

Evolutie met een staartje

2004, lay-out herzien in 2005

Bart Klink

Dit artikel is tevens verschenen in het tijdschrift "Versus, Tijdschrift voor Fysiotherapie" (nummer 4 uit 2004) onder een andere titel. Om het artikel toegankelijker te maken voor een breder publiek dat niet medisch onderlegd is en het meer toe te spitsen op de evolutie-creatiediscussie, is het artikel aangepast. In het artikel zal de wetenschappelijke benaming, die veelal uit het Latijn komt, gebruikt worden omdat sommige woorden geen Nederlandse vertaling hebben. Ik heb geprobeerd deze termen zo goed mogelijk uit te leggen.

Inleiding

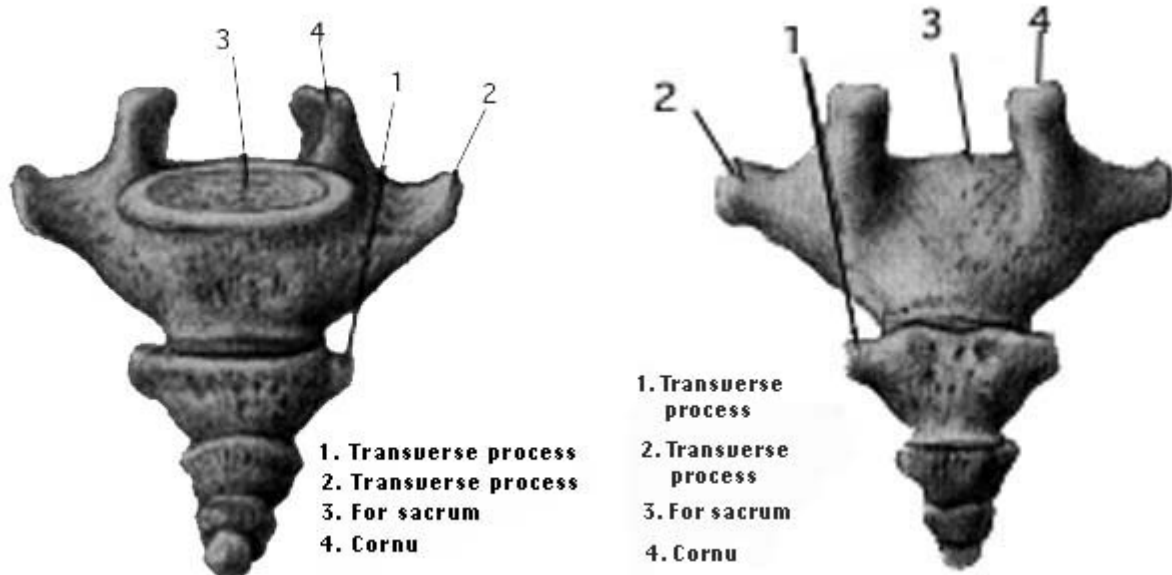
Iedereen heeft een staartbeentje, tenzij dit operatief verwijderd is. Het is echter niet algemeen bekend waarom wij dat laatste stukje wervelkolom, en met de daarop aanhechtende spieren, hebben. Dit artikeltje tracht dit waarom te beantwoorden vanuit een evolutionair perspectief. Tevens zal worden ingegaan op menselijke staarten. Deze afwijkingen hebben namelijk tevens een evolutionaire verklaring.

Gemeenschappelijke afstamming

Evolutie verwijst naar gemeenschappelijke afstamming van al het leven. De zeer primitieve gemeenschappelijke voorouder van al het leven leefde zo'n 3,5 miljard jaar geleden. Een proces van variatie, selectie en reproductie (deze mechanismen zijn ondergebracht in de evolutietheorie) heeft er voor gezorgd dat het leven steeds gevarieerder en complexer werd. Dit heeft zo'n 200 miljoen jaar geleden geleid tot de opkomst van de zoogdieren (Williams et al., 1989). Veruit de meeste landzoogdieren hebben een staart. De mens vormt hier, samen met een aantal andere apen, echter een uitzondering op. De mens heeft in de loop van de evolutie de staart verloren. De eerste aap waarvan men momenteel weet dat hij geen staart meer had, is de Proconsul, die zo'n 19 miljoen jaar geleden leefde (Begun, 2003). De staart heeft bij de aapsoorten die er nog wel één hebben een belangrijke functie bij het bewaren van het evenwicht tijdens de vlucht van tak tot tak en als grijpmiddel. Het verdwijnen van de staart hangt samen met de verandering van leefomgeving. Eén van onze voorouders verhuisde miljoenen jaren geleden van de bomen naar de savanne. Dit ging gepaard met een bipedale (rechtlopande) gang. Daarbij is de functie van een staart overbodig en zelfs nadelig, omdat deze wel (onnodig) in stand gehouden moet worden, wat energie kost. Van de staart is bij de moderne mens alleen nog het staartbeentje over: het os coccygis (dit is de wetenschappelijke benaming voor het staartbeentje). Het os coccygis bevindt zich op de plek waar bij de meeste zoogdieren en vele andere primaten de externe staart uit het lichaam steekt.

Het os coccygis en het begrip rudimentair

Het os coccygis bestaat meestal uit vier rudimentaire wervels (Williams et al., 1989), maar dit kunnen er ook drie of vijf zijn (anatomische variatie). Op de eerste coccygale wervel zit zowel links als rechts een naar craniaal (naar boven) gericht uitsteeksel: de cornu coccygeum (figuur 1). Deze zijn homologoos aan de procc. articulares superiores van de andere wervels. Tevens projecteert aan beide kanten van de eerste coccygale wervel een rudimentair processus transversus (dwars uitsteeksels) in cranio-laterale (schuin omhoog) richting (figuur 1). Deze processus transversus vormt de aanhechting voor delen van de m. levator ani en de m. coccygeus ("m." is de afkorting van musculus, het Latijn voor spier). De dorsale zijde van het os coccygis vormt de origo (aanhechting) voor een klein deel van de m. gluteus maximus (de grote bilspier). Verder is het os coccygis verbonden met het os sacrum (het heiligbeen) door een aantal ligamenten (banden), die soms nog spiervezels bevatten. Hier zal verderop in dit artikel nog op worden ingegaan. Het os coccygis heeft geen ondersteunende functie voor de wervelkolom (Rothman, 1982).



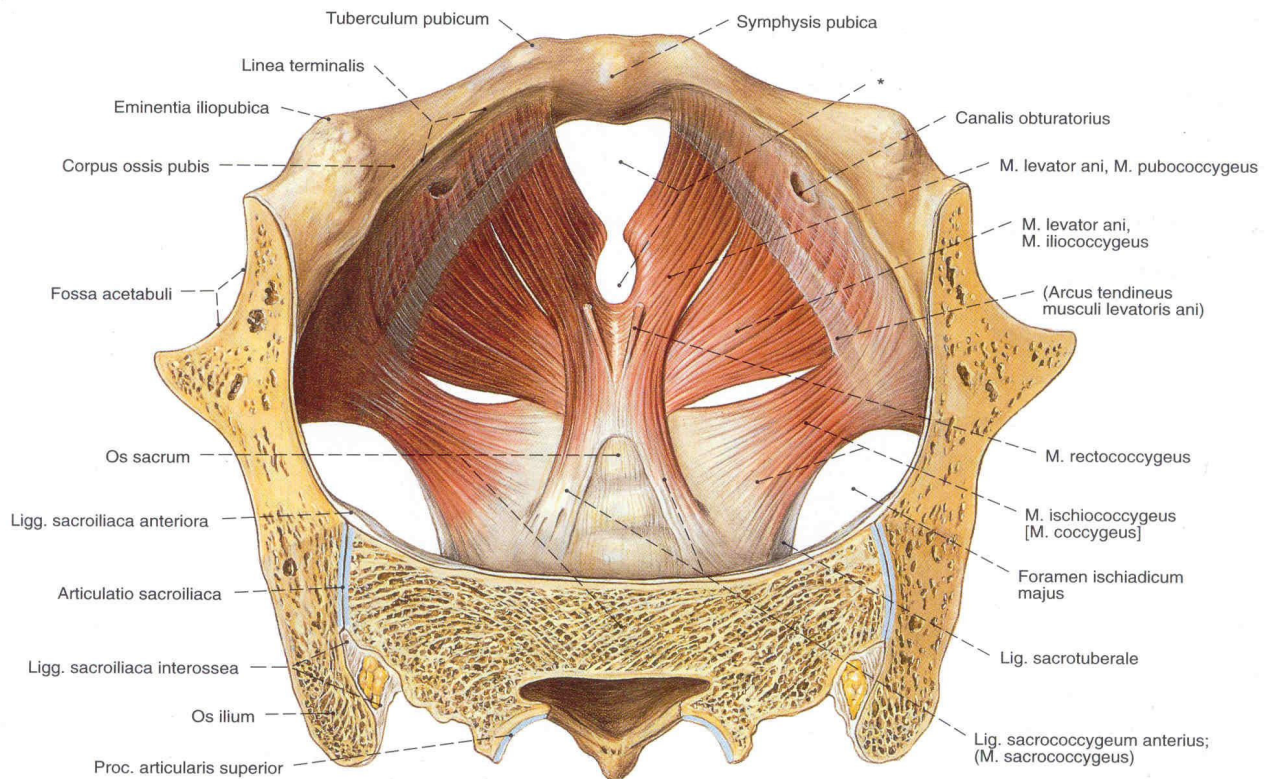
Figuur 1: Het os coccygis van de voorkant (links) en de achterkant (rechts).

Het eerder genoemde begrip rudimentair behoeft enige uitleg, omdat vaak gedacht wordt dat een rudimentair orgaan per definitie geen functie heeft. Het Oxford Concise Science Dictionary definieert het begrip echter 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." Een rudimentair lichaamsdeel, zoals het os coccygis, *hoeft dus niet functieloos te zijn!*

Spiereen op het os coccygis

Op het os coccygis hechten drie spieren aan: een deel van de m. gluteus maximus, de m. coccygeus (synoniem: m. ischiococcygeus) en delen van de m. levator ani. De m. levator ani is een brede spierplaat met variabele dikte en vormt het grootse gedeelte van de bekkenbodem. De spier bestaat uit vijf deelspiere die de bekkenbodem dragen: m. pubococcygeus, m. levator prostatae, m. pubovaginalis, m. puborectalis en de m. iliococcygeus (figuur 2). Bij dieren met een staart verlopen de m. pubococcygeus, de m. iliococcygeus en de m. coccygeus van het bekken naar de staartwervels. De m. iliococcygeus en de m. coccygeus kunnen laterale (zijwaartse) bewegingen van de staart veroorzaken en de m. pubococcygeus kan de staart tussen de benen trekken. Bij mensen heeft het verlies van een staart gezorgd voor een andere functie van deze spieren: het vormen van een steviger bekkenbodem (Williams et al., 1989). Het verstevigen van de bekkenbodem door deze spieren als functie hangt samen met het rechtop gaan lopen (bipedie) van de mens. Hierdoor komt er meer druk op de bekkenbodem te staan dan bij dieren die op vier poten lopen (quadrupedie).

De m. coccygeus (figuur 2) komt van het bekken (expliciet: het uitsteeksel spina ischiadica), waarna hij samengaat met het lig. sacrospinale ("lig." is de afkorting van ligamentum, het Latijn voor band) en vervolgens aanhecht op het os coccygis. De functie die deze spier krijgt toegeschreven in de literatuur is het versterken van de bekkenbodem (Putz et al., 2000). De m. coccygeus bestaat meestal uit weinig spiervezels (Feneis, 1999) en is soms zelfs geheel afwezig (Williams et al, 1989). Bij dieren met een staart is deze spier goed ontwikkeld en het lig. sacrospinale vaak afwezig



Figuur 2: Spiereen van de bekkenbodem (Ontleend aan Putz, R., et al(3)).

Twee spieren rond het sacrococcygeale gewricht zijn de m. sacrococcygeus ventralis en de m. sacrococcygeus dorsalis (synoniem: m. extensor coccygis). Deze twee kleine spieren zijn soms aanwezig en hebben amper spiervezels (Putz et al., 2000). Ze vormen, mits aanwezig, samen met de daar aanwezige lig. sacrococcygeum anterius en het lig. sacrococcygeum posterius één geheel. De spieren en ligamenten lopen beide van het os sacrum naar het os coccygis, respectievelijk aan de voor- en achterzijde. Beide spieren zijn rudimentair (Feneis, 1999).

De m. sacrococcygeus dorsalis is evolutionair logisch te verklaren. Bij dieren met een staart zorgt deze spier ervoor dat de dieren hun staart kunnen extenderen (sterkken). De functie van de m. sacrococcygeus ventralis staat niet in de gebruikte literatuur omschreven. Het (mede) kunnen flecteren (buigen) van de staart lijkt de meest logische functie.

Gezien het voorgaande lijkt het logisch te veronderstellen dat bovengenoemde musculatuur (spieren) een evolutionaire geschiedenis heeft. Bij dieren met een staart zijn de staartwervels niet vergroeid. De musculatuur die bij de mens overbodig is geworden of een andere functie heeft gekregen, verzorgt de beweging van de staart bij dieren die deze hebben.

Menselijke staarten

Een opmerkelijk fenomeen binnen de medische wetenschap is het bestaan van menselijke staarten. Twee foto's van menselijke staarten zijn hieronder in figuur 3 weergegeven.



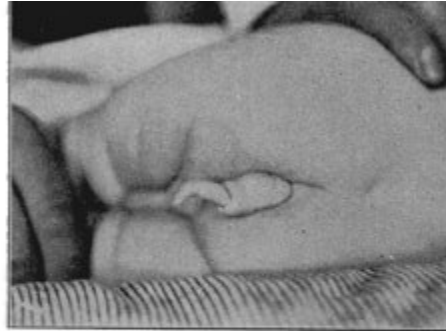
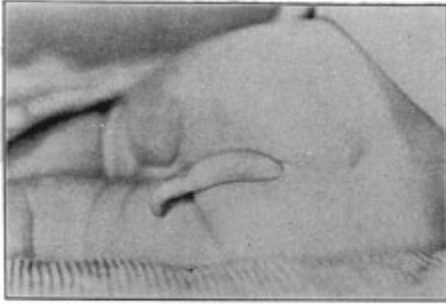


Fig.1 - Photograph showing tail in extended condition. Fig. 2. - Photograph showing tail in state of contraction.

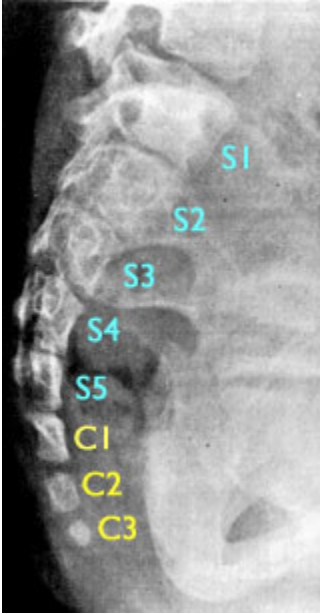


Figuur 3: Op beide foto's is een menselijke staart te zien.

In de medische literatuur zijn meer dan honderd menselijke staarten gedocumenteerd. Minder dan een derde hiervan zijn zogenaamde pseudo-staarten (Theobald, 2005). Pseudo-staarten zijn geen echte staarten, maar eerder vergroeiingen van het staartbeen of abnormale huidplooiën in het gebied van het staartbeen. Tweederde van de gedocumenteerde staarten zijn 'echte' staarten. Ze bevatten vet- en bindweefsel, een dwarsgestreepte spier, bloedvaten, zenuwen en druksensoren (lichaampjes van Pacini). De staarten zijn bedekt met een normale huid, inclusief haarzakjes, zweetklieren en talgklieren. De staarten bij de pasgeborenen variëren in lengte van 3 tot 13 centimeter (Theobald, 2005). De staarten kunnen door de willekeurige, dwarsgestreepte spieren volledig bewegen. Hoewel menselijke staarten meestal geen skeletachtige structuren hebben, zijn er meerdere staarten gedocumenteerd met kraakbeen en tot vijf, volledig ontwikkelde, beweegbare coccygale wervels (zie figuur 4) (Theobald, 2005).

Echte menselijke staarten zijn zelden overerfbaar, hoewel er enkele families gedocumenteerd zijn waarbij dit wel het geval is. In één zaak is de staart zelfs overgeërfd in drie vrouwelijke generaties (Theobald, 2005).

Onderstaande figuur is een röntgenfoto van een zesjarig meisje met een staart. De vijf sacrale wervels (wervels van het heiligbeen) en de drie coccygale wervels (die van het staartbeen) zijn genummerd. Het gehele os coccygis is normaal even groot als de vijfde sacrale wervel. Hierbij is het os coccygis dus drie keer zo groot als normaal. In dezelfde studie als waaruit deze foto komt, hebben de chirurgen twee andere gevallen met een echte staart gerapporteerd, waarvan één met drie staartwervels en één met vijf (Theobald, 2005).



Figuur 4: Een röntgenfoto van een menselijke staart.

De genen (de Wnt-3a en Cdx1) die een staart tot ontwikkeling laten komen, zijn ontdekt in muizen en andere gewervelde dieren (Theobald, 2005). Zoals gemeenschappelijke afstamming voorspelt, zijn deze genen ook terug te vinden in het menselijk genoom. De ontwikkeling van de normale menselijke staart in jonge embryo's is uitgebreid onderzocht. Hieruit blijkt dat tussen de vierde en de vijfde week een normaal embryo 10 tot 12 ontwikkelende staartwervels heeft, welke samen voor meer dan 10% van de lichaamslengte zorgen. Hieruit is tevens gebleken dat apoptose (geprogrammeerde celdood) een significante rol speelt in het verwijderen van de menselijke staart nadat deze gevormd is. Het is bekend dat het Wnt_3a gen de apoptose van de staartcellen veroorzaakt in de ontwikkeling van het embryo (Theobald, 2005). De staart wordt dus in eerste instantie aangelegd, maar vervolgens weer afgebroken.

Potentiële falsificatie

Uit het bovenstaande blijkt duidelijk dat de mens een evolutionaire voorganger gehad heeft met een staart. Toch blijven de creationisten het tegendeel volhouden. De claims die mij bekend zijn om de evolutionaire geschiedenis van de mens met betrekking tot het os coccygis te falsifiëren worden hieronder behandeld. Onderstaande claims komen zowel uit discussies als van creationistische sites.

Een rudimentair orgaan heeft geen functie.

Onjuist, een rudimentair orgaan kan geen functie meer hebben, het is niet noodzakelijk (zie definitie aan het begin van dit artikel)

De menselijke staarten zijn vervalsingen.

Mij is één voorbeeld bekend waarbij dit het geval was (Dr. W. W. Keen). Bij alle andere uitgebreid gedocumenteerde gevallen is dit niet het geval.

De beschrijvingen menselijke staarten zijn vaag en niet verifieerbaar

Onjuist, menselijke staarten zijn uitgebreid en veelvuldig gedocumenteerd in medische literatuur, die voor iedereen toegankelijk is.

Menselijke staarten duiden niet op een voorganger met een staart, immers, er wordt bijvoorbeeld ook vee geboren met twee koppen. Zij stammen ook niet af van voorouders met twee koppen.

De logische fout die hier wordt gemaakt is de volgende: een duplicatie van een hoofd of borstbeen is de duplicatie van een reeds bestaand nuttig orgaan. Het ontwikkelen van een staart kan geen duplicatie van een reeds bestaand orgaan zijn, want de mens bezit normaliter geen staart. De coccygale wervels hebben tevens een andere vorm dan de andere wervels van de wervelkolom (cervicaal, thoracaal en lumbaal).

De menselijke staart is slechts een abnormale vervorming.

Onjuist, de 'echte' menselijke staarten bevatten vet- en bindweefsel, een dwarsgestreepte spier, bloedvaten, zenuwen en druksensoren (lichaampjes van Pacini). De staarten zijn bedekt met een normale huid, inclusief haarzakjes, zweetklieren en talgklieren.

Menselijke staarten hebben geen wervels.

Onjuist, er zijn meerdere voorbeelden gedocumenteerd waarbij de staart meerdere wervels bevat (zie röntgenfoto in figuur 3). Verder zijn wervels niet noodzakelijk voor een staart. De staart van de primaat *M. sylvanus* bevat ook geen wervels.

Menselijke staarten zijn niet erfelijk.

Onjuist, er zijn meerdere families gedocumenteerd zijn waarbij dit wel het geval is. De genen die voor de ontwikkeling van een staart zorgen zijn bekend, en alle mensen hebben ze. Verder is erfelijkheid geen vereiste voor de ontwikkeling van een staart.

De m. coccygeus brengt het coccygis weer op de oorspronkelijke plaats na de geboorte.

Misleidend, dit gebeurt geheel passief door de elasticiteit van de spier, de spier contraheert (trekt samen) hier niet bij.

De m. sacrococcygeus dorsalis verbreedt het geboortekanaal bij de bevalling.

Misleidend, ook dit gebeurt geheel passief door het hoofdje van de baby, de spier contraheert niet.

Het os coccygis is onmisbaar omdat men bij een breuk ervan veel pijn leidt bij het bewegen.

Misleidend, de pijn wordt veroorzaakt door de botbreuk zelf (die altijd pijnlijk is), niet door het functieverlies van het os coccygis.

De creationistische uitleg?

Mij is geen enkele uitleg van het staartbeentje, de spieren die daarop aanhechten en menselijke staarten volgens het creationistische model bekend. Creationisten kunnen alleen proberen de evolutionaire verklaring te weerleggen. Dit wordt dan ook fanatiek geprobeerd in creationistische boeken en websites (zie hierboven). Ze denken dat het weerleggen van argumenten voor de evolutietheorie (wat overigens nog steeds niet gelukt is) automatisch argumenten zijn voor creatie. Dat is een grote filosofische fout (argumentum ad ignorantiam). Willen zij een positie (bijv. creationisme) aannemelijk maken, zullen zij die moeten ondersteunen met positief bewijs. Ik ben dan ook erg benieuwd naar de creationistische antwoorden op de volgende vragen:

Waarom hebben wij een staartbeentje met zulke gedetailleerde anatomische kenmerken?

Waarom hechten daar spieren op aan die functieloos zijn of soms geheel afwezig?

Waarom zitten er genen voor een staart in ons genoom?

Waarom ontwikkelt een embryo tussen de vierde en de vijfde week 10 tot 12 staartwervels, die samen voor meer dan 10% van de lichaamslengte zorgen, maar vervolgens weer afgebroken worden?

Waarom worden er mensen geboren met een volledig functionele staart?

Vanuit een evolutionair perspectief zijn de vragen prima te beantwoorden, een antwoord vanuit het creationistische perspectief is mij echter niet bekend. Ik daag bij dezen creationisten dan ook uit dit te doen. Het moge duidelijk zijn dat antwoorden als "God heeft het zo gewild" of "Gods wegen zijn ondoorgrondelijk" geen legitieme (en al helemaal geen wetenschappelijke) antwoorden zijn.

Referenties

Begun, D.R., *Planet of the apes*, Scientific American, augustus 2003

Feneis, H., *Geïllustreerd anatomisch zakwoordenboek van de internationale nomenclatuur*, Bohn Stafleu Van Loghum, Houten Diegem, 1999

Putz, R. et al, *Sobotta, Atlas van de menselijke anatomie deel twee*, Bohn Stafleu Van Loghum, Houten Diegem, 2000

Rothman, R.H., *The spine*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1982

Williams, P.L. et al, *Gray's anatomy*, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1989

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/>