de mens niet (meer) volledig tot ontwikkeling, de staart wordt vernietigd door het immuunsysteem. Heel soms gaat dit mis door een mutatie in de betreffende genen, met een baby met staart tot gevolg (figuur 3). Deze 'menselijke staart' heeft soms zelfs staartwervels, spieren en andere structuren die bij een echte staart horen (Theobald, 2004, Klink, 2004).



Figuur 2: de ontwikkelende staartwervels (wit) zijn goed te zien, ze reiken ruim verder dan de ontwikkelende benen (oranje ronding). Ontleend aan Nilsson (1996).



Figuur 3: een menselijke staart. Ontleend aan Bergman et al.

Hoe is dit te verklaren? Waarom ontwikkelt een menselijk embryo een staart die vervolgens weer afgebroken wordt? Waarom hebben wij genen die de ontwikkeling van deze staart sturen? Ook dit is alleen te verklaren als wij afstammen van dieren met een staart. De sporen van deze staart zijn nog steeds terug te vinden in onze genen en in ontwikkelende menselijke embryo's.

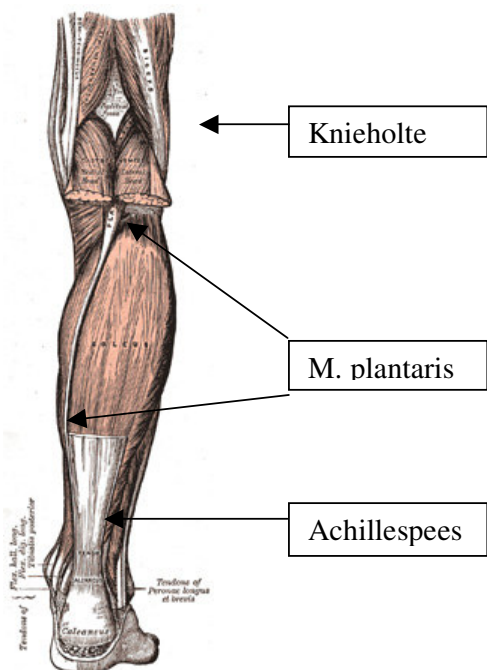
3.3 Verstandskiezen

Bij meer dan 90% van alle volwassenen komen verstandskiezen tot ontwikkeling. Dit kan leiden tot hevige pijn, die alleen kan worden opgelost door deze nutteloze kiezen operatief te verwijderen. Als er niets aan gedaan wordt, kan het zelfs leiden tot ziekte of de dood (Theobald, 2004). Het hele probleem wordt veroorzaakt doordat onze kaak te klein is om zoveel kiezen te herbergen.

De reden dat wij verstandskiezen hebben, ligt in ons evolutionair verleden. Onze voorouders waren herbivoren (plantenetters), waarbij het hebben van veel kiezen handig is bij het kauwen en vermalen van veel plantenmateriaal. De kaak van onze voorouders was een stuk forser waardoor de hoeveelheid kiezen geen probleem opleverde. Echter, in de loop van de evolutie naar de moderne mens is de kaak steeds kleiner geworden, wat mooi te zien is in het fossielenbestand. Ook de kauwspieren zijn toen een stuk kleiner geworden, wat mogelijk heeft geleid tot de vergroting van onze hersenen (Stedman e.a., 2004). De moderne mens zit dus opgescheept met extra (nutteloze) kiezen die niet in zijn kaak passen.

3.4 De spier m. plantaris

Ook in ons onderbeen zit een evolutionair restantje, namelijk de spier *m. plantaris* (m. is de afkorting van *musculus*, de wetenschappelijke benaming voor spier). De *m. plantaris* loopt van het bovenbeen via de achillespees naar de hak van de voet (figuur 4). De spier heeft een kleine spierbuik van zo'n 7 tot 10 centimeter en een lange, dunne pees (Stranding, 2005). De spier maakt deel uit van de kuitspieren (*m. triceps surae*). Deze spiergroep bestaat naast de *m. plantaris* nog uit de twee andere, veel grotere en krachtigere kuitspieren (deze twee zijn ook te zien bij het staan op de tenen). De functie van de spiergroep *m. triceps surae* is het buigen in het kniegewricht, het buigen in de enkel en het naar binnen draaien van de voet.



Bij ongeveer 10% van de populatie ontbreekt de spier. Ook komt het voor dat de spier slechts bestaat uit een dunne pees (zonder spierbuik dus) of vergroeid is met één van de twee grote kuitspieren (Stranding e.a., 2005). De werking van de *m. plantaris* valt in het niets vergeleken met de twee grote kuitspieren. Waarom zouden wij zo'n spier bezitten? Het antwoord is wederom te vinden bij onze voorouders die in bomen leefden.

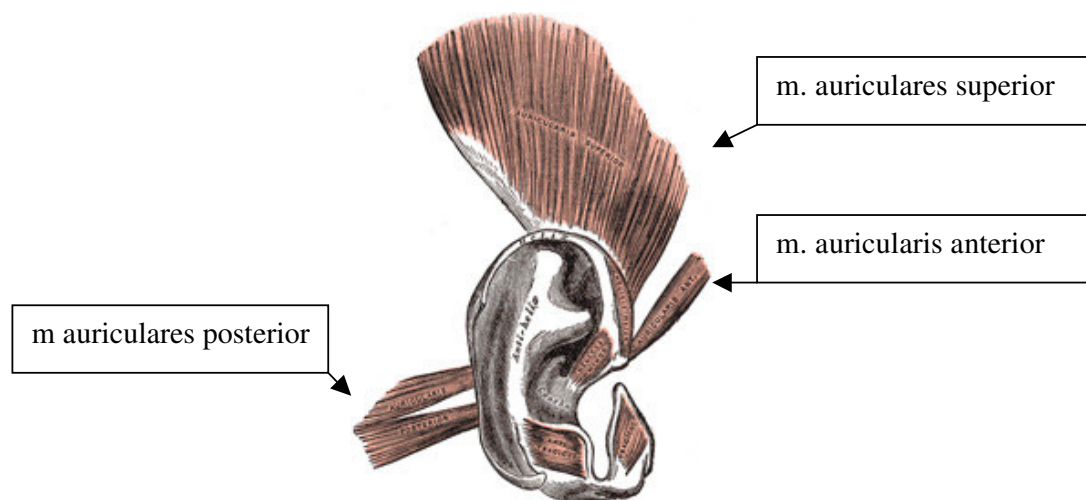
Figuur 4: de *m. plantaris* in het onderbeen van de mens. Ontleend aan Grav (2000)

Bij veel zoogdieren, waaronder apen die grijpkracht met hun voeten nodig hebben (voor het leven in bomen), is de *m. plantaris* wel goed ontwikkeld en verbonden met de *aponeurosis plantaris*. Deze bindweefselplaat staat weer in verbinding met de tenen. Hierdoor is het dier in staat de tenen krachtig te buigen en zo goed takken vast te houden met de voeten. De spier hecht bij deze dieren dus op de tenen aan, en niet op de hak zoals bij de mens. De *m. plantaris* is dus een rudimentaire spier met geen bekende functie bij de mens (Romanes, 1972, Stranding, 2005).

Vanuit het idee dat wij van dieren afstammen die in bomen leefden, is de spier dus logisch te verklaren.

3.5 Oorspiieren

Elk mens heeft drie spieren die van de schedel naar het kraakbeen van het oor lopen: *m. auricularis anterior*, *m. auriculares posterior* en *m. auriculares superior* (figuur 5). Deze spieren kunnen het oor respectievelijk naar voren, achteren en omhoog bewegen (Stranding, 2005). Deze oorspiieren worden normaal niet gebruikt, maar door ze bewust te trainen kan het oor een heel klein beetje bewogen worden, bij de één wat meer dan bij de ander (Romanes, 1972).



Figuur 5: de oorspiieren bij de mens. Ontleend aan Gray (2000).

Waarom zouden wij spieren hebben om ons oor te kunnen bewegen? Dit is alleen logisch als wij afstammen van dieren die wél in staat waren hun oren goed te bewegen met deze spieren, zoals veel dieren dat tegenwoordig nog doen.

3.6 Het wormvormig aanhangsel

Het wormvormig aanhangsel (in wetenschappelijke benaming *appendix vermiformis*, dat letterlijk “wormvormig aanhangsel” betekent) is een klein orgaantje dat zich bevindt aan het eind van de blinde darm (*caecum*). Onterecht wordt in dit geval in plaats van het wormvormig aanhangsel wel eens over de blinde darm gesproken. Het aanhangsel is normaal tussen de 5 en 20 centimeter lang en heeft ongeveer de diameter van een lucifershoutje. De appendix is het langst in de kinderjaren en krimpt langzaam in tijdens het ouder worden.

De blinde darm, waar het wormvormig aanhangsel een verlengde van is, is een orgaan dat gespecialiseerd is in het afbreken van plantenmateriaal. Over het algemeen geldt dan ook dat hoe meer plantenmateriaal een dier eet, des te langer zijn blinde darm is. De blinde darm bevat speciale bacteriën die het mogelijk maken om cellulose (een veelvoorkomende plantmolecule) af te breken. Zonder deze bacteriën is het niet mogelijk om cellulose af te breken, zoals dat bij mensen het geval is. De menselijke appendix is homoloog aan het eind van de blinde darm van zoogdieren (Theobald, 2005).

De mogelijke functie van het wormvormig aanhangsel bij de mens is dat het deel uit zou maken van het immuunsysteem. Dit is ook bevestigd bij muizen en konijnen. Er is echter geen bewijsmateriaal dat het aanhangsel ook bij de mens een specifieke functie heeft (Theobald, 2005). Wat wel een nare bijkomstigheid is, is dat het kan gaan onsteken, dit wordt *appendicitis* genoemd (in de volksmond meestal (onterecht dus) blindedarmontsteking genoemd). Deze ontsteking komt meestal voor bij kinderen tussen de 8 en 13 jaar en kan zelfs tot de dood leiden. Zo'n ontstoken appendix wordt dan verwijderd, wat verder geen enkel schadelijk effect heeft. Ook komt het voor dat het wormvormig aanhangsel al bij de geboorte niet aanwezig is. Ook dit levert geen enkel nadeel op (Theobald, 2005). Er is dus geen enkele reden om aan te nemen dat dit kleine orgaantje een functie heeft bij de mens.

Waarom hebben wij dan een wormvormig aanhangsel, waarmee we prima zonder zouden kunnen leven, maar wat wel kan ontsteken, met alle nare gevolgen van dien? Vanuit een evolutionair perspectief is het menselijk wormvormig aanhangsel een afgeleid product van het eind van de blinde darm van herbivoren. Het heeft zijn grootste en voorheen essentiële functie verloren, namelijk het verteren van cellulose.

Op het internet is een schitterend en uitgebreid artikel te vinden over het menselijk wormvormig aanhangsel (Theobald, 2005). Hierin wordt veel dieper op de materie ingegaan en wordt uitgebreid gerefereerd aan de wetenschappelijk literatuur.

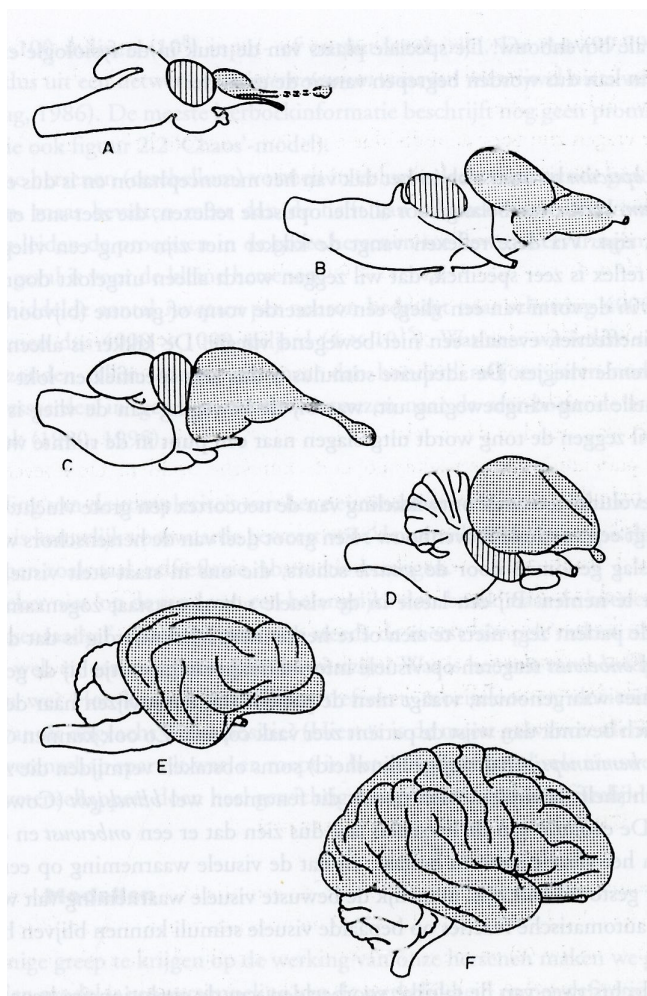
4 Opbouw van de hersenen

Naast het feit dat de botten en spieren van verschillende diersoorten veel overeenkomsten vertonen (zie homologie), geldt dit ook voor de hersenen. De hersenen vertonen een bepaalde opbouw die langzaam in de evolutie is ontstaan. Wanneer onze hersenen met die van andere dieren vergeleken worden, blijkt dat ze niet fundamenteel anders zijn, ze zijn alleen uitgebreider. In de evolutie zijn de nieuwe structuren steeds bovenop oudere gekomen, de nieuwe vervangen de oude niet. Dit is evolutionair gezien logisch: evolutie gaat verder met wat er reeds is, het komt niet ineens met totaal nieuwe structuren. Deze opbouw in niveaus wordt hieronder zeer beknopt besproken.

De basis wordt gevormd door de *formatio reticularis* en een deel van het ruggenmerg. Deze basis zorgt ervoor dat de rest van de hersenen kunnen werken en dat onze lichaamshouding gehandhaafd blijft. Hierbij zijn allerlei reflexen van belang. Dit meest basale deel van onze hersenen wordt het *archiniveau* genoemd. Bovenop het archiniveau ligt het *paleoniveau*, het niveau dat voornamelijk te maken heeft met emoties en de expressie daarvan. Het paleoniveau bevat allerlei structuren die voor honger, dorst, geslachtsdrift, angst, woede en blijdschap zorgen. Ook de reactie op deze emoties komt vanuit het paleoniveau. Bij volwassenen speelt dit niveau ook een belangrijke rol bij routines, complexe gedragspatronen die gedachteloos kunnen worden uitgevoerd. Bovenop en om het paleoniveau heen ligt het *neoniveau*, dat voornamelijk bestaat uit de hersenschors (*cortex*). Het neoniveau heeft voornamelijk te maken

met functies als cognitie, taal, nauwkeurige waarneming en vaardigheden. Het betreft vooral nieuwe, complexe, steeds veranderende situaties waarbij men dus niet op routine terug kan vallen.

Bovenstaande structuren zijn geleidelijk in de evolutie van de hersenen tot stand gekomen: eerst het archiniveau, dan het paleoniveau en ten slotte het neoniveau. Dit is nog steeds te zien wanneer de hersenen van een vis, een amfibie, een reptiel en zoogdier met elkaar vergeleken worden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de mens de grootste hersenschors (wat tot het neoniveau behoort) heeft vergeleken met andere dieren, zoals mooi te zien is in figuur 6.



Figuur 6: de hersenen van A) een goudvis, B) een kikker, C) een krokodil, D) een duif, E) een kat en F) een mens. De hersenschors is grijs gearceerd. Ontleend aan Cranenburgh (1998).

Zoals hierboven al is aangegeven, verdwijnen oude structuren niet met de komst van nieuwere. De oudere structuren komen bij gezonde mensen onder controle te staan van de nieuwere structuren, maar bij hersenletsel kan dit veranderen. Bij letsel op neoniveau (wat het meeste voorkomt) is de controle over de twee andere niveaus (deels) weg. Voornamelijk valt dan het vermogen om *bewust* dingen te doen weg. Als bijvoorbeeld aan iemand gevraagd wordt om (bewust) zijn tanden te laten zien, kan hij of zij dat niet, maar tijdens een lachbui

(onbewust) zijn de tanden wel te zien. Een bewuste aansturing van de mondspieren is dus niet meer mogelijk, een onbewuste echter wel.

Bij een beschadiging op paleoniveau heeft men juist moeite met automatische bewegingen en emotionele uitdrukking (met de emoties zelf is niets mis). Met *bewuste* inspanning kan de patiënt meestal juist wél allerlei bewegingen maken. Ook de uiting van emoties is gestoord, wat kan leiden tot een star gezicht. Misschien wel het bekendste voorbeeld van een probleem op het paleoniveau is de ziekte van Parkinson. De evolutionair gezien oude structuren steken dus weer de kop op als er iets mis gaat met de evolutionair gezien nieuwe structuren.

5 DNA

In de afgelopen decennia is de wetenschap steeds meer te weten gekomen over ons DNA en dat van een aantal andere dieren. Ook deze ontwikkeling heeft voor veel bewijsmateriaal voor evolutie gezorgd.

5.1 Overeenkomsten in DNA

Door de toename in kennis over DNA is men in staat het DNA van verschillende diersoorten (ook dat van de mens) te vergelijken en te kijken in hoeverre ze overeenkomen. Op grond van evolutie is te verwachten dat hoe recenter verschillende soorten zijn gesplitst, hoe meer hun DNA moet overeenkomen. Dit is precies wat uit onderzoek blijkt.

Als gevolg van de late splitsing van de lijnen naar de chimpansee en naar de mens, zijn de genetische verschillen tussen beide zeer klein. Aanvankelijk werd geschat dat het genoom (het geheel van alle genen) van de chimpansee voor ongeveer 98.5% gelijk was aan dat van de mens (Gagneux e.a., 2001). Wat de niet-coderende genen (d.w.z. genen die niet coderen voor een bepaald eiwit) betreft, is er een gelijkenis tussen 98.3% (Goodman, 1999) en 95% (Britten, 2002). Recentere analyses van functioneel DNA, dus van regio's die wél coderen voor eiwitten, toonden echter aan dat de gelijkenissen zelfs nog groter waren, namelijk 99.4% (Wildman e.a., 2003).

Het DNA van de chimpansee lijkt het meeste op dat van ons, dat van gorilla weer iets minder dan dat van de chimpansee en dat van de orang-oetang nog iets minder (Wildman e.a., 2003). Het is duidelijk dat hoe verder in het verleden soorten van elkaar afgesplitst zijn, hoe minder hun DNA op elkaar lijkt. Dit is dus precies wat evolutie voorspelt.

5.2 Onmogelijkheid tot het zelf aanmaken van vitamine C

Mensen, andere primaten en cavia's zijn als enige zoogdieren niet in staat om zelf vitamine C te produceren, en moeten dit hierdoor uit hun voeding halen. Deze onmogelijkheid om vitamine C aan te maken wordt veroorzaakt door een gebrek aan een belangrijk enzym. Ondanks dat het hele aanmaakproces niet meer werkt, zitten de niet meer werkende onderdelen van het gen hiervoor nog steeds in ons DNA, maar ook in het DNA van andere primaten. Bij al deze dieren is het gen op dezelfde plaats en op dezelfde manier defect (Nishikimi e.a., 1994, Ohta e.a., 1999).

Waarom hebben wij, en andere primaten een kapot gen voor de aanmaak vitamine C, waardoor we het uit onze voeding moeten halen? Het antwoord ligt in het feit dat de mens en

de andere primaten een gemeenschappelijke voorouder hebben gehad. In deze voorouder is het gen kapot gegaan en sindsdien is het overgedragen op het nageslacht.

5.3 Endogene retrovirussen

Hoewel het DNA van ons zeer veel lijkt op dat van de chimpansee, is er nog een opmerkelijkere overeenkomst: endogene retrovirussen. Een retrovirus is een virus dat een cel binnendringt en zijn DNA-code invoegt in het DNA van de gastheercel. Hierdoor kan een virus de 'machinerie' van een gastheercel gebruiken om zijn eigen DNA te vermenigvuldigen en om de eiwitmantel om het in te verpakken te produceren. Echter, soms treedt er bij het invoegen van dit virus-DNA een fout op waardoor het inactief raakt. Het DNA blijft dan wel aanwezig tussen de DNA-code van de gastheer, maar het heeft geen betekenis meer en kan niet meer door het RNA worden afgelezen. Dit wordt een endogene retrovirus genoemd.

Als men nu kijkt naar het vóórkomen van deze endogene retrovirussen, blijkt dat mensen en mensapen dezelfde invoegingen bezitten op dezelfde plaatsen in hun chromosoom (Johnson, 1999). Evolutionair gezien is dit logisch te verklaren. Chimpansees en mensen hebben immers een gemeenschappelijke voorouder en daardoor ook veel DNA gemeen, inclusief dus de restanten van virussen.

Er is hier (en bij het voorbeeld over het niet kunnen aanmaken van vit. C) dus als het ware sprake van een gemeenschappelijke fout als gevolg van gemeenschappelijke afstamming. Vanuit het idee van 'gemeenschappelijk Ontwerp' is dit niet logisch te verklaren. Waarom zou een Ontwerper immers steeds dezelfde fouten maken bij verschillende dieren?

6 Conclusie

Er zijn vele voorbeelden te geven van bewijsmateriaal voor evolutie in het menselijk lichaam. Dit artikel bespreekt daar enkele van. Met deze voorbeelden, en met de vele voorbeelden voor evolutie buiten het menselijk lichaam, is het zeer waarschijnlijk dat al het leven een gemeenschappelijke voorouder deelt. Hoewel absolute zekerheid niet bestaat in de wetenschap, is de waarschijnlijkheid van gemeenschappelijke afstamming zó hoog dat bijna alle biologen het beschouwen als een feit.

7 Referenties

Bergman, R.A., Afifi, A.K., Miyauchi, R., *Persistence of the Tail*, Virtual Hospital, <http://www.vh.org/adult/provider/anatomy/AnatomicVariants/SkeletalSystem/Images/19.html>

Britten, R. J., *Divergence between samples of chimpanzee and human DNA sequences is 5%, counting indels*, Proceedings of the National Academy of Sciences 99: 13633-13635, 2002

Cranenburgh, B. van, *Neurowetenschappen, een overzicht*, Elsevier gezondheidszorg, 2^e druk, 1998

Johnson, W.E., Coffin, J.M., *Constructing primate phylogenies from ancient retrovirus sequences*, Proceedings of the National Academy of Sciences 96: 10254–10260, 1999

- Hildebrand, T., Goslow, G., *Analysis of Vertebrate Structure*, John Wiley & Sons, 5e druk, 2001
- Gagneux, P. & Varki, A., *Genetic differences between humans and great apes*, *Molecular Phylogenetics and Evolution* 18(1): 2-13., 2001
- Goodman, M., *The genomic record of humankind's evolutionary roots*, *The American Journal of Human Genetics* 64: 31-39, 1999
- Gray, H., *Anatomy of the Human Body*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1918; Bartleby.com, 2000, www.bartleby.com/107/
- Klink, B.J., *De menselijke staart*, *Versus*, tijdschrift voor fysiotherapie, no. 4, 2004 (een eenvoudiger versie van dit artikel is hier te vinden: http://www.freewebs.com/deatheist/Artikelen/Evolutie_staart/Evolutie_staartje.htm)
- Lewin, R., Foley, R.A., *Principles of Human Evolution*, Blackwell Publishing, 2e druk, 2004
- Nilsson, L., *Het grote wonder*, Uitgeverij Ploegsma bv, 23e druk, 1996
- Nishikimi M, Fukuyama R, Minoshima S, Shimizu N, Yagi K. *Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man*. *Journal of Biological Chemistry* 269: 13685-13688, 1994
- Ohta, Y., Nishikimi, M., *Random nucleotide substitutions in primate nonfunctional gene for L-gulano-gamma-lactone oxidase, the missing enzyme in L-ascorbic acid biosynthesis* *Biochimica et Biophysica Acta* 1472: 408-411, 1999
- Romanes, G.J., *Cunningham's textbook of anatomy*, Oxford university press, 1972
- Stedman HH, Kozyak BW, Nelson A, Thesier DM, Su LT, Low DW, Bridges CR, Shrager JB, Minugh-Purvis N, Mitchell MA, *Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage*, *Nature*, 428:373-4, 2004
- Stranding, S. (red.), *Gray's anatomy*, Elsevier, 2005
- Theobald, Douglas L., *29+ Evidences for Macroevolution: the Scientific Case for Common Descent.*, Vers. 2.85., 15 april, 2005, <http://www.talkorigins.org/faqs/comdesc/>
- Theobald, D., *The vestigiality of the human vermiform appendix, a modern reappraisal*, *The talk.Origins Archive*, 2003, laatst herzien in 2005, <http://www.talkorigins.org/faqs/vestigis/appendix.html>
- Wildman, D. E., Uddin, M., Liu, G., Grossman, L. I. & Goodman, M., *The role of natural selection in shaping 99.4% nonsynonymous DNA identity between humans and chimpanzees: enlarging genus Homo*, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 7181-7188, 2003