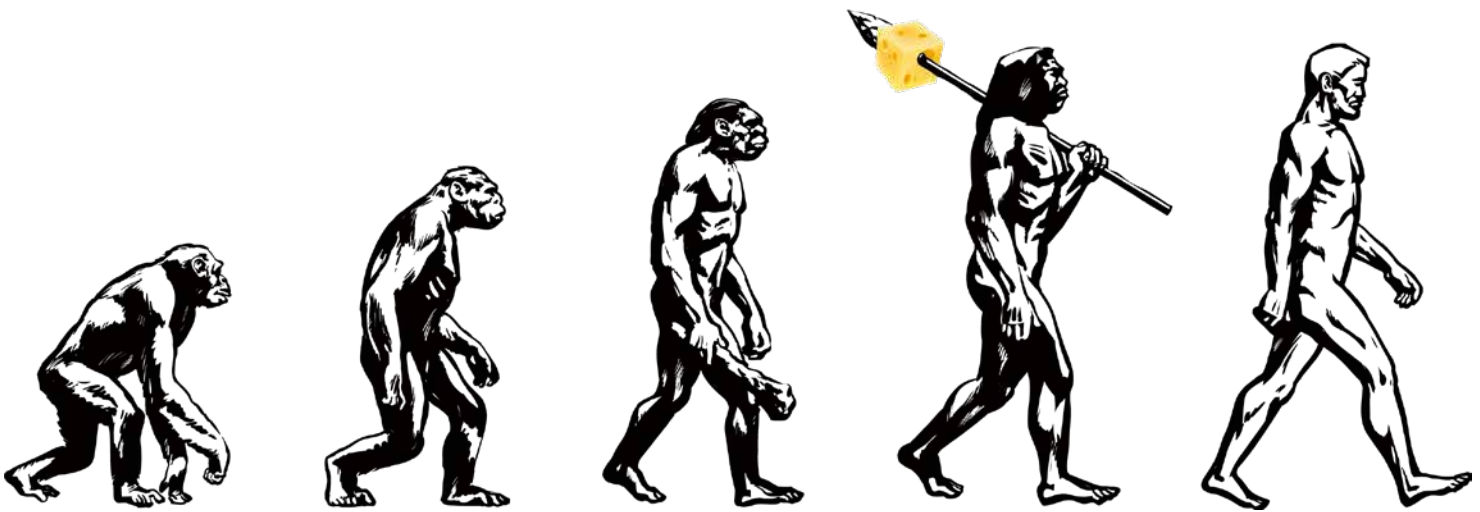


Van Paleo naar Neolithisch



Ongeveer 10.000 jaar geleden werd zuivel aan het dieet van de mens toegevoegd. Dit heeft een ingrijpend effect gehad op onze cultuur, genetica en gedrag. Catherine Walker beschrijft de fundamentele veranderingen die in de neolithische periode hebben plaatsgevonden en die nu nog steeds zichtbaar zijn.

TEKST CATHERINE WALKER (DEPARTMENT OF GENETICS, EVOLUTION AND ENVIRONMENT AND THE INSTITUTE OF ARCHAEOLOGY UNIVERSITY COLLEGE LONDON)

In het grootste deel van de prehistorie leefden mensen in kleine groepen en verzamelden en jaagden zij op voedsel binnen een beperkt geografisch gebied. Deze paleolithische periode duurde van ongeveer 2,6 miljoen jaar tot 15000 jaar geleden. Omdat deze periode relatief lang heeft geduurd, wordt vaak aangenomen dat de menselijke fysiologie

optimaal zou zijn voor de voedingspatronen die wij toen in ons diepe evolutionaire verleden volgden. Vanaf circa 12000 jaar geleden veranderde in Zuidwest-Azië de menselijke ecologie en de wijze van levensonderhoud echter fundamenteel; van voedsel zoeken naar voedsel produceren.^{1,2,3} Deze verandering had ook vergaande biologische gevolgen. De verschuiving naar een leven met een vaste standplaats in combinatie met een verhoogde afhankelijkheid van granen in het voedingspatroon staat bekend als de neolithische transitie.

Neolithisch dieet

Het aanbod van granen en peulvruchten vormde een betrouwbaardere bron van koolhydraten, maar verlaagde de algemene diversiteit aan voedingsstoffen.^{6,7,8} Binnen het neolithische voedingspatroon leverde verzameld voedsel naar schatting 20% van de calorieën; verbouwde graansoorten leverden het grootste deel van de energie.⁹ De verhoogde beschikbaarheid van koolhydraten in de voeding heeft waarschijnlijk bijgedragen aan de specta-

culaire toename van de bevolkingsdichtheid. Veel algemene gezondheidsindicatoren, zoals botgroei, lengte, vorming van tanden en vatbaarheid voor ziekten wijzen echter op een afname van de algemene gezondheid in deze periode. De tweede verschuiving in de neolithische periode was de domesticatie van vee; het houden van vooral geiten, schapen, varkens en runderen. Dit vond ongeveer plaats tegelijk met of kort na de veredeling van gewassen. Geiten (*Capra hircus*) werden het eerst gedomesticeerd in een regio tussen de Taurus- en Zagrosgebergtes. Ongeveer 11.000 jaar geleden volgde de domesticatie van schapen (*Ovis aries*) in het Taurusgebergte en ongeveer 10.500 jaar geleden die van runderen (*Bos taurus*) in zuidoost Turkije. Deze vroeg gedomesticeerde dieren werden waarschijnlijk in eerste instantie gehouden voor hun huiden, vlees en botten (primaire producten), maar er is nu sterk bewijs dat zij ook werden gebruikt als trekdieren en voor melk en wol (secundaire producten van levende dieren). Direct of kort na de domesticatie zijn bewijzen van gebruik van deze secundaire producten in archeologische gegevens aangetroffen.

Melk als voedingsbron

Melk is de enige voeding die specifiek ontwikkeld is om te voeden. Andere voedingsmiddelen in ons voedingspatroon – van vóór de domesticatie en kunstmatige selectie – ontwikkelden zich als reactie op vormen van selectieve druk, zoals zaadverspreiding, bescherming van zaden of verdediging tegen roofdieren. Melk ontwikkelde zich al meer dan 300 miljoen jaar geleden bij voorouders van zoogdieren voor het leveren van vocht, bescherming tegen ziekteverwekkers en voedingsstoffen.^{12,13} Van zoogdieren afkomstige



De tweede verschuiving in de neolithische periode was de domesticatie van vee: het houden van vooral geiten, schapen, varkens en runderen

melk heeft zich zodanig ontwikkeld dat het zowel een goed uitgebalanceerde combinatie van macro- en micronutriënten levert als andere bioactieve bestanddelen zoals oligosachariden. Aan het agrarische neolithische voedingspatroon voegde melk extra eiwit, vetten, vitamine D, vitamine



B12, riboflavine (vitamine B2), calcium, fosfor, kalium, selenium en andere voedingsstoffen toe. Paleolithische jagersverzamelaars dronken waarschijnlijk sporadisch melk als zij bij de jacht een melkproducerend dier hadden gevangen, daar het gevaarlijk zo niet onmogelijk was om wilde dieren te melken. En hoewel sommige vogels uit de spenen van gedomesticeerde hoefdieren kunnen drinken, stamt de regelmatige consumptie van exogene melk (melk van een andere soort) uit de neolithische periode.

Lactase-intolerantie

Verse melk bevat de disaccharide lactose dat bestaat uit de monosachariden glucose en galactose. Zoogdieren produceren ➤

Eerste vormen van landbouw

De verschuiving naar landbouw vond voor het eerst plaats in de Vruchtbare Sikkal; een regio die de Levant, oostelijk Anatolië en Mesopotamië besloeg. Daar ging men tarwe, gerst, linzen en haver verbouwen en veredelen.⁴ In China en Zuidwest-Azië werden vanaf circa 8000 jaar geleden vroege soorten rijst en gierst verbouwd en veredeld.⁵ De veredeling van andere planten in Ethiopië, West-Afrika, Noord-Amerika, Meso-Amerika, Amazonië en Papoea-Nieuw-Guinea zijn via archeobotanische en genetische studies bevestigd.

Vroegste bewijs melkconsumptie

Kort na de domesticatie van dieren kreeg melk een plaats in het voedingspatroon van mensen. Er is archeologisch bewijs dat melk van geiten, schapen en runderen al ongeveer 9.000 jaar geleden werd gebruikt door mensen. In potscherven uit deze periode die gevonden zijn in Anatolië en de Levant werden zuivelipiden

aangetroffen. De aanwezigheid van deze lipiden is het vroegste bewijs van de verwerking van melk en zuivelproducten als onderdeel van de voeding voor volwassenen.⁹ Soortgelijke bewijzen van de verwerking van melk en kaas vond men ook in vroege keramische 'melkzeven' van ongeveer 7.500 jaar geleden uit de Poolse regio Kuyavia.¹⁰ De vondst van in

tanksteen opgeslagen β -lactoglobulinemoleculen uit westelijk Eurazië leverde het bewijs dat mensen circa 5.000 jaar geleden verse melk van geiten, schapen en runderen over een uitgestrekte geografisch en tijdzone consumeerden.¹¹



lactase; een enzym dat de lactose in deze monosacharidecomponenten splitst en geschikt maakt voor opname en gebruik. Bij zoogdieren en de meeste mensen is de productie van dit enzym genetisch bepaald en neemt deze af na het spenen. Als er in de dunne darm geen lactase aanwezig is, gaat lactose naar de dikke darm, waar het een osmose-effect heeft. Bacteriën in de dikke darm vergisten de lactose, waarbij oncomfortabele symptomen zoals maagkrampen, een opgeblazen gevoel, windrigheid en diarree ontstaan. Deze symptomen worden vaak lactose-intolerantie genoemd.

Ontdekking fermentatie

In de neolithische periode begonnen mensen verse melk te verwerken tot kaas, boter, yoghurt en kefir. Het fermenteren en verwerken van de melk had belangrijke voordelen. Ten eerste zorgde vergisting, of fermentatie, voor een aanzienlijke verlaging van het lactosegehalte – terwijl de voedingsstoffen behouden blijven – en verkleint het de kans op lactose-intolerantie of verlicht het de symptomen. Daarnaast bleef voedsel door fermentatie langer houdbaar en was het gemakkelijker te transporteren. Het toevoegen van gefermenteerde melkproducten herstelde enigszins de onbalans in voedingsstoffen in het minder brede voedingspatroon van de vroege neolithische periode.

Lactase persistentie

Naast het ontwikkelen van uiterst effectieve culturele innovaties om het lactosegehalte van melk te verlagen, pasten mensen zich gedurende de neolithische periode ook biologisch aan het drinken van verse melk aan. Ze ontwikkelden een eigenschap die bekend staat als lactase persistentie (LP). Dit zorgde voor blijvende tolerantie voor lactase bij volwassenen. Deze eigenschap ontwikkelde zich niet in één keer, maar onafhankelijk en in verschillende regio's op minimaal vijf

momenten in de laatste 10.000 jaar. Ongeveer een derde van de huidige volwassenen in de wereld en meer dan 90% van de volwassenen in Noordwest-Europa heeft deze genetische aanpassing, waardoor zij ook als volwassene lactose kunnen verteren. Dit is het gevolg van basenpaarveranderingen in een reguleringsgebied vlakbij het lactasegen.

Extra calorieën

Een LP-persoon die verse melk drinkt kon tot wel 30% meer energie uit glucose en galactose halen zonder last te hebben van onprettige symptomen in het maag-darmstelsel, zoals winderigheid, darmkrampen en diarree. Deze extra calorieën en het voorkomen van uitdroging droegen mogelijk aanzienlijk bij aan de reproductieve voordelen van LP-persoon. Tijdens perioden van afwisselend mislukte oogsten, hongersnood en voedselschaarste in de neolithische periode zal het selectieve voordeel van het vermogen om verse melk te verteren veel groter zijn geweest.



Door fermentatie bleef voedsel langer houdbaar en was het gemakkelijker te transporteren

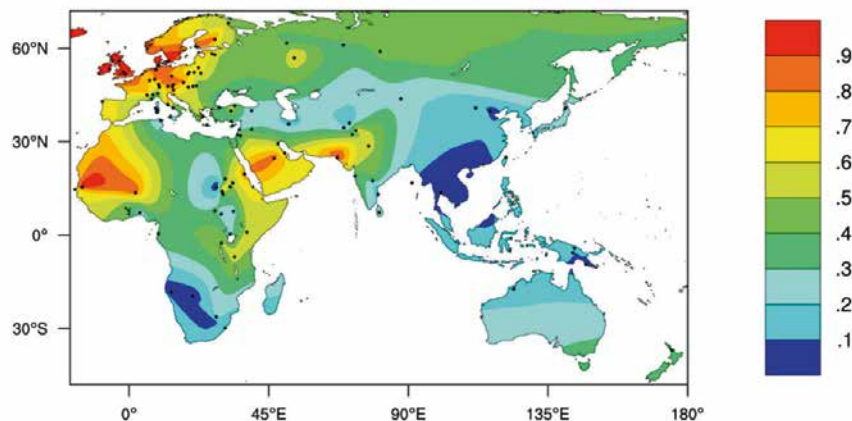
Gen-cultuur co-evolutie

Lactase-persistentie is het meest genoemde en bekendste voorbeeld van recente sterke natuurlijke selectie bij mensen en een voorbeeld van gen-cultuur co-evolutie.^{14,15,16,17} De huidige verspreiding en ongelijkmatige verdeling van lactase-persistentie over de wereld vloeit voort uit regio's waar zuivelproducerende volkeren in het verleden leefden. Cultureel gezien zijn veel van de innovaties uit de neolithische transitie behouden, inclusief een aan één plaats gebonden levensstijl, agrarische voedingspatronen, het leven in steden en ook sociale ongelijkheid. De toename van lactase-persistentie in de wereld kan worden toegeschreven aan variërende natuurlijke selecties die vanaf de neolithische periode in verschillende gebieden door heel Eurazië, Afrika en het Midden-Oosten hebben plaatsgevonden. Dit heeft geleid tot het onregelmatige LP-patroon bij de hedendaagse bevolkingsgroepen (Figuur 1).

Conclusies

Domesticatie van dieren in de neolithische periode heeft geleid tot toevoeging van een nieuwe voedingsbron die rijk is aan diverse voedingsstoffen en energie: melk. De samenstelling van de voedingsstoffen in melk en zuivelproducten vormde een aanvulling op voeding die alleen op granen was gebaseerd. Ondanks het feit dat in de neolithische periode in het algemeen de menselijke gezondheid afnam – een

Figuur 1. Geïnterpoleerde kaart van de verspreiding van het lactase-persistente fenotype over de wereld. 16 © Itan et al; BioMed Central Ltd. 2010.



Een Lactase-Persistentie persoon die verse melk drinkt kon tot wel 30% meer energie uit glucose en galactose halen

aantoonbaar gevolg van een lagere diversiteit aan voedingsstoffen door de verschuiving van zeer gevarieerd verzameld voedsel naar een kleiner aantal verbouwde granen – vond er ook een ongekende bevolkingsgroei plaats. Verondersteld mag worden dat zonder de toevoeging van melk en melkproducten

aan de voeding van mensen in de neolithische periode, de negatieve gevolgen voor de gezondheid ernstiger zouden zijn geweest. De innovaties op het gebied van zuivel en de genetische aanpassingen in de neolithische periode laten een duidelijke signatuur en een positieve erfenis achter in onze huidige cultuur en ons genoom. <

Referenties

- 1 Bocquet-Appel J-P, et al (2008). The Neolithic Demographic Transition and its Consequences: Springer Science & Business Media.
- 2 Fuller DQ (2007). Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: recent archaeobotanical insights from the Old World. *Annals of Botany*, 100(5), 903-924.
- 3 Zeder MA (2008). Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(33), 11597-11604.
- 4 Purugganan MD, et al (2009). The nature of selection during plant domestication. *Nature*, 457(7231), 843.
- 5 Fuller DQ, et al (2010). Consilience of genetics and archaeobotany in the entangled history of rice. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2(2), 115-131.
- 6 Armelagos GJ, et al (1984). *Paleopathology at the Origins of Agriculture*. Orlando, Florida: Academic Press.
- 7 Molleson T (1994). The eloquent bones of Abu Hureyra. *Scientific American*, 271(2), 70-75.
- 8 Mummert A, et al (2011). Stature and robusticity during the agricultural transition: evidence from the bioarchaeological record. *Economics & Human Biology*, 9(3), 284-301.
- 9 Eaton SB, et al (2002). Evolution, diet, and health. In Ungar, PS, & Teaford, MF (Eds.) (2002). *Human Diet: Its Origin and Evolution*. Greenwood Publishing Group.
- 10 Salque M, et al (2013). Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe. *Nature*, 493(7433), 522-525.
- 11 Warinner C, et al (2014). Direct evidence of milk consumption from ancient human dental calculus. *Scientific Reports*, 4.
- 12 Oftedal, OT (2011). Milk of marine mammals. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (ed. J Fuquay, PF Fox and P McSweeney), vol. 3, 2nd edition, San Diego, CA: Academic Press, pp. 563-580.
- 13 Lefèvre CM, et al (2010). Evolution of lactation: ancient origin and extreme adaptations of the lactation system. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 11, 219-238.
- 14 Gerbault P, et al (2011). Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 366(1566), 863-877.
- 15 Ingram CJ, et al (2009). Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. *Human Genetics*, 124(6), 579-591.
- 16 Itan Y, et al (2009). The origins of lactase persistence in Europe. *PLoS Computational Biology*, 5(8), e1000491.
- 17 Tishkoff SA, et al (2007). Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature Genetics*, 39(1), 31.