

Biologie, hersenen en gedrag

Prof. dr. Robrecht Raedt

4BRAIN lab

www.4brain.be

Dienst Neurologie

Universitair Ziekenhuis Gent

Weetjes en tips

- Elke woensdag van 11u30 tot 14u30 (Aud O, Rozier)
 - **!!! Pas op: De tweede en derde les gaan door respectievelijk op dinsdag 18 en 25 februari van 16u tot 18u45 in Aud 4 van Campus Ledeganck!!!**
- Slides en lesnotities zijn primair leermateriaal. Gebaseerd op:
 - Fundamentals of Comparative Cognition (Shettleworth)
 - Introduction to Brain and Behavior (Kolb and Wishaw)
 - De slides bevatten soms leerstof die niet is opgenomen in het handboek.
- Examen: 4 open vragen en 4 meerkeuze vragen
- Voorbeeldexamen zal op Ufora worden geplaatst rond de paasvakantie
- Steeds contact mogelijk via email of na de les

Biologie, hersenen en gedrag

INHOUD VAN DE CURSUS

Het opleidingsonderdeel Biologie, Hersenen en Gedrag wil de student inzicht geven in de basis van menselijk gedrag vanuit een fysiologische en een evolutionaire benadering. Bij de fysiologische benadering gaan we tijdens de lessen dieper in op de bouw en de werking van de hersenen. Bij de evolutionaire benadering bespreken we een aantal aspecten van het menselijk gedrag waarvan al duidelijke componenten aanwezig zijn bij andere diersoorten.

Cursusinhoud

INHOUD VAN DE CURSUS

- Fysiologische basis van gedrag
 - Bouw en functie van de hersenen
 - Werking van hersencellen
 - Invloed van drugs en hormonen, motivatie en verslaving
 - Neurobiologische basis van motivatie en verslaving
 - Neurobiologische basis van stress en depressie
 - Neurobiologische basis van pijn en placebo

- Evolutionaire basis van gedrag
 - Evolutie van het zenuwstelsel binnen het dierenrijk
 - Ritmes en slaap
 - “Intelligent” gedrag bij andere diersoorten
 - Sociaal gedrag bij andere diersoorten

Lessenreeks

- ▣ Les 1: Evolutie van cognitief onderzoek en de hersenen
- ▣ Les 2 en 3: Sociale relaties en gedrag bij primaten
- ▣ Les 4: Werking van hersenen
- ▣ Les 5: Effect van drugs en hormonen op het brein
- ▣ Les 6: Sensorische percepties
- ▣ Les 7: Ritmes, slaap, tellen en ordenen
- ▣ Les 8: Intelligent gedrag bij dieren: beslissen, plannen, inzicht
- ▣ Les 9: Sociale cognitie
- ▣ Les 10: Communicatie en taal
- ▣ Les 11: Stress, depressie en neuromodulatie
- ▣ Les 12: Pijn en Placebo

Evolutie van cognitief onderzoek

Historiek: Aristoteles (300 v. Chr.)



- Griekse oudheid
- Mentalisme
- Gedrag wordt veroorzaakt door een niet-materiële entiteit: de 'psyche' (ziel). De psyche heeft een autonoom bestaan, volledig los van het lichaam.
- De psyche overleeft de dood van een lichaam en kiest daarna een nieuw lichaam
- Aristoteles linkte de hersenen niet aan gedrag maar dacht dat dit orgaan diende om het lichaam af te koelen

Historiek: Descartes (~1650)

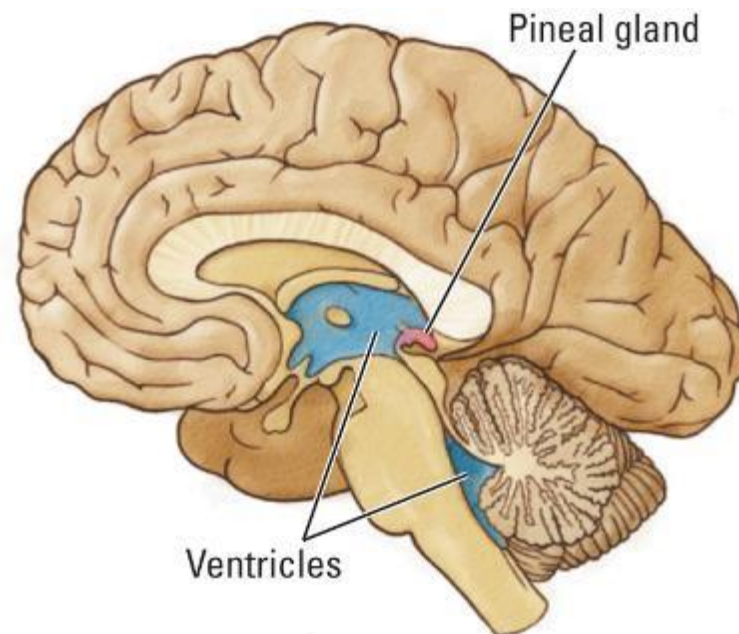


- Dualisme
- Zowel een immateriële geest en een materieel lichaam verantwoordelijk voor gedrag
- Geest stuurt rationeel gedrag
- Lichaam en hersenen sturen alle andere gedragingen via mechanische en fysische principes
 - Voorbeelden: beweging en vertering
- Geest is gelokaliseerd in de pijnappelklier (epifyse) van de hersenen. De epifyse zit naast de ventrikels (dit zijn hersenholtes gevuld met vocht).
- Enkel dieren die kunnen spreken EN complexe problemen kunnen oplossen hebben een geest en een bewustzijn
 - Dieren en baby's niet!
 - Mishandelingen

Historiek: Descartes (~1650)



- Descartes: 'Hersenen sturen gedrag via het sturen van de flow van het ventrikelvocht naar de betrokken spieren'

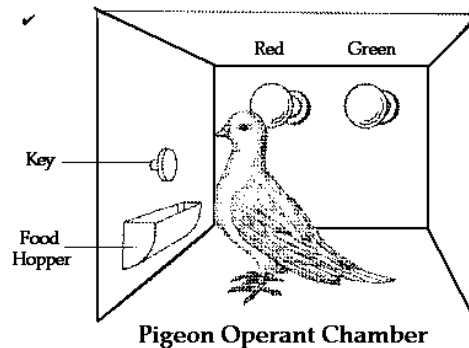
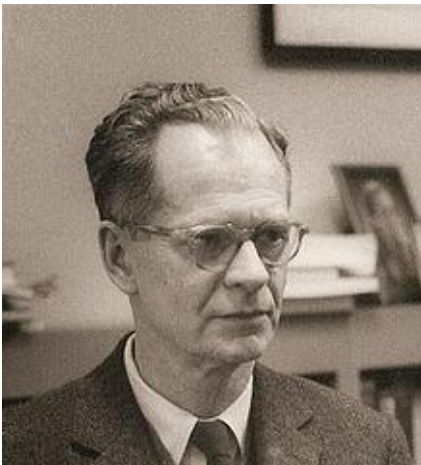


Historiek: Darwin (~1879)

- Materialisme
- Gedrag kan verklaard worden aan de hand van de werking van het zenuwstelsel zonder naar 'een ziel' te moeten verwijzen
- Darwin en medestanders:
 - “Er is geen fundamenteel verschil tussen dieren en de mens wat betreft hun cognitieve capaciteiten. Cognitieve capaciteiten bij de mens verschillen in graad maar niet in soort van andere dieren”
 - Observatie mentale capaciteiten van dieren
 - Anecdotisch bewijs en antropomorfisme, weinig experimenten
 - Bv Hond van Darwin komt hem groeten na lange reis: bewijs van goed geheugen
 - Openen van deur door kat. De kat **redeneert**: als een hand het kan dan kan een poot het ook

Historiek: Skinner (~1950)

- Behaviorisme
 - uitleg van gedrag louter op basis externe stimuli in omgeving en conditionering
 - Negeren van cognitieve of andere interne factoren
 - B.F. Skinner ('Skinner box')



Historiek: Tinbergen (~1960)

- Ethologie
 - Natuurlijk gedrag
 - De 4 vragen van Niko Tinbergen
 - fysiologisch
 - ontogenetisch
 - evolutionair
 - functioneel

Type of Explanation

Example From Birdsong

Physiological

A particular **area of a songbird brain** grows under the influence of **testosterone**; hence, it is larger in breeding males than in females or immature birds. That brain area enables a mature male to sing.

Ontogenetic

In many species, a young male bird learns its song by **listening to adult males**. Development of the song requires a certain **set of genes** and the opportunity to **hear the appropriate song** during a sensitive period early in life.

Evolutionary

Certain pairs of species have similar songs. For example, dunlins and Baird's sandpipers, two shorebird species, give their calls in **distinct pulses, unlike other shorebirds**. **The similarity suggests that the two evolved from a single ancestor.**

Functional

In most bird species, only the male sings. He sings only during the reproductive season and only in his territory. The functions of the song are to attract females and warn away other males. As a rule, a bird sings loudly enough to be heard only in the territory he can defend. In short, birds have evolved tendencies to sing in ways that improve their chances for mating.

Historiek: Gedragsecologie

- Wiskundige modellen om Tinbergen's vragen over evolutie van gedrag op te lossen.

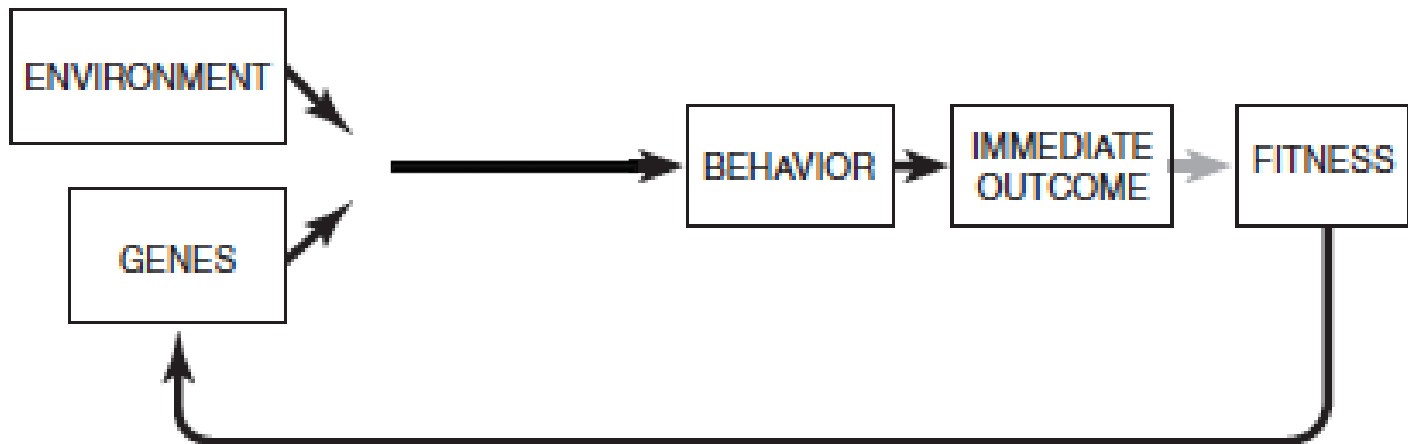


Figure 2.8. How cognition and behavior are shaped by natural selection. Adapted from Shettleworth (1987) with permission.

Historiek: Cognitieve revolutie (~1970)

- Cognitieve revolutie in experimentele psychologie en ethologie
 - Gedrag geen studieobject op zich maar een venster op cognitieve processen
 - geheugen, timing, oriëntatie, ...
- Cognitieve ecologie: cognitieve mechanismes geïntegreerd in ethologische modellen

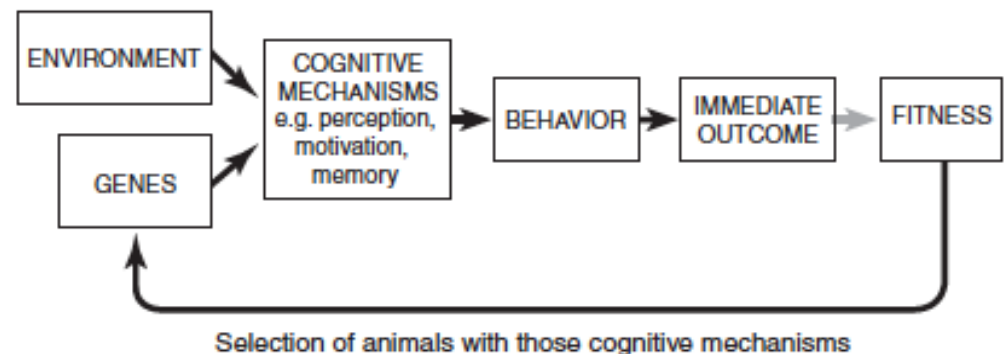


Figure 2.8. How cognition and behavior are shaped by natural selection. Adapted from Shettleworth (1987) with permission.

Historiek: Cognitieve revolutie (~1970)

- Antropomorfisme en volkspychologie
 - Dieren denken als ons.
 - Bv Griffin (1978): Honingbij die van bloemenveld komt en in de bijenkorf danst, is bewust dat ze aan de andere bijen de locatie van het veld doorgeeft en wil dat ze het veld vinden.
- Contra:
 - Onderscheid tussen perceptueel en reflexief bewustzijn
 - Perceptueel bewustzijn: interpretatie van stimuli
 - Reflexief bewustzijn: plannen, beslissen, kennis over kennis
 - Heel weinig argumenten hiervoor bij andere diersoorten dan de mens
 - Er is geen reden om aan te nemen dat alles wat zich gedraagt als de mens ook denkt als de mens

Morgan's Canon

- ▣ Lloyd Morgan's Canon

“In no case is an animal activity to be interpreted in terms of **higher** psychological processes if it can be fairly interpreted in terms of processes which stand **lower** in the scale of psychological evolution and development.”

- ▣ MAAR: Er is geen lineaire schaal van cognitie!

- ▣ Moderne interpretatie: Specifiek gedrag eerst proberen te verklaren a.h.v. specifieke leerprocessen i.p.v. met redenering en begrip

- ▣ habituatie en conditionering algemeen verspreid in dierenrijk

Morgan's Canon

- Clever Hans (and Mr von Osten)
 - $2/5 + 1/2 = ?$



Gedragsonderzoek in 21^{ste} eeuw

- Gedrag bestaat uit patronen in de tijd
 - Voorbeelden: beweging, vocalisaties, gedachten
- Dieren vertonen gedrag dat:
 - Aangeboren is
 - Aangeleerd is
- De meeste gedragingen bestaan uit een mix van aangeboren en aangeleerde handelingen

Gedragsonderzoek in 21^{ste} eeuw

- Vaste (aangeboren) gedragingen
 - Bepaald door overerving
- Voor kruisbekken is eten een gedragspatroon dat aangeboren is en waarbij weinig ruimte is voor aanpassing via leren

A crossbill's beak is specifically designed to open pine cones. This behavior is innate.



Gedragsonderzoek in 21^{ste} eeuw

- Flexibel gedrag
 - Bepaald door leren
- Ratten kunnen alleen dennenappels eten als ze dit geleerd hebben van een ervaren moederrat

A baby roof rat must learn from its mother how to eat pine cones. This behavior is learned.



Gedragsonderzoek in 21^{ste} eeuw

- Complexiteit van gedrag verschilt sterk tussen verschillende diersoorten

Eenvoudig
Zenuwstelsel
(b.v., zeelak)



Beperkte variatie
in gedrag

Complex
Zenuwstelsel
(b.v., mens)



Ruime variatie
in gedrag

Gedragsonderzoek in 21^{ste} eeuw

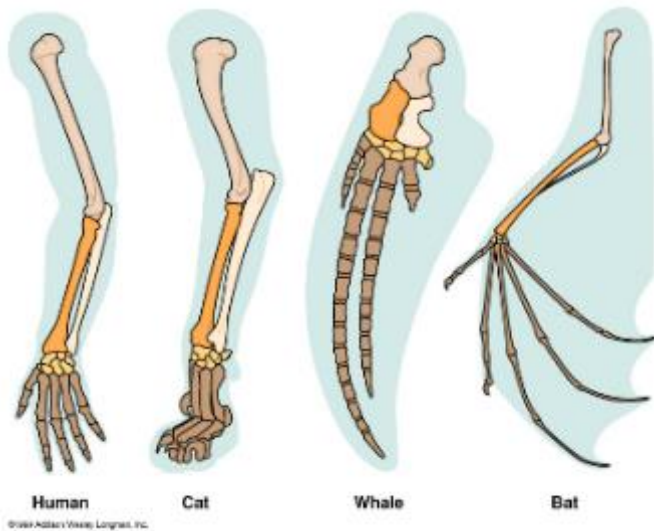
- Vergelijkend cognitief onderzoek
 - Functionele gelijkenissen in gedrag tussen diersoorten
 - Homoloog gedrag: gedrag dat geëvolueerd is vanuit gedrag van een gemeenschappelijke voorouder
 - Analooog gedrag: soortgelijk gedrag dat niet ontstaan is vanuit een gemeenschappelijke voorouder maar bv. door invloed van specifieke omgevingsvariabelen en genetische selectie

Homologie versus analogie

■ Homologie

versus

Analogie



Vergelijkend cognitief onderzoek



- ▣ Gebruik van werktuigen
 - ▣ Mensaap - Mens: homologie
 - ▣ Vogel- Mens: analogie

Intelligentie

- Intelligent gedrag
 - Antropocentrisch : Intelligentie verwijst naar globale cognitieve capaciteiten weerspiegelt in IQ cijfers
 - Kennis is modulair en onderhevig aan adaptieve specialisatie (e.g. ruimtelijk geheugen)
 - “Intelligent dierlijk gedrag” kan gebaseerd zijn op “eenvoudige mechanismen”

Intelligentie

- Ruimtelijk geheugen bij vogels die zaden gaan begraven (soms > 1000 sites). Grotere hippocampus (hersenstruktuur die verantwoordelijk is voor ruimtelijk geheugen)

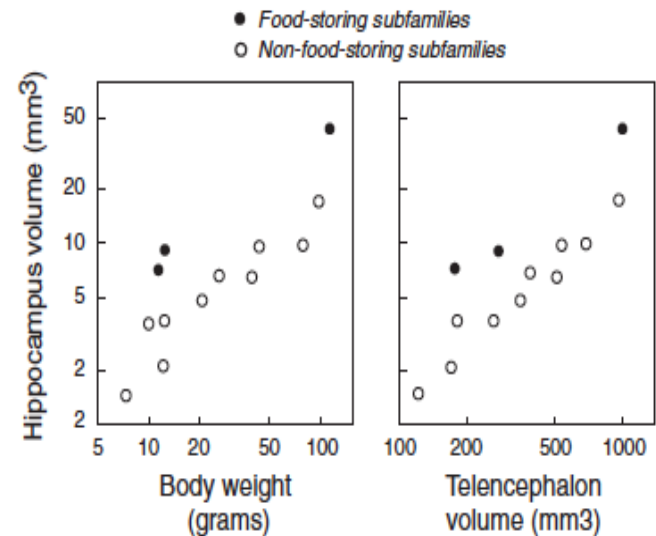


Figure 2.3. Hippocampal volume correlated with body weight (left panel) and volume of the telencephalon in birds. Redrawn from Sherry et al. (1989) with permission.

Intelligentie

- Intelligentie en IQ:
 - Eén cijfer voor IQ is voorbij gestreefd

- Hoe meet men 'intelligentie' ?
 - Mensen verschillen enorm in hun individuele capaciteiten, afhankelijk van de taak
 - Persoon A
 - *Uitstekende* kennis wiskunde
 - *Slechte* navigatie
 - Persoon B
 - *Beperkte* kennis wiskunde
 - *Uitstekende* navigatie
 - Verschillende testen voor verschillende skills nodig

Evolutie van hersenen en gedrag

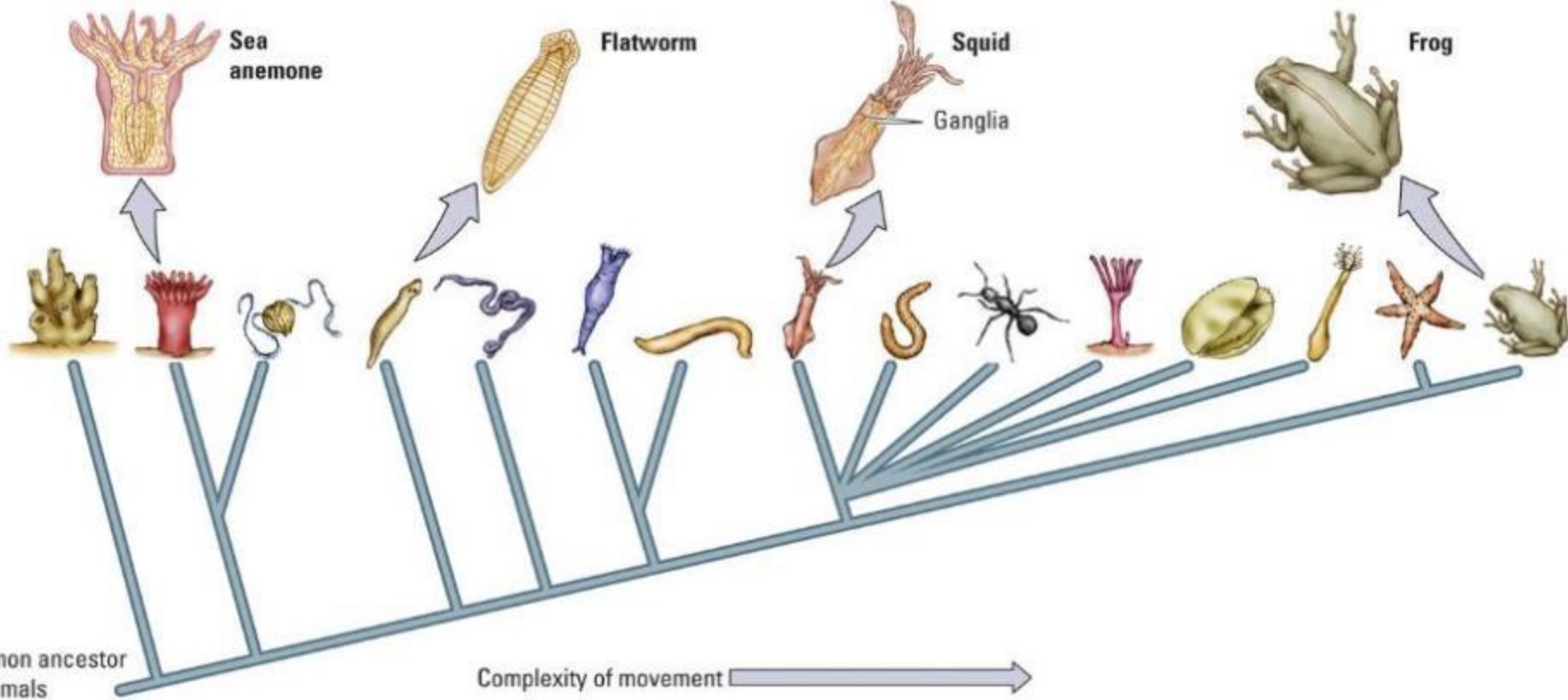
Evolution van Hersenen en Gedrag

Nerve net: Simple nervous system, organized as a net, with no brain

Segmented nerve trunk: Bilaterally symmetrical organization

Ganglia: Structures that resemble and function somewhat like a brain

Brain: True brain and spinal cord



Evolutie van Hersenen en Gedrag

- Het zenuwstelsel is zeer sterk geëvolueerd tijdens evolutie van de dieren
- Zenuwnet:
 - Eenvoudig zenuwstelsel met sensorische en motorische neuronen
- Gesegmenteerd zenuwstelsel:
 - Bilateraal symmetrisch (hetzelfde aan beide zijden van het lichaam)
 - Gesegmenteerd (verdeeld in verschillende stukken)

Evolutie en de hersenen

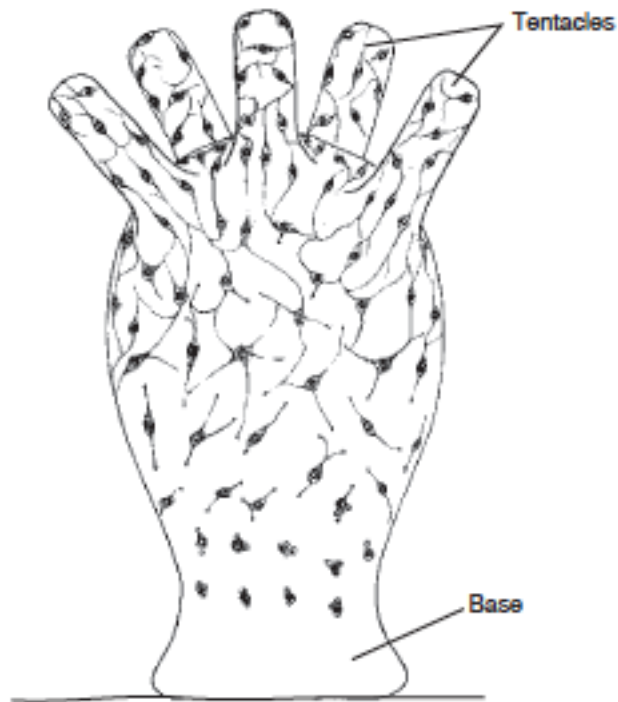


FIGURE 2.4 The nerve net of hydra, a simple cnidarian, is spread diffusely throughout the body wall of the animal. This drawing shows maturation of the nerve net in a hydra bud, starting near the base and finishing near the tentacles. Refer to McConnell (1932) and Koizumi (2002).

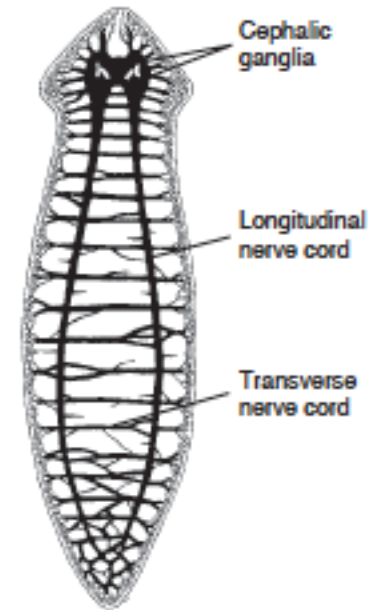


FIGURE 2.5 The nervous system of the planarian, a flatworm, includes longitudinal and transverse nerve cords associated with centralization, and two fused cephalic ganglia in the rostral end associated with cephalization. Centralization and cephalization probably are related to the flatworm's bilateral symmetry and ability to swim forward rapidly. Refer to Lentz (1968). Reproduced with permission from Yale University Press.

Evolutie van Hersenen en Gedrag

- Ganglia:
 - Structuren die lijken op en functioneren als hersenen
 - Encephalisatie: ganglia in hoofd onderscheiden zich van andere ganglia in lichaam

- Hersenen:
 - Het phylum 'Chordata' (Gewervelde Dieren) vertonen de hoogste graad van encephalisatie: ze hebben echte hersenen.
 - Van alle chordata hebben mensen de grootste hersenen relatief tot hun lichaamsgrootte.

Evolutie en de hersenen

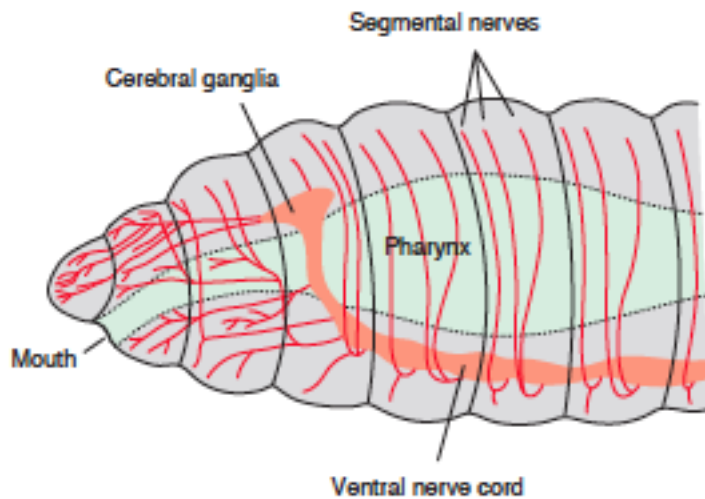


FIGURE 2.7 Nervous system organization in the rostral end of an annelid worm. A ventral nerve cord with more or less distinct ganglia connects with a fused pair of cerebral ganglia (brain) dorsal to the pharynx (part of the digestive tract). Note nerves extending from ventral nerve cord and cerebral ganglia. Refer to Brusca and Brusca (1990).

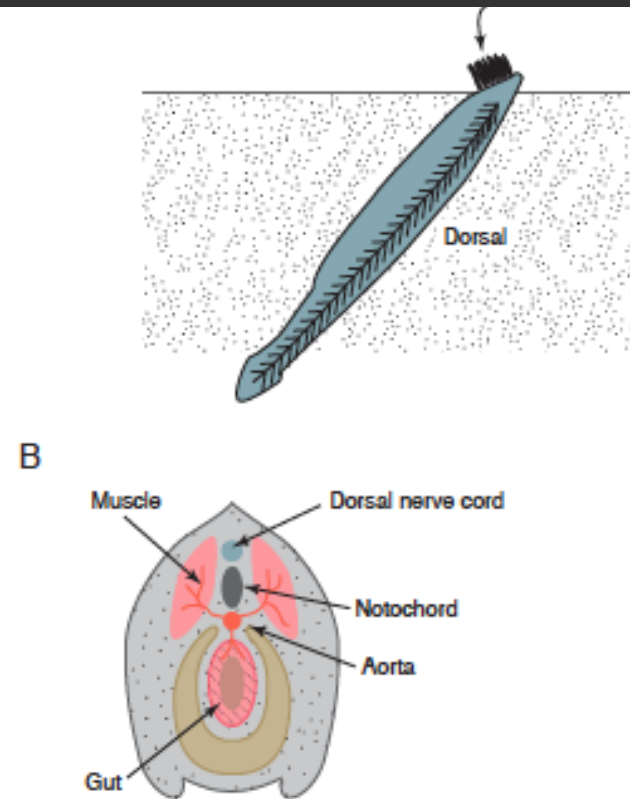


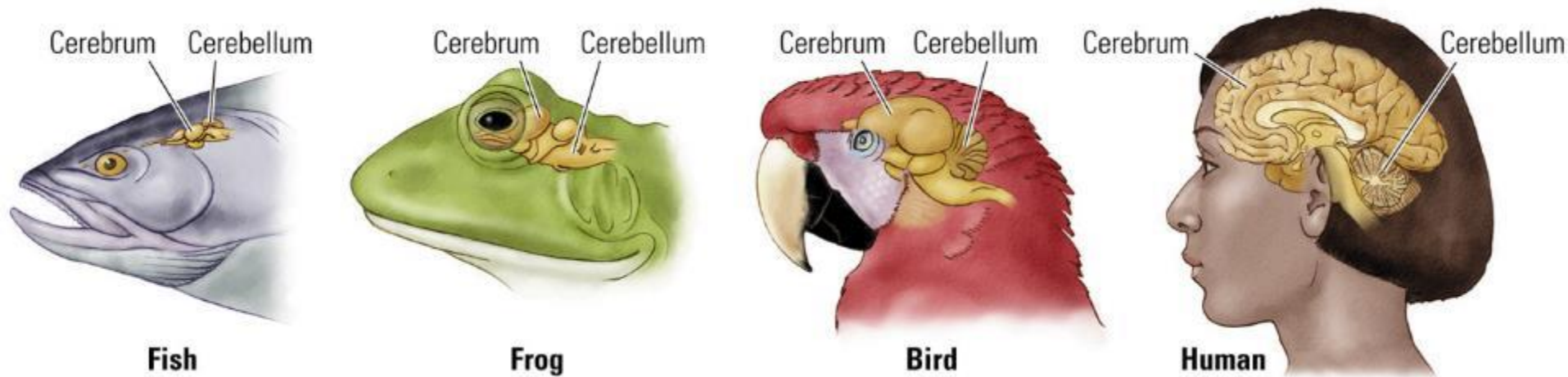
FIGURE 2.9 The lancelet (*amphioxus*) is a forerunner of the vertebrates. (A) Lateral view of the animal in its native habitat under the ocean floor, with its mouth protruding above the sand. (B) A cross-section of the lancelet body showing relationships between gut, aorta, notochord, and dorsal nerve cord. Adapted from Cartmill *et al.* (1987).

Evolutie van Hersenen en Gedrag

- De gewervelde dieren hebben een sterk verschillend zenuwstelsel, maar allemaal hebben of zijn ze:
 - Bilateraal symmetrisch en gesegmenteerd
 - Hersenen en ruggenmerg zitten in kraakbeen/been
 - Gekruiste organisatie: Elke hemisfeer ontvangt informatie van en stuurt commando's naar de tegenovergestelde zijde van het lichaam

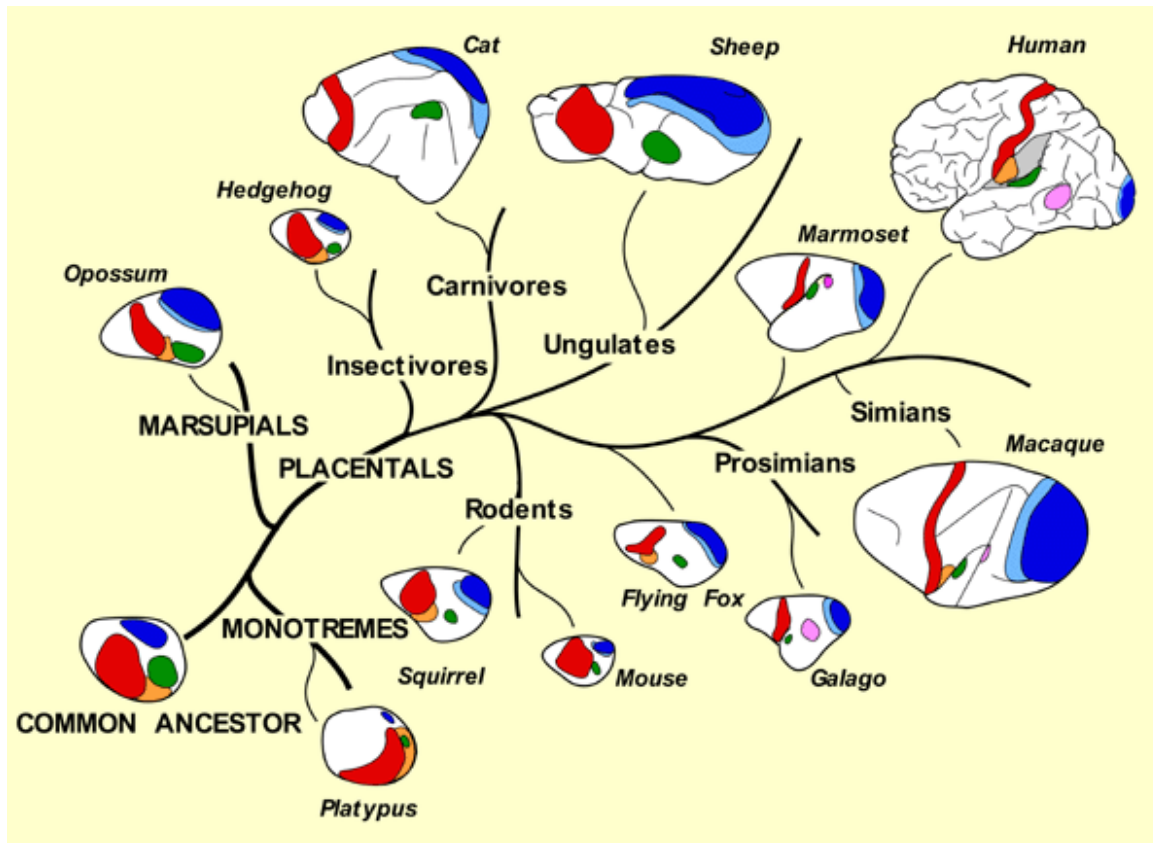
Evolutie van Hersenen en Gedrag

- ▣ Het verschijnen van complex gedrag* bij de gewervelde dieren is nauw verbonden met de evolutie van de grote hersenen en kleine hersenen



****Nieuwe vormen van locomotie op het land, complexe bewegingen van mond en handen bij eten, verbeterd leervermogen, sterk ontwikkeld sociaal gedrag***

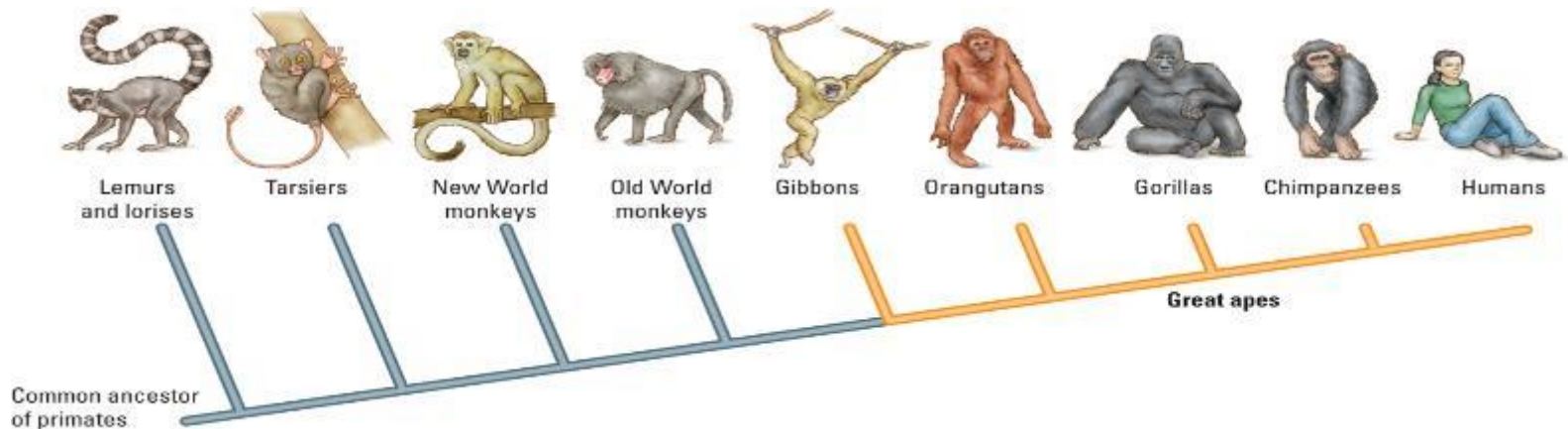
Evolutie en hersenen



visueel
tast
gehoor

Evolutie van humane hersenen en gedrag

- Gemeenschappelijke kenmerken van primaten:
 - Uitstekende kleurenzicht
 - Ogen vooraan in het aangezicht: verbeterd dieptezicht
 - Vrouwelijke dieren: meestal een kind per zwangerschap; kinderen vereisen meer zorg
 - Grote hersenen voor complexe bewegingen en sociaal gedrag



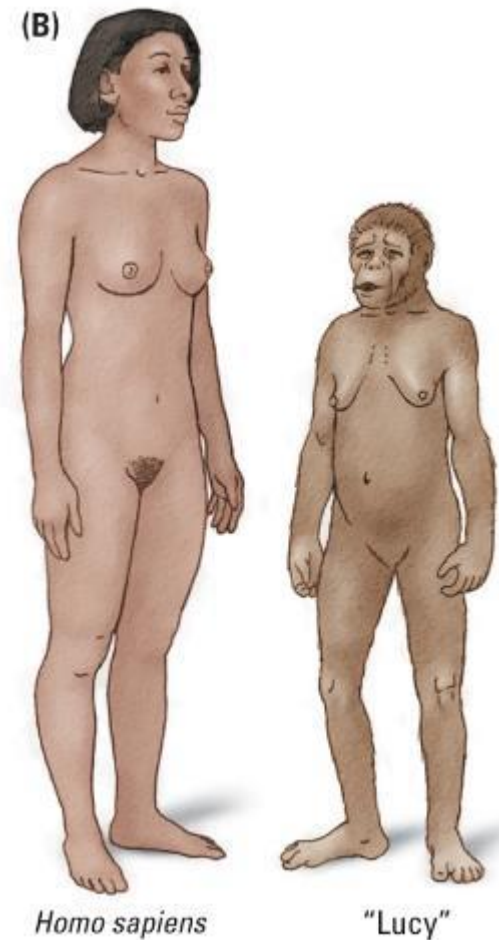
Evolutie van humane hersenen en gedrag

- Mensen maken deel uit van de primaten
 - Mensen, chimpansees en bonobo's hebben een gezamenlijke voorouders die tussen de 5 en 10 miljoen jaar geleden geleefd heeft
 - Ongeveer 5 miljoen jaar geleden is een groep van primaten rechtop gaan lopen en zich verder ontwikkeld tot de mens: inclusief de levende als uitgestorven soorten

Evolutie van humane hersenen en gedrag

Australopithecus: Our Distant Ancestor

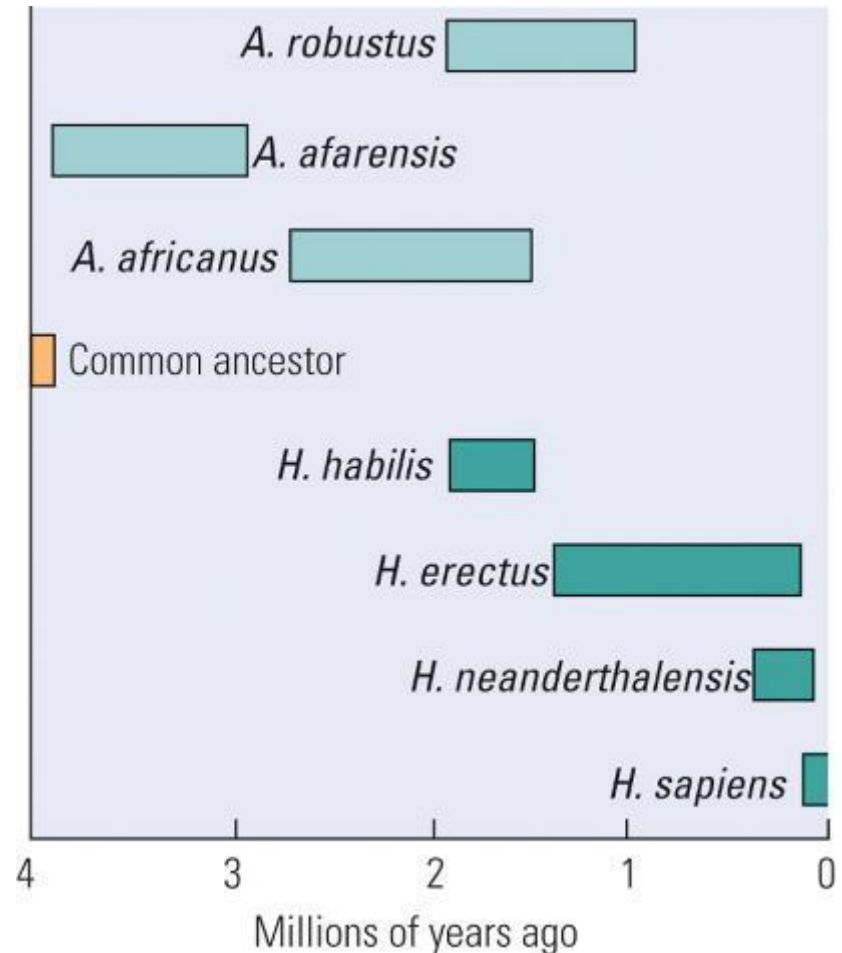
- Australopithecus is een vroege mensachtige die als eerste de typische kenmerken van de mens vertoont inclusief rechtop lopen (wel nog geen bewijs voor gebruik van werktuigen)
- Hun hersenen waren zo groot als die van een moderne aap (ongeveer een derde van de grootte van de moderne mens)



Evolutie van humane hersenen en gedrag

De eerste mensen

- Homo habilis (“handige mens”)
 - 2 miljoen jaar geleden; in Afrika
 - Maakte eenvoudige werktuigen
- Homo erectus (“rechttopstaande mens”)
 - 1.6 miljoen jaar geleden; in Europa en Azië
 - Meer gesofisticeerde werktuigen dan H. habilis



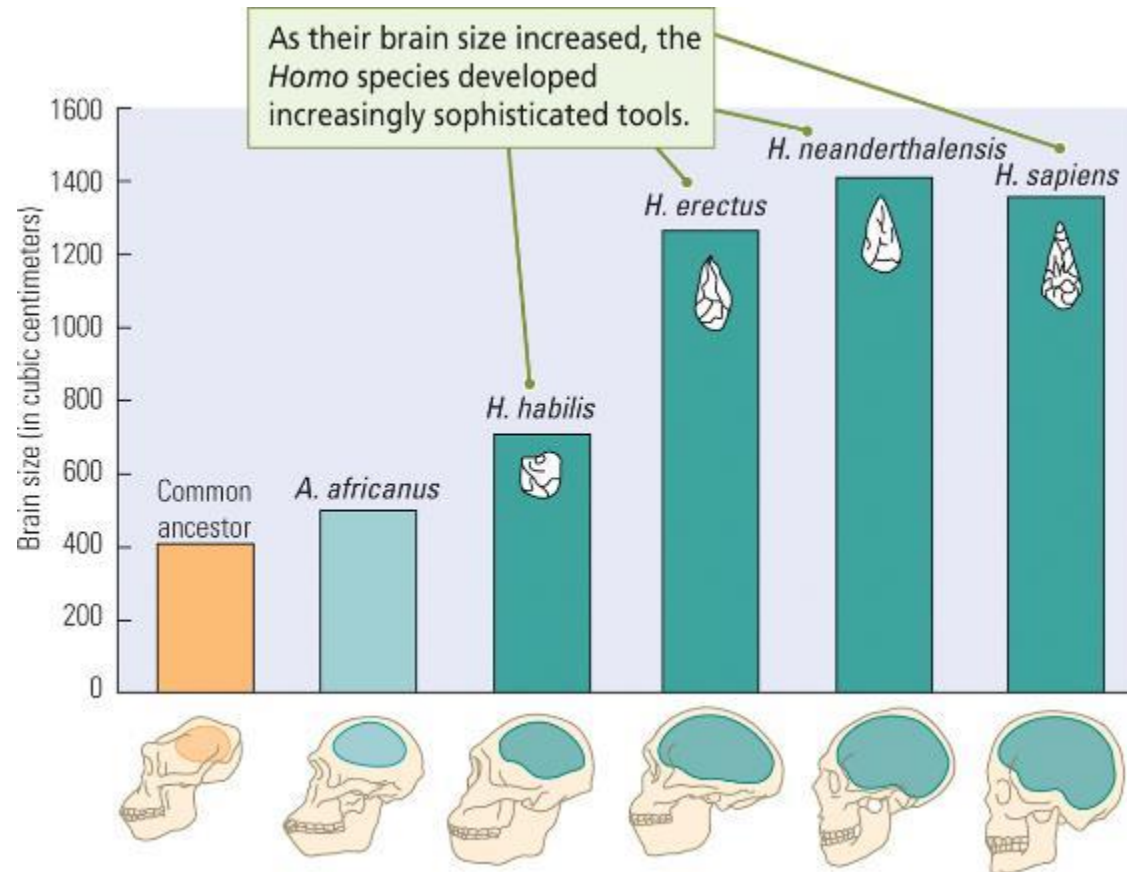
Evolutie van humane hersenen en gedrag

De eerste mensen

- Homo sapiens ('Slimme mens')
 - Verscheen de laatste 200,000 jaar.
 - Oudste fossiele evidentie voor aanwezigheid in Europa: 30,000 jaar oud; in Azië: 18,000 jaar oud
- Neanderthalers in Europa hadden vergelijkbare en zelfs grotere hersenen dan de H. sapiens
 - De exacte reden waarom wij de plaats van de Neanderthalers hebben ingenomen is niet gekend maar er is genetisch bewijs dat aangeeft dat wij genen verworven hebben waardoor we ons beter konden aanpassen aan de kou, aan nieuwe ziektes en ook een lichtere huid waardoor we meer vitamin D aanmaken.

De grootte van de hersenen

De hersenen van de Australopithecus waren ongeveer even groot als de hersenen van de mensapen die nu nog bestaan. De mensachtigen die daarna zijn ontstaan toonden een gestage toename van hun hersengrootte



Evolutie van humane hersenen en gedrag

Verband tussen hersengrootte en gedrag

- Jerison (1973) ontwikkelde een index van hersengrootte die toeliet om vergelijkingen te maken tussen diersoorten
- Gebaseerd op de relatie tussen lichaamsgrootte en hersengrootte

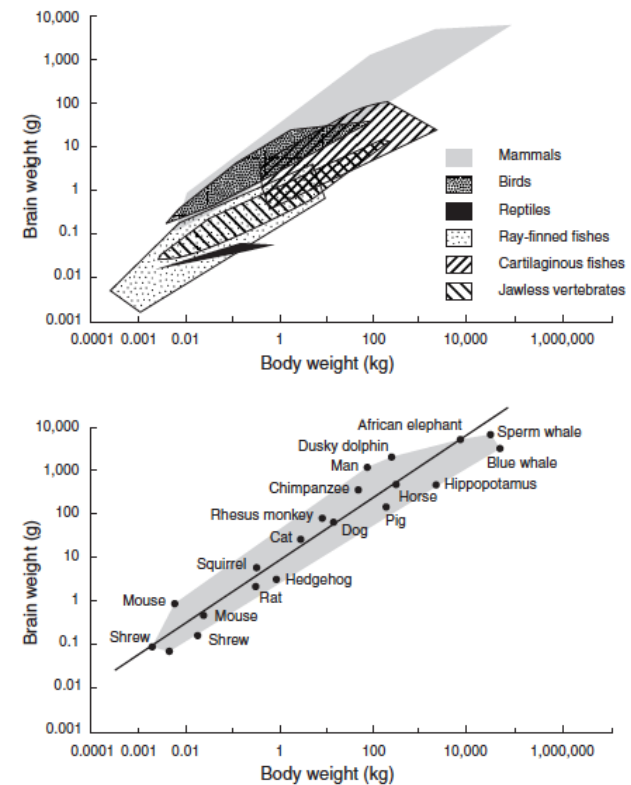


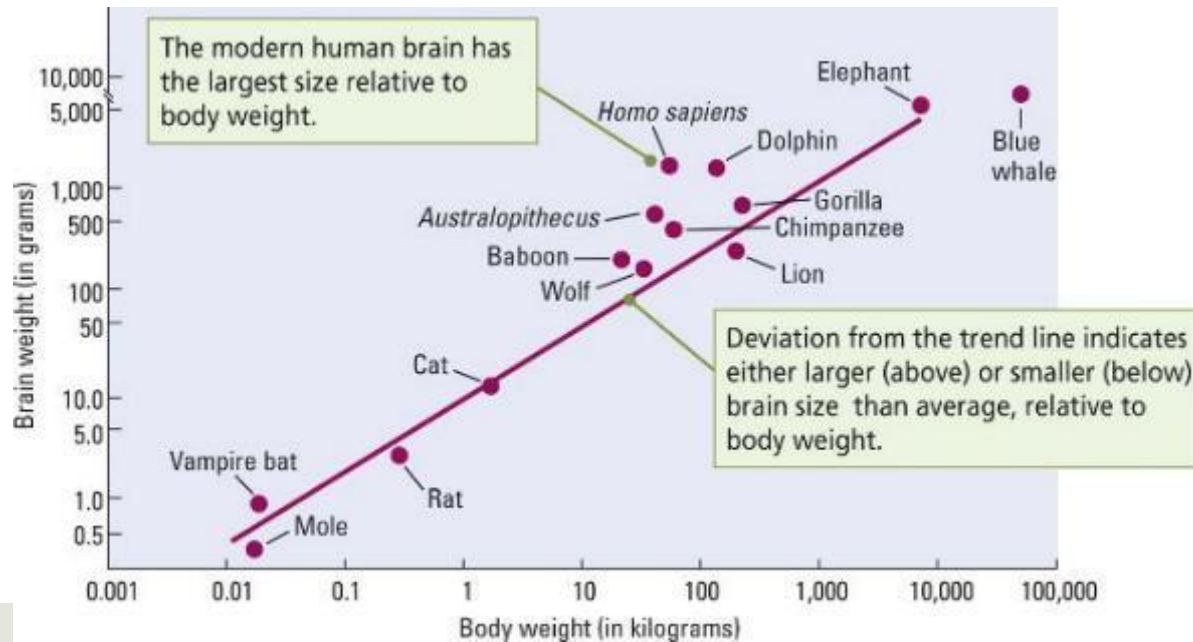
Figure 2.11. Relationships between overall brain weight and body weight in vertebrates, on logarithmic scales. Top panel: data for major groups as the minimal polygon which encloses each one's data. Redrawn from Striedter (2005) with permission. Lower panel: data for selected species of mammals surrounded by its minimal polygon. The dark slanted line is the overall regression line for mammals. The perpendicular distance of a species' data from this line (formally, the *residual*) is a measure of how much it deviates from the average allometric relationship for mammals. Redrawn from Roth and Dicke (2005) with permission.

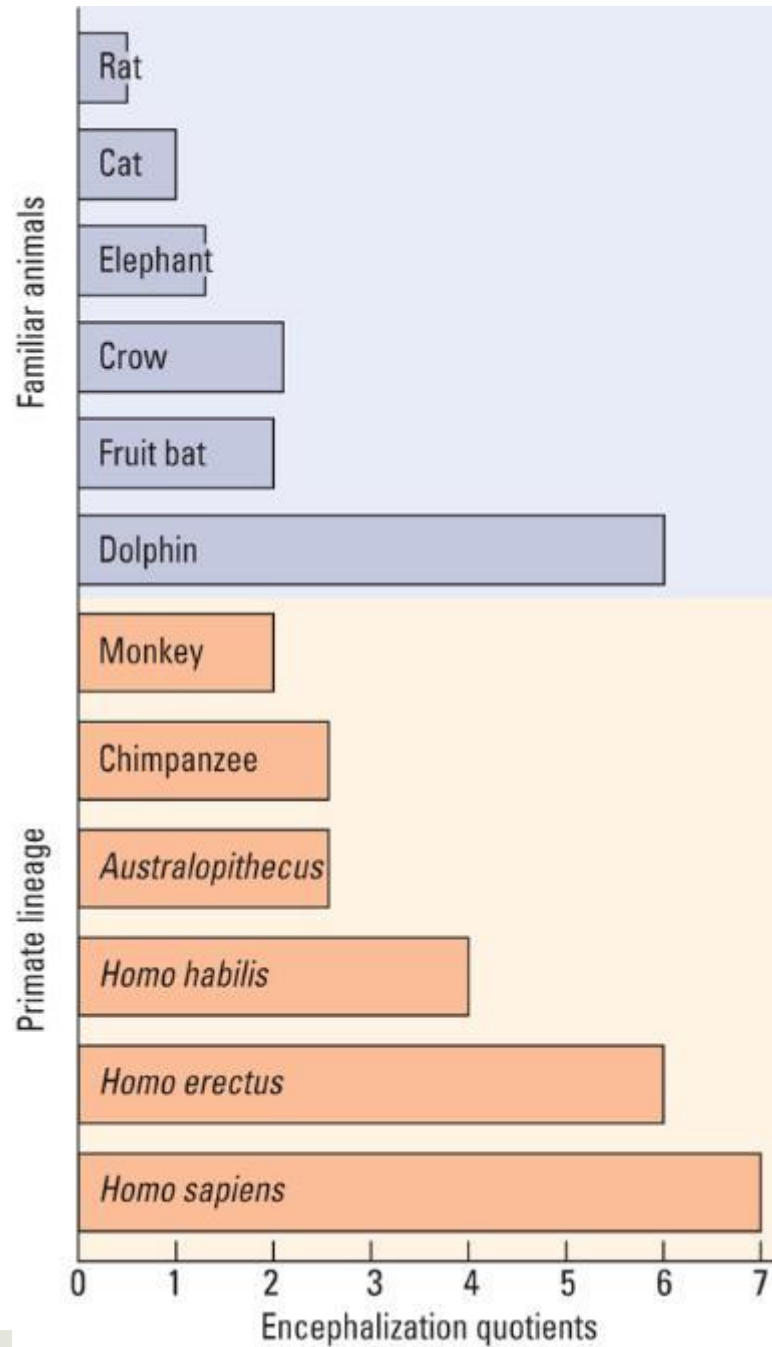
Evolutie van humane hersenen en gedrag

Verband tussen hersengrootte en gedrag

- ▣ Encephalisatie Quotiënt (EQ):
 - ▣ Een maat voor hersengrootte afgeleid van de verhouding van het werkelijke hersenvolume ten opzichte van het verwachte hersenvolume voor een dier met die specifieke lichaamsgrootte.

- ▣ De *Homo sapiens* heeft het grootste EQ





Evolutie en hersenen

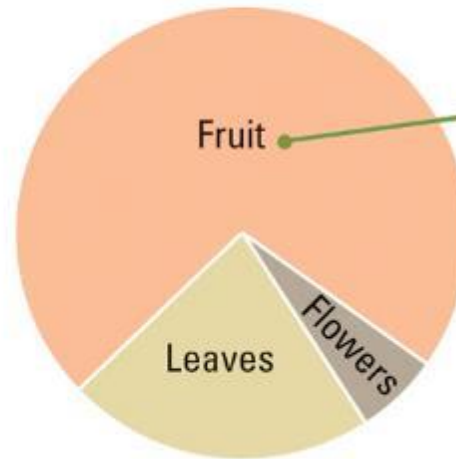
- Grote hersenen = energetisch kostelijk
 - Mens: hersenen 2% van lichaamsgewicht maar 20% van E-verbruik in rust alleen. Ook 's nachts zijn hersenen heel actief
 - Experiment met Drosophila (Tadeusz Kawecki)
 - kruisen van “slimme” Drosophila (foerageer gedrag)
 - slimme Drosophila grotere hersenen
 - maar meer sterfte!
- Grote hersenen voordeel bij dieren die grotere energetische kost aankunnen

Waarom is het hersenvolume toegenomen

- Levensstijl van primaten
- Het foerageergedrag van primaten is complexer dan dat van andere dieren
 - Vinden van fruit is moeilijker dan eten van gras of andere vegetatie op de grond
 - Goede sensorische, ruimtelijke en geheugen functies
 - Fruiteters hebben grotere hersenen



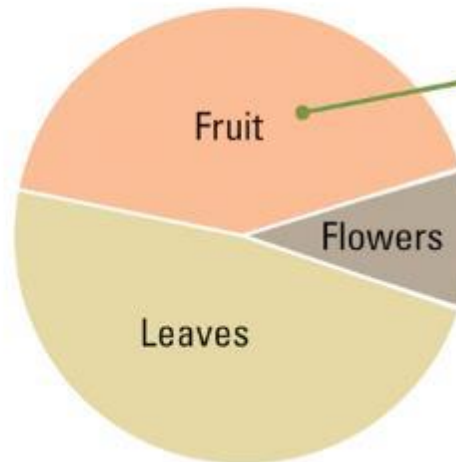
Spider monkey diet



A spider monkey, with a brain size of 107 g, obtains 72 percent of its nutrients from fruit.



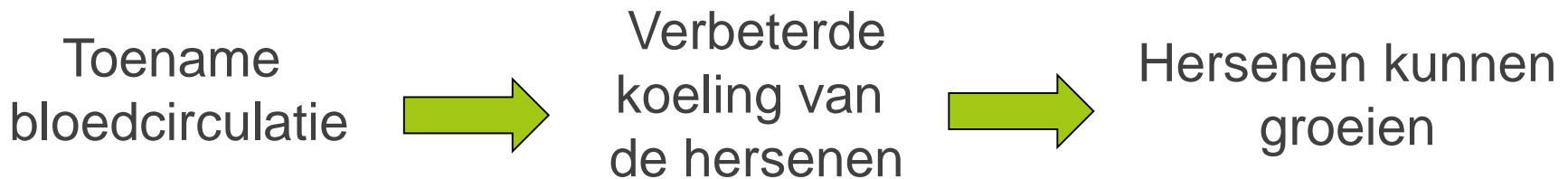
Howler monkey diet



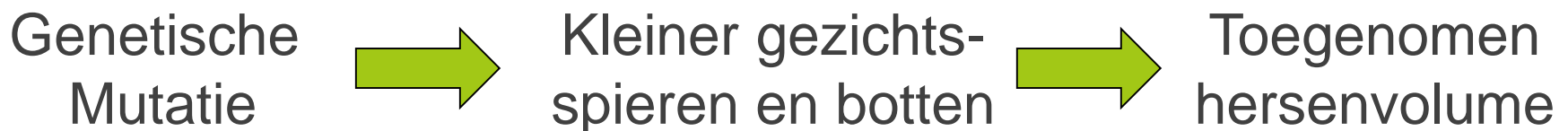
A howler monkey, with a brain size of 50 g, obtains only 42 percent of its nutrients from fruit.

Waarom is het hersenvolume toegenomen

- Fysiologische veranderingen
 - Radiator hypothese (Falk, 1990)
 - Hoe actiever de hersenen zijn, hoe meer warmte ze genereren
 - De schedel van de *Homo* soorten had meer verspreide bloedtoevoer, waardoor een grotere hersenvolume mogelijk was



- Stedman en collega's



Waarom is het hersenvolume toegenomen

- Neotenie: Nieuwe soort lijkt op de juvenielen (jongen) van de voorouders
- Volwassenen behouden infantiele kenmerken
- Vertraagde snelheid van ontwikkeling
 - Meer hersencellen kunnen worden gegenereerd
- Argumenten pro:
 - Het hoofd van volwassen mensen lijkt meer op het hoofd van juveniele chimpansees dan van volwassen chimpansees.
 - Nieuwsgieriger
 - Grote teen is niet geroteerd
 - Beharing
 - rechtopstaand



Axolotl



Het hoofd van een volwassen mens lijkt meer op dat van een jonge chimpanzee (links) dan dat van een volwassen chimpanzee.