



Alexandra van der Geer (links) en Frietson Galis (rechts) aan het werk met een halswervel van een wolharige neushoorn.

WAT UITGESTORVEN MAMMOETEN EN NEUSHOORNS ONS LEREN OVER AANGEBOREN AFWIJKINGEN

Zoogdieren hebben zeven halswervels, zelfs de giraf met zijn lange nek en de dolfijn met zijn korte nek. Deze halswervels dragen normaal gesproken geen rib. Er zijn maar een paar uitzonderingen: luiaarden en zeekoeien.

Waarom dat aantal altijd precies zeven is, was lange tijd een raadsel. De laatste twee decennia is er veel onderzoek naar gedaan bij mensen, en het blijkt dat er selectie tegen een verandering van aantal is, omdat zo'n verandering vrijwel onontkoombaar is gekoppeld aan ernstige aangeboren afwijkingen zoals vergroeiingen, hartafwijkingen en tumoren (Galis, 1999; Galis *et al.*, 2006; Varela-Lasheras *et al.*, 2011; Ten Broek *et al.*, 2012). Een halswervel met ribben wordt een transitionele of overgangswervel genoemd, omdat hij eigenschappen van zowel een halswervel heeft als van een borstwervel (namelijk een rib). In dat geval zijn er maar zes normale halswervels, gevolgd

door een overgangswervel. Halsribben komen vaak voor in samenhang met inteelt (denk aan kleine populaties) en ongunstige omstandigheden tijdens de zwangerschap zoals ziekte, honger en kou.

De halswervels worden in een vroeg stadium aangelegd, als het embryo niet meer dan een klompje cellen is. Fouten die dan ontstaan hebben vaak grote gevolgen. Daarom gaan afwijkingen aan de nekswervels vaak gepaard met bijvoorbeeld kanker of hart- en darmafwijkingen (Varela-Lasheras *et al.*, 2011).

Halsribben komen meer voor dan we denken, maar gaan gepaard met hoge sterfte van jonge individuen: bij men-

sen heeft meer dan de helft van de miskramen een halsribje (Varela-Lasheras *et al.*, 2011). Ook bij skeletonderzoek bij andere zoogdieren is gevonden dat halsribben samengaan met afwijkingen, bijvoorbeeld bij klipdassen en een bepaald kattenras (Japanse bobtail; Pollard *et al.*, 2015).

Onderzoek aan wervels van de wolharige mammoet van de Noordzee toonde aan dat deze mammoeten een uitzonderlijk hoog percentage halsribben hadden vergeleken met olifanten: 33.3% tegen 3.3%, dat is tienmaal zo vaak (Reumer *et al.*, 2014). De aanwezigheid van halsribben kan afgeleid worden aan de aanwezigheid van gewrichtsvlakken voor ribben aan de voorkant van de zevende halswervel en/of de achterkant

AUTEURS
ALEXANDRA
VAN DER GEER
FRIETSON GALIS



Overgangswervel van een wolharige neushoorn met asymmetrisch geplaatste ribfacetten (pijltes). RGM 94549 (Naturalis Biodiversity Center, Leiden), Ellewoutsdijk, Zeeland.

van de zesde halswervel. Waarschijnlijk is het sterk verhoogde percentage halsribben in de wolharige mammoet veroorzaakt door (een combinatie van) inteelt in steeds kleiner wordende populaties en ongunstige omstandigheden die de vroege zwangerschap verstoorden. De hiermee verbonden aangeboren afwijkingen kunnen de overlevingskansen voor de mammoeten nóg verder hebben teruggebracht en het proces van uitsterven versneld.

Niet alleen de wolharige mammoet stierf uit tegen het eind van het Laat-Pleistoceen. Andere megafauna verdween ook, zoals de wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis*), het reuzenhert (*Megaloceros giganteus*) en de hollenbeer (*Ursus spelaeus*). We waren nieuwsgierig hoe het zat met hun halswervels naar aanleiding van de bevindingen bij de wolharige mammoet. We onderzochten 32 zevende halswervels van de wolharige neushoorn, hoofdzakelijk van de Noordzee en Zeeland, en vergeleken die met die van 56 recente neushoorns uit verschillende natuurhistorische musea (Naturalis (Leiden), American Museum of Natural History (New York), Muséum National d'Histoire Naturelle (Parijs), Zoologisch Museum van de Universiteit van Kopenhagen, Field Museum of Natural History (Chicago), Natuurhistorisch Museum (Wenen) en Swedish Museum of Natural History (Stockholm)). En jawel, bij vijf exemplaren van wolharige neushoorns vonden we gewrichtsvlakken voor een rib terwijl we er geen enkele aantroffen bij de recente neushoorns (*Dicerorhinus sumatrensis*, *Ceratotherium simum*, *Rhinoceros unicornis*, *R. sondaicus*, *Diceros bicornis*). Dit hoge percentage (15.6%) is waarschijnlijk ook een indicatie voor uitsterven, net als bij de wolharige mammoet, en hangt nauw samen met dalende aantallen en een groeiend risico op inteelt en genetische afwijkingen.

Vandaag de dag zijn alle neushoornsoorten met uitsterven bedreigd. Van de Javaanse neushoorn (*Rhinoceros sondaicus*) leven bijvoorbeeld nog maar 50 exemplaren in een natuur-

DE WOLHARIGE NEUSHOORN

De wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799)) is misschien wel de meest charismatische soort van de mammoetsteppe, genoemd naar de wolharige mammoet (*Mammuthus primigenius*), maar nauwelijks bekend in tegenstelling tot de mammoet. De wolharige neushoorn was een middelgrote neushoorn, aangepast aan zijn omgeving met een beschermende jas van stugge dekharen met daaronder een dichte laag onderwol, een gedrongen bouw en waarschijnlijk een vetbult boven de schouders. Verder had hij een extreem lange, naar achter gebogen hoorn op zijn neus (tot 1.35 meter lang: Fortellius, 1983) en een relatief kleine hoorn daarachter. De lange hoorn diende wellicht om een dun sneeuwdek te verwijderen om de planten eronder te bereiken, maar in ieder geval ook als een wapen in onderlinge gevechten, zoals te zien is in één van de boven-palaeolithische grotschilderingen van Chauvet bij Pont d'Arc (Ardèche, Frankrijk) waarop twee neushoorns te zien zijn met in elkaar grijpende hoorns (Stuart & Lister, 2012). De mogelijke vetbult is afgeleid uit de aanwezigheid van extreem lange doornuitsteeksel van de voorste borstwervels, vergelijkbaar met die van bison (Kahlke, 1999). Gemummificeerde maaginhoud leert ons dat de wolharige neushoorn voornamelijk laaggroeiende kruiden at, hoofdzakelijk soorten als *Artemisia* en in mindere mate grassen (Boeskorov *et al.* 2011). Dat beeld klopt met wat bekend is over de vegetatie van de droge steppe-toendra waar deze neushoorns leefden (Willerslev *et al.*, 2014). De wolharige neushoorn kwam voor in heel noordelijk Eurazië, maar verdween eerder in het westen (laatste gedateerde voorkomen rond 35,5 duizend jaar geleden) dan in het oosten (c. 13,9 duizend jaar geleden) (Stuart & Lister, 2012). Het uiteindelijke uitsterven wordt wel in verband gebracht met een hogere sneeuwval die het grazen aanzienlijk belemmert (Stuart & Lister, 2012) met de daarbij passende verandering in de flora en dus het dieet van deze grote herbivoren (Willerslev *et al.*, 2014).

park. De westelijke zwarte neushoorn (*Diceros bicornis longipes*) is zelfs al sinds 2006 officieel uitgestorven. Weliswaar vonden we geen afwijkingen in de wervelkolom bij de huidige neushoorns in museumcollecties, maar deze collecties zijn minstens tientallen jaren oud zijn, sommige ouder dan een eeuw. Destijds ging het goed met de neushoorns, maar inmiddels is verreweg het grootste deel verdwenen door stroperij. In beeld brengen van afwijkingen aan de wervelkolom van de tegenwoordige neushoorns zou ons kunnen helpen de genetische gezondheid van neushoornpopulaties te bepalen. Op dit moment lijkt de genetische variatie nog groot. Dat komt omdat er een paar generaties terug nog grote populaties waren, oftewel, de dramatische teruggang in aantallen is te recent om ook daadwerkelijk inteelt te verwachten (Braude & Templeton, 2009). Pas nu bereiken populaties van soorten zoals de Afrikaanse zwarte neushoorn (*Diceros bicornis*) een 'bottleneck'. Zonder ingrijpen is er een grote kans op ernstige inteelt, en de inventarisatie van de wervels zou kunnen helpen om zo vroeg mogelijk aanwijzingen te verkrijgen over het mogelijke begin van de 'extinction vortex'.

LITERATUUR

Boeskorov, G.G., N.T. Bakulina, S.P. Davydov, M.V. Shchelchkova, N.G. Solomonov (2011) Study of pollen and spores from the stomach of a fossil woolly rhinoceros found in the lower reaches of the Kolyma river. *Doklady Biological Sciences* 436, 23-25.

Braude, S., A.R. Templeton (2009) Understanding the multiple meanings of 'inbreeding' and 'effective size' for genetic management of African rhinoceros populations. *African Journal of Ecology* 47, 546-555.

Broek, C.M.A. ten, A.J. Bakker, I. Varela-Lasheras, M. Bugiani, S. Van Dongen, F. Galis (2012) Evo-devo of the human vertebral column: on homeotic transformations, pathologies and prenatal selection. *Evolutionary Biology* 39, 456-471.

Fortelius, M. (1983) The morphology and paleobiological significance of the horns of *Coelodonta antiquitatis* (Mammalia: Rhinocerotidae). *Journal of Vertebrate Paleontology* 3 (2), 125-135.

Galis, F. (1999) Why do almost all mammals have seven cervical vertebrae? Developmental constraints, Hox genes, and cancer. *Journal of Experimental Zoology* 285, 19-26

Galis, F., T.J. Van Dooren, J.D. Feuth, J.A. Metz, A. Witkam, S. Ruinard, M.J. Steigenga, L.C. Wijnaendts (2006) Extreme selection in humans against homeotic transformations of cervical vertebrae. *Evolution* 60, 2643-2654.

Geer, A.A.E. van der, F. Galis, F. (2017). High incidence of cervical ribs indicates vulnerable condition in Late Pleistocene woolly rhinoceroses. *PeerJ* 5, e3684.

Kahlke, R.D. (1999) *The history of the origin, evolution and dispersal of the late pleistocene Mammuthus-Coelodonta faunal complex in Eurasia (Large Mammals)*. Fenske Companies, Rapid City.

Pollard, R.E., A.L. Koehne, C.B. Peterson, L.A. Lyons (2015) Japanese Bobtail: vertebral morphology and genetic characterization of an established cat breed. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 17, 719-726.

Reumer, J.W.F., C.M.A. ten Broek, F. Galis (2014) Extraordinary incidence of cervical ribs indicates vulnerable condition in Late Pleistocene mammoths. *PeerJ* 2, e318.

Sedwick, C. (2008) What killed the woolly mammoth? *PLoS Biology* 6 (4), e99.

Stuart, A.J., A.M. Lister (2012) Extinction chronology of the woolly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis* in the context of late Quaternary megafaunal extinctions in northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews* 51, 1-17.

Varela-Lasheras, I., A.J. Bakker, S. van der Mije, J. van Alphen, F. Galis (2011) Breaking evolutionary and pleiotropic constraints in mammals: On sloths, manatees and homeotic mutations. *EvoDevo* 2, 11.

Willerslev, E., J. Davison, M. Moora, M. Zobel, E. Coissac, M.E. Edwards, E.D. Lorenzen, M. Vestergaard, G. Gussarova, J. Haile, J. Craine, L. Gielly, S. Boessenkool, L.S. Epp, P.B. Pearman, R. Cheddadi, D. Murray, K.A. Brathen, N. Yoccoz, H. Binney, C. Cruaud, P. Wincker, T. Goslar, I.G. Alsos, E. Bellemain, A.K. Brysting, R. Elven, J.H. Sønstebo, J. Murton, A. Sher, M. Rasmussen, R. Rønn, T. Mourier, A. Cooper, J. Austin, P. Möller, D. Froese, G. Zazula, F. Pompanon, D. Rioux, V. Niderkorn, A. Tikhonov, G. Savvinov, R.G. Roberts, R.D.E. MacPhee, M.T. Gilbert, K.H. Kjær, L. Orlando, C. Brochmann, P. Taberlet (2014) Fifty thousand years of Arctic vegetation and megafaunal diet. *Nature* 506, 47-51.



Laat-pleistoceen landschap met wolharige mammoeten, wilde paarden, een wolharige neushoorn, en grottenleeuwen met een rendierkarkas.