

Spencer Wells

# Az ember útja

AKKORD KIADÓ

Az eredeti mű címe:  
Spencer Wells  
The Journey of Man  
A Genetic Odyssey  
Allen Lane, 2002

Fordította: Kovács Tibor

Szerkesztette: Huszár Tamás

Copyright © Spencer Wells, 2002  
Hungarian translation © Kovács Tibor, 2003  
Hungarian edition © Akkord Kiadó, 2003

Minden jog fenntartva. A könyv bármely részlete csak a kiadó előzetes engedélyével használható fel.

ISBN 963 9429 38 4  
ISSN 1586-8419

Kiadja az Akkord Kiadó Kft.  
Felelős kiadó: Földes Tamás  
Felelős szerkesztő: Várlaki Tibor  
Műszaki szerkesztő: Haiman Ágnes  
Tördelés: Szmrecsányi Mária

Készült a Borsodi Nyomda Kft.-ben  
Felelős vezető: Ducsay György

*Feleségemnek, Trendellnek, valamint leányaimnak,  
Margotnak és Sashának  
(talán túlértékeltem az Y-kromoszómát...)*

A tudomány célja nem a végtelen bölcsesség kapujának kitárása,  
hanem hogy határt szabjon a tévedéseknek.

Bertolt Brecht: *Galilei élete*

# Tartalom

Térképek jegyzéke	6
Ábrák jegyzéke	7
Előszó	8
1. A sokszínű főemlős	12
2. <i>E pluribus unum</i>	24
3. Éva párja	51
4. A partok mentén, előre	71
5. Ugrások és lépések	90
6. A fővonal	108
7. Vér egy darab kőből	127
8. A kultúra súlya	150
9. A végső Nagy Bumm	186
Köszönetnyilvánítás	198
További olvasmányok	200
Mutató	209

## *Térképek<sup>1</sup>*

Dél-Ázsia

Északkelet-Afrika és a Közel-Kelet

Eurázsia

---

<sup>1</sup> A digitális változat térképeit különálló képfájlokban mellékeljük. (E)

## *Ábrák*

1. Két rokon molekula evolúciós genealógiája	36
2. Bizonyíték az ember afrikai eredetére	41
3. A mitokondriális DNS családfája az M és nem M vonalak Afrikán kívüli szétválásával	81
4. Az Y-kromoszóma családfája az M168 ősből származó M130 és nem M130 vonalak szétválásával	83
5. Az mtDNS kevert eloszlása két terjeszkedő populációban	100
6. M89, amely meghatározza a nem afrikaiak fő Y-kromoszóma-vonalát	116
7. Eurázsia fontosabb földrajzi régióit jellemző M89 leszármazási vonalai	117
8. Az M45 a legtöbb nyugat-európainak és az amerikai őslakóknak közös őse	144
9. A szövegben taglalt Y-kromoszóma markerek rokonsági viszonyait szemléltető családfa	184
10. Az Y-kromoszóma leszármazási vonalak szétterjedése a Földön	185

# *Előszó*

Az emberek többsége meg tudja nevezni nagyszüleit, sokan a dédszüleikre, sőt néhányan még ükszüleikre is emlékeznek. Ezen túl azonban a történelem sötét és misztikus birodalmába érkezünk, ahol bizonytalan léptekkel botorkálunk tovább, mert utunkat csak halkán sutgó vezetők segítik. Kik lehettek az előttünk járt emberek? Hol élhettek és milyen lehetett az életük?

Könyvemben megismertetem az olvasót a genetikai kódunkban található válaszokkal, amelyek nem csupán emberré, de önálló egyénekké is tettek bennünket. DNS-ünk négy egyszerű betűbe rejtve igazi történeti dokumentumot hordoz magával, visszanyúlva az élet kezdetéig, az első önmagát reprodukáló molekuláig, majd amőbaszerű őseinken keresztül el egészen a jelenig. Több mint egymilliárd éve tartó evolúciós barkácsolás eredményei vagyunk, és génjeink biztosítják hozzá a szegecseket, varratokat, amelyek feltárják fejlődésünk teljes történetét. Nem maguk a gének hordozzák az üzenetet, sokkal inkább az eltérések, amelyeket két vagy több személy DNS-ének összehasonlításakor láthatunk. E különbségek képezik a gének történeti nyelvezetét. Mint ahogy senki sem azonosítana egy halat azzal a ismérvvvel, hogy „vízben élő állat” (hisz mindegyikük ott él), úgy genetikai kódjaink megegyező részletei sem árulnak el sokat az emberi faj történetéről. Ez inkább a különbségekben rejtőzik, és ez az, amit mi is tanulmányozni szeretnénk.

Könyvünk nem az emberiség eredetét taglalja, hanem azt a hosszú utat, amit már létező fajként tettünk meg bölcsőnktől, Afrikától a Föld legeldugottabb szegletéig. Legkorábbi bizonyított felbukkanásunktól egészen napjainkig – s azon is túl. Vezetőnk, a genetika tudománya, részletes térképet nyújt számunkra vándorlásainkról, és hozzávetőleges dátumokat is rendel az egyes állomásokhoz. Emellett rajtunk is áll, miképpen békítjük össze az így kapott képet régészeti és éghajlati ismereteinkkel. Természetesen minden utazásnak van indulópontja is,



és ez alól a mienk sem kivétel. Minden azzal a tudományos erőfeszítéssel kezdődött, hogy megmagyarázzuk fajunk változatosságát, s e törekvésünk végül is az emberiség bölcsőjéhez vezetett vissza bennünket. A módszerek ugyanis, melyekkel bizonyítottuk afrikai eredetünket, ugyanazok, mint amiket az emberiség nagy vándorlásának nyomon követéséhez használtunk. Magát a vándorlást helyeztük előtérbe, és emiatt hominida őseink részletes ismertetése kimaradt a tartalomból.

Ez a könyv eredetileg a vele azonos című dokumentumfilm részeként született meg. Később azonban önálló életre kelt, és lényegesen alaposabb tudományos elemekkel színesítette mondanivalóját, mint amire a film képes lett volna. Így csupán remélhetem, hogy ugyanúgy megnyeri majd az olvasók tetszését, mint korábban a film, hiszen az (majdnem) első kézből származó élményeket tudott bemutatni olyan módon, amire csak a mozgóképek képesek. Habár gyakran meglehetősen nehéz volt összefésülni a film és a könyv anyagát, a munka komoly előnyökkel is járt. A lehetőség, hogy felidézhettem személyes Odüsszeiámat, hogy megismerhettem számtalan ember életét a világban és megtárgyalhattam velük tudományos eredményeimet, számomra mindenképp hatalmas élmény jelentett. Remélem, kiviláglik ez majd a nyomtatott betűk közül is.

A címválasztás egyáltalán nem szexista (az eredeti angol címben szereplő 'man' szó férfit és embert is jelent), bár talán első pillantásra annak tűnik, mindazonáltal az utazást, melyet nyomon követtünk, valóban férfiak tették meg. Az Y-kromoszóma volt a legpontosabb eszköz, mely a felderítésben hasznunkra volt, s ez Ádám óta öröklődik a férfinemben. Az Y jobban segített elhelyezni összefüggéseikben a köveket, csontokat és nyelveket, mint genomunk bármely más része, és végül is megadta nekünk a keresett genetikai választ. Tagadhatatlan, hogy a korai embercsoportokban az öröklődéstani törvényeknek megfelelően nőknek is kellett lenniük, így az általunk követett utazás nélkülözni fog néhány nőspecifikus részletet, de a kapott tudományos eredmény megérte ezt a korlátozást.

A történet valójában egy detektívregény, ami alkalmi események sorozatából áll össze. Az első kérdés megtévesztően egyszerű: miképp döntjük el, hogy az „emberi rassz” elméletének van-e valami alapja? Valóban egyazon fajba tartozunk-e, avagy éles határvonalak húzódnak egyes csoportjaink közt? Hisz kétségtelenül nagyon is különbözünk egymástól. A válasz, melyet elsőként harvardi PhD-témavezetőm,

Richard Lewontin adott, jó iránytűnek bizonyult, de még nem tárta fel a perdöntő részleteket.

A másik fő kérdés földrajzi elterjedésünkre vonatkozik. Hogyan tudtuk elfoglalni a Föld minden zugát? Erre a kérdésre a DNS-markerek adnak megfelelő magyarázatot. Az itt alkalmazott módszerek története jó fél évszázadra nyúlik vissza, és elsősorban Luca Cavalli-Sforza nevéhez köthető, aki mellett a Stanfordin volt szerencsém posztdoktori tanulmányaimat elvégezni az 1990-es években. Luca egy kiemelkedő matematikai képességekkel rendelkező genetikus, akinek szenvedélyes szerelme a történelem. Ő találta fel nekünk azt a sajátos „időgépet”, amely a múltat a jelenben élő emberekből kiindulva tárja elénk. Ez a könyv nem születhetett volna meg az ő intellektusa nélkül, és kissé zavarban is vagyok attól az érzéstől, hogy a háta mögött beszélnek.

A legmegrázóbb élmény egy régészeti ásatáson az a lehetőség, hogy olyan tárgyakat, eszközöket láthatunk, tapinthatunk meg, amelyeket száz vagy ezer évvel ezelőtt érintett utoljára emberi kéz. Néha szinte déjà vu-nk támad, és úgy tűnik, valami visszaránt minket az időben. Gyermekkoromban egyszer meglátogattam az éppen USA-ban kiállított Tutenkhamon-gyűjteményt. Egészen megdöbbenett a modern szaktudás és az ősi anyagok sajátos kombinációja. Habár a tárgyak varázslatosan egzotikusak voltak, mégis úgy tűnt, mintha csak egy ügyes kezű ezermester készítette volna őket néhány héttel korábban. Az a tény, hogy csaknem 4000 évet tudtak maguk mögött, soha nem lankadó érdeklődést támasztott bennem a múlt iránt.

Az ausztrál bennszülöttek különös figyelemmel kezelik kapcsolatukat felmenőikkel és földjükkel, mégpedig egyféle zenei történelmen keresztül, melyet Bruce Chatwin és mások énekvonalnak neveztek el. Ezek az énekvonalak visszaadják őseik utazását az álmidőn keresztül a távoli múltból, a kollektív emlékezet előtti korszakból. Bizonyos értelemben mi pontosan ugyanezt tesszük DNS-kutatásainkkal, felidézve egy minden ma élő lelket érintő globális énekvonalat, leírva hogyan érték el jelenlegi helyüket és milyen lehetett az útjuk. Mi, nyugati népek, időközben elfelejtettük énekvonalainkat, és azt gondolom, hogy megfelelő módszerekkel a nyugati tudománynak már épp ideje volt újra felfedeznie azokat. Mindazonáltal a tudományos kutatások általában nem légüres térben, önmagukban lebegnek, így sajnálatos módon néha átgázolnak a kultúrák hitvilágán. Remélem ez a könyv nagy lépés lesz majd afelé,

hogy a benne foglaltakat azon emberek egységes erőfeszítésévé tegye, akiket érdekel közös történetük, bárhol is éljenek a világban.

Ezzel a rövid kitekintéssel vágjunk is bele genetikai ásatásunkba. A múlt már készen áll...

# 1. *A sokszínű főemlős*

Isten megteremtette az embert, saját képmására, az Isten képmására teremtette őt, férfinak és nőnek teremtette őket. Isten megáldotta őket, Isten szólt hozzájuk: „Legyetek termékenyek, szaporodjatok...”

Teremtés Könyve 1: 27-8

A teremtésmítoszok minden vallás gyökerében megtalálhatók. Legtöbbjük arra a gyermeki kérdésre keresi a választ, hogy honnan jöttünk, határozott magyarázatot vár létünkre és helyünkre a világban. A teremtésmítoszok ugyan megpróbálják megértetni, honnan származunk, de nem vesznek tudomást a kultúrák, formák, méretek és színek végtelen változatosságáról, amelybe pedig mindenki beleütközik, ha körbenéz a Földön. De vajon miért is vagyunk, mi, emberek annyira különbözők, és miképp tudunk benépesíteni egymástól olyannyira eltérő helyeket?

Hérodotosz, V. századi görög történetíró sokkal többet hagyott az utókorra, mint a görög-perzsa háborúk leírása. Ő volt az első, aki részletesen bemutatta az akkor ismert népek sokszínűségét, korabeli klasszikus szemüvegen keresztül látva a világot. Megismertet bennünket a sötét bőrű és misztikus líbiaiakkal, az emberevő andropophagokkal az orosz északról, és más népekkel, akik a türkökre vagy a mongolokra emlékeztetnek. Hérodotosz élvezetes mesékkel traktál griffekről, akik titkos kincseket őriznek Ázsia hegyei közt és különleges leírást kaphatunk tőle Észak-India lakóiról, akik a hangyabolyokból aranyat bányásznak ki. Minden tekintetben nagyszerű teljesítménye az első néprajzi tanulmány a nyugati ember számára, s minden hiányossága ellenére egy értékes pillanatsfelvétel az akkor ismert világról.

Ha egy naiv, modern Hérodotosz szerepébe lépünk, és körülrepülnénk a Földet az Egyenlítő mentén, a népek és helyszínek változatossága mellbevágó élmény lenne. Képzeljük el magunkat egy repülőn az Atlanti-óceán felett, a kartéziánus glóbusz kellős közepén, ahol a 0. szélességi és 0. hosszúsági körök metszik egymást a nyugat-

afrikai Gabon Libreville nevű fővárosától úgy 1000 km-re nyugatra. Induljon a gépünk kelet felé, és ruházzuk fel magunkat azzal a kissé tudományos-fantasztikus képességgel, hogy végigpásztázzuk a felszínt, mintákat véve az emberiség sokféleségéből.

Az első népek, akikkel találkozunk afrikaiak – pontosabban bantu nyelveket beszélő közép-afrikaiak. Nagyon sötét bőrűek, és az esőerdőből kihalított aprócska falvakban élnek. Továbbmenve kelet felé még mindig sötét bőrű embereket látunk, de ezek valahogy másfélék. Ők a nilóták, Kelet-Afrika és egyben a Föld legmagasabb népei. A szavanna az otthonuk, és létük teljes mértékben szarvasmarháiktól függ. Szétszórva köztük találjuk a hadzákat, akik mind a nilótától, mind a bantutól élesen különböző nyelvet beszélnek.

Aztán egyszer csak hatalmas víztest nyílik alattunk, olyan hatalmas, hogy szinte örökkévalóságnak tűnik, mire megpillantjuk az első szárazföldet, a Maldív-szigeteket. Az itt lakó nép, bár az afrikaiakhoz hasonlóan sötét bőrű, mégis másképpen néz ki, és egészen más nyelvet is beszél. Más az orrának alakja, hajának típusa és még sok egyéb tekintetben is eltér tőlük. Valahogy rokonok lehetnek, de a köztük lévő különbségek egyértelműek.

Utunk ismét a végeláthatatlan tenger felett folytatódik tovább, amíg egyszerre jókora sziget emelkedik elénk: Szumátra fölé értünk. A szigetlakók kisebbek mind az afrikaiaknál, mind a maldívoknál. Arcuk is másmilyen, hajuk egyenes szálú, bőrük világosabb és vastag redő fedí felső szemhéjukat. Kelet felé haladva elérkezünk az ezernyi apró szigetcskéből álló Melanéziába, ahol újra sötét bőrű emberekre bukkanunk. Azonban a melanézerek olyan sok egyéb vonásukban különböznek az afrikaiaktól, hogy felvetődik bennünk a kérdés, fekete bőrük vajon nem itt helyben, ezen a vidéken alakult-e ki. Vagy pedig éppen bőrszínük jelenti a kapcsolatot Afrikával?

Utunkat folytatva számba vehetjük a polinézeket, akik a Csendes-óceán atolljait népesítik be, sok ezer kilométerre egymástól. Bár, nem meglepő módon, erősen emlékeztetnek a szumátraiakra, számos tekintetben el is térnek tőlük. A nagy kérdés az, hogy miért a világnak ebben az eldugott kis zugában élnek, és vajon hogyan keveredtek ide.

Hosszú repülés után elérjük végre Dél-Amerika nyugati partjait, pontosabban Ecuadort. A fővárosban, Quitóban az emberek zavarba ejtő sokfélesége fogad minket. Két fő típus különíthető el közöttük. Az egyik típushoz tartozók egészen olyanok, mint a maldívok, de kissé világosabb a bőrük, míg a másik csoport a szumátraiakra és a polinézekre emlékeztet. Elég furcsán hat ez a sokféleség egyetlen

helyen, amikor ez idáig csak homogén népeiségekkel találkoztunk. Miért ilyen színesek az ecuadoriak? Ehhez hasonlatos az embertípusok szintén megdöbbentő keveréke a kontinens keleti peremén. Brazília északkeleti partvidékén ismét afrikaiakat látunk, pedig Afrika nagyon távol van innen. Amíg továbbrepülünk eredeti kiindulási pontunkig, eltűnődhetünk az utazás alatt látott mozaikon, és megpróbálhatunk magyarázatot találni e sokszínűség földrajzi elterjedésére.

Rövid utunk a Föld körül csak egy kis elmegyakorlat volt, amivel felidézttük, milyen is lehetett az az élmény, amit néhány száz évvel ezelőtt az európai felfedezők éltek át nagy találkozásaik alkalmával. Látszólagos tudatlanságot feltételezve, olyan egyszerű kérdéseket tehetünk fel, amelyekre a válaszok mai tudásunk mellett triviálisnak tűnnek. Ami különösképp érdekes ebben az elmegyakorlatban, hogy leszámítva az afrikaiak és európaiak jelenlétét Dél-Amerikában, valójában egészen a legutóbbi évekig nem tudtuk megmagyarázni azt a mintázatot, amit képzeletbeli repülőgépünkről láttunk.

### *Egyetlen faj...*

1860. június 30-án egy feldúlt egyházi személyiség, bizonyos Samuel Wilberforce tartott előadást az Oxfordi Egyetem múzeumának könyvtárában. Ütközetre készült, de nem csupán saját magáért, hanem annál sokkal fontosabb dolgokért is – hitéért és világnézetéért. Úgy érezte, hogy küzdelme magát a kereszténységet van hivatva megmenteni. A rendezvényt az ember természetben elfoglalt helyéről szóló vitának szánták, olyan kérdéstről tehát, melynek kifejtése egészen addig az egyház és néhány filozófus előjoga volt. A jó püspök betű szerint hitte, hogy a világot az Isten saját kezével teremtette, Krisztus előtt 4004. október 23-án. A dátumot a Bibliában található geneológiai levezetésből számolta vissza. Beszédében egyetlen, de az egész hallgatóságot izgató kérdést emelt ki. Valóban lehetséges-e, hogy őt bármiféle rokonság fűzheti egy majomhoz? Még a feltevés is felháborító volt!

Wilberforce választékos stílusú szónok volt, s érvei a hallgatóság nagy részére meggyőzően hatottak. Ennek ellenére, bár a könyvtárban tartott előadásával még megvédte állításait, hosszú távon mégiscsak bukásra ítéltetett. Előrevetítette a világnézeti változások sorát már az is, hogy Wilberforce tekintélyét nem filozófusok vagy egyházi személyek, hanem hivatásos tudósok rendítették meg. Joseph Hooker

és Thomas Henry Huxley, a legjobb értelemben vett viktoriánusok, hű támogatói voltak Darwin új elméletének, a természetes kiválasztódással zajló evolúciónak. Huxley biológiát tanított a londoni Bányászati Iskolában, és később, mint Darwin buldogja vált ismertté. Hooker a Királyi Fűvészkert tapasztalt botanikusa, egyben igazgatóhelyettese is volt Kew-ben. Mikor szót kértek Wilberforce feldúlt beszédének végén, nem csupán megcáfolták a püspök tételeit, de egyúttal megkongatták a lélekharangot az ember származását illető idejétmúlt tanok felett is. A tudomány szekere egy új világba gördült át.

A vita Wilberforce és a Huxley-Hooker páros közt nemcsak az evolúció elfogadását segítette elő – a legtöbb művelt ember addigra már ebben a kontextusban nézte a világot –, de egyben újraértékelte az emberiség helyét is benne. Amíg egy mindenható lény kiválasztott teremtményének tartottuk magunkat, addig könnyen el tudtuk választani létünket a környező élővilágtól. Akár mint tanítók, akár mint hódítók, vagy csupán kiváltságos gyermekek, de mindenképpen mások voltunk.

Darwin új eszméi mindent megváltoztattak. Ez a rossz emésztésű remete néhány tollvonással (no meg 20 évnyi piszmogással galambokon és vándorkagylókon) az emberiséget kiválasztott lényből biológiai produktummá fokozta le. A meglepő viszont, hogy ez kezdetben egyáltalán nem állt szándékában. Darwin egy módos viktoriánus családba született. Josiah Wedgwood volt a nagyapja, apja pedig orvos, és Darwin maga minden napjának egy részét az ő dolgainak rendezgetésére fordította. Biztosan állíthatjuk, hogy nem akarta zátonyra vinni a régi eszméket, amikor 1831-ben világ körüli útra indult a Beagle fedélzetén. A kalandot kereste, az egyetlen utat ahhoz, hogy felülemelkedjen az egyházi méltóságok túlságosan is nyugodt életén, vagyis a sorson, amelyet a korszak ígérhetett egy cambridge-i diplomásnak. De emellett valami más is hajtotta előre.

Ahogy sok más viktoriánus korabeli emberrel történt, Darwin tudományok iránti szenvedélye szintén gyermekkorában fejlődött ki. Darwin érdeklődését elsősorban a külvilág változatossága kötötte le, habár Erasmus bátyjával együtt végzett lelkes kísérletei során elszenvedte a szokásos kémiai baleseteket (egy alkalommal sikerült felrobbantaniuk kerti laboratóriumukat). Mértéktelen rajongója volt a bogaraknak (vagy ahogy egy hasonlelkű gyűjtőnek egyszer megfogalmazta, a „feltüzogetésnek”) és órákat töltött a mezőn különleges fajok után kutatva. De mindemellett érdekelte az épp

cambridge-i évei alatt fejlődésnek indult geológia is, melynek végül igen nagy hatása lett személyes jövőjét illetően.

A geológia valóságos forradalmon ment keresztül a XIX. század elején. Nem csoda, hisz megkérdőjelezte egész történelmi tudásunkat, melyben addig a Biblia „szakvéleménye” volt mérvadó. Darwin egy olyan iskola híve lett, amely a Charles Lyell nevével fémjelzett aktualizmus elméletről vált híressé. Lyell hitt abban, hogy a Földet formáló erők és az anyagok pont ugyanúgy viselkedtek a távoli múltban, mint napjainkban. Homlokegyenest ellentételes tanokat hirdettek a katasztrófaelmélet hívei, élükön Louis Agassizzal, egy Amerikába települt svájci tudóssal, a Harvardi Egyetem Természettudományi Múzeumának alapítójával. Szerintük a Föld története hosszú nyugalmi periódusokból és a köztük lévő kataklizmák sorából állt. Minden említésre méltó eseményt, mint a bibliai özönvizet, a jégkorszakot vagy a földkéreg fejtetőre fordulását az utóbbiak idézték elő. Úgy gondolták, hogy mind a bolygó, mind a rajta lévő élővilág fejlődését ezek a váratlan katasztrófák vezérelték, továbbá nekik köszönhető a növények és az állatok szétterjedése is.

A katasztrófizmussal az volt a probléma, hogy túlzottan sok szokatlan történést tételezett fel, melyek semmilyen jelentős változást nem okoztak – számos ilyen jelenség minden lényegi következmény nélkül zajlott le. Ha az így van, akkor viszont mi értelme van egyáltalán a történelem efféle apokaliptikus magyarázatának? Nem egyszerűbb feltételezni, hogy a dolgok fokozatosan mindig is változtak, és hogy hosszú idő eltelte után az apró lépéseknek meglett az eredményük is? Lyell szerint ez a feltételezés sokkal jobban illeszkedett a jelenkori megfigyelésekhez.

Ezek a kérdések foglalkoztatták a fiatal Darwin elméjét, amikor őfelsége Beagle nevű vitorlásának fedélzetére lépett, mint FitzRoy kapitány „úri társasága”. E szokatlan pozíció kialakulását a viktoriánus társadalom szokásai indokolták, amikor is a hajó kapitánya túlságosan magas társadalmi rangot foglalt el ahhoz, hogy elvegyüljön az egyszerű tengerészek közt. Volt ugyan már egy természettudós a Beagle-en, az orvos, de ő Brazíliában befejezte az utazást, mivel összeszólalkozott FitzRoyjal. Így hát Darwin lett az út hivatalos természetbúvára, s ez a státus nagyban elősegítette, hogy lemaradásait behozza, majd pedig hatalmasat lendítsen saját tanulmányain.

Az öt évig tartó expedíció után született műve, *A Beagle útja*, klasszikus XIX. századi útleírás. Az utazás alatt Darwin számos felfedezést tett, többek közt használható magyarázatot talált a



korallzátonyok gyűrű alakú növekedésére (amit a tűzhányók süllyedése okoz), de olyan egyszerű megállapításokat is papírra vetett, miszerint a tahitiek valóban vonzó emberek.

Legfontosabb felismeréseit a természetes kiválasztódásról és a fajok evolúciójáról olyan gyakran elemezték már, hogy nem szükséges könyvünkben megismételni. Nyugodtan állíthatjuk, hogy 1860-ban Huxley és Wilberforce nem keveredtek volna vitába, és az olvasó sem tartaná ezt a könyvet a kezében, ha Darwin nem ismerte volna fel a természetben zajló szelekció jelentőségét.

Van egy jelentős téma Darwin palettáján, egyike korábbi nagy munkáinak, amely jelen kutatási tárgyunk kapcsán érdekes a számunkra. Ez volt az előfutára a mintegy 30 évvel később megjelent értekezésnek, *A fajok eredeté*-nek. A téma maga az emberiség, pontosabban az emberiség változatos megjelenése egy viktoriánus tudós szemüvegén keresztül, a megfigyelt mintázatok kissé sietős magyarázatával. Ugyanazt a kérdést feszegette mint mi, vagyis, hogy vajon miért ennyire különbözőek a világ népei.

A Beagle a Plymouth-hoz közeli Davenportban bontott vitorlát 1831. december 27-én. Útja alatt megállt a Zöldfoki-szigeteken, Brazíliában, Argentínában, a Tűzföldön, Chilében, Ecuadorban, a Galápagos-szigeteken, Tahitin, Új-Zélandon, Ausztráliában, Mauritiuson, majd újra Brazíliában és végül 1836. október 2-án ért haza. A hatalmas körutazás során Darwinnak kiváló lehetősége nyílt arra, hogy ismereteit első kézből, közvetlen tapasztalatokból szerezze be. Felmérte Brazíliát, megfigyelte az argentin gauchók munkáját a pampán, és egy chilei hegyi vezetővel vágott neki az Andoknak. Számára azonban e sok ország népei közül a tűzföldi őslakosok voltak a legsajátosabb emberek.

Darwin a következő szavakkal jellemezte a tűzföldieket: „...zömök termetűek, visszaszító arcukat fehér festékekkel mázolják be, bőrük piszkos és zsíros, hangjuk disszonáns, gesztikulációjuk erőszakos. Ezeket az embereket nézve, vajmi kevesen hinnék el, hogy ők is embertársaink.” A kép nagyon messze állt attól, amit sokan a nemes vademberről gondoltak. Lesújtó véleménye ellenére Darwin három tűzföldivel együtt utazott tovább, akiket FitzRoy kapitány öt évvel korábban vitt Londonba. Elrablóiktól olyan kifejező, mesélő neveket kaptak, mint Tűzkosár, Gombos Jemmy, Yorki Dóm, bár valódi neveiket is feljegyezték, Yokcushlu, Orundellico, El'leparu. Az előző út alatt egy ellopott csónak miatt ejtették túsul őket a tengerészek, majd így jutottak el a viktoriánus Nagy-Britanniába, egy olyan világba,

amelynek semmi köze nem volt eredeti lakhelyükhöz. Akárhogy is történt, de végül konyhaszinten megtanultak angolul és kezdték átvenni a brit középosztályra jellemző affektálást. Jemmy például fáradhatatlanul ismételte „szegény, szegény barátom”, amikor Darwinon lehangoló rendszerességgel kitört a tengeribetegség. Saját földjükön megfigyelt ellenszenves viselkedésük ellenére, az emberiségről alkotott viktoriánus osztályszemlélettel erősen átítatott tűzföldieket Darwin a többi emberrel azonos fajhoz tartozónak tartotta. Babonás természetüket a Beagle tengerészeivel hasonlította össze, s alacsony szintű anyagi kultúrájukért egalitáriánus politikai berendezkedésüket okolta. Bár Darwin politikailag elég naivnak bizonyult, tudományos vonatkozásban korához képes mindenképp előre lépett.

Fontos megjegyezni, hogy Darwin a természet kontra nevelés vitában a neveléspártiak oldalán tette le voksát. Állítása szerint a tűzföldiek, akármennyire is borzalmasak voltak eredendő állapotukban, ugyanannak a fajnak voltak tagjai, mint a hajó legénysége. A könyv zárófejezetében csapást mért az amerikai kontinensen széles körben elterjedt barbár rabszolga-kereskedelemre, az emberi egyenlőséggel kapcsolatban addig ritkán hallott csípős kijelentésekkel: „Gyakran történnék kísérletek arra, hogy mentegessék a rabszolgaság fennmaradását, összehasonlítva a rabszolgák helyzetét saját szegény földműveseinkével. Ha viszont saját szegényeink szenvedéseit nem a természet erői okozzák, hanem saját intézményeink, akkor nagy a mi bűnünk...”

Amennyiben a teljes emberiség egy fajhoz tartozik, akkor mi okozza a színek, formák, méretek és kultúrák kápráztató sokféleségét? Honnan származik maga a faj és miképp jutottak el őseink a Föld olyan isten háta mögötti zugaiba, mint Fokföld, Szibéria és Tűzföld? A kérdésekre adott válasszal jó 150 évet kellett várni, és a szükségszerű kerülőutak csontokon, véren és DNS-en keresztül vezettek.

*...vagy több?*

Hogyan határozzuk meg a faj fogalmát? A XX. század közepe óta egységesen elfogadott tétel szerint egy fajt alkot az egymással szaporodó (vagy diszperz elterjedés esetén a potenciálisan szaporodni képes) egyedek közössége. Más szavakkal, ha utódokat képes nemzeni két egyed, akkor azok egy fajba tartoznak. Egészen Darwinig, aki a

fenti definíció elfogadása előtt írta le gondolatait, senkinek nem jutott eszébe, hogy egyáltalán kérdést tegyen fel az emberiség egységére vonatkozólag. A rabszolgaság eltörlését szorgalmazó felhívása A *Beagle útja* végén szíve mélyéről jött, mivel Nagy-Britanniában épp akkortájt törölték el ezt az intézményt, de a kérdésről parázsló vita izzott az Egyesült Államokban, és még sokfelé a világban. Mások azonban igen eltérő nézeteket vallottak, vehemensen védve azt a világképet, melyben az emberiség jól elkülöníthető fajokra vagy alfajokra osztható fel. A fogalmakat először egy svéd botanikus, Carl von Linné (latinosan Linneus) vezette be a XIX. század elején, amikor elszánta magát a világ összes organizmusának osztályozására. Meglehetősen fárasztó munka lehetett, de Linné szép eredménnyel zárta le. Sok egyéb újítás mellett bevezette a nevezéktan ma is használatos binomiális rendszerét a latin *Genus* (nem) *species* (faj) formulával, amit a *Homo sapiens* mintáján keresztül mindenki megtanul az általános iskolában.

Linné felismerte, hogy minden ember ugyanazon fajnak a tagja, de alcsoportokat képző kiegészítő neveket adott azoknak, akiket más rasszhoz vagy alfajhoz tartozónak vélt. Így született meg az afer (afrikai), americanus (indián), asiaticus (kelet-ázsiai) és az europicus (európai) utónév. Mellettük szerepelt egy kevésbé világosan körülhatárolt és otrombán rasszista kategória, a monstrosus (torzszülött), ahová egyebek közt Darwin tűzföldi indiánjai is bekerültek. Úgy tűnik, Linné számára a népek közt megfigyelt különbségek elegendőek voltak a kiegészítő csoportosítás felállításához.

Darwin, mint objektív tudós, megjegyezte egyszer, hogy az emberiség osztályozásában a külső bélyegeket általában túlhangsúlyozva veszik figyelembe. Élete vége felé kiadott könyvében, *Az ember származásában* megjegyzi: „tekintettel a rasszok közötti eltérések mértékére, engednünk kell a különbségek bizonyító erejének, melyet önmagunk régóta tartó megfigyelése eredményez”.

A XIX. században, az amerikai rabszolgapárti lobbis a linnéi világnézet szélsőséges formáját tette magáévá. A nézet, miszerint a rasszok jól elkülöníthető és öröklötten egyenlőtlen entitások, megkönnyítette a brutális elnyomás jogszerű használatát az USA-ban. Az emberi rasszok egymástól elkülönült létrejöttét a görög „több eredet” kifejezés alapján poligíniának hívják. A teória élesen ütközik a Bibliában leírtakkal, Ádám és Éva történetével, így nem csoda, hogy az egyház megrökönyödését váltotta ki. Szintúgy számos biológus

helyezkedett szembe a poligínia tanával, rámutatva a rasszok közötti extenzív hibridizáció tényére. A poliginisták könnyedén túlléptek ezeken a problémákon, ahogy azt a már említett svájci katasztrofista, Louis Agassiz példája is mutatja. Stephen Jay Gould szerint Agassiz szentül hitte, hogy az ősök, akik megalkották a Bibliát, egyszerűen nem ismerhették az összes emberi rasszt, így ők csupán a mediterrán Ádámról írhattak. Agassiz úgy gondolta, valamikor létezett egy negroid Ádám, ahogyan egy mongoloid és feltételezhetően egy amerikai is.

Habár a biológusok zöme sosem fogadta el ezt a megközelítést, a nézet még ma is felbukkan itt-ott az antropológiai irodalomban. Ez nyilvánvaló következménye annak, hogy igen nehéz megmagyarázni az emberiség fizikai diverzitásának okait, és hogy az emberi fossziliák is sajátos sokszínűséget mutatnak. Valószínűleg az amerikai Carleton Coon antropológus a jelenleg élő legismertebb képviselője ennek az elméletnek. Két fontos műve született a hatvanas években: *A rasszok eredete* és *Az emberi rasszok*. Könyveiben Coon kikristályosította azt a nézetet, miszerint öt jól elkülöníthető emberi alfaj létezik (ausztraloid, capoid, europid, kongoid és mongoloid), amelyek helyben, *in situ* fejlődtek ki az ősi emberelődökből. Coon meggyőző módon fejt ki, hogy a rasszok eltérő időpontokban alakultak ki, kezdve az afrikai kongoid típussal, mely végül evolúciós zsákutcában maradt egészen napjainkig. Kihangsúlyozza, hogy az európaiak dominanciája nem véletlen, hanem genetikai felsőbbrendűségük kézenfekvő következménye. Mindemellett megnyugvást nyújt azoknak, akik álmatlanul töltik éjszakáikat a rasszok közötti keveredések feletti aggodalmukban:

A rasszok keveredése felborítja egy csoport genetikai és szociális egyensúlyát, így az újonnan bekerült gének eltűnnek vagy legalábbis minimalizálódnak, hacsak nem tudnak szelektív előnyt nyújtani a lokális vetélytársakkal szemben. Fenti állításaim nem politikai vagy szociális indíttatásúak, hanem pusztán rámutatnak arra, hogy ha a fenti mechanizmusok nem léteznének, az emberek nem lennének feketék, fehérek, sárgák vagy barnák.

Senki ne vegye félvállról ezt a kijelentést, tekintve, hogy tulajdonosa az American Association of Physical Anthropology (a legnagyobb és legbefolyásosabb ilyen szervezet a világon) elnöke, a University of Pennsylvania professzora, az egyetemi múzeum néprajzi

gyűjteményének kurátora volt, valamint rendszeres vendége egy amerikai televíziós műsornak. Talán meglepő, hogy Coon mennyire erélyesen igyekezett elhatárolni magát bármilyen politikai motivációtól. Nem véletlenül, hiszen az embertan (angol szakkifejezéssel fizikai antropológia) épp csak kilábalni látszott egy igen sötét korszakból, amikor is tudatosan vállalta politikai szerepét. Ahogy egyik legfőbb támogatója, Aleš Hrálička 1917-ben az *American Journal of Physical Anthropology* beköszöntő cikkében kifejtette, az embertannak nem csupán tanítania, de tanulmányoznia is kell az emberiséget – így nem lehet „tisztá” tudomány. Hrálička taglalta felhasználásának lehetőségeit a eugenika és a bevándorlási politika terén. Mindent megtett azért, hogy új tanait a tudomány köntösével ruházza fel és lehetséges támogatóit meggyőzze annak gyakorlati hasznáról. Nagyon sokan felfigyeltek rá, és hamarosan a pragmatikus, politikailag elkötelezett antropológus tanácsai alapján kezdtek cselekedni.

### *Ki az elefántcsonttoronyból*

Az antropológia a XIX. században egy olyan tudománnyá vált, amelynek „tárgya az emberiség egésze és a természet többi részével való viszonya”. Nem kisebb név, mint a francia Paul Broca vetette papírra a fenti megállapítást, így őt tekinthetjük a modern embertan megteremtőjének. Broca a craniometria mestere volt, a koponyák morfológiája közötti apró különbségeket mérte, melyről abban az időben azt gondolták, hogy meghatározza velünk született képességeinket. Ennek alapján Broca kifejlesztett egy részletes osztályozási rendszert az emberiség csoportosításához.

Az eljárást egy igen népszerű kézikönyvben terjesztette, felvillanyozva vele az egész antropológustársadalmat, nem csoda hát, hogy hamarosan mindenki koponyákat akart mérni, ahol csak tehette. Az angol amatőr tudós, Francis Galton is egyike volt korai híveinek. Tekintélyes pénzt örökölt, amelyből számos kutatást tudott finanszírozni, köztük statisztikai és a biológiai vonatkozásúakat is. Hamarosan ő is mérni kezdte az emberi test minden létező paraméterét annak érdekében, hogy tudományos eszközzel kategorizálja az emberi változatosságot. Sajnos ez csak kontár vacakolás volt, amit semmi esetre sem szabad egy kalap alá vennünk Darwin kiforrott elméletével a természetes szelekciót illetően.

Ahogy már említettük, Darwin nem volt igazán rasszista. Mint bárki más, ő sem volt mentes az előítéletek korlátaitól, mégis néhány, a témakört illető állításából tudjuk, hogy biológiai lehetőségei szempontjából az egész emberiséget teljes mértékben egyenlőnek tekintette. Számos kortársáról már nem mondható el ugyanez. Például a korszak nagy filozófusa, Herbert Spencer alkotta meg a „legrátermettebb túlélése” kifejezést, amelyet több, népszerűvé vált könyvében és esszéjében alkalmazott előszeretettel a XIX. századi Nagy-Britanniában uralkodó társadalmi osztálykülönbségek magyarázatára. Ha az osztálykülönbségek tudományosan (biológiai alapon) magyarázhatók, akkor a kultúrák közötti különbségek úgyszintén. A látszólagos igazolhatóság a viktoriánus kort jellemző megrögzött osztályozási kényszerrel vegyítve nagymértékben megerősítette az eugenikai mozgalmakat.

Tegyük hozzá, a mozgalom meglehetősen ártatlannak indult. Az eugenika szó jelentése „jó születés” (melyikünknek ne lenne ínyére?), és a nézet bizonyos mértékben mindig is létezett. A Talmud, a zsidó törvények gyűjteménye arra ösztönzi a férfiakat, hogy a tudósok lányait vegyék feleségül, mert így gyermekeik is intelligensebbek lesznek (bár egy ilyen esküvő nem volt olcsó mulatság). Ennek ellenére az eugenika csupán a XIX. század végén tudott szárnyra kapni. Az okok összetettek, de minden bizonnyal összefüggenek a viktoriánus önfejlesztés eszméjével, az új tudományágak fejlődésével, az embertani mérések adataiból született új tudással. Akárhogy is volt, egyszer csak nekilendült, és semmi sem tudta megállítani.

Az Eugenics Education Societyt 1907-ben Nagy-Britanniában alapították, Galton tiszteletére. Célja az volt, hogy feljavítsa az emberiség génállományát a „rátermett” egyedek szelektív szaporításával. A Társaság hatása nagyon gyorsan elterjedt az Egyesült Államokban, mely már akkor is igen fogékony volt olyan elméletek befogadására, melyek a tudományos ismereteken keresztül járultak hozzá a nemzet önfejlesztéséhez. Hamarosan Amerika-szerte hétköznapivá váltak az úgynevezett „Fitter Families” (Rátermettebb Családok) versenyek, ahol a résztvevők a rátermettséget bizonyító érdemekért és kitüntetésekért szálltak harcba egymással. Az új világnézet termékeny táptalajra lelt Európában is, és legszélsőségesebb formájában, a német faji higiéniaiban öltött testet.

Az eugenika a társadalmi megvilágosodás mozgalmaként indult, de céljai hamar lezüllöttek, olyannyira, hogy az 1910-es és 1920-as évek Amerikájában tudományos érvként használták fel mentálisan sérült

emberek kényszersterilizálásához. Ez a szemlélet állt a rasszista bevándorlási tesztek alkalmazásának háttérében is (az 1920-as években a New York-i Ellis-szigetre érkező, reménytelenül szegény és zömében írástudatlan kelet-európai bevándorlókat olvasási képességük alapján mérték fel). A náci haláltáborokban elpusztított zsidók, cigányok, homoszexuálisok és más kisebbségek sorsát is az eugenikai elvek alkalmazása pecsételte meg. Az embertan (fizikai antropológia) hirtelen az élre ugrott a tudományágak gyakorlati alkalmazhatóság szerinti sorrendjében.

Nem csoda tehát, hogy Coon, miután a nácik atrocitásai napvilágra kerültek, igyekezett távolságot tartani mindenfajta politikai szélsőségtől. Még a hatvanas évek szegregációtól átítatott Amerikájában is mély, épp csak behegedt sebeket szakított volna fel, ha az embertan eredményeinek újbóli alkalmazását javasolta volna. Ehelyett inkább egy objektív, tudományos megfigyelést igyekezett bemutatni kendőzetlenül, teljes valójában. „Ne ítélj el a hírnököt, ha nem tetszik a hír” – gondolhatta. Következtetései azonban abból a tévedésből fakadtak, hogy az elmélet alapjait kézenfekvő tények szolgáltatják, miközben soha, semmilyen módszerrel nem tesztelték genetikai hipotéziseit. Vajon mit tudnak géneink elárulni a emberi rasszok különbségeiről?

## 2. *E pluribus unum*

Amit kezdetnek mondunk, az sokszor a vég,  
és véget vetni annyi, mint kezdetet kijelölni.  
A vég az, ahonnan elindulunk.

T. S. Eliot: *Little Gidding*' (Four Quartets)  
Vas István fordítása

Egészen a XX. századig az emberi faj sokszínűségének kutatása a szabad szemmel is látható változatok megfigyelésére szorítkozott. Broca, Galton, valamint Amerika és Európa biometrikusai számtalan tanulmányt készítettek a tárgyban, és bátran nevezhetjük e korai korszakot az embertan gyűjteményi fázisának. Minden olyan új tudományágra jellemző ez, amelyben még nem jelent meg egy szintetizáló teória, hogy elemezze a felhalmozott ismereteket. Csupán egy probléma adódott a morfológiai változatokról gyűjtött adatok szüntelenül növekvő tömegével. Az újonnan felfedezett öröklődéstan törvényszerűségeik sehogy sem illeszkedtek a felmért anatómiai bélyegekhez. Ma már világos, hogy az ember alakjának vannak genetikai elemei, és tucatnyi, de még inkább több száz gén kontrollálja ezt a variabilitást. Még napjainkban is feltárára várnak a háttérként szolgáló genetikai folyamatok. Felidézve Broca craniometriai munkáját, állíthatjuk-e, hogy ha két nem rokon egyed koponyáján azonos helyen egy dudor figyelhető meg, akkor az szükségszerűen azonos genetikai változásra utal? Valóban azonos bélyegnek írhatók-e le ezek a dudorok, mint a genetikai rokonság valódi képviselői, avagy merő véletlenségből, csak felszínesen hasonlítanak egymásra? Abban az időben ezt lehetetlen volt kideríteni.

A genetikai sokszínűség feltárása meghatározó fontosságú volt az emberi diverzitás megismerése szempontjából, hiszen tulajdonképpen a genetikai változások produkálják az evolúciót. Egyszerűbben fogalmazva, az evolúció egy faj genetikai állományában bekövetkező, időben zajló változás. Tehát ahhoz, hogy két egyed rokonsági fokát megállapíthassuk (főképp azt, hogy azonos fajba tartoznak-e),



elengedhetetlen tudnunk valamit génjeikről. Ha a gének azonosak, a két egyed azonos fajhoz tartozik. Amire az embertan igazán ki volt éhezve, az a variáló bélyegek (polimorfizmusok, a görög „sok alak” szóból) gyűjteménye volt, de lehetőleg egyszerű öröklődési mintázattal, mivel azokat lehet leghatékonyabban használni az emberi diverzitás kategorizálásához. Ehhez hasonló bélyegeket már korábbról is ismertek, köztük számos betegséget, így például a vérzékenységet. A gond a betegségekhez kapcsolt polimorfizmusokkal abból adódott, hogy zömében ritkák voltak, így nem szolgáltatnak elegendő adatot a klasszifikációhoz. Egyszóval, égető szükség volt már egy genetikailag egyszerű polimorfizmusra.

A megoldást az 1901-es esztendő hozta el, amikor Karl Landsteiner felfedezte, hogy nem rokon emberek vérének összekeverése igen érdekes reakciókat eredményez, ugyanis egyes esetekben összecsomósodást figyelt meg bennük. A koagulációs reakció öröklődőnek bizonyult, és az emberek közötti biokémiai változatosság első megismert példája lett. A kísérlet végül a humán vércsoportok leírásához vezetett, majd hamarosan szerte a világban alkalmazhatóvá vált a vérátömlesztés segédeszközeként. Amikor az orvos A-nak határozza meg valaki vércsoportját, lényegében ugyanazt az elnevezést használja, amit több mint száz éve Landsteiner adott az első vércsoport-polimorfizmusnak.

Landsteiner meglátásra alapozva az I. világháború ideje alatt a svájci Hirszfeld házaspár tesztelést kezdeményezett a Szalonikiben állomásozó katonák körében. Egy 1919-es közleményükből kiderül, hogy a vércsoportok eloszlásában különbségeket találtak az egyes nemzetekhez tartozó katonák közt. Ez lett az első közvetlen felmérés az ember genetikai változatosságáról. Hirszfeldék ezentúl kidolgoztak egy elméletet is (ez részben még napjainkig is érvényes), amely szerint az A és a B vércsoportok kizárólag A vagy B egyedekből álló őslakos népségek „tisztá” vonalait reprezentálják. Szerintük ezek a vonalak később, a populációk vándorlása által keveredtek össze, és hozták létre végül a tanulmányukban bemutatott bonyolult rendszert. Nem foglalkoztak ugyan a rasszok létrejöttével, de feltételezték, hogy az A vércsoport észak-európai eredetű, míg a B egy délies jel lehet, mivel legnagyobb gyakoriságban Indiában fordul elő. Ez alapján úgy gondolták, az emberiség két független származási vonalból vezethető le.

Az 1930-as években Hirszfeldék munkájához két kutató csatlakozott, az amerikai Bryant és az angol Mourant, akik új

vérmintákat gyűjtöttek a világ minden sarkából. Az elkövetkező 30 évben a két tudós és kollégáik sok száz populáció sok ezer tagját vizsgálták meg, élőket és holtakat egyaránt. Bryant és felesége (Hirszfeldékhez hasonló tudós házaspár a populációgenetikában) elég messzire jutott amerikai és egyiptomi múmiák tesztelése során, miközben az ABO poliformizmus ősi természetét kutatták. Mourant 1954-ben összegyűjtötte az addigra terjedelmessé vált vércsoportadatokat, és *A humán vércsoportok elterjedése* címmel nagyszabású összefoglalót adott közre az emberiség biokémiai sokszínűségéről. A termékeny munka a populációgenetika alpművévé vált a következő húsz évben. Ez jelentette a modern humán genetika korának kezdetét.

Hirszfeldék egyértelműnek tartották, hogy vércsoportadataik elősegítik a rasszok klasszifikációját, amelyeket szerintük csupán a jelenkori vándorlások mostak egybe (ezt később Carleton Coon előszeretettel használta saját alfaj-elkülönülési elméletének támogatásához). Valójában senki sem tesztelte a genetikai adatokat, melyek a rasszok elkülöníthetőségét voltak hivatva bizonyítani. Ezt a kézenfekvő analízist 1972-ben végezte el egy genetikus, akinek elsődleges munkája furcsa módon a muslicák és nem az ember körül bonyolódott. Mourant és mások már összegyűjtött adataira támaszkodva, Richard Lewontin, a Chicagói Egyetem professzora egy látszólag egyszerű vizsgálatot hajtott végre a csoporton belüli és a csoportok közötti humán genetikai variancia összevetésével. Objektív választ keresett arra a kérdésre, hogy a genetikai adatokban fellelhető-e olyan jelzés, amely alátámasztja az emberi rasszok elkülöníthetőségét. Közvetlen módon tesztelte Linné és Coon rasszokra vonatkozó hipotéziseit. Feltételezése szerint, ha szignifikáns különbségeket talál a genetikai diverzitás mintázatában, akkor Linnének és Coonnak volt igaza. Lewontin az alábbi szavakkal írta le analízisének kifejlesztését:

A kézirat egy felkérés nyomán született... a célból, hogy egy cikkel járuljak hozzá az újonnan indult *Evolutionary Biology* folyóirathoz. Akkoriban már jó ideje elmélkedtem a diverzitás méréséről... nem populációbiológiai megközelítésből, hanem az ökológia oldaláról. Éppen egy hosszú úton voltam az indianai Bloomington felé, és már régóta megvolt az a szokásom, hogy vonatokon és buszokon írtam cikkeimet. Hamar végezniem kellett az aktuális irattal, így az útra magammal vittem egy példányt Mourant könyvéből, no meg egy *p/np* táblázatot (matematikai segédtábla a diverzitás méréséhez).

Ezen a buszúton Lewontin egy olyan tanulmányba vágott bele, amelyet ma a humán genetika egyik mérföldkövének tekintünk. Az analízis során egy új biogeográfiai (az állatok és növények földrajzi elterjedését tárgyaló tudományág) modellt alkalmazott, amit analógnak tekintett az embereknél használatossal. Tudniillik, hogy geográfiai alegységek határozzák meg egy-egy „rassz” határait. Magyarán, mivel nem volt egyéb megfelelően objektív eszköz a kezében a „rasszok” elkülönítésére, az emberiséget nagyjából földrajzi határvonalak mentén csoportosította a következőképp: *kaukázusi (europid)* Nyugat-Euráziában, *fekete-afrikai (negroid)* a Szaharán túli Afrikában, *mongoloid* Kelet-Ázsiában, *dél-ázsiai őslakos* Dél-Indiában, *amerind* Észak- és Dél-Amerikában, valamint *óceániai és ausztrál bennszülöttek*.

Eredményeiben az volt a legmeglepőbb, hogy a genetikai különbségek zömét, mintegy 85%-át populáción belül tudta kimutatni. További 7%-nyi eltérés „rasszon” belül, de a populációk közt került elő, pl. a svédek és a görögök között, és csupán 8%-ért voltak felelősek a „rasszok” közötti különbségek. A megdöbbentő, de egyértelmű tényekből az a következtetés szűrhető le, hogy az emberiség alfaji klasszifikációját, mint elméletet bátran kiselejtezhajjuk. Ahogy Lewontin írta eredményeiről:

Nem voltak előzetes elvárásaim, őszintén mondom, hogy nem. Ha volt is valami elfogultság bennem, az amellet állt, hogy a rasszok között lényegesen nagyobb eltéréseket fogok kimutatni. Egy személyes emlék csak megerősített ebben a hitemben. Évekkel korábban, mikor Egyiptom még nem volt agyonzsúfolva turistákkal, a feleségemmel tettünk egy kirándulást Luxorba, ahol ő érdekes társalgásba keveredett a szálloda halljában egy ismeretlen helybélivel. A férfi úgy szólította meg, mintha már régről ismerné. Mikor feleségem félbeszakította, és közölte, hogy valószínűleg összetéveszti valakivel, a férfi elnézést kért, mondván, bocsánat asszonyom, önök mind olyan egyformák nekem. Az eset erősen befolyásolta gondolataimat, hiszen ők valóban nagyon különböztek tőlünk, és mi mind nagyon hasonlóak lehettünk számukra.

De az eredmény ott volt a statisztikákban, s az elkövetkezendő három évtized számtalan tanulmánya is alátámasztotta hitelességét. A kismértékű variancia, amely a humán populációk közt található,

végtelen viták sorát indította el (vajon a „rasszok” között vagy a „rasszokon” belül magasabb-e). A tény azonban tény maradt, és e szerint még egy kicsiny emberi populáció is a teljes fajra jellemző genetikai diverzitás 85%-át hordozza magában. Lewontin előszeretettel adta elő azt a példát, hogy ha egy nukleáris háború következtében csak a kenyai kikujuk (vagy a tamilok vagy a baliak) maradnának fenn, ez a kis csoport még mindig hordozná a teljes emberiség genetikai variációinak 85%-át. Nos, a fentiek valóban kemény csapást jelentettek a rasszizmusra, de mindamellett szilárd támpontot is nyújtottak Darwin 1830-as években született feltevéséhez az ember változatosságát illetően. Tipikus esete volt a fejezet címét adó latin mondásnak: „A sokaságon túl, egy”. Vajon ezek után nem értelmetlen dolog-e az emberi csoportok tanulmányozása, tudnak-e a genetikai kutatások mégis valami újat mondani az emberiség változatosságáról?

## *Döntéskényszer*

Utazásunk következő lépésében el kell sajátítanunk néhány populációgenetikai alapfogalmat. Az elmélet arról, hogy a gének egy populációban hosszú távon miképp viselkednek, meglehetősen bonyolult, és feltárása több kvantitatív társtudomány bevonását igényli. A statisztikai mechanika, a valószínűségszámítás és a biogeográfia mind nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy könnyen eligazodjunk a populációgenetika tudományában. Mindazonáltal az elméleti keretek csupán néhány kulcsfogalomra támaszkodnak, ezek bárki számára megérthetők, tehát viszonylag egyszerű kihívásnak kell eleget tennünk.

Az egyik ilyen alapfogalom a mutáció, amely nélkül a polimorfizmus nem létezhetne. Mutáció alatt egy DNS-szakasz véletlenszerű megváltozását értjük, ezekből minden genomban körülbelül 30 fordul elő egy generációra számítva. Másképp fogalmazva, minden ma élő ember mintegy 30 teljesen új mutációt hordoz magában, amely megkülönbözteti őt szüleitől. A mutációk véletlenszerűek, mivel a sejtosztódás alatti másolási hibákból keletkeznek, bármiféle, kialakulási helyüket illető meghatározottság nélkül. Genomunk ugyanis nem válogathat az egyes mutációk közt, akármilyen hatása is van annak. Inkább afféle Heath Robinson-gépezetekhez hasonlóan azzá leszünk, ami ebben a mutációs lottóban számunkra adatik. A Landsteiner által leírt vércsoportok szintén mutációk révén alakultak ki, ahogy minden más polimorfizmus is.

A második meghatározó erő a szelekció, különösképpen annak természetes formája. Ez az a tényező, amely annyira magával ragadta Darwin figyelmét, és amely döntő szerepet játszott a *Homo sapiens* evolúciójában. A szelekció mechanizmusában bizonyos tulajdonságok megléte hordozóiknak más egyedekkel szemben reprodukciós előnyöket biztosít. Egyszerű példával élve, hideg éghajlaton a vastag bundájú állatok tesznek szert előnyre a csupaszokkal szemben, és utódaik nagyobb valószínűséggel maradnak életben. A szelekció tett minket ezzel az érzékeny és kultúrával rendelkező főemlőssé, melyek ma vagyunk. Ez termelt ki olyan fontos tulajdonságokat, mint a beszéd, a két lábon járás (bipedalizmus), vagy a szembefordítható hüvelykujj. A természetes szelekció nélkül, még ma is kevésbé fejlett őseinkhez lennénk hasonlóak, akikkel úgy 5 millió évvel ezelőtt találkozhatnánk egy időutazás alkalmával.

A harmadik mozgatórugó a genetikai sodródás. Ez egy meglehetősen specializált kifejezés arra a velünk született tulajdonságra, hogy hajlamosak vagyunk egy kevés mintavételezés eredményeiből az egész halmazra nézve elfogultan általánosítani. Ha ezerszer feldobunk egy érmét, azt várjuk, hogy 500 írás és 500 fej legyen az eredmény. Másfelől azonban, ha csak tízszer dobjuk fel ugyanazt az érmét, az eredmény nagy eséllyel eltérhet az 5-5-től, például lehet 7-3 vagy 4-6. Ez a random fluktuáció egy mintacsoporton belül az egyedi események kevés számának köszönhető. Ha feltételezzük, hogy az egyes emberek genetikai események, és az a populáció, amelyből a következő mintát vesszük, a jelen populációból keletkezett (ahogy ez az élő szervezetek esetében lenni szokott), azt fogjuk találni, hogy a kis populációméret már a következő néhány generáció alatt is drasztikus változásokat fog előidézni a géngyakoriságban. A pénzfeldobás esetében, a 7-3-as arány azt jelenti számunkra, hogy következő feldobás sorozatban a 70 százalékos esélyünk lesz fejre és 30 írásra. Kicsit a racsni működésére emlékeztető mechanizmus ez, hiszen az előző sorozatban kapott arányok befolyásolják a következő sorozatokat. A pénzfeldobás analógiájában, egy kezdetben 50%-nak elvárt valószínűség már a következő generációban 70%-ra emelkedett – nos, ez meglehetősen gyors változás. Vagyis a sodródásnak hatalmas befolyásoló ereje van a kis populációk géngyakoriságára.

E három erő kombinációja hozta létre a genetikai mintázatok meglepő sokaságát, és azt az óriási változatosságot, amit ma az emberi populációkban látunk. Ezek működése produkálta az egyes csoportok

közötti kicsiny különbséget is. A fenti tények széles körben váltak ismertté a XX. század közepére. Azonban annak ellenére, hogy felismertük a emberi változatosság jelenlétét biokémiai szinten is, és már tudtunk néhány dolgot a gének populáción belüli viselkedéséről, még mindig vajmi keveset mondhattunk az emberi evolúcióról és migrációról. Ekkor jelent meg a színen egy szenvedélyes történelmi érdeklődéssel megáldott olasz fizikus, egyben tehetséges matematikus, akinek története a baktériumok és legyek új utakat próbálgató vizsgálatával kezdődött.

## *Az olasz vonulat*

Luigi Luca Cavalli-Sforza Paviában, medikusként kezdte karrierjét. Hamarosan elhagyta azonban az orvostudományt és a genetikai kutatásokba fogott, eleinte baktériumokon, később az emberen. Az egyetemen a híres *Drosophila*-kutató, Buzzati-Traverso keze alatt dolgozott, ahol pedig a Dobzhansky-féle genetikai iskola szemlélete volt meghatározó. Theodosius Dobzhansky volt például Richard Lewontin PhD-témavezetője is, az utak tehát összefutottak. Dobzhansky fő kutatási területét a genetikai variációk jelentették, elsősorban a gyümölcslegyek (*Drosophila*) nagyléptékű kromoszóma-átrendeződéseit vizsgálta. Úttörő technológiákat dolgozott ki a genetikai analízisben, New York-i laboratóriuma a biológia forradalmi központjává vált a XX. század közepére. Ő és diákjai egy formabontó genetikai szemlélet szószólói voltak, amelyben a vizsgált genomokat nem osztályozták optimális „vad” (egy organizmusnak a hosszú természetes szelekció által létrehozott ún. normál formája) és „mutáns” formákra (melyek sok tekintetben hátrányosak voltak). Ez túlságosan egyszerű lett volna, hiszen olyan temérdek variáció létezett, hogy nem volt értelme kinevezni az egyik mutánst mint az optimális genetikai csomag hordozóját. Ehelyett inkább úgy vették, hogy a variáció az organizmus normál állapota, ami által az evolúció jelentősége hirtelen reflektorfénybe került. Vagyis volt a különféle típusoknak egy korábban el nem ismert tározója, amelyben az evolúció tevékenykedhetett – adott esetben egyeseket kiejtve, másokat megtartva.

Bár látszólag nem idevágó kutatási vonalon indult az orvostudományi kísérletekkel és a gyümölcslegyek variabilitásának tanulmányozásával, Cavalli-Sforza végül eljutott a vér

polimorfizmusainak tanulmányozásához. Később ezt nevezték el klasszikus polimorfizmusnak, az emberi csoportok közötti különbségek feltárásában végzett korai erőfeszítések miatt. A munka az 1950-es években kezdődött, a genetika felvirágzásának idején. A DNS-molekula szerkezetét éppen akkoriban tárta fel Crick és Watson, majd a fizika módszertanának alkalmazása forradalmasította a biológiát is. Más genetikusokhoz hasonlóan, Cavalli-Sforza is a gyorsan fejlődő biokémiai technikákat vetette be a variációk felméréséhez. Azonban, eltérően a többségtől, sikeresen tudta alkalmazni a matematika egyik legpragmatikusabb ágát, a statisztikát is. A polimorfizmus kutatása során szerzett adatok ijesztő sokszínűsége egy koherens elméleti keret megteremtését igényelték ahhoz, hogy az eredmények érthetővé váljanak. A statisztika adta meg a fő irányvonalat.

Képzeljünk el egy csoportot bármiből, ami variációkat mutat: a kavicsok színe a folyómederben, a csigák házáinak mérete, a gyümölcslegyek szárnyhossza vagy az emberi vércsoportok. Első pillantásra ezek a variációk véletlenszerűnek tűnnek. Ha több alkalommal veszünk mintát ezekből az objektumokból, a kép még zavarosabbá, sőt kaotikussá válik. Mit árul el arról a mechanizmusról, amely a diverzitást generálta?

Az ötvenes évek biológusainak zöme a természetben található változatosság okát a szelekcióban vélte megtalálni. Az emberiség diverzitása sem volt ez alól kivétel, amint azt korábban az eugenikusok állították. Ez részben abból az elterjedt nézetből adódott, hogy léteznek vad típusok és mutánsok. A vad típus magában foglalhat bármilyen tulajdonságot, méretet, színezetet, orrformát vagy akármelyik normál jellemzőjét az adott organizmusnak. Ezt erősítette az a tény, hogy az első felismert variációk genetikai betegségek (valóban „abnormalitások”) voltak. Erre épült az a világnézet, amely a Darwin-féle létért való küzdelem elméletére alapozva rátermettre és alkalmatlanra osztotta az emberiséget. Azonban az ötvenes években az USA-ban dolgozó Motoo Kimura japán tudós elvégzett néhány érdekes genetikai számítást, amelynek matematikai módszertanát eredetileg a gázok diffúziójának analizálásában használták. Ezzel formába öntötte Cavalli-Sforza és mások munkáját és végül az ő eredményei vezettek ki a mutánsok mocsarából.

Kimura felismerte, hogy a genetikai polimorfizmusok gyakorisága a random mintavételezés hibájából adódóan változhat az egyes populációkban (a fent említett sodródás).

Ami eredményeiben izgalmas volt, az az, hogy úgy tűnt, a géngyakoriságok egy megjósolható ráta szerint változnak. A nehézséget az evolúciókutatásban legfőképpen az okozta, hogy az evolúciós változások *sebességét* alapvetően a szelekció *ereje* határozta meg; ha az adott variáns szélsőségesen rátermett volt, akkor annak gyakorisága gyorsan növekedni kezdett. Viszont gyakorlatilag lehetetlen volt kísérletileg megmérni a szelekció erősségét, így senki nem tudott jóslatokat tenni a változás rátáját illetően. Pénzfeldobás példánkkal élve, ha az egyik génváltozat a *fej* és a másik az *írás*, akkor a gyakoriság növekedése 50-ről 70%-ra egy „generáció” alatt elvileg igen erős szelekciót jelenten a *fej* fennmaradásához. A korábbiakból már tudjuk, ez nem lehet így, a fej aránya olyan okok miatt nőtt 70%-ra, aminek semmi köze nincs ahhoz, hogy mennyire volt jó az adaptációs képessége.

Kimura meglátása szerint a legtöbb polimorfizmus ekképpen viselkedik, vagyis nagyjából függetlenek a szelekciótól, így evolúciósan neutrálisnak kell tekintenünk őket. Szabadon sodródva a mintavételi hiba miatt gyakoriságuk bármekkora lehet. Óriási vita kezdődött a biológusok közt a polimorfizmusok neutralitását illetően. Kimura és követői azt állították, hogy majdnem mindegyik genetikai változat független volt a szelekciótól, míg más kutatók továbbra is meg voltak győződve a természetes szelekció meghatározó szerepéről. Mindazonáltal elmondhatjuk, a legtöbb polimorfizmus, amit humán genetikusok tanulmányoztak, valószínűleg sodródás útján érte el jelenlegi gyakoriságát. Ez az eredmény új kapukat nyitott meg a vércsoportok egyre bővülő adathalmazának feldolgozásához. De még mielőtt túlságosan előreszaladnánk, tegyünk egy kis kitérőt a középkori tudomány világában.

## *Egy penge elme*

Ockhami William (kb. 1285-1349) középkori szerzetes tudós volt, aki környezetének valóságos réme lehetett. Ockham betű szerint hitte Arisztotelész állítását, miszerint „Isten és a természet sosem cselekszik költekezően, hanem mindig a legkisebb erőfeszítéssel”, és minden alkalmat megragadott e nézet interpretálására munkatársai körében. Az Ockham borotvája kifejezés értelme világosan megfogalmazódott latinul: *Pluralitas non est ponenda necessitate*, vagyis kb. *Ne szaporítsd szükségtelenül az entitásokat*. Legegyszerűbb formájában



Ockham állítása egy filozófiai tétel a világegyetemet magyarázó sajátos nézetrendszeréből. E világnézetet ma parszimónia néven ismerik. Ha minden esemény egy bizonyos gyakorisággal fordul elő, akkor a többszörös események valószínűsége megtöbbszöröződik, ezért a komplex események kisebb valószínűséggel következnek be, mint az egyszerűek. Nem más ez, mint egy módszer arra, hogy a világ összetettségét érthető részekre bontsuk, vagyis kedvezzünk az egyszerűnek az abszurdal szemben. Miami-ból New Yorkba repülhetnék Sanghajon keresztül is, de azért valószínűleg nem fogunk élni a lehetőséggel.

Az elmélet triviálisnak tűnik, amikor útitervünket állítjuk össze, de nem mindig ennyire kézenfekvő, ha a tudomány átláthatatlan világában próbáljuk alkalmazni. Hiszen honnan tudhatnánk, hogy a természet minden esetben a leginkább parszimónikus utat követi. Még világosabban fogalmazva, magától értetődő-e, hogy az egyszerűsítés a természet kulcsszava. Ezt a könyvet nem a parszimónia történetének részletes taglalására szántam (a bibliográfiában számos művet idézek ebben a témában), de mégis megállapítható, hogy a természet az egyszerűségnek kedvez a komplexitással szemben. Ez különösképpen igaz, mikor a dolgok változnak, például mikor egy kő leesik egy szakadékba. A gravitáció azon van, hogy a követ közvetlenül és minél gyorsabban a legmagasabb pontról a legalacsonyabbig elmozdítsa, és közben a kő nem áll meg egy teára Kínában.

Tehát, ha elfogadjuk, hogy a természet a legrövidebb utat választja az A pontból B pontba jutáshoz, akkor már elméletet tudunk felállítani a múltban történt dolgokról. Elég nagy lépés, hiszen a jelen eseményeiből tudunk következtetni a múltbeliekre. Következésképp egy olyan filozófiai időgéphez jutottunk, amellyel visszautazva a régmúlt korokban vágkálhatunk. Elég hasznos holmi. Már Darwin is lelkes híve volt a parszimóniának, míg Huxley nem egyszer dorgálta meg földhöz ragadt gondolkodásáért, amiért azt állította, hogy *Natura non facit saltum* (a természet nem hány bukfenceket).

A parszimónia első alkalmazását a humán klasszifikáció terén Luca Cavalli-Sforza és Anthony Edwards mutatták be 1964-ben<sup>2</sup>. Ebben a tanulmányukban két feltételezést tettek közzé, melyeket az összes ezután következő humángenetikai kutatásban felhasználtak. Az első

---

<sup>2</sup> A parszimónia itt csupán egy alkalmazási módszer, amellyel az evolúciótörténeti kutatásokban minimalizálták a komplexitást. Nem létfontosságú, de a módszer „maximum parszimónia” néven vált ismertté, és ma is számos populációgenetikus használja.

szerint a genetikai polimorfizmus úgy viselkedik, ahogy Kimura megjósolta. Más szavakkal, mindegyik neutrális, és így a gyakoriságuk közötti különbségeért a genetikai sodródás felelős. A második feltételezés kijelentette, hogy a populációk közötti megfelelő viszony Ockham szabálya szerint alakul, vagyis minimalizálni kell a változások mennyiségét az adatok megmagyarázása érdekében. Ezekből a kulcsfontosságú felfedezésekből az úgynevezett „minimális evolúció” módszerével levezették az emberiség első családfáját.

Eszerint egy diagramon belül azok a populációk kapcsolódnak, amelyek a legtöbb azonos géngyakorisággal rendelkeznek, és az egyes csoportok közötti viszonyok úgy rendeződtek, hogy minimalizálták a géngyakoriságban előforduló különbségeket.

Cavalli-Sforza és Edwards 15 populációban nézte meg a vércsoport-gyakoriságokat. Számításaikat egy korai Olivetti-számítógép felhasználásával végezték el. Az analízis eredménye az lett, hogy az afrikai populációk bizonyultak a leginkább elkülönültnek, míg az európaiak és az ázsiaiak egy csoportba kerültek. Megdöbbenően tiszta bepillantást nyertünk fajunk evolúciós történetébe. Ahogy Cavalli-Sforza szerényen megjegyezte, az „analízisnek volt valamicske értelme” az emberi populációk viszonyainak tekintetében. Az európai populációk közelebb kerültek egymáshoz, mint az afrikaiakhoz, új-guineaiakhoz és ausztrálokhoz. A kapott mintázatban a géngyakoriságok közötti hasonlóságok tükröződnek, és így ezek a gyakoriságok meghatározott úton változnak az időben (emlékezzünk a genetikai sodródásra). Vagyis az idő, amióta az európai populációk elkezdtek szétválni egymástól, rövidebb, mint amióta elágaztak az afrikaiaktól. Az öreg szerzetes 700 év után bizonyosságot nyert – az embertan pedig egy előre mutató útírányt<sup>3</sup>.

A humán klasszifikáció ezen új megközelítésével lehetővé vált a populációk szétválása óta eltelt idő becslése, a múltbéli emberek hozzávetőleges viselkedésének leírása, és a csoportok nagyságának meghatározása. A fenti felismeréseket elsőként Cavalli-Sforza és munkatársa, Walter Bodmer tette közzé 1971-ben. Becsléseik szerint 41 ezer év telt el az afrikaiak és kelet-ázsiaiak, 33 ezer év az afrikaiak és európaiak, 21 ezer év az európaiak és a kelet-ázsiaiak szétválása óta. A gond csupán az volt, hogy becslésük a korai populációszerkezet

---

<sup>3</sup> Cavalli-Sforza és Edwards kifejlesztettek egy másik módszert is a populációk közötti távolságok becslésére, amely kevésbé támaszkodott az evolúciós változások abszolút minimalizálására.

tekintetében nem állt biztos lábakon. Sajnálatos módon az emberiség eredetének helyszínére sem tudott megbízható választ adni. Új típusú adatokra volt szükség a továbblépéshez.

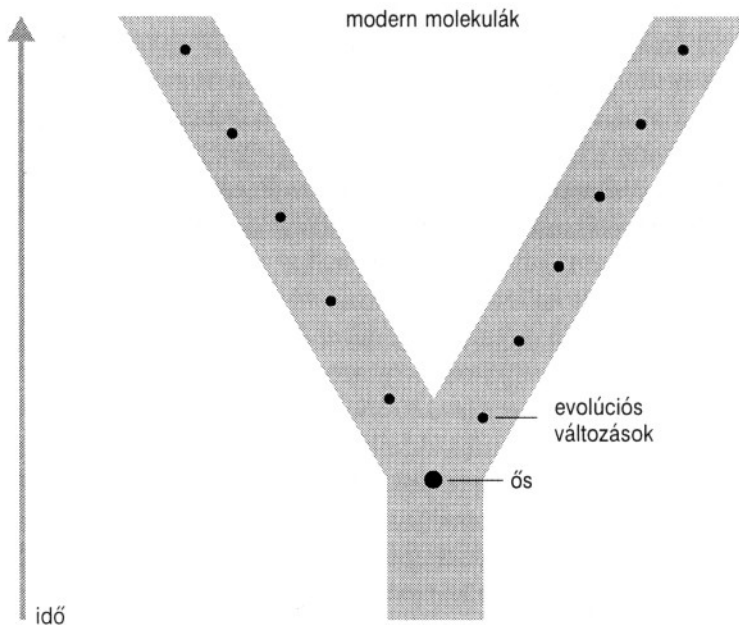
## *Az ábécé-leves*

Emile Zuckerkandl német zsidó bevándorló Pasadenában, a California Institute of Technology alkalmazásában dolgozott. Tudományos pályafutásának zömét egyetlen témának, a fehérjék szerkezetének szentelte. Az 1950-es, 1960-as években együtt kutatott a Nobel-díjas Linus Pauling biokémikussal. Zuckerkandl az oxigénszállító hemoglobinmolekulák szerkezetének tanulmányozását választotta. A hemoglobin kutathatóságát megkönnyíti, hogy nagy mennyiségben van jelen, egyszerűen tisztítható, valamint, hogy minden élő emlősben megtalálható.

A fehérjék aminosavak lineáris szekvenciáiból épülnek fel, egymáshoz rögzült apró kis építőkövekből, amelyek egyedi módon kombinálódva formálnak meg egy adott molekulát. A meglepő a fehérjékkel kapcsolatban az, hogy bár dolgukat barokkos stílusban, felcsavarodva végzik (gyakran más proteinek által komplex formába rögzítve), végső alakjukat és funkciójukat mégis az aminosavak egyszerű lineáris sorozata határozza meg. Húsztíz aminosav, mint például a lizin vagy a triptofán, képes fehérjék létrehozására. A vegyészek ezeket egybetűs kódokkal – adott esetben K-val és Y-nal – látták el.

Zuckerkandl felfigyelt az aminosavak egy érdekes tulajdonságára. Ahogy elkezdte megismerni a különféle állatokból származó hemoglobinokat, mindegyiket nagyon hasonlónak találta. Egy sorban gyakorta 10, 20 vagy akár 30 aminosavnyi szekvencia is megegyezett, mire talált egy közbeiktatott eltérést, sőt minél közelebbi rokonságban volt két állat, hemoglobinjaik annál jobban hasonlítottak. Az ember és a gorilla hemoglobinja lényegében azonosnak bizonyult, 2 aminosavlokációt leszámítva, míg az ember és a ló között ez a különbség már 15 volt. Pauling és Zuckerkandl azt a következtetést vonták le a fenti eredményekből, hogy ez a fehérje egyfajta molekuláris óráként alkalmazható, mivel dokumentálja azt az időt, ami két faj közös őseinek szétválása óta keletkezett. Úgy is hivatkozhatunk rá egy 1965-ös publikációjukban, mint „az evolúciótörténet dokumentumaira”. Vagyis mindnyájunknak van egy ilyen, génjeinkbe írt történelemlékönyve. A szerzőpáros megállapítása szerint, a

molekuláris szerkezet mintázata még arra is lehetőséget ad, hogy magunk elé képzeljük a közös hemoglobin őst. Ugyanis Ockham borotváját használva minimalizálni tudjuk a bizonyítható aminosavváltozások számát és visszafelé haladva kidolgozhatjuk a valószínű kezdőpontot (1. ábra).



1. ábra Két rokon molekula evolúciós genealógiája, a leszármazási vonalakban zajló szekenciaváltozások felhalmozódásával.

A molekulák tehát tulajdonképpen olyan időkapszulák, amelyeket őseink hagytak genomunkban, csupán megismernünk és elolvasnunk kell őket.

Természetesen Zuckerkandl és Pauling észlelte, hogy a fehérjék nem egyedüli forrásai a genetikai variációknak. A dicsőség a DNS-t illeti, a molekulát, amely ténylegesen felépíti génjeinket. Vagyis, ha a DNS kódolja a fehérjéket, akkor mégiscsak célszerű lenne őt magát megvizsgálni. Azonban DNS-sel dolgozni igencsak nehéz feladat, és egy szekvencia kinyerése néha reménytelenül hosszú ideig tart. Szerencsére az 1970-es években Walter Gilbert és Fred Sanger egymástól függetlenül kidolgoztak egy új DNS-szekvenciakivonási módszert, amiért 1977-ben megosztott Nobel-díjjal jutalmazták őket. A

DNS-szekvenálás képessége valóságos forradalmat idézett elő a biológiában, melynek lendülete még ma is tart. A csúcstra 2000-ben jutott fel, mikor befejezték a teljes emberi genom tervrajzának feltérképezését. A DNS-kutatások teljesen megújították a biológia módszertanát, így nem meglepő, hogy tekintélyes szerepük lett a későbbi embertani kutatásokban is.

## *A zsúfolt kert*

Kitérőnk után eljutottunk hát az 1980-as évekig, amikor a molekuláris biológia már igencsak fejlett eszközökkel állt szolgálatunkra. Így például rendelkezünk egy elmélettel a polimorfizmusok populáción belüli viselkedéséről, a molekuláris szekvenciákra alapuló dátumok becslésének technikájával, és annak módszerével, hogy a genetikusok miképp válaszoljanak néhány évszázados kérdésre az ember eredetét illetően. A továbblépéshez nem volt másra szükség, mint egy kis szerencsére és nem kevés merészségre. Mindkét feltétel végül Észak-Kaliforniában, a San Francisco-öböl környékén teljesült a nyolcvanas évek elején.

Allan Wilson ausztrál biokémikus akkoriban a Berkeleyn dolgozott a University of Californiának. Kutatási témája a molekuláris adatokra alapuló evolúcióelemzés volt, a biológia egészen új ága, amely a DNS-re és a fehérjékre fókuszált. Zuckerkandl és Pauling módszereit alkalmazva, ő és diákjai megpróbálták megbecsülni az ember és az emberszabású majmok szétválása óta eltelt időt, és bebizonyították a természetes szelekció szerepét a fehérjék környezetigényeknek megfelelő felépítésében. Wilson igazi feltaláló elme volt, aki őszinte szenvedéllyel karolta fel a molekuláris biológiában alkalmazott technikákat.

Az egyik probléma, amivel a DNS-szekvenciákat kutató biológusoknak szembesülniük kellett, az információ duplikált jellege volt. Minden egyes sejtünkben ugyanis a genomunk (az összes, fehérjét kódoló DNS-szekvencia, illetve jó néhány, amelynek nincs ismert funkciója) két teljes másolatban van jelen. A DNS-molekula 23 pár finom, hosszúkas képződménybe, a kromoszómába van becsomagolva. A kromoszómák a sejt sejtmag nevű szervecskéjében helyezkednek el. Genomunk egyik legfontosabb jellegzetessége a nagymértékű kompartmentalizáció, hasonlóan a számítógép adattárolásához, ahol a könyvtárak alkönyvtárakra, azok pedig újabb

alkönyvtárakra oszthatók. Az emberi genom alapköveit 3 ezer ezer ezer vagyis hárommilliárd nukleotid (a négy típus rövidítése: A, C, G és T) alkotja, így érthető, hogy a bennük rejlő információ használata egyértelmű, világos úton kell történjen. Ezért vannak kromoszómákba becsomagolva, és ezért kell őket a sejtmag belsejében, a sejt többi részétől elérhetetlen távolságban tartani.

Hogy minden kromoszómánkból két másolat van, kicsit komplikáltabb okokra vezethető vissza, de végül is az ivaros szaporodással magyarázható. Amikor egy spermium megtermékenyít egy petesejtet, a legfontosabb dolog, ami ilyenkor történik, hogy az apai és anyai genom egy-egy része 50-50 százalékban összekeveredve alakítja ki a születendő gyermek genetikai állományát. Biológusszemmel nézve az ivaros szaporodás egyik célja új genomok létrehozása minden elkövetkező generációban. Az új kombináció nem csupán a megtermékenyítéskor keletkező 50-50%-os keveredésnek köszönhető, hanem a már korábban lejátszódott apai/anyai ivarsejtképződésnek. Ezt a preszexuális keveredést genetikai rekombináció néven ismerjük. Létrejöttét a kromoszómák lineáris szerkezete teszi lehetővé, mivel bármelyiküket könnyű középen kettétörni, és a partner kromoszóma megfelelő szakaszhoz rögzíteni. Így a folyamat végére új, kiméra kromoszómák fognak keletkezni. Evolúciós szemszögből nézve, az apai és anyai kromoszómák keveredéséhez hasonlóan, a rekombináció megnöveli az utód nemzedék genetikai diverzitását. A magas diverzitás pedig a legjobb háttér a fennmaradáshoz egy változásnak indult környezetben.

Jó, jó, mondhatná bárki, de miért különböznek ezek az eltört, majd újraragasztott kromoszómák a korábbiaktól? Hiszen duplikátumok voltak már az indulásnál! A válasz egészen egyszerű; azért, mert nem pontos másolatai egymásnak – sőt teljes hosszukat nézve, igen sok ponton különböznek. Egy kissé gyengécske xerox gép sokadik másolatai, ahol minden egyes kromoszómamásolatnál kevés, véletlenszerű hiba iktatódik be. Ezeket a másolási hibákat hívjuk mutációknak, míg polimorfizmusnak az egyes kromoszómapárok közt felbukkanó különbségeket. Durván minden 1000 nukleotidra jut egy polimorfizmus, ami egyébként a kromoszómák egymástól való elkülönítését is megkönnyíti. A rekombináció lezajlása után az új kromoszómák minden esetben különböznek a szülői típustól.

A rekombináció evolúciós hatása az, hogy felbontja azokat a polimorfizmusokat, amelyek egy adott DNS-szakaszon kapcsoltan helyezkednek el. Bár az evolúció oldaláról nézve ez egy igen hatékony

diverzitásnövelő mechanizmus, mégis alaposan megkeseríti a molekuláris biológusok életét, mikor el akarják olvasni a humán genom történelemkönyvét. A rekombináció ugyanis lehetővé teszi minden egyes polimorfizmusnak, hogy egymástól független módon viselkedjen. Az idő múlásával a polimorfizmusok számtalanszor rekombináálódnak, és néhány száz vagy ezer generáció után a közös ősi eredeti polimorfizmus-mintázata örökre elvész. Az utódkromoszómák átalakulnak, mint egy alaposan megkevert kártyapakli, amelyben az eredeti leosztás már nem deríthető ki. Az evolúciókutatás szempontjából igen szerencsétlen helyzet, hiszen nem tudunk semmit sem mondani a ősről, továbbá a polimorfizmusokhoz Ockham borotváját sem használhatjuk, így elképzelni sem tudjuk, mennyi változás szükséges a megkevert kromoszómák elkülöníthetőségéhez. A molekuláris óra sebességét illető becsléseink a mutációval keletkező új polimorfizmusok megjelenési rátáján alapulnak. Úgy tűnik azonban, hogy ott is mutációk jelennek meg, ahol korábban nem voltak, ezért sajnos könnyen túlbecsülhetjük a közös ősi óta eltelt időt.

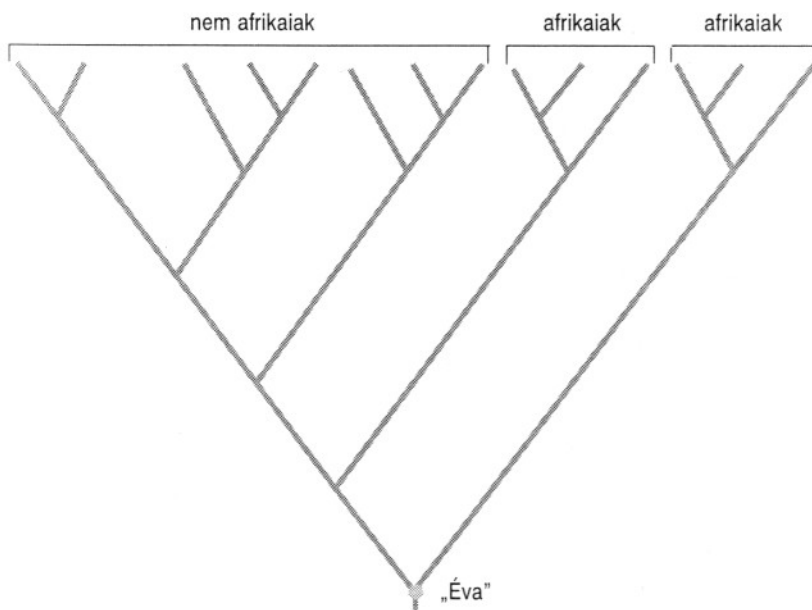
Az 1980-as évek elején Wilson és más genetikusok kissé kitekintettek a genom szabta keretből, és a sejtek egy másik közönséges építőkövét, a mitokondriumot vonták be munkáikba a rekombináció kicselezéséhez. Érdekes módon, a többi sejtszervecske közül, a sejtmag mellett természetesen, egyedül a mitokondrium rendelkezik saját genommal. Azért van ez így, mert a mitokondrium nem más, mint egy ősi baktérium maradványa, amely milliárd évekket ezelőtt, bekebelezés révén lépett szimbiózisba egysejtű elődeinkkel, és hozták létre az első komplex sejteket. Később a sejtek hasznos, belső energiatermelőivé váltak, tulajdonképpen afféle szubcelluláris erőművek lettek, bár pályafutásukat egyszerű parazitaként kezdhették. Óriási szerencsénkre a mitokondriális genom (mint a bakteriális genom általában) csak egyetlen másolatban létezik, és így rekombináldnia sincs mivel. Telitalálat, pont erre volt szükségünk! Ráadásul még az is kiderült, hogy minden 100 nukleotidra esik egy polimorfizmus, szemben a kromoszómák 1/1000-es rátájával. Az evolúciós összehasonlításokhoz minél több polimorfizmusra van szükségünk, mert így nagymértékben növekszik az egyedek elkülöníthetőségének esélye is. Nézzük csak. Ha veszünk egy polimorfizmust, aminek van A és B változata, akkor csak két csoportot tudunk felállítani. Tíz darab, két változatban létező polimorfizmus esetén már sokkal finomabban tudunk differenciálni, hiszen a két egyed közti hasonlóság esélye így jócskán lecsökken. Magyarán mondván a nagyobb polimorfizmus-szám

nagyobb felbontást tesz lehetővé, és ezáltal cizelláltabb lesz az emberek közötti viszony mintázata is. Mivel a mitokondriális DNS-ben (mtDNS) tízszer nagyobb volt a polimorfizmusok aránya, mint genomunk más részében, ezt a helyszínt kellett alaposan átvizsgálni.

Rebecca Cann, Wilson laboratóriumának PhD-hallgatója a világ minden sarkából származó emberi mtDNS-ek vizsgálatával kezdte tanulmányait. A berkeley-i csoport igen csak nagy mennyiségben gyűjtött be emberi placentákat (a legbőségesebb mtDNS-források) különféle populációkból az európaiaktól kezdve, az új-guineaiakon át az amerikai indiánokig mindenhol. Céljuk a humán diverzitás mintázatának felmérése volt, tágabb kitekintéssel az emberiség eredetére is. Kutatásaik rendkívüli eredményekhez vezettek.

Cann és kollégái először 1987-ben tettek közzé egy publikációt a humán mitokondriumok diverzitásáról. Első alkalommal alkalmazták a parszimónia módszerét emberi DNS-mintákon, annak érdekében, hogy egy közös őst létezésének dátumát megbecsüljék. A cikk kivonatában világosan és tömören közölték legfontosabb következtetésüket: az összes megvizsgált mitokondriális DNS egyetlenegy nőtől ered, aki mintegy 200 ezer évvel ezelőtt élt valószínűleg valahol Afrikában. A felfedezés óriási hír volt, és a bulvárlapokban ez a bizonyos „hölgy”, mint mindnyájunk ősanyja, avagy a Mitokondriális Éva néven vált közismertté. Később egy meglepő fordulattal azt is megtudtuk, Éva nem az egyetlen nő volt az édenkertben, csak a legszerencsésebb. A Cann és munkatársai által elvégzett elemzések azt a kérdést is feltették, vajon a vizsgált mtDNS-ek milyen rokonsági viszonyban állnak egymással. Írásukban abból a feltételezésből indultak ki, hogy ha két mtDNS-szekvencia osztozik egy polimorfizmus azonos variánsán (pl. mindkettőnél C variáns van, ahol az C vagy T lehet), akkor azok egy közös ősen is osztoznak. Összesen 147 mintát felhasználva felépítették az mtDNS-ek hálózatát, azokra a személyekre nézve, akik donorként részt vettek a vizsgálatban. Az adatok feldolgozása nagyon babra munka volt és irgalmatlan mennyiségű számítógépidőt igényelt. Eredményeik végül kimutatták, hogy a legnagyobb mtDNS-szekvencia-diverzitást az afrikaiak közt találhatjuk, vagyis ők divergálódtak a leghosszabb ideig. Még egyszerűbben: az afrikaiak a Föld legidősebb csoportjai, így fajunk kétséget kizáróan a fekete kontinensről eredt.





2. ábra Bizonyíték az ember afrikai eredetére: „Évától” nézve a legmélyebb hasadék az afrikai mtDNS-minták közt figyelhető meg, jelezve, hogy azok hosszabb ideig halmozták fel az evolúciós változásokat.

Cann, Stoneking és Wilson parszimónikus analizisének egyik jellegzetessége az volt, hogy az mtDNS-adatokat visszavezette a múlt egy bizonyos pontjába, a közös őshöz (2. ábra). Minden mitokondrium (és általában a nem rekombinálandó genomok) esetében, meg tudunk határozni egy egyedi ősi mitokondriumot, amelyből az összes ma élő leszármaztatható. Kicsit emlékeztet ez a módszer a tóban keletkező hullámgyűrűkre, amelyek szétterjedéséből visszavezethető a vízbe dobott kavics helye. A hullámok jelentik a polimorfizmusokat anyákról lányaikra átadó és felhalmozó mtDNS-szekvenciákat, míg a kavics becsapódási pontja jelöli meg a közös őst. Zuckerkandl és Pauling módszerét alkalmazva „megjeleníthetjük” a sok ezer évvel ezelőtt élt közös őst, amelynek hosszú ideig tartó mutációi végül elvezettek a ma megfigyelhető sokszínűséghez. Továbbá, ha ismerjük a mutációs rátát és a polimorfizmusok számát a világ népességéből vett mintából, akkor képesek vagyunk azt az időt is kiszámítani, ami annak a bizonyos kavicsnak a vízbe dobása óta eltelt. Vagyis kideríthetjük, hogy közös ősünk hány évvel ezelőtt élt.

Fontos megjegyeznünk, az a tény, hogy egy adott ősből levezethetjük az összes ma élő embert, nem azt jelenti, hogy rajta kívül nem éltek mások abban az időben. Egyszerűen az ő leszármazási vonala fennmaradt, míg a többieké kihalt. Képzeljünk el egy XVIII. századi provençe-i falucskát, ahol csupán 10 család él. Mindegyiküknek van saját receptje a halié elkészítésére, de ezt sosem jegyzik le, csak szájhagyomány útján adódik át, anyáról leányra. Ha egy családban csak fiúgyermek születik, a recept elvész. Egy idő után óhatatlanul csökkeni kezd a receptek száma, mivel néhány család nem elég szerencsés ahhoz, hogy lánygyermek legyen. Aztán egyszer csak eljutunk a jelenbe, ahol egyetlen túlélő recept létezik – az úgynevezett provençe-i halié (la buillabaisse profonde). Miért ez az egy recept maradt fenn? Teljesen véletlenül, mivel a történelem egy-egy adott pontján néhány családnak nélkülöznie kellett a lányutódokat, a halié receptjét pedig egyszerűen elfújta a szél. Ha manapság látogatnánk el a faluba, egy kis csalódottságot előlegeznénk maguknak konyhaművészetük változatosságát illetően. Hiszen a fenti eszmefuttatás alapján azt kérdeznék: hogy képesek mind ugyanazt a hallevet enni?

A valós világban, mondhatnánk, azonban senki sem képes egy receptet tökéletes pontossággal továbbadni a következő nemzedéknek, mindig is történnek apró változások benne. Egy gerezddel több fokhagyma itt, egy csipetnyivel több kakukkfű ott és voilà, meg is van a bekészített változatosság. Az idő múlásával ezek a variációk felépítik saját diverzitásukat a levesestálban – akkor is, ha a receptek kihalása rendületlenül folytatódik tovább. Ha mai állapotában vizsgáljuk meg a falu konyháit, azt látjuk, hogy a hallét számos változatban készítik, és – hála Ockham borotvájának –, még mindig vissza lehet vezetni őket egy közös őstre valahol a XVIII. században. Ez a mi Mitokondriális Évánk nagy titka.

Cann és kollégáinak 1987-es munkáit számos újabb elemzés követte, amelyek végeredményeképp a következő állítások születtek. A jelenlegi humán mitokondriális diverzitás az elmúlt 200 ezer esztendő alatt fejlődött ki, és a hullámgyűrűket elindító kavics Afrikában pottyant a vízbe. Vagyis evolúciós értelemben igen rövid idő alatt az emberiség kirajzolt Afrikából, majd benépesítette a Föld többi részét. Volt ugyan néhány technikai jellegű ellenvetés a cikkben alkalmazott statisztikai módszerekkel szemben, de az újabb és kiterjedtebb mtDNS-kutatások végül is igazolták az eredeti analízis eredményeit.

Vagyis mindnyájunknak van egy afrikai ük-ük-ük- ...anyja, aki hozzávetőleg 150 ezer évvel ezelőtt élt.

Darwin 1871-ben kiadott *Az ember származása* című művében megjegyezte: „A világ minden nagyobb régiójában a ma élő emlősök szoros rokonságban vannak az ugyanott korábban kihalt fajokkal. Emiatt elmondható, hogy Afrikát valószínűleg benépesítette egy kihalt főemlős, amely a gorillának és a csimpánznak volt közeli rokona. Mivel ma ez a két faj az ember legközelebbi rokona, nyugodtan feltételezhetjük, hogy közös őseink inkább Afrikában élhettek, mint bármerre máshol”. A maga korában ez az állítás igen messzire mutató volt, mivel a XIX. századi európai népek előszeretettel képzeltek el Ádám és Éva szülőhelyét a saját kontinensükön vagy legfeljebb Ázsiában. Mivel az emberszabásúak kb. 23 millió évvel ezelőtt jelentek Afrikában, elég logikus lenne, ha egy időutazás során a fekete kontinensen találkozoznánk őseinkkel. A tudósok szó szerint ki voltak éhezve egy megbízható dátumra, és ezért nevezhetjük forradalminak a kapott genetikai eredményeket.

Az antropológusok, mint például Carleton Coon már jó ideje taglalják annak lehetőségét, hogy a humán rasszok egymástól függetlenül, a világ több pontján alakultak ki egy emberszabású ősből. Ez az elmélet multiregionalizmus (többközpontúság) néven vált közzismertté, és mind a mai napig fennmaradt egyes szakmai körökben. Az alapelgondolás szerint egy ősi hominid vagyis emberszerű faj pár millió ével ezelőtt elhagyta Afrikát és letelepedett más kontinenseken is. Coon definíciója szerint később az egyes csoportok ott helyben (*in situ*) evolválódtak modern emberré és hozták létre a különféle rasszokat. Ahhoz, hogy megértsük, miért vált ez a nézet oly széles körben elfogadottá, rövid időre magára kell hagynunk a DNS-t és el kell bogarásznunk néhány régi csontlelet körül.

## *A holland kurázsi*

Linné latinul *Homo sapiens*-nek, vagyis bölcs embernek nevezte el fajunkat egyedülállóan fejlett intellektuális képességeink miatt. Azonban már a XIX. században ismertté vált, hogy más emberszerű lények is éltek a múltban. Példának okáért 1856-ban egy különös koponyát fedeztek fel a nyugat-németországi Neander-völgyben. A Darwin előtti Európa a csontokat egy szerencsétlen, fejlődési rendellenességben elhunyt ember maradványainak vélte. Később

kiderült, hogy ez a lény az ősi emberfélék egy kihalt fajához tartozik, amely lelőhelye után a neandervölgyi ember nevet kapta a keresztségben. Ez volt az első tudományos elismerése egy emberi őznek, és konkrét bizonyítékot nyújtott a hominid vonal hosszú evolúciójához. A XIX. század végére már kiélezett verseny folyt az ember és az emberszabású majmok közötti hiányzó láncszem felfedezéséért. Végül 1890-ben egy doktor, a Holland Kelet-indiai Társaság egyik alkalmazottja ütötte meg a főnyereményt.

Eugène Dubois az emberi evolúció megszállott kutatója volt. Orvosi kinevezése a Távols-Keletre kiválóan illeszkedett szárnyaló terveihez, mivel mindig is szeretett volna közelebb kerülni ahhoz a vidékhez, ahol az emberiség bölcsőjét sejtette. Dubois 1858-ban született a hollandiai Eijsdenben, és az orvosi egyetemen az anatómiafakultásra szakosodott. Bár 1881-re asszisztensi állást nyert az amszterdami egyetemen, az ott zajló életet bezártnak és túlságosan hierarchikusnak találta. Így aztán 1887-ben összecsomagolta összes ingóságát, meggyőzte felségét, majd együtt keltek útra a hominid ősök felkutatására.

Dubois az ember legközelebbi rokonának az emberszabású gibbont tartotta, amely kizárólag az indomaláj régióban honos. A gibbonkoponya morfológiája (pl. a masszív fejtetői csonttaraj hiánya vagy a laposabb arc, ami más emberszabásúaknál látható), valamint az a tény, miszerint ezek az állatok előszeretettel sétálnak két lábon is, joggal hitette el vele azt, hogy a hiányzó láncszemet valahol Ázsiában kell keresni. Első ásatásai Szumátrán nem sok sikerrel jártak, csupán viszonylag recens korú emberi maradványokat, orangután- és gibboncsontokat talált, de mikor figyelme Jáva felé fordult, a szerencse hirtelen mellé szegődött.

1890-ben Dubois egy folyóparton feltárt leleteket rostált át a középjávi Trinil közelében, mikor egy fura koponyatető maradt a kezében. A maradványt első pillanatban egy kihalt csimpánznak, az *Anthropopithecus*-nak tulajdonította, bár a megfelelő összehasonlító anatómiai kollektió segítségével feltevéseiben nem lehetett egészen bizonyos. Ne feledjük, valahol a gyarmatbirodalom peremén dolgozott. Aztán a következő esztendőben, egy ugyanazon a helyen feltárt combcsont új megvilágításba helyezte a korábbi leletet. A végtagscsont egyértelműen nem tartozhatott egy fán mászó csimpánzhoz, sokkal inkább egy olyan lényhez, amely felegyenesedve járt a földön. A koponyatető maradványaiból kiszámította a teljes agytérfogatot, ezt kombinálta a felegyenesedett járás tényével, majd merész döntésre

szánta el magát; az új fajt *Pithecanthropus erectus*-nak vagyis felegyenesedett majomembernek keresztelte el. Ez volt hát a mindenki által kutatott hiányzó láncszem. Dubois felfedezését mind nyílt vitákban, mind szaklapok hasábjain még jó egy évtizedig bírálták. Őszintén szólva nem alaptalanul, mivel a legkisebb bizonyíték sem volt arra, hogy a koponyatető és a combcsont (valamint egy később megtalált fog) ugyanahhoz az egyedhez tartozott volna. A leletek különböző ásatási időben kerültek elő, ráadásul az őket tartalmazó talajrétegek közötti viszonyt nem tárta fel senki. A későbbi *Pithecanthropus* – leletek alapján kiderült, hogy a trinili combcsont anomália volt, és valószínűleg egy jóval modernebb kori emberhez tartozott, míg a fog egy emberszabású majomé lehetett. Mind a hibás azonosítás, mind Dubois téves felvetése ellenére (miszerint a maradványok bebizonyították a modern ember ázsiai eredetét gibbonszerű ősoktól), a koponyatető felfedezése vízválasztót jelentett az antropológia fejlődésében. A jávai majomember egyértelműen egy hosszú ideig fennmaradt emberős volt, a miénknél lényegesen kisebb, de a mai majmokénál messze nagyobb agytérfogattal. Habár Dubois sok mindenben alaposan tévedett, mégis igaza lett a legfontosabb pontokban.

A további hominida maradványokért folyó versengés ha lehet, még intenzívebbé vált a XX. század elején, s a tudományos ragadozók megosztották figyelmüket Afrika és Ázsia közt. Újabb *Pithecanthropus* – fossziliák felfedezése az 1920-as, 1930-as években a kínai Csoukoutien város közelében arra utalt, hogy Dubois majomembere sokfelé elterjedt faj lehetett. Az 1950-es években a csoukoutieni *Sinanthropus*-t (pekingi ember) összevonták a jávai *Pithecanthropus*-szal (jávai ember), és ezáltal egyértelművé vált, hogy a *Homo erectus* névre átkeresztelt ember valaha majdnem egész Ázsiát benépesítette. De a legmegdöbbentőbb leleteket az Afrikában munkálkodó Raymund Dart szolgáltatta az 1920-as években.

Dart 1922-ben a dél-afrikai University of the Witwatersrand anatómiaprofesszora volt. Ez egy kisebb csapás volt a magasan szárnyaló ausztrál számára (aki korábban Angliában székelt), mivel a „Wits” abban az időben a tudományos élet hátsóudvarának számított. Mindazonáltal Dart sikeresen építgette az újonnan átadott egyetem Anatómia Tanszékének alapjait, kezdve mindjárt egy embertani mintapéldányokból összeállított gyűjteménnyel. Buzdítására diákjai sokféle anyagot hoztak be neki, és mikor egyikük beállított egy fosszilis páviánkoponyával a Johannesburghoz közeli Taung

kőbányájából, Dart úgy érezte, végre valami érdekes dolog bukkant elő.

Egészen addig a legtöbb megkövült emberi maradvány Európából vagy Ázsiából került elő: a neandervölgyi ember, a pekingi ember, a jávai ember, mind Afrikán kívülről származott. Azonban már 1921-ben találtak egy neandervölgyihez hasonló koponyát Észak-Rhodesiában (ma Zimbabwe), ezzel végre Afrika is felmutathatta ősi pedigrijét. Dart igen csak tisztában volt a lelet jelentőségével, mikor felkérte a taungi kőbánya tulajdonosát további minták szállítására. Legnagyobb öröme, mindjárt az első ládából kicsomagolt küldemény az addig felfedezett legősibb hominid maradvány volt.

Mikor Dart kimerítően alapos csipegetéssel végül szétválogatta, azután újra összerakta a Taung barlangban időtlen idők alatt összepréslődött törmeléket, egy majomszerű arc bámult vissza rá. Kicsiny mérete és az ép tejfogak megléte azonnal világossá tette, hogy egy gyermek koponyájával áll szemben. Dart becslése az agytérfogatot illetően úgy  $500 \text{ cm}^3$  volt, ami jócskán belül marad az emberszabású majmokra jellemző tartományban. A leletben azonban furcsa módon igen apró szemfogakat talált, sokkal kisebbeket, mint a többi emberszabású majomnál. Továbbá a foramen magnum (öreglyuk) helyzete is meglepő volt, hiszen az emberhez hasonlóan lefelé irányult, és nem a majmokra jellemző módon hátrafelé (az öreglyukon keresztül kapcsolódik egymáshoz az agy és a gerincvelő). Mindkét fenti bélyeg azt sugallta Dartnak, hogy a Taung Baby, nem egy egyszerű majom volt. Egy évvel később, 1925-ben megjelent cikkében azt írta: a bemutatott maradványok egy új fajhoz, az *Australopithecus africanus*-hoz (afrikai déli majom) tartoznak, amely felegyenesedve járt és eszközöket használt. Dart szavaival élve: A Déli Majom egyike volt a valaha is megtalált legjelentősebb leleteknek az embertan történetében. Egyértelmű bizonyítéka volt a majmok és az ember közötti hiányzó kapocs afrikai jelenlétének. A felfedezés maga óriási hullámot indított el az emberi eredetkutatásban, mely néhány évtizeddel később egyetemesen elfogadottá tette az emberiség afrikai eredetét. Megjegyzendő azonban, hogy e munka oroszlánrésze néhány ezer kilométerrel odébb, Kelet-Afrikában zajlott le.

Az Kelet-afrikai Árok (más nevén Hasadék völgy) hatalmas kiterjedésű sávja egy tekintélyes méretű geológiai repedés, amely a földkéreg lemezeinek mozgása során jött létre. Durván 3200 km hosszú, északon Eritreánál kezdődik és lehúzódik délre, egészen Mozambikig. Közbülső szakaszát olyan tavak láncolata tölti ki, mint a

Turkana, a Viktória, a Tanganyika, a Malawi és még sorolhatnánk. Ez a hosszúkás sebhely a Föld felszínén nem más, mint egy 20 millió éve folyamatosan fűtött katlan vulkánokkal, tavakkal, hegyekkel és folyókkal, amelyek gyors ütemben keletkeznek majd tűnnek el. Ezért nem csoda, hogy a geológiai rétegek, akár a talaj, a vulkáni hamu vagy a folyóvízi üledékek át meg átrendeződtek, és előbb vagy utóbb a felszínre kerültek. Amikor Kelet-Afrikában ilyen események zajlanak le, a mélyből általában érdekes dolgok bukkannak elő, nekünk csak le kell hajolnunk értük.

Louis Leakey Kenyában nőtt fel, angol misszionáriusok gyermekeként. Egy kikuju faluban nevelkedett, és életének nagy részét a Hasadékvölgy mélyén vagy a mellékfolyók medrében szétszórt különféle kövületek gyűjtögetésével töltötte. Hosszas keresgélésének első jelentős felfedezését az 1959. esztendő hozta meg számára, az észak-tanzániai Olduvai mellett. Nagyjából a terepszezon végére értek, mikor gyakorlatilag értékelhető eredmények nélkül Louis és felesége, Mary már épp összecsomagolni kezdtek, hogy hazainduljanak Nairoibába. Egyik este, visszafelé menet a táborba, Mary egyszer csak megbotlott egy koponyában, ami az egyik szikla oldalába ágyazódott be. Háromheti aprólékos feltáró munka után a Leakey házaspár a lelettel a hóna alatt, visszatért a Kenyai Nemzeti Múzeum laboratóriumába. A részletes elemzés azt mutatta, hogy egy *Australopithecus*-t találtak, az első példányt Kelet-Afrikában. Az igazán mellbevágó eredmény azonban csak azután derült ki, hogy az újonnan kidolgozott radiokarbon izotópos módszerrel meghatározták a leletek magában foglalt üledékréteg korát. A koponya nem kevesebb, mint 1,75 millió éves volt, és ez jószerevével megduplázta azt az időtartamot, amit a tudósok eddig elfogadtak az emberi evolúció hosszának. S mégis, előkerült egy példány a majmok és az ember közötti hiányzó láncszemekből, amelyik bizony ennyire régi volt. A tudományos világ megdöbben, de egyben fel is bolydult. A masszív támogatás, amit Leakeyék a megtalált olduvai lelet után kaptak különböző helyekről, lehetővé tette számukra, hogy az elkövetkező 30 év során újabb és újabb *Australopithecus*-okat hozzanak a napvilágra a nagy Hasadékvölgyben.

A déli majomember felfedezése Kelet-Afrikában ugyan a modern ember irányába mutatott, de az emberiség afrikai eredete csak akkor nyert kétséget kizáró bizonyosságot, mikor az 1960-as és 70-es években egyértelműen a *Homo* nemhez tartozó leleteket is találtak ugyanott. A legkorábbi *Homo erectus* fossziliát 1,8 millió évesnek datálták, és

szintén Kelet-Afrikában ásták ki (a *Homo erectus* afrikai változatát helyenként *Homo ergaster* néven jegyzik). A legfrissebb adatok a volt szovjet Grúzia Dmanisi nevű középkori városa közeléből származnak, és azt mutatják, hogy a *Homo erectus* meglehetősen hamar, talán 100 ezer éven belül már elérte Ázsiát. A fentiekből arra következtethetünk, hogy a faj tagjai, bárhol is éltek a Földön, 2 millió éves közös afrikai eredettel rendelkeznek. Igen ám, de a Berkeleyben összehozott eredmények szerint a Mitokondriális Éva 200 ezer évvel ezelőtt Afrikában élt. Vajon hogyan lehetséges ezt a két eltérő adatot összeilleszteni?

## A dátumozás kérdése

Lépjünk egyet vissza, és próbáljuk meg objektíven szemlélni az egész históriát. A *Homo erectus* afrikai genezisének bizonyítása körülményes feladat, evolúciósan hiányzó kapcsokat látunk Afrikában, akár egyedülállónak akár csak elsőként megtalálnak tételezzük fel őket. A leletegyüttes a korai hominidák megszakítatlan láncát képezi, visszavezetve 5 millió évvel ezelőltre, a nemrég felfedezett őscsimpánz, az *Ardipithecus* korába. De a nagy kérdés az, vajon elégséges-e ez a gyűjtemény ahhoz, hogy fajunk bölcsőjének az afrikai kontinentet tekintsük. Lehetséges, bár a kövületek néha alaposan félrevezetik az embert. Képzeljünk el egy tökéletesen fennmaradt neandervölgyi csontvázat Délnyugat-Franciaországban, precízen meghatározott 40 ezer éves korról, majd vegyünk mellé 2 millió éves *Australopithecus*-t Afrikából. A különbség 2 millió év és néhány ezer kilométer. Első pillantásra melyik lelet tűnik a mai európai populáció közvetlen őséneke? Nos, elég furcsa, de a választás messze nem egyszerű. Amint a későbbi fejezetekben látni fogjuk, a modern európaiak szinte biztosan nem a neandervölgyiek leszármazottai, bármit is gondoljanak kollégáink a szomszéd szobában. Ezzel szemben a távoli déli majomember sokkal inkább valószínűsíthető közvetlen ősrünknek. Habár a kövek és csontok sokat elárulnak a múlttól, de a genealógiát csak a gének segítségével tudjuk levezetni.

Visszatérve kezdeti kérdésünkhöz, miképp passzol a Mitokondriális Éva 200 ezer éve a *Homo erectus* 2 milliójához, a válasz az, hogy a *Homo erectus* semmiképpen nem evolválódhatott modern emberré egymástól független helyszíneken, a világ különböző sarkaiban. Coon tévedett. A genetikai adatokból sokkal inkább az a következtetés



szűrhető le, miszerint a modern ember a viszonylag közeli múltban Afrikában fejlődött ki, és onnan terjedt szét, folyamatosan elfoglalva unokatestvérei helyét. Kegyetlen verseny volt, és csak a győztesek hagytak genetikai lábnyomokat maguk mögött. Talán sajnálatos, de a *Homo erectus* veszített.

Amint látni fogjuk, más genetikai adatok is alátámasztják a mitokondriális eredményeket, Afrika talajába helyezve az emberiség családfájának gyökereit és legutolsó közös őst, aki csupán pár százezer évvel ezelőtt élt. Illeszkedve ehhez a képhez, az összes genetikai adat szerint Afrikában találjuk a legnagyobb számú polimorfizmust, sokkal több változatot, mint bármely más kontinensen. Valószínűleg lényegesen nagyobb számú genetikai leszármazási vonalat tudnánk feltérképezni akármelyik afrikai faluban, mint a világ többi részén. Fajunk genetikai polimorfizmusának zömét az afrikai népek hordozzák magukban, az európaiak, az ázsiaiak és az amerikai indiánok csupán egy apró szeletkét hurcolják az afrikai falvakban fellelhető rendkívüli változatosságnak.

Rendben van, de miért jelez a nagyobb diverzitás öregebb kort is? Emlékezzünk csak vissza a provence-i falura, és a halié evolúciójára. Minden nemzedékben a leányok csupán aprókat változtattak a leves fűszerezésén. Nemi idő elteltével aztán a kis különbségek a receptek rendkívül széles választékához vezettek. Kétségtől, minél hosszabb idő telt el, a faluban annál nagyobb számban halmozódtak fel a különféle variációk. Nem más ez, mint egy fűszeróra, ahol az idő egységeit rozmaringnak vagy kakukkfűnek nevezik. Minél régebb óta ketyeg az óra, annál több különbséget figyelhetünk meg. Ugyanolyan jelenség ez is, mint amit Emil Zuckerkandl figyelt meg a fehérjék természetében, hosszabb idő, több változást jelentett. Vagyis, minél szélesebb genetikai varianciát figyelünk meg egy adott populációban, az minden bizonnyal annál idősebb is. Ez a tény teszi Afrikát mindeneknél öregebb kontinenssé.

De ha ez mind igaz, akkor talán Coonnak abban mégis igaza volt, hogy ősi afrikai gyökereink miatt a jelenlegi afrikaiak valahogy bent rekedtek egy evolúciós zsákutcában? Természetesen nem. Családfánk minden ága ugyanabban az ütemben változik, akár afrikai, akár Afrikán kívüli eredetű, vagyis minden egyes kontinensnek megvannak a maguk leszármazási vonalai. Ez az, ami miatt a legnagyobb diverzitást Afrikában találjuk, hiszen minden ág továbbfejlődik, akumulálva a hozzáadódó változásokat. A legérdekesebb folyománya egy efféle közös őst, hogy minden belőle eredő leszármazási

vonala ugyanolyan rátával változik a továbbiakban is, tehát mindegyikük azonos korú. Az idő, ami az én DNS-em és Mitokondriális Éva DNS-ének szétválása óta eltelt ugyanannyi, mint amennyit egy mai afrikai pásztor, egy thai csónakos vagy egy brazil janomami vadász esetében találunk. Mindnyájan ugyanannak az asszonynak a leszármazottai vagyunk, aki valahol Afrikában élt, kevesebb mint 150 ezer évvel ezelőtt.

Óhatatlanul felmerül a kérdés, vajon hol volt Éva tényleges otthona, Afrikában pontosan merre lehetett ez a bizonyos „édenkert”. Nem könnyű a válasz, mivel ugyanabban az időpontban számos más nő is élt Afrika-szerte. De ha kicsit finomítva tesszük fel a kérdést, az úgy hangzana: melyik populációt lehet kinevezni a legősibb genetikai vonalak hordozójának? Habár az afrikai diverzitást még nem vizsgálták meg minden tekintetben kimerítő alaposan, annyit azonban már most elmondhatunk, hogy a legöregebb leszármazási vonalak Kelet- és Dél-Afrikából kerültek elő. Amit ezekről a populációkról eddig kiderítettünk az, hogy közvetlen mitokondriális kapcsolatuk van Évával, míg a világ többi részén élő népek a hosszú úton elhagyták némely genetikai szignáljukat. A következő fejezetekben ezt az édenkertet próbáljuk meg felkutatni, és ebben Ádám lesz a nyomkeresőnk.

### 3. Éva párja

A nő férfi nélkül olyan, mint a hal bicikli nélkül.  
Gloria Steinem

Az előző fejezetben megismerkedtünk „Évával”, minden ma élő ember női őseivel, aki Afrikában élt úgy 150 ezer évvel ezelőtt. Azon populációkra alapozva, melyek valószínűleg a legtisztábban tartották meg szépanyánk genetikai szignáljait, most belevághatunk az édenkert pontos helyének felkutatásába. Mielőtt azonban túlságosan előrerohannánk, szükséges, hogy meghatározzuk, miben volt Éva kivételes. Ő képviseli ugyanis a mitokondriális családgyökerét, és ennél fogva ő egyesíti a Föld lakóit egy közös anyai kapcsón keresztül. Ez a tény azonban nem szükségszerűen jelenti azt, hogy DNS-eink minden része ugyanazt a történetet mesélné el. Az ivari rekombináció miatt genomunk számos olyan blokkból épül fel, amelyek egymástól meglehetősen függetlenül fejlődtek ki. Az egyik DNS-régió talán Indonéziába vezet vissza eredetünket, míg egy másik valahonnan Mexikóból is kezdhette vándorútját. Azt kell megállapítanunk, vajon Éva leszármazási vonala egyedinek minősül-e, ha vázolni próbáljuk az afrikai kivándorlás folyamatát.

Genomunk fennmaradó része lényegében az mtDNS-éhez hasonló mintázatot mutat, habár általában kisebb felbontásban. A polimorfizmus-kutatások például a béta-globulin génjében (a vér oxigénszállító komponensét kódolja), a CD4 génben (ez pedig az immunrendszer működését szabályozó fehérjét kódolja) és a 21. kromoszóma egyik DNS-szakaszában, mind sejteni engedik, hogy az afrikai populációk lényegesen változatosabbak, mint a nem afrikaiak. A dátumozás pedig kétséget kizáróan egy 2 millió évnél fiatalabb, Afrikában élt közös ősig vezet vissza. Az efféle markerek használata azonban eléggé problematikus. A genomunk döntő többségét kitevő, 22 pár kromoszómából származó információ meglehetősen összekeveredett az eltelt hosszú idő alatt. Minél régebben elvált két polimorfizmus, annál nagyobb az esély a keveredésükre. S mivel a

keveredés elfedi a történeti szignálokat, sajnálatos módon genomunk nagyobbik része nem igazán alkalmas a vándorlások nyomon követésére.

Mindazonáltal van a DNS-nek egy olyan szakasza, amely a legutóbbi kutatások eredményei alapján megfelelőnek bizonyult az emberi történelem részleteinek feltárásához. Ez a szakasz messze nagyobb felbontást tesz lehetővé őseink kóborlásairól, mint amit eddig valaha elképzelni mertünk. Az mtDNS férfiági megfelelőjéről beszélünk, amely apáról fiúra öröklődik, és kizárólag egy hím leszármazási vonalat határoz meg, a női vonal egyenértékű párját. Ez a szakasz lenne képzeletbeli provence-i falunk apai ága. A leszármazási vonalak kihalása és diverzifikációja, mondjuk a hallé recepteknél, ugyanúgy nyomon követhető ennek a DNS-szakasznak az alkalmazásával. Az Y-kromoszómához jutottunk.

Álljunk meg egy szóra. Bárki kérdezheti, mi ez a halandzsa az apai és anyai vonalokról. Hiszen eddig azt sajkóztuk, hogy az ivaros szaporodás lényege az anyai és apai genetikai állományok, az utódnemzéshez elengedhetetlen, 50-50%-os keveredésében rejlik. Mi a csoda rúghatja fel ezt a szabályt? A mitokondriális DNS esetében a válasz egyszerű, olyan kívülállóval van dolgunk, amely alapvetően nem a humán genom része, hanem evolúciós maradványa egy korszaknak, mikor bakteriális paraziták (szimbionták) telepedtek meg a legkorábbi sejtekben. Az Y-kromoszóma története ennél lényegesen bonyolultabb.

Az ivaros szaporodás egyik fura tulajdonsága, hogy a nemet meghatározó, úgynevezett ivari kromoszómák mentességet kapnak az 50-50%-os apai-anyai keveredés alól. Mikor megörököljük ezeket a kromoszómákat, a genomunkra amúgy jellemző duplikáció, vagyis a kromoszómák megkettőződése nem működik. Az állatok neme sajátos módon határozódik meg az összekavart ivari kromoszómák jelenlétében. Az emlősöknél a hímnek van ilyen nem illeszkedő kromoszómapárja, egy X és egy Y. A nőstényeknél az X-nek megvan a saját normális X típusú másolata, így rekombináció megtörténhet kettőjük közt. A hímekben azonban az Y csupán rövid szakaszokon tud az X-hez kapcsolódni, csak a két végén, de ez legalább lehetővé teszi a felsorakozást a sejtosztódás beindulásakor. Az Y-kromoszóma többi, úgynevezett nem rekombinálandó része teljesen idegen az X-től. Így nincs olyan kromoszóma, amellyel párba állhatna és rekombinálandó. Örökön-örökké keveredés nélkül adódik tovább, egyik nemzedékről a másikra, akárcsak a mitokondriális DNS.

Az Y-kromoszóma végül is a leghatékonyabb eszköznek bizonyult a populációgenetikusok számára a humán diverzitás tanulmányozásában. Ennek részben az az oka, hogy ellentétben a durván 16 ezer nukleotid hosszúságú mtDNS-sel, az Y-kromoszóma hatalmas méretű, mintegy 50 millió nukleotidot tartalmaz. Ennek következtében igen nagy számban fordulnak elő olyan szakaszok, ahol a múltban mutáció történhetett. Ahogy a megelőző fejezetben is láttuk, a több polimorfizmus jobb felbontást ad. Ha pusztán Landsteiner vércsoportjait vennénk, akkor mindenki négy kategóriába (A, B, AB, 0) lenne besorolható. Más szavakkal, az Y-kromoszómán elérhető polimorfizmus-gazdagság egész egyszerűen sokkal nagyobb. Továbbá, mivel nem rekombinálódik, a mitokondriális DNS-hez hasonlóan, az Y-kromoszóma mutációit is időrendi sorrendbe tudjuk állítani. E kellemes tulajdonsága nélkül sem Zuckerkandl és Pauling leszármazásivonal-azonosító módszerét, sem Ockham borotváját nem tudnánk felhasználni az ősök felderítésére.

Felmerülhet a kérdés bárkiben, vajon hogy képes az Y egyáltalán létezni rekombináció nélkül, mikor az elvileg elengedhetetlen feltétele a sokszínűségnek, ami pedig segít túlélni a környezetben lezajló változásokat. Röviden válaszolva, a rekombináció hiányának minden bizonnyal megvannak a negatív evolúciós hatásai, valószínűleg részben ezért van csupán néhány funkcionáló gén az Y-kromoszómára illesztve. Az aktív gének száma meglehetősen variál a genom egyes részei közt. A mitokondriumban például ez csak 37 darab. A nukleáris genomban található gének teljes száma úgy 30 000, vagyis kromoszómánként 1500 darab. Valahol eltűnt annak a sok ezer génnek a többsége, amit a mitokondrium hozott magával a néhány százmillió évnyi távolságból. A mitokondrium kifejezetten parazitaszerűvé vált emiatt, és lényegében feladta sejten belüli önállóságát. Némelyikük ma bizonyítottan a nukleáris genomunk része. Akármennyire is furcsán hat, genetikai állományunk egy kis része egyértelműen bakteriális eredetű. Tehát a mitokondriális DNS esetében feltételezhetünk a gének elvesztése irányába ható rásegítést. A legfontosabbak betuszkolódtak a sejt mag belsejébe, fenntartva ezzel a rekombináció és azon keresztül az evolúciós versengés lehetőségét.

Hasonló génelvesztést találunk az Y-kromoszóma esetében is. Habár egy átlagos emberi kromoszómán 1500 aktív gén foglal helyet, ebből csak 21-et lehet azonosítani az Y-on. Némelyikük úgynevezett tandem formában, megkettőződve szerepel, aminek az az oka, hogy a genetikai másológép egyszer, valamikor a múltban akadozni kezdett, és néhány

helyen duplikátumot készített. Mi azonban ezeket egy génként vesszük leltárba. Érdekes módon, mind a 21 működő gén valamiképpen a férfi nemhez kapcsolódik. Különösen igaz ez a SRY génre (Sex-determining Region of the Y = az Y ivarmeghatározó régiója), amely a fő koordinátora a nem differenciált embrióból hím ivarú egyedé válásnak. A többinek pedig másodlagos szerepe van a hímjellegek és a hímre jellemző viselkedésminták kialakításában. Az Y-t felépítő DNS-szakaszok viszont mentesek bármiféle meghatározó funkciótól. Ezt hívjuk „hulladék-DNS”-nek, ami anélkül adódik tovább egyik nemzedékből a másikba, hogy bármilyen felismerhető haszna lenne. Ami azonban egyik oldalról nézve biológiai hulladék, az a populációgenetikuskok számára valóságos aranykincs.

Ahogy már korábban láttuk, az emberiség sokszínűsége csak a különbségek tanulmányozásával fogható meg. A populációgenetika nyelve a polimorfizmusokba íródott, szövegét pedig magunkkal hurcoljuk mindenhová. Ezek a különbségek tesznek mindnyájunkat különálló egyedekké, és ha csak nincsen ikertestvérünk, senki más a világon nem rendelkezik a mienkével megegyező genetikai polimorfizmusmintázattal. Ez a lényege a kriminalisztikában használt, úgynevezett DNS-ujjlenyomat-vizsgálatoknak is. Az Y-kromoszóma lehetőséget ad egy egyedülálló férfiági nyomkövetésre, visszafelé, a fiúktól kezdve az apák és a nagyapák irányába. A legszélsőségesebb példával élve: ezzel a módszerrel bármelyik ma élő férfi DNS-étől eljuthatunk közös férfi (hím) ősrünkig, aki legyen mondjuk Ádám. A kérdés az, vajon milyen földrajzi mintázatban kapcsolódnak össze ezek a nem rokon emberek, és igazán minden férfi vissza tudja vezetni saját egyedi Y-kromoszóma vonalát egészen Ádámgig?

A válasz nem, de a magyarázat kicsit komplikált, fő oka elsősorban az, hogy sokkal inkább rokonai vagyunk egymásnak mint gondolnánk. Képzeljük magunk elé genomunk zömét, azokat a részeket, amelyek nem kizárólagosan anyánktól vagy apánktól maradt ránk. Mivel ezt a DNS-t is fele-fele eloszlásban szüleinktől örököljük, a bennük tárolt polimorfizmusok mintázata felhasználható az apaság bizonyítására, hiszen ugyanúgy kapcsol minket apánkhoz, mint anyánkhoz. Ha a bíróságon kiderül, hogy genetikai állományom 50%-ban megegyezik egy gyerekével, akit esetleg soha nem is láttam, nagy eséllyel fogok hosszú évekig gyermektartást fizetni, ugyanis ilyen fokú egyezés véletlen kialakulása elenyészően kicsiny valószínűségű. Tehát a polimorfizmusok meghatároznak minket és szüleinket, mintha csak

egy családfa ágainak kisebb hajtásai lennének. Nincs a világon még egy embercsoport, akik DNS-ébe pontosan ugyanaz a sztori lenne beleírva.

Ha az időtartományt kiterjesztjük nagyszüleinkre, az ő nagyszüleikre és így tovább visszafelé, minden egyes nemzedékben el fogunk veszíteni valamennyit a minket jellemző szignálokból. Ötvenszázalékos átfedésem van az apámmal, de már csak 25%-nyi a nagyapámmal és csupán 6%-nyi az ő nagyjával. Ahogy lépegetünk hátra az időben, őseink száma egyre nő, és meglehetősen gyors iramban gyarapodik, mégpedig 2 hatványainak ütemében, hiszen minden szülőnek két szülője volt. Kenneth Kidd, a Yale Egyetem genetikus a cikkében kimutatta, hogy 25 évnek véve egy generációt, az ősök efféle megduplázásával, az 500 évvel ezelőtti idősikban több mint 1 millió felmenővel kellene számolnunk. Sőt, ha visszamegyünk úgy 1000 évet, mikor a normannok meghódították Angliát, a tiszta matematikai levezetés eredményeképp több mint 1 billió ős dukálna minden egyes ma élő embernek. Ez bizony lényegesen meghaladja a Földön valaha élt emberi lények teljes számát. Akkor hol a hiba? Valahol félreecsúszott a kalkuláció?

Igen is, meg nem is. A matematikával nincs gond, az exponenciális növekedés dinamikája régóta ismert (legalább az ókori görögök idejéből), és ma már mindnyájan tisztában vagyunk a „szaporodnak, mint a nyulak” kifejezés valós tartalmával. Az őseink eredetét firtató számításban nincs technikai hiba, de abból a helytelen alapfelvetésből indul ki, hogy geneológiai levezetésünkben minden egyes ember független egymástól. Egyértelmű, hogy az emberek valamiképp osztoznak az ősökön, egyébként a számok használhatatlanok lennének. Valójában legtöbbször esetében a generációs szorzószám biztosan kisebb kettőnél, sőt elmondhatjuk, hogy szinte mindig lényegesen közelebb van az egyhez. A jobb megértés kedvéért tegyünk egy poétikus madármegfigyelő túrát...

## *Víz, víz mindenfelé...*

Samuel Taylor Coleridge, romantikus költő, bukott klasszicista és kábítószer-élvező 1797 és 1798 között két évet töltött egy kis dorset-i falucskában. A dombok közt tett kimerítő sétái és szomszédjával, William Wordsworth-szal folytatott hosszú beszélgetései mellett, irodalmi aktivitása is tetőfokára hágott. Ennek eredményeként született meg két leghíresebb verse, a Kubla kán és az Ének a vén tengerészről.

Az előbbi félig öntudatlan, ópium által vezérelt állapotban komponált műve (miből lesznek a nagy dolgok...) az irodalmi képzelőerő rendkívüli példája. A másikat lényegesen kiegyensúlyozottabb periódusában vetette papírra, és a történet egy hajóutat követ végig a déli tengereken. A versbéli tengerész súlyosan megsérti a tenger íratlan törvényét azáltal, hogy megöl egy albatroszt, majd tettének következményeit az egész legénység megszenvedi. A hajó szélcsendben marad örökre a tikkasztó hőségben, a nyílt tengeren, ahol „víz, víz mindenfelé, de cseppje sem iható”. A tengerész túléli a hosszú szenvedést, de a legénység nem ilyen szerencsés, a halál elragadja mindnyájukat. Büntetésül kóborolva kell töltenie hátralévő életét, így vezekelve a csapásért, amit a madár elpusztításával idézett elő.

Az Ének a vén tengerésztől című vers leginkább magával ragadó alakja az albatrosz, a jószerecske szimbóluma. De mi köze volt ennek a madárnak Fortunához? A legenda egy félreértésen alapul. Kikötőkről álmodozva, a tengerészek sokszor heteket töltöttek kint a nyílt vízen anélkül, hogy földnek még csak a nyomát is látták volna. Közelgő partot érzésük egyik első jele gyakran valamilyen madár felbukkanása volt, hiszen szerintük Noé galambjához és olajágához hasonlóan, ezek is a közeli szárazföldről szállhattak fel. Az albatroszt, a világ egyik leglátványosabb madarát (némelyikük szárnyfesztávolsága eléri a 3,5 métert) a legfontosabb ómenként tartották számon. Az egyetlen hiba az albatrosz legendája körül csak annyi, hogy a többi madárfajhoz képest egyedülálló módon, életének nagyobbik részét a tengeren tölti. Néhány egyed akár két évig is csak vándorol a vizek felett, és gyakorta repülés közben alszik, miközben minden megerőltetés nélkül siklik ezer kilométerekkel odébb. Vagyis, amikor a tengerészek Noé galambjait vélték felfedezni bennük, csak egy bolygó hollandi üzött gúnyt velük.

Ha veszünk egy alapvetően szárazföldi fajt, egy mégoly meglepő módon adaptálódott madarat is, mint az albatroszt, annak is szembe kell nézni egy igen fajsúlyos kérdéssel, mégpedig a szárazföldön történő utódnemzéssel. Az albatrosznak igazán jellegzetes albatrosztípusú megoldása van erre a kihívásra, mely egy valódi csemegével gazdagítja biológiai ismereteinket. Vándorló életmódja és 55 évnyi élettartama ellenére, az albatroszok mindig ugyanarra a szigetre térnek vissza párzani. Élethosszig tartó kapcsolatban élnek, párjaikkal évről évre rendületlenül látogatják megszokott helyüket, ahol a találka után egy szem fiókát nevelnek fel, gondosan megosztva a napi terheket. Néhány hónap után, mikor a fiókák már képesek szárnyra kapni, érzékeny búcsút vesznek egymástól, bejegyzik



képzeltbeli naptárunkba az egy év múlva esedékes következő randevú dátumát, majd nekivágnak a tengereknek.

Az állandó párzóhely evolúciós hatása akkor jelentkezik, mikor megindul a szigetek közötti fajképződés. Mindegyik kitermeli a saját albatroszfaját és homogenizálja a kizárólag ott költő madárpopulációt. Mikor a felnőtté cseperedett fiatal albatroszok először visszatérnek a szigetükre, a hímek rituális násztáncsal hívják fel magukra a nőtényeket figyelmét. A párválasztáskor a nőtényeket cseppet sem érdekli, hogy a hím a sziget melyik részéről származik. Amennyiben ön egy albatrosz, és a megfelelő szigeten van a megfelelő időben, igen jó esélye van arra, hogy megtalálja szerencséjét.

Az evolúciókutatásban az albatroszhoz hasonló fajokat pánmiktikus kifejezéssel szokás illetni. Jelentése szerint bármely egyednek megvan a potenciális lehetősége arra, hogy fajának bármely tagjával pározzék. Akármekkora területeket is jár be élete során egy albatrosz, sehol másutt nem képes gyökeret eresztetni, csak saját szülőfalujában. Nos, az emberek nem ilyenek. Mikor elköltözünk valahová, hajlamosak vagyunk a szomszéd faluból házastársat választani. Ha összehasonlítjuk a párok szülőhelyét és letelepedésük helyszínét, egészen a legutóbbi időig, úgy 100 évvel ezelőttig, a távolság köztük nem volt számottevő. Saját családommal már másképp áll a helyzet, hiszen én Georgia államban, Atlantában, míg a feleségem Hongkongban született, olyan messze tőlem, amennyire csak lehetséges, de a gyakorlat egészen más volt, akár még néhány generációval korábban is. Ő valószínűleg Kowloonban vagy a Köztes Zónában élt volna, én pedig az USA egyik déli államában fejeztem volna be pályafutásomat. A párválasztás lokális jellege miatt az egyazon régióban élő emberek egy idő után egyre inkább hasonlítani kezdenek egymásra, és eközben megnőnek a helyszínek közötti különbségek. Ha először látjuk harmad-unokatestvérünket, szinte biztosan nem ismernénk fel benne a rokont. Ha ezek után összeházasodunk vele, majd gyermekeket nemzünk, jelenteni fog-e ez valami különlegeset? Genetikai értelemben csupán annyit, hogy fiúnknak vagy lányunknak két, épphogy nem rokon szülője lesz, hiszen azért néhány génen megosztozunk párunkkal. E szerint a szorzószám, amit az ősök számlálásánál kell alkalmaznunk, kisebb lesz mint 2, és ez meg is magyarázza korábbi matematikai feladványunkat. Mivel az emberek a történelem során hajlottak arra, hogy a közelükből válasszanak párt maguknak, előbb vagy utóbb elkerülhetetlenül

valamelyik (távoli) rokonuknál kötnek ki. Ennek eredményeképp pedig az egy régióban élő emberek sokkal jobban hasonlítanak egymásra.

Egyes vidékeken persze a rokonsági fok sokkal magasabb, és az első unokatestvérek házassága szinte hétköznapi eseménynek minősül. Mindnyájan ismerünk belterjes eseteket. De még a tradicionális társadalmakra jellemző nem túl magas rokonsági fokú belterjesség is szép csendben a polimorfizmusok jellegzetes mintázatát fogja kitermelni egy adott népességen belül. Ugyanazon a módon, ahogy az egyént meghatározza a benne fellelhető polimorfizmusok mintázata, ez az állítás kiterjeszhető egész populációkra, melyek egy földrajzi régióra jellemző genetikai szignállal büszkélkedhetnek. Ezek azok a szignálok, amiket a populációgenetikusok kutatnak, és nem csupán a faji együvé tartozást közös őseinkkel Ádámmal és Évával. Regionális egységeket keresgélünk, apró mozaikdarabkákat, amikből össze lehet állítani a modern emberiség teljes képét. Ahogy Dick Lewontin munkáiból kiderült, a szignálok nagyon haloványak, de azért még észlelni tudta őket. A trükk olyan polimorfizmusok felkutatása volt, melyekkel az emberiséget regionális csoportokba lehetett besorolni. Ehhez a munkához újra a laboratóriumba kellett bezárkóznunk.

### *...de cseppje sem iható*

Zuckerlandl és Pauling felfedezése a divergáló molekulákról, mint az evolúció időmérőiről, valamint alkalmasságuk a szálak közös ősig vezető visszafejtésére, jó tanáccsal látott el minket, miképp kezeljük a mitokondriális adatok tömegét, és hogyan kapcsoljuk hozzá azokat Mitokondriális Éva létéhez. Természetesen az Y-kromoszóma is mentes a rekombinációtól, így a módszer itt is alkalmazható. Az Y-hoz kötött polimorfizmusok nyomon követésével egész könnyedén és gyorsan eljuthatunk Ádámgig – minden, amire szükségünk van, csak a polimorfizmusok gyűjteménye. Ebben az Y-kromoszóma lett az adu, mivel egészen az utóbbi időkig úgy tűnt, nem áll elegendő polimorfizmus a rendelkezésünkre.

Rob Dorit, Hiroshi Akashi és Walter Gilbert (ugyanaz, aki 1970-ben felfedezte a DNS-szekvenálást) 1994-ben leközltek egy fura cikket, az egyik legelismertebb tudományos folyóiratban, a Science-ben. Nem az volt benne különleges, amit találtak, hanem amit nem találtak meg. A polimorfizmus hiánya a humán Y-kromoszóma ZFY lokuszán című tanulmányokban bemutattak egy vizsgálatot, amelynek során a világ

minden tájáról összesen 38 férfi Y-kromoszómáját elemezték, annak érdekében, hogy minél több polimorfizmust találjanak rajtuk. Bár az első Y-hoz kötött polimorfizmusokat, egymástól függetlenül, már 1985-ben felfedezte Myriam Casanova és Gerard Lucotte, majd a későbbiek során még néhány újat sikerült összegyűjteni, számuk mégis messze alatta maradt annak, amit más kromoszómákon tapasztalhatunk. Dorit csapatának meglepő felismerése az volt, hogy az általuk megvizsgált kromoszómaszakaszon a varianciának nyomát sem lehetett kimutatni. Egyetlen DNS-szekvencia variánsát sem tudták detektálni, ami arra enged következtetni, hogy az analízisbe bevont férfiaknak nagyon fiatal lehet a közös őse. Az eredmények tükrében akár mindegyüknek közös apja lehetett volna – például egy Casanova, aki az egész világon szétszórta magvait. Mindazonáltal, azt a lehetőséget sem vetették el, hogy egyszerűen csak szerencsétlenül választották ki azt a bizonyos, egyébként elég rövid, 700 nukleotid hosszúságú DNS-szakaszt, amely ebben a 38 emberben pont nem mutatott fel egyetlen változatot sem. Ennek okán minden férfi közös őst, vagyis Ádámot valahová 0 és 800 ezer év közötti időben tudták elhelyezni. Ez nem sok érdemlegeset adhatott hozzá az emberi eredet és migráció kutatásához, sokkal inkább elrettentette azokat a populációgenetikusokat, akik épp az Y-kromoszóma kutatásába akarták belevágni fejszéküket.

Egy pár újabb polimorfizmust azért sikerült azonosítani az elkövetkező években, így Michael Hammer az Arizoniai Egyetemről, a birtokában lévő diverzitásadatok alapján el tudta helyezni Ádámot Afrikában az elmúlt 200 ezer éven belül. Ezzel igazolta a mitokondriális adatokat, és lelki szemeink előtt mindjárt fel is villant egy szívbemarkoló, ősi randevú a dél-afrikai szavannákon. Az Y-polimorfizmusok teljes száma azonban még mindig kétségbeejtően kevés volt. Itt volt a legfőbb ideje a nagyságrendek megemelésének, és e művelet helyszínének ismét a kaliforniai San Francisco-öböl vidéke kínálkozott.

## *Nyomás alatt*

Peter Underhill tengerbiológusként kezdte tudományos pályafutását Kaliforniában, a hatvanas évek végén. PhD-fokozatát már a University of Delaware egyetemén szerezte meg 1981-ben. Mielőtt visszatért Kaliforniába, kisebb vargabetűt tett a biotechnológia fejlődésnek indult

mezején, olyan enzimek tervezésével, amelyeket molekuláris biológiai kutatásokban lehetett felhasználni. Addigi tevékenységének legfontosabb hozadékaként a genetikusok által akkoriban kifejlesztett technológiák széles skáláját sajátította el. Ez volt a még szárnyait próbálgató ipari biotechnológia legnagyobb korszaka, és San Francisco környéke lett a rekombináns DNS-ből indult forradalom epicentruma. A gének hasítása, darabolása tette a biológiát a Szilikon-völgyben, illetve a környező városokban terjeszkedő informatikai ipar méltó vetélytársává.

Underhill, belefáradva az üzleti világ dolgaiba, 1991-ben tudományos munkatársi státusért pályázott Luca Cavalli-Sforza laboratóriumába, a Stanford Egyetemre. Miután meggyőzte Lucát arról, hogy tökéletesen be tud illeszkedni egy efféle zártkörű és szorosan együttműködő csapatba, felvették. A laborban eleinte mitokondriális DNS-ek szekvenálásával mutatkozott be, de érdeklődése hamarosan az Y-kromoszóma felé fordult. A Cavalli-Sforza-laboratórium abban az időben egészen különleges helynek számított, mivel szó szerint új csapatokat vágott a tudomány ismeretlen vidékein. Magamat is nagyon szerencsésnek tartom, amiért posztdoktori ösztöndíjasként részt vehettem az akkor ott folyó kutatásokban. Hetente fejlesztettek ki új genetikai és statisztikai módszereket egy igazán parázsló szellemi közegben. A humán populációgenetika majd mind jelentős személyisége eltöltött valamennyi időt Stanfordban az 1990-es években. Némelyikük mint diák vagy posztdoktori ösztöndíjas, például David Goldstein, Mark Seielstad és Li Jin, mindegyikükkel fogunk még találkozni a könyvben. Mellettük volt ott egy furcsa analitikai kémikus is, akinek nagyon fontos szerepe van történetünkben. Hogy megértsük, miért, fussunk át néhány fontos tudnivalón a genomokat felépítő molekulákról.

A genetikusok fegyvertárának egyik legfőbb eszköze a DNS-fragmentumok méret szerinti hasítása. A sejteinkben lévő DNS, a fehérjékhez hasonlóan, hosszúkas láncot formál, amely a nukleotidnak nevezett bázisokból épül fel. A DNS-t alkotó bázisokban kódolt információ rejlik, pontosan úgy, ahogy a fehérjét felépítő aminosavakban. Eltérően a fehérjétől, a DNS-nek csak négy alapköve van, a négy nukleotidbázis: adenin (A), citozin (C), guanin (G), timin (T). A kódolt információ, vagyis testünk felépítése, a négy nukleotid jellegzetes sorrendje által meghatározott úton ölt testet. Ugyanúgy, ahogy a morzekódok hatalmas mennyiségű információ átvitelére

képesek pusztán pontok és vonalak felhasználásával, a DNS a nukleotidok sorrendjével határozza meg egy felépítendő organizmus biológiai lényegét. Úgy 3 milliárd nukleotid dolgozik az ügyön, gondolhatjuk milyen hatalmas adatmennyiségről van szó. Azok a biokémiai technológiák, amelyeket egy keverékben a különféle molekulák méret szerinti szétválasztásához alkalmaznak, felhasználhatók a DNS nukleotidszekvenciáinak elválasztására is. Ezekkel a módszerekkel ugyanis a szekvenciától függően, meghatározott hosszúságú DNS-fragmentumokat lehetséges létrehozni. Miután megkapják a DNS-darabkákat, az egész anyagot egy zselatinszerű mátrixon engedik keresztül elektromos mező jelenlétében. Mivel a DNS negatív töltésű molekula, a darabok a mátrix pozitív töltésű végéhez fognak vándorolni. Molekuláris szinten az ellentétek valóban vonzzák egymást. A folyamat lényege, hogy vándorlásuk közben a gél rácsszerkezete tulajdonképpen visszafogja a DNS-fragmentumok mozgását, mivel azoknak apró és bonyolult hálózatos csatornák labirintusában kell navigálniuk magukat. A sebességcsökkenés mértéke a darabok hosszától függ. Minél nagyobb molekulatöredékről van szó, az ellentétes pólus irányába történő mozgás annál inkább lelassul, hiszen nagyobb anyagmennyiségnek kell átréselődnie a gél rácszatán. Elméletben kicsit komplikáltak tűnik, de gyönyörűen működik a gyakorlatban. Az elmúlt 30 évben ez a szekvenálásnak nevezett technológia volt az alapja majdnem mindegyik fontosabb genetikai felfedezésnek. Példának okáért, az emberi genom feltérképezése során a kutatók több tízmilliószor alkalmazták ezt a módszert. Talán nem volt épp izgalmas feladat, de hatékonyságához nem fér kétség.

A szekvenálással azért vannak gondok is. Egyrészt a módszer meglehetősen lassú, másrészt igen drágák azok a biokémiai módszerek, melyekkel a tanulmányozni kívánt DNS-molekulaszakaszt meg lehet határozni. Ezért a genetikusok folyamatosan keresik a gyorsabb és olcsóbb megoldásokat. Egyik lehetőség az, hogy a különbségeket hasonlítják össze egy ismeretlen egyed és egy másik között, amelynek szekvenciáját a megfelelő biokémiai és gélelektroforézis-technikával laboratóriumban már meghatározták. A DNS-szekvenciák közötti különbségek pedig nem mások, mint maguk a polimorfizmusok. Ezek segítenek meghatározni betegségekre való hajlamunkat, hajszínünket (feltéve, hogy azt nem festjük), és minden egyéb öröklött eltérést az emberek között. Zömüknek semmilyen hatása nincs a hordozó személyre nézve, csupán a felmenőktől örökségül kapott csomagok.

Tulajdonképpen ezek azok a markerek, amelyek az antropológusok és történészek legfontosabb eszközeivé váltak az utóbbi néhány évtizedben.

Peter Oefner, akire fentebb céloztam, ez a nagyon komoly osztrák kutató, szakterületét tekintve analitikai kémikus, eredetileg az Innsbruckhoz közeli Tirol tartományból származik. Az 1990-es években ő vezette be a stanfordi kutatások eszköztárába a DNS-molekulák egy új szeparációs technikáját, a magasnyomású folyadék kromatográfiát (High Pressure Liquid Chromatography = HPLC). Elsődleges célja az volt, hogy a HPLC segítségével kifejlesszen egy DNS-azonosítási módszert, ha lehet lényegesen gyorsabbat és olcsóbbat, mint a gélelektroforézis volt. Peter Underhill egy nappali szemináriumon hallotta először Oefner előadását az új technikáról. Underhill azon nyomban felismerte a kapcsolódási lehetőséget az Y-kromoszóma polimorfizmusainak vizsgálatához, és hamarosan felkérte Oefnert, hogy vegyen részt egy efféle együttműködésben. A vegyészpáros hamarosan elnyelte a rájuk zúduló munka áradata, és gyakorlatilag egyetlen napot, egyetlen hétvégét sem pihenve dolgoztak az elkövetkező nyolc hónapban.

A két Peter közös munkája végül egy kikristályosult módszer létrejöttéhez vezetett. Ma ezt denaturáló HPLC, vagy röviden dHPLC néven ismerjük. A dHPLC a DNS-molekulák egy sajátos tulajdonságát hasznosítja, mégpedig azt, hogy a molekula kettős láncát az egymás után következő bázisok közt kialakult kölcsönös vonzás köti össze. A DNS világában az adenin csak timinnel, míg a citozin csak guaninnal képes párt alkotni, köszönhetően molekuláris szerkezetüknek. Ezek szerint, ha már tudjuk az egyik szál bázis-(nukleotid-) sorrendjét, akkor automatikusan megkapjuk a másik szálét is. Ennek két előnye is van. Egyrészt a kötés stabilizálja a DNS szerkezetét és ellenállóbbá teszi a enzimés bontással, illetve a környezeti stresszel szemben. DNS-t már sikerült feltárni 50.ezer éves csontokból is, míg egyszálú ekvivalense, a szintén sejtjeinkben található RNS, egyszerűen túl instabil ahhoz, hogy ilyen hosszú ideig fennmaradjon. A kettős szálszerkezet másik nagy előnye, hogy segít kikövetkeztetni a nukleotidszekvenciában rejlő egyéb adatokat. Ha egy mutáció történik a DNS-molekula egyik szálán, akkor a másik szálon lévő, tükörkép nukleotid már nem tud pontosan kötődni hozzá. A nem illeszkedő bázispároknek köszönhetően a szálon egy apró „dudor” fog nőni azon a ponton. A sejt korrektúramechanizmusa könnyedén megtalálja ezeket a dudorokat, és a sérülést ki tudja javítani. A dHPLC egy hihetetlenül érzékeny

szeparációs technikával dolgozik, mintegy kiegészíti ezt a celluláris korrektúramechanizmust. Amikor az összekuszált DNS-t áteresztik egy mátrixon, annak vándorlási sebessége a molekulaszervezet (és nem a hosszúság) függvénye lesz. Így tehát, ha a DNS-en előfordulnak efféle dudorok, akkor mozgása megváltozik, és a különféle mutációkat elszendvedett fragmentumok eltérő migrációs mintázatot fognak mutatni. Ez lehetővé teszi, hogy gyorsan és olcsón vizsgáljunk át teljes DNS-fragmentumokat (százas nagyságrendű nukleotidszámmal), és feltárjunk a különbségeket egy ismert szekvenciájú DNS-hez képest. Fantasztikus időmegtakarítás és lényegi előrelépés volt ez génjeink szekvenálásának ügyében.

A fizikai kémia ezen nagyszerű felfedezésének kétségkívül fontos orvosi vonatkozásai vannak, hiszen a technológiát számos emberi betegség genetikai hátterének kiderítésében is alkalmazni lehet. De vajon mit tud nyújtani a korai migrációk vizsgálatában? A válasz kézenfekvő. Ha nagyon sok személy DNS-ének egyazon régióját hasonlítjuk össze ezzel a módszerrel, akkor látni fogjuk a genetikai különbségeket köztük. Lehetővé vált számunkra, hogy gyorsan és hatékonyan vizsgáljuk át az emberi faj genetikai diverzitását, és megismerjük a tanulmányozható polimorfizmusok széles skáláját. Mielőtt ezt a technológiát kifejlesztették, az Y-kromoszómán talán ha tucatnyi polimorfizmust voltak képesek azonosítani a kutatók. Jelenleg úgy 400 körül van a számuk, sőt hétről hétre emelkedik. Ha Rob Dorit csapatának Y-kromoszóma kutatásaihoz rendelkezésére állt volna dHPLC, nyilván ugyanezt a mértékű változatosságot találták volna. Ahogy az gyakorta előfordul a tudományos világban, egy frissen bevezetett módszer régi talányok új megfjtési módját adja a kezünkbe, és nem ritkán megdöbbenő válaszokhoz vezet.

## *Ádám késése*

A fentiek után automatikusan adódik a kérdés, vajon a nagyobb számú Y-polimorfizmus szintén a modern ember afrikai eredetét bizonyította-e. A válasz egyértelmű igen. A részleteket közérthetően taglalta Peters és 19 másik szerző (köztük jómagam) cikke, amit a Nature Genetics nevű tudományos folyóirat 2000. év novemberi számában publikáltak. A világ minden sarkából, az összes kontinensről származó, tucatnyi populációhoz tartozó férfitől vettek mintát, és analizálták őket az Y-polimorfizmusok újonnan felfedezett csodafegyverével. Hasonló

módszerekkel, mint amit mások korábban a mitokondriális DNS esetében alkalmaztak, a szekvenciaváltozatok mintázatából megrajzoltak egy leszármazási fa diagramot. A diagram bemutatta, hogy Afrikában történt meg a legrégebb hasadás az Y-kromoszóma múltjában. Más szavakkal, a férfiak családfájának gyökere Afrikában eredt, csakúgy, mint amit az mtDNS-vizsgálat eredményezett a nők esetében. Nem kis megütközést váltott ki, mikor kiderült a közös férfi ősről vonatkozó becslés. A férfi, akitől minden ma élő férfi Y-kromoszómája levezethető, 59 ezer évvel ezelőtt élt. Több mint 80 ezer évvel később, mint amit Évára vonatkozólag becsültek. Ezek szerint Ádám és Éva sosem találkozott?

Valóban nem, de ennek oka meglehetősen összetett és rámutat egy nagyon fontos dologra, amit sosem szabad szem elől tévesztenünk, mikor az emberi történelem genetikai módszerekkel végzett kutatásáról beszélünk.

A ma élő emberek DNS-vizsgálatának egyik célja, hogy beelássunk a múltjukban lejátszott eseményekbe. Ezáltal tulajdonképpen a genealógiájukat tanulmányozzuk, vagyis génjeik történetét. Ahogy a korábbiakban már láttuk, az emberek szüleiktől öröklik génjeiket, tehát a gének történelmének tanulmányozása egyben az őket hordozó emberek történetének megismerése is. Az időben visszafelé haladva néhány ezer generációt, már képessé váltunk áttörni jó néhány gátat, de egyszerűen még sincs elég változatunk ahhoz, hogy a nagyon távoli múlt homályos kérdéseire megfeleljünk. Mikor elérkezünk egy bizonyos ponthoz, ott már nincs több genetikai variancia, ami további titkokat tudna elárulni őseinkről. Mindnyájan egyesülünk egy genetikai entitásba (ez „Ádám” esetében az Y-kromoszóma, míg „Évánál” a mitokondriális DNS), amely számunkra megismerhetetlen ideig létezett a múltban. Bár nyilvánvalóan mindketten valós személyek voltak – minden ma élő ember közös ősei – az ő őseikről már lényegében semmit sem tudunk mondani. Olyan kérdéseket tudunk feltenni, hogy Ádám és Éva milyen rokonsági fokban volt más fajokkal (pl. az emberi faj közelebbi rokona a csimpánzoknak, mint a tokhalaknak), de nem tudunk semmit mondani arról, mi történhetett az ember leszármazási vonalával ezeket a találkozási pontokat megelőzően. Nem maradt egy aprócska szőrszál sem, amit Ockham borotvája lenyeshetne.

A csatlakozási pont idejének becslését illető fenti eszme-futtatás a következőképp összegezhető. Azonkívül, hogy a modern ember jelenlétét a 200 ezer évvel ezelőtti Afrikában végérvényesen



bebizonyítottuk, és ezáltal elvetettük Coon és mások kedvelt többközpontú modelljét az emberi evolúcióban, maga a dátum nem sok jelentőséggel bír. Nem reprezentálja fajunk eredetének dátumát, hiszen akkor Évának jó sokáig kellett volna várnia Ádám felbukkanására. A dátum nem mutat egyebet, mint az időben visszapörgetve azt a pontot, ahol már nem látunk genetikai diverzitást mtDNS és Y-kromoszóma vonalunkon. Mivel az mtDNS és az Y-kromoszóma két teljesen eltérő eleme genetikai állományunknak, nem olyan borzasztó nagy csoda, hogy egyesülési idejűkre két külön dátumot kaptunk. Egy hétköznapibb hasonlaltal élve, nagyon kevés ember szülei látták meg a napvilágot pontosan ugyanabban az időpontban. Továbbá, amiképpen a régészeti dátumok, úgy a genetikaiak is tartalmaznak némi bizonytalanságot és feltételezést, amelyek szükségszerűen nem lehetnek teljesen pontosak. Így Ádám koráról is csak azt mondhatjuk, hogy valahol 40 és 140 ezer év között, de leginkább valószínűleg 59 ezer évvel ezelőtt élt. Amint majd azt a 8. fejezetben látni fogjuk, a különbség Ádám és Éva kora közt lényegesen nagyobb, mint az várhatnánk, és ennek oka valószínűleg a „szexuálpolitika” elmúlt sok ezer esztendejére vezethető vissza. Emellett azonban a fenti tény nem jelent semmi különöset a humán evolúció mélyebb kérdéseit illetően. Provence-i kulináris példánkkal élve, a férfiak egyszerűen csak hamarabb elvesztették eredeti levesreceptjüket, mint a nők.

A legfontosabb következtetés, amit az egyesülési pontok (Ádám és Éva) korából le tudunk vezetni az, hogy nem voltak Afrikán kívül élő modern emberek a legkésőbbi becsült dátumot megelőzően. Mivel az Y-kromoszómából származó dátum adódott fiatalabbnak, nyugodtan kijelenthetjük, a modern ember bizonyosan nem hagyta el Afrikát 60 ezer évnél korábban. Ez nagyon mellbevágó tény. Hatvanezer esztendő ugyan nem tűnik valami közeli időpontnak, de ne feledjük, ilyenkor evolúciós skálában kell gondolkodnunk. A régészeti leletek szerint az emberszabású majmok körülbelül 23 millió évvel ezelőtt bukkantak fel. Átláthatatlan időtartomány, még elképzelni is lehetetlen. De ha egyetlen esztendőbe tömörítjük ezt a periódust, akkor kicsit jobban kézzelfoghatóvá válnak a távlatok. Tételezzük fel, hogy az emberszabásúak újév reggelén tűntek fel az evolúció színpadán. Ebben az esetben első két lábra egyenesedett hominid ősünk – ha úgy tetszik, a majomember –, október tájékán jelent meg. A *Homo erectus*, aki mintegy 2 millió évvel ezelőtt elhagyta Afrikát, december elején született. A modern embernek még híre sem volt egészen december 28-ig, Afrika földjét pedig nem korábban, mint szilveszter estéjén

hagyta el. Evolúciós szemmel nézve, bolygónk történetében az ember csupán egy villanásnyi idő alatt kolonizálta a Földet, miután kivándorolt szülőkontinenséről.

Ha ez a dátum valóban ennyire közeli, akkor vajon megtaláljuk-e a korai emberek valamiféle nyomát a ma élő afrikaiakban?

## *A csettintés fontossága*

Az egyik legfontosabb dolog, ami az Y-kromoszóma kutatásából kiderült, a diverzitás afrikai mintázata volt. Ez jól látszik az idősebb genetikai vonalak kontinensen belüli elterjedéséből. Az összes afrikai populáció eleve régebbi leszármazási vonalakat tartalmaz, mint a kontinensen kívül találhatóak, de közülük is van néhány, amelyek csakugyan ősi tulajdonságokat tartottak meg. Ezek a csoportok ma Etiópiában, Szudánban, valamint Kelet- és Dél-Afrika egyes részein élnek. Genetikai szignáljuk szép bizonyítéka annak, hogy ők a legősibb emberi populációk maradványai. A szignálok más csoportokban elenyésztek, de ezek a kelet- és dél-afrikai népek még ma is közvetlen összeköttetést mutatnak az egyesülési pontban helyet foglaló Ádámmal.

Az említett populációk körbekerítik a kelet-afrikai Hasadékvölgyet, kiterjednek délnyugati irányban, ahol a szanok, közismertebb nevükön busmanok rendelkeznek azzal a szignál diverzitással, ami a legkorábbi emberi közösségeket jellemezte. Emellett ők büszkélkedhetnek a Föld talán legfurcsább nyelvével, amely a csettintést is integrálta a szavak képzésébe. Ez a sajátságos hang arra emlékeztet, ahogy lovaink biztatjuk vagy a lehulló vízcsepp hangját utánozzuk. Nincs a világon még egy nyelv, amely a csettintést beépítené a normális szóképzésbe. A rejtély több mint 200 éve foglalkoztatja a nyelvészeket, jelentős mértékben inspirálta őket a szan nyelvcsalád tanulmányozására, attól a pillanattól kezdve, hogy az európaiak kolonizálták Dél-Afrikát. A nyelvcsalád nyelvei hihetetlenül bonyolultak. Például az angol 31 elkülöníthető hangot használ a mindennapi beszédben (a világ nyelveinek kétharmadában ez 20 és 40 közt van), míg a szan !xu nyelv 141 hangot tud képezni (a '!' egy palacknyitásra emlékeztető hangot szimbolizál). Habár ma még elég bizonytalanok vagyunk abban, milyen erők szabályozzák a nyelvi diverzitás kialakulását, ez a helyzet mindenképpen az ősi pedigre bizonyítéka. Pont ugyanúgy, mint a

genetikai diverzitás, ami hosszabb idő alatt jelentősebb mértékben kiszélesedik.

A szanokban a régebbi leszármazási vonalak mintázatát a mitokondriális DNS-en keresztül is megvizsgálták. A három módszer (mtDNS, Y-kromoszóma, nyelvészet) egybevágó eredményei igen erősen azt sugallják, a szanok képviselik a közvetlen kapcsot legkorábbi emberi őszünkhöz. De nem azt jelenti ez véletlenül, hogy fajunk valahol Dél-Afrikában fejlődött ki és nem a Hasadékvölgy területén? Nem feltétlenül, bár ahogy az utóbbi időben egyre fontosabbá kezdenek válni déli hominid őseink, egyre több kutató kacérkodik a dél-afrikai eredet gondolatával. Ami már ma is világos az az, hogy a szanok jelenlegi lakóhelye történelmi elterjedési területüknek csak aprócska töredéke, mivel Etiópiában és Szudánban is paleolit lelőhelyekről már ástak elő szan típusú csontvázmaradványokat. A legvilágosabb bizonyítékokat erre vonatkozólag megint a nyelvészet adja. Dél-Afrikán kívül egyetlen hely van még a kontinensen, ahol csettintő nyelvet használnak és ez épp Kelet-Afrika. A hadzák és a szandavik Tanzániában élnek és a csettintő nyelvek sokféle formáját beszélik. Bizonyítottnak látszik, hogy valamikor volt egy tág elterjedésű csettintő nyelvű népesség, aminek élettere Namíbiától a Hasadékvölgyig húzódott. Valószínűleg egybefüggő tömbjüket később a közép-afrikai eredetű bantu nyelvű törzsek beáramlása darabolta fel, akik később minden irányba szétterjeszkedtek Kelet- és Dél-Afrikában az elmúlt 2000 év alatt. Azonban a bantuk beáramlása előtt Dél- és Kelet-Afrika nagy valószínűséggel kizárólag a szanok otthona volt.

## *Szemtől szembe*

A szan népek egyik legfőbb elkülönítő bélyege a nem tipikusan afrikai megjelenésük. Természetesen számtalan lehetséges változata van a külső fizikai bélyegeknél még Afrikán belül is, és értelmetlen lenne bármiféle próbálkozás az emberiség osztályozására afrikai és nem afrikai bélyegek mentén. Mikor legtöbbünk az afrikaiakra gondol, akkor lelki szemei előtt egy olyan kép jelenik meg, ami leginkább a mai bantukra és – a rabszolga-kereskedelem okán – az amerikai vagy karibi feketékre emlékeztet. A szanok azonban sokkal kisebb termetű népek, bőrük világosabb, hajuk ha lehet, még göndörebb és szemhéjukat kifejezetten vastag redő fedi. Ez az úgynevezett

mongolredő, ami számos más népnél megtalálható, csak épp a messzi Kelet-Ázsiában. Ez utóbbi karakter vezetett sok kutatót ahhoz a feltételezéshez, miszerint a mongolredő egy ősi tulajdonság, ami egyszerűen kiveszett az európai és bantu populációkból. Ugyan ez az elmélet feltevés marad egészen addig, míg a mongolredő genetikai hátterét meg nem fejtik, de mindenesetre jól egybevág a szanokról megismert egyéb tényekkel. Most már csak azt lenne jó megtudni, vajon a szanokra pillantva a közös genetikai Ádámmal egy időben élt őseink köszönnek-e vissza.

Nagyon nehéz még elképzelni is, hogyan nézhetek kis férfi és női őseink. A mai humán populációk diverzitására alapozva is pusztán találgatásokra kell hagyatkoznunk, hiába rendelkezünk alapos megfigyelésekkel az ember morfológiai evolúciójáról. Már is a történelemtudomány területén járunk, ahol egy ismeretlen múltbéli esemény megértéséhez a még meglévő nyomokra kell támaszkodnunk, és ahol a parszimonitás eszközével kell keresztülverekednünk a komplexitás szövedékén. Sajnos nincs kezünkben igazán jó módszer a valószínűség mértékének becslésére, így némi jóhiszeműséggel kell ezt a kérdést kezelnünk.

Elég valószínűtlen, hogy afrikai őseink szőrös és állatias barlanglakók lettek volna, amiképp azt számos múzeumi portré próbálja elhiteni velünk. E kép berögzülésében minden bizonyíték nagy szerepet játszottak a neandervölgyiekről alkotott elképzeléseink, akik valóban talán elég szőrösök és brutális kinézetűek lehettek. Ezzel szemben afrikai őseink inkább gracilis, elegáns kis teremtmények voltak, legalábbis a neandervölgyiekhez hasonlítva. A neandervölgyiek hatalmas testtömegét, valószínűleg erős szőrrel fedett bőrét ma már egyértelműen a hidegebb európai klímához való alkalmazkodásra vezetik vissza. Mivel legkorábbi őseink sokkal melegebb éghajlaton éltek Dél- és Kelet-Afrikában, nem lehetett szükségük a vastag bundából származó hőutánpótlásra.

Valószínűleg volt nekik mongolredőjük. Azon elképzelés helyett, miszerint ez a bélyeg kétszer is kialakult a világ különböző pontjain, sokkal ésszerűbb azt feltételezni, hogy megtalálható volt közös őseinkben, de később, a Közép-, illetve Nyugat-Euráziába vezető vonalaktól valami oknál fogva kiveszett. Hozzá kell tenni, hogy a mongolredő *de novo* kialakul minden Down-kóros betegben, tehát kitermelődése viszonylag egyszerű feladat. Mindazonáltal a legjobban működő hipotézis, ha ősi jellemvonásnak tételezzük fel.

A korai emberek valószínűleg igen sötét bőrűek lehettek. Ez annak köszönhető, hogy a környezetben, ahol éltek (a napsütötte afrikai szavannákon) a napsugárzás elleni védelemben az erősebben pigmentált bőr nagy előnyt jelenthetett. Legalább néhány azon mutációk közül, melyek az európaiak és északkelet-ázsiaiak világos színű bőrét okozzák, levezethető egy gén (a *MciR* vagyis melanocortin receptor) ősi, sötétebb formájából, ami ma már lényegében csak Afrikában lelhető fel. Így sokkal valószínűbbnek tűnik, hogy az afrikaiak tartották meg a sötét színt, és az nem egy világosabb változathoz fejlődött ki.

Őseink 60 ezer évvel ezelőtt körülbelül ugyanolyan magasak lehettek, mint ön vagy én, bár ennek, így önmagában nincs túl sok értelme. A modern ember átlagmagassága nagyban változik szerte a világban. A hollandok a legmagasabb európaiak, a fiatal férfiak átlagosan 1,83 m fölé nőnek, a nők néhány centivel alacsonyabbak. A japánok már némiképp kisebbek, a férfiak átlagosan 1,70 m körül mozognak. A közép-afrikai tva pigmeusok már lényegesen kisebb növésűek, a férfiak átlagmagassága csupán 1,50 m. A természet ilyen mértékű változatossága minden bizonnyal a helyi környezethez való alkalmazkodást tükrözi, ahogy azt elődeinknél, a *Homo erectus*-nál és a *Homo ergaster*-nél is láthattuk.

A kapott kép tehát a mai afrikaiaknál talán kissé világosabb bőrű, meglehetősen magas és vékony embert mutat nekünk, valószínűleg mongolredővel a szemhéján. Ha öltönyben látnánk velünk szemben utazni a metrón, biztos nem néznénk ki magunk közül. Személy szerint én úgy érzem, nincs ebben semmi meglepő, hiszen akiről beszélünk csak 2500 generációval előttünk élt.

## *Fészkelhagyás*

Ültessük most át elméleti okoskodásunkat a gyakorlatba. Ádám körülbelül 60 ezer évvel ezelőtt élt Kelet- vagy Dél-Afrikában, abban a közösségben, mely közvetlen őse volt a modern szanoknak. A legkorábbi (fajunkban az első) emberi populáció korát azonban még mindig jótékony homály fedi, de valahol 60 ezer és több 100 ezer év közt lehet. Sajnos elvesztettük génjeinknek korábról származó szignáljait, mivel a jelenkor teljes genetikai diverzitása végül egyetlen ősből egyesül. Ami viszont világosan kiderült az adatokból az az, hogy az egész modern emberiség genetikai diverzitása fellelhető volt a 60

ezer évvel ezelőtti afrikai népességben. Az mtDNS és az Y-kromoszóma ugyanazt a dátumot adta az első nem afrikai leszármazási vonal keletkezésére, és ma már a genetikusok zöme úgy gondolja, az emberiség akkortájt kezdte meg kiáramlását a fekete kontinensről. Lehetnek persze korábbi behatolási kísérletek a Közel-Kelet területére, ahogy ezt százezer éves emberi lelőhelyek sejtetik a jelenlegi Izraelhez tartozó Kavzeh és Szkul környékén, de a levantei régió 100-150 ezer évvel ezelőtt nem volt más, mint Északkelet-Afrika meghosszabbítása, vagyis valószínűleg a korai *Homo sapiens* eredeti elterjedési területéhez tartozott. A szétterjedés hullámai később kikerültek a Földközi-tenger medencéjéből és Ázsia ismeretlen vidékei felé vették az irányt.

Itt most beleszaladtunk valamibe, amit az ausztrálok „rázósnak” hívnának. A már korábban datált ausztrál leletek szerint az első emberek már abban az időben megérkeztek a déli kontinensre (még a legrövidebb úton is 15 ezer km-re keletre Afrikától), mikor elvárásaink szerint még Afrikában kellett lenniük 50-60 ezer évvel ezelőtt. Ha mutatnék bármi hajlamot a miszticizmusra, azt mondanám, az aboriginek megtanulták hajtogatni a teret, hogy Frank Herbert sci-fi író, a Dűne szerzőjének kifejezésével éljek. Hála istennek azonban elég elszánt híve vagyok a tudomány pragmatikus és racionális világának, így a rejtély megfejtését inkább máshol próbálom megtalálni.

## 4. *A partok mentén, előre*

Így történt hát, hogy ezen az Első Reggelen, minden szundikáló Ős megérezte a Nap melegét a szemhéjára nehezedni, és mindannyiuk teste gyermekeknek adott életet. A Kígyó Ember köldökéből kígyók siklottak elő, a Kakadu Ember tollas fiókákat látott maga körül. A Varázs Hernyó Ember tekergőzést érzett, a Mézhangya motoszkálást, a Mézszoptató fa elhullajtotta leveleit és kinyíltak virágai. A Bandikut Ember apró bandikut kölyköket érzet előmászni hónaljából. Az összes élő dolog, mindegyik a saját szülőhelyén, készen állt a nappal világoosságára.

Bruce Chatwin, *Énekvonalak*

Gyerekkoromban gyakran játszottam buta kitalálósdit a barátaimmal, amelyben trükkös kérdéseket tettünk fel egymásnak, hogy a legnehezebbnek tűnő ismeretekben való jártasságunkat fitogtassuk. Az egyik ravasz fogás az volt, mikor meg kellett nevezni a világ legnagyobb szigetét. A naiv válasz Ausztrália volt, ami minden esetben rosszalló felhördülést váltott ki a kérdezőből. Ausztrália, ahogy a felhördülők nagyon is tudták, nem pusztán egy sziget, hanem egy kontinensnek, Ausztrálázsianak a része (ez a földrajzi fogalom kevésbé ismert a magyarban). Ausztrália, Új-Zéland, Tasmania, Új-Guinea és Kelet-Indonézia számos szigete által övezve, Ausztrálázsia egy igazi földrajzi kakukktojásnak minősíthető. S micsoda egy különös kontinens!

A jelenkori Ausztrália a Föld legszárazabb kontinense, területének több mint 90%-án az évi csapadék nem éri el 1000 mm-t. Részben a természet kihívásaira adott válasz eredményeképp, az ausztrál a leginkább urbanizált nemzet a világon, a lakosság 90%-a part menti városokban él. A bolygó leghosszabb egybefüggő korallzátonyával büszkélkedik, a tiszteletet parancsoló 2000 km-es Nagy-Korallzátonnyal. Valószínűleg a legérdekesebb dolog Ausztráliában az ott őshonos állatvilág. Az ausztrál állatok eltérnek az összes többi kontinensen élőktől, csak Új-Guineáéval mutatnak némi hasonlóságot, de tulajdonképpen az a sziget is Ausztrálázsia része. Egyediségének oka pedig a helyszín nagyfokú elszigeteltsége. Bárki, aki

végigküszködi a kétéjszakás repülőutat Londonból Sydneybe tanúsíthatja, mennyire nehéz feladat eljutni oda. A földkéreg lemezeinek mozgása úgy hozta, hogy Ausztrália már jó 100 millió éve nem állt kapcsolatban sem Euráziával, sem az Amerikai kontinenssel, sem pedig Afrikával. Legutoljára az Antarktisszal lépett szorosabb kontaktusba! Az elszigeteltség következményeként Ausztrália kihagyta az emlősök evolúciójának tetemes részét, a méhlepényesek megjelenésével egyetemben. A „normális” emlősök hiánya lehetővé tette az evolúció egy másféle nyomvonalának kibontakozását, olyan zoológiai különöket eredményezve, mint a kacsacsőrű emlős vagy a kenguru. Ez azt is jelenti, hogy Ausztráliának egészen a közeli múltig nem voltak főemlősei, sem majmok, sem emberszabásúak, de még egy bozótmaci sem. Az ember az egyetlen főemlős a kontinensen.

Az evolúciós előzmények hiányára alapozva kijelenthetjük, az ember kétséget kizáróan más földrészek felől kolonizálta Ausztráliát. De vajon honnan is jöhetett? A nagy utazás mindenképpen magában foglalt egy hosszabb távú tengeri szakaszt, még ha az átkelés a legközelebbi szárazföldről történt is meg. Ha elfogadjuk, hogy a tengersizint váltakozása összefügg az éghajlati ingadozásokkal, és a Sahul-self (Ausztráliát Tazmániával és Új-Guineával kötötte össze) az utolsó jégkorszak egy viszonylag szárazabb periódusában, mintegy 20 ezer évvel ezelőtt keletkezett, akkor is a legrövidebb távolság Délkelet-Ázsiától 100 km lehetett, a vízen keresztül. Ausztrália benépesítésének módja és története az egyik legfontosabb kulcs az egész modern emberiség szétterjedésének megértéséhez. A részletek, amelyeket az emberi történelemtől fel tudunk tární, illetve az elemzés módszerei, amivel ezeket egybe lehet öltetni, fogják megvilágítani utazásunk többi szakaszát is.

## *Halál és lebomlás*

A Mungo-tó Új-Dél-Walesben, Sydneytől 1000 km-re nyugatra fekszik. A legközelebbi repülőtértől, Mildurától az út 120 km, végig az Ausztráliára annyira jellemző vészettül forró bozótsivatagon. Mungo ma már nem igazán nevezhető tónak. Maradék vize jó 10 ezer éve felszáradt, csodás homok- és agyagformációkat hagyva maga után, mint az észak-kaliforniai Mono-tó maradványai. De a 45 ezer évtől a 20 ezer évvel ezelőtti időszakban itt még buja oázis terült el, amit Willandra-tavak néven ismerünk. A tavakat a Willandra-patak táplálta,



ez délebbre becsatlakozott a Murray-folyóba, majd végül a mai Adelaide közelében, az Encounter-öbölbe ömlött. A helyszínen talált állati maradványok azt bizonyítják, hogy a vidéket valamikor sokféle és nagy termetű erszényesek népesítették be, köztük a bivalyméretű *Zygomaturus* és a 200 kg-os rövid lábú *Procoptodon* kenguru. Az össze állatfaj növényevő volt, így természetes zsákmányai lettek az ide érkező embereknek.

A legújabb dátumozás szerint nagyjából ez lehetett az az időszak, amikor az első embert eltemették itt. Jim Bowler 1974-ben fedezte fel a lelőhelyéről Mungo 3-nak keresztelt maradványokat, korukat 30 ezer évre becsülte. Más módszerekkel utóbb ezt 45 000-re módosították, de a Mungo 3 alatti üledékrétegekből nem kevesebb mint 60 000 éves emberhez kapcsolódó tárgyi leletek kerültek elő. Ha végső elismerést nyer a datálás, akkor Mungo lesz a legősibb Afrikán kívüli lelőhely, ahol anatómiailag modern emberre utaló nyomokat találtak.

Mint a világon mindenhol, az ausztrál emberi maradványok datálásához is izotóp lebomlási módszert használtak. Ez az eljárás egy atom izotópjainak egymáshoz viszonyított arányát méri egy mintán belül. Ez azért lehetséges, mert szinte minden atomnak különféle „íze” van, annak függvényében, hogy mennyi szubatomi építőelemből (neutronokból) áll össze. A részecskefizika kémiai fejezetéből tudjuk, a „nehezebb” atomok hajlamosak megszabadulni néhány neutrontól, aminek következtében „könnyebb” atomokká alakulnak át. Ha ismerjük a lebomlás sebességét, valamint meg tudjuk mérni a nehezebb és könnyebb atomok egymáshoz viszonyított arányát, akkor ki lehet számítani, milyen régóta tart a lebomlási folyamat. Ahogy a molekuláris óra esetében láttuk a 2. fejezetben, hasonlóan működik ez a bizonyos atomi óra is, és megfelelő időbecslést tesz lehetővé az emberi maradványok elemzésében.

A legelterjedtebb izotópos kormeghatározás az úgynevezett radiokarbon módszer, amely a mintában lévő 14-es szén (C-14) és 12-es szén (C-12) arányát méri. A C-14 egy komplex légköri reakcióláncolatán keresztül 14-es nitrogénné (N-14) alakul át. Az átalakulás üteme a C-14 felezési idejétől függ (az az idő, ami alatt egy mintában a C-14 mennyisége a felére csökken), ebben az esetben 5700 év. Mivel minden szerves molekulában van szén, úgy az állati, mint a növényi szövetekben, a módszer kiválóan használható emberi maradványok datálásához. 5700 esztendő elteltével az eredeti C-14-nek még a fele megtalálható a szövetekben, míg 11 400 után már csak a negyede van jelen. Ha 40 000 éves mintát vizsgálunk, abban az

eredeti C-14 mennyiségének csupán 1/64 részét lehet kimutatni, kevesebb mint 2%-nyit. A fentiek miatt a minta nagyon érzékeny a modernebb korokból származó kis mennyiségű szennyeződésekre is, mert valós koránál jóval fiatalabbnak mutathatja a megvizsgált objektumot. Ezért a radiokarbon kormeghatározási módszer igazából 30 ezer évnél fiatalabb maradványok datálásához használható fel megbízhatóan, és a régészek – pontossága miatt –, elsősorban 10 ezer évnél fiatalabb leletek esetében alkalmazzák előszeretettel.

Ha már egyszer behatoltunk a 40 ezer évnél régebbi tartományokban, egy olyan izotópra lesz szükségünk, melynek lebomlási ideje lényegesen lassabb. A lehetséges választások közül szóba jöhet a 40-es kálium (K-40) 1,25 milliárd, valamint a 238-as urán 4 milliárd évnyi felezési idővel. A stabilabb izotópokkal az a gond, hogy tiszta formában ritkán fordulnak elő a kövekben és csontokban, így inkább a környező üledékek analizéséhez lehet felhasználni őket, jellemzően káliumot a vulkáni hamu, míg uránt a tavi üledékek esetében. Így aztán nagyon szerencsésnek kell lennünk a lelőhely megválasztásában, ha ezeket az izotópokat akarjuk felhasználni. Hála az afrikai Hasadék völgyben zajló geológiai folyamatoknak, ott a K-40-es módszer széles körben alkalmazható.

De mi van akkor, ha nem vagyunk ennyire szerencsések? Pontosabban, mit tudunk tenni, ha a maradványok már kívül esnek a radiokarbon módszer használhatósági tartományán, és olyan üledékbe sincsenek beágyazva, ami lehetővé tenné más eszközök igénybevételét? Akkor az izotópos arzenálunk három, újabban kifejlesztett fegyverére kell támaszkodnunk, a félelmetesnek hangzó termo-lumineszcenciára, az optikailag stimulált lumineszcenciára és az elektronforgási rezonanciára. Mindegyik módszer azon a megfigyelésen alapul, hogy az elektronok (egy másik atomi részecske) a természetes sugárzás hatására egyenletes ütemben apró kristályos magvakban halmozódnak fel, attól függően, hogy milyen mértékben voltak kitéve olyan „elektronfelszabadító” sugárzási forrásoknak, mint a tűz vagy a napfény. Sokféle becslés van arra vonatkozólag, hogy mennyi elektron gyűlik össze ezekben a magvakban, vagy más néven csapdában, mielőtt a felszabadító sugárzás eléri őket. Úgyisintén eltérő elképzelések vannak a sugárzásnak való kitettség időbeni változásairól. A fenti bizonytalanságok miatt a lumineszcenciával és a rezonanciával működő eljárások messze nem olyan pontos eredményeket szülnek, mint a C-14 vagy a K-40 kormeghatározás. Mindazonáltal rajtuk kívül nem akad más lehetőség, amit némely

helyszínen egyáltalán alkalmazni tudnánk, így ezek a módszerek az ausztrál régészet hétköznapi eszközévé váltak.

Az antropológusok számos ember által készített szerszámot ástak már elő, nem egyet közülük csodálatos sziklafestmények társaságában találtak meg, és korukat 40 ezer évnél idősebbnek állapították meg. Természetesen a már említett bizonytalanság miatt nehéz megmondani, mennyire pontos ez az adat. De más források is alátámasztják a feltételezést, mely szerint az ember valóban nagyon korán megjelent a kontinens földjén. Richard Robert és társai az Australian National Universityról szintén megvizsgálták e korai emberek viszonylag fejletlen kőeszközeit és legalább egy lelőhelyen, Northern Territory államban, nem kevesebb mint 60 ezer éves kort állapítottak meg.

A paleoantropológiai leletek súlya ma már kellőképpen alátámasztja a modern ember korai, akár hatvanezer évvel ezelőtti letelepedését Ausztráliában. Igen ám, de a legrégebbi régészeti lelőhelyek a délkelet-ázsiai szárazföldön csupán 40 ezer évesek. Hogyan kerülhettek az emberek 20 ezer évvel hamarabb Ausztráliába – ha egyáltalán Ázsián keresztül jöttek? A dilemmára adott válasz visszavezet minket Afrikába, ahol újra belépőjegy kell váltanunk az édenkertbe.

## *A surf 'n' turf fesztivál*

Afrika a leginkább ekvatoriális kontinens a Földön. Tömegének nagyobbik része az északi szélesség 38. és a déli szélesség 34. foka között fekszik, területének 85%-át a Ráktérítő és a Baktérítő közötti trópusi öv fedi le. Egyedülállóan a többi földrész körül, Afrikában nagyon ritkán találkozunk fagypontra körüli hőmérséklettel a tengerszinten. Amíg a Szahara belső sivatagjai és Kelet-Afrika magas vulkanikus hegységei nem túl vendégszeretőek, addig a kontinens más területei kifejezetten barátságosak. Afrika büszkélkedik az Óvilág legnagyobb összefüggő esőerdejével, míg szavannái keleten és délen a nagyemlősök hihetetlen gazdagságát tartják el. Az esőerdők és szavannák közeli szomszédsága szintén különleges helyzet, egyedülálló az egész Óvilágban, s minden bizonnyal szerepet kapott az emberi evolúciót kiváltó tényezők közt. Az emberelődök két lábra emelkedése majdnem bizonyosan az adaptáció egy korai lépcsőfoka volt a fátlan afrikai szavannán. Ez az ugrás talán úgy 5 millió éve játszódhatott le, amikor a bőségesebb zsákmány reményében érdemessé vált elhagyni az addig biztonságot nyújtó erdő mélyét.

Afrika nem mindig volt ebben a földrajzi helyzetben, ahol napjainkban találhatjuk. A kéregmozgások szeszélyének köszönhetően, idejének tetemes részét, a 20-200 millió évvel ezelőtti periódusban az Indai-óceán körbevándorlásával töltötte, mígnem végül beleütközött az eurázsiai kontinens földtömegébe körülbelül 15 millió éve. Ez volt az az idő, mikor megindult a nagy emberszabású majmok széttrajzása, mintegy felvezetéseként a későbbi „Afrikai Exodusnak”. A kelet felé indulók fejlődtek orangutánná és gibbonná, Eugene Dubois őket tekinti legközelebbi rokonainknak. A helyben maradókból alakultak ki a csimpánzok, a gorilla és végül, valószínűleg 100-200 ezer évvel ezelőtt az anatómiailag modern ember. Ez idő alatt végig Afrika változatlan földrajzi helyzetben maradt, de mint minden más kontinens esetében az éghajlat jelentős ingadozásokat produkált az elmúlt néhány százezer év során.

A paleoklimatológia tudománya a régmúlt korok éghajlatát igyekszik megismerni. A 150 ezer évvel ezelőtti Földön a Rissnek nevezett jégkorszak a vége felé tartott. A hőmérséklet átlagosan 10 fokkal hidegebb volt, mint ma, de ez az érték jelentős eltéréseket mutatott az egyes földrészek között. Mintegy 130 ezer éve azután erőteljes felmelegedés kezdődött, Afrika trópusi része egyre csapadékosabbá vált, mivel a tengerszint megemelkedésével nagyobb mennyiségű vízgőz került vissza a légkörbe. Később, úgy 120 ezer éve fokozatos lehülési periódus kezdődött, amely 70 ezer évvel ezelőtt hirtelen felgyorsult. Ez a folyamat, ha kisebb fluktuációkkal is, folytatódott az elkövetkező ötvenezer évben, mígnem 20 ezer éve elérte mélypontját.

Mivel Afrika nagyrészt tropikus terület, éghajlata kevésbé függ a napsugárzás intenzitásától, ami pedig a magasabb szélességek időjárásának évszakos változásáért felelős. A klíma jellegzetes képét elsősorban a csapadék határozza meg, kifejezetten száraz és nedves évszakra osztva a hónapok sorát, és ezen keresztül állítja be a kontinens életének ritmusát. A kenyai és tanzániai gnúcsordák híres vándorlását a száraz évszak kezdete indítja el júniusban. De az évszakováltások nem mindig zajlottak le ugyanolyan intenzitással a múltban, néha az éghajlat nedvesebbé, néha szárazabbá vált, mint napjainkban. Ezek a hosszú távú ingadozások alapvetően befolyásolhatták az állatok vándorlását, beleértve az emberét is.

Robert Walter, egy Mexikóban élő amerikai geofizikus legújabb kutatásai az sugallják, hogy az afrikai kontinens nagyléptékű kiszáradása a jégkorszak hajnalán az emberek tengerpart menti

mozgásának kedvezett. Ez annak köszönhető, hogy a szavanna meglehetősen sajátos vidék. Erősen kötődik a trópusi esőerdőkhöz az éghajlati viszonyok bonyolult láncolatán keresztül, és a két zóna többé-kevésbé felcserélhető az aktuális csapadékmennyiség függvényében. Általában Afrika azon vidékeit nevezzük szavannának, ahol a száraz évszak hosszabb, mint három hónap és esőerdőnek azt, ahol ennél rövidebb. Ha a szárazság ennél lényegesen több ideig tart, a növényzet átmegy félsivatagi sztyeppébe, majd végül sivatagba, ahol a páratartalom szélsőségesen alacsony. Ezeket a régiókat mind megtalálhatjuk a jelenkori Afrika meghatározott vidékein, azonban múltbéli kiterjedésük szünet nélkül változott. Walter kutatásai azt vetik fel, hogy amint Afrika földje elkezdett kiszáradni, a kelet-afrikai szavannák helyét előbb száraz sztyeppék, majd sivatagok foglalták el, kivéve a tengerpart mentén húzódó keskeny sávot. Ebbe a partvidéki szavannazónába tömörödött a korai emberiség, hisz itt sikeresen használhatta ki a tengeri élelemforrásokat, de egyúttal vadászhatott a közelben élő szárazföldi állatokra is.

Habár a fenti elmélet egyetemessége még bizonytalan lábakon áll, és talán csak egy apró epizód volt az emberi történelemben, egy dolog már most világos; megdönthetetlen bizonyítékok támasztják alá a korai ember tengeri hajózásban való jártasságát. Eritreában, Afrika keleti kiszögellésén, 125 ezer éves, kékkagyló és osztriga héjából álló hatalmas hulladékkupacok tártak fel. A szemétdombokban, a kagylóhéjak közt elszórva, emberi kőeszközök is előkerültek, vagyis olyan emberek éltek itt, akik képesek voltak a tengeri táplálékforrásokat kiaknázni. A leölt orrszarvú, elefánt és más nagy testű emlősök maradványaival együtt a kupacok egy prehisztorikus surf 'n' turf fesztiválra emlékeztetnek, ahol a mai amerikai éttermekhez hasonlóan egyszerre találunk rostélyost és kagylót. Úgy tűnik, távoli őseink már elég fejlett kulináris ízléssel rendelkeztek még a nyilvánvalóan szűkös napokban is.

Walter munkájának egyik legizgalmasabb részlete az, hogy valószínűleg intenzív árucserre zajlott a több ezer kilométerre délre élő, szintén tengerparti populációval. Ott Dél-Afrika hasonló táplálékforrásait aknázták ki. A két helyszínen talált eszközök rokon vonásai és hozzávetőleg megegyező kora engedi meg számunkra ezt a feltételezést. Úgy látszik, az ember Kelet-Afrika partvidékét követve meglepően korán képessé vált tekintélyes távolságok viszonylag gyors leküzdésére.

Ugorjunk egy nagyot gondolatban. Ha az ember ekkora távokat tudott megtenni egy kontinens partjai mentén vándorolva, ugyanazt a technikát használva, ugyanazon forrásokat kiaknázva, miért ne lett volna képes hasonló teljesítményre két kontinens között? A part menti utak tulajdonképpen egyfajta történelem előtti autópályák lehettek, ahol nagyon gyors helyváltoztatás volt megvalósítható, az új környezethez való adaptáció szüksége nélkül. A szárazföld belsejébe irányuló migrációnak ez elengedhetetlen feltétele lenne. A tengerpartokon kiaknázható források nagyjából egyformák lehettek Eritreában és Arábiában, vagy Nyugat-Indiában és Délkelet-Ázsiában, vagy akár Ausztráliában. S mivel a partvonal, ez a homokos országút, amely körbenavigálja az embert a kontinensek mentén, alaposan megkönnyítette a helyváltoztatást. Ezáltal egy efféle vándorlás meglehetősen gyorsan lezajlódhatott. Nem voltak az átkelést akadályozó hegységek vagy nagy sivatagok, nem kellett új eszközöket vagy védőöltözetet feltalálni és nem volt drasztikus hullámvászás az elérhető zsákmányforrás összetételében. Minden tekintetben szerencsésebb választás, mint a szárazföld belsejében küszködni. Csupán néhány rövid szakaszon állta útjukat nyílt víztömeg, amit csónakkal kellett leküzdeniük. Ezek a csónakok inkább tutajra emlékeztethettek, valószínűleg néhány összekötött fatörzsből álltak. Bizonyító erejű tárgyi leletünk sajnos nincs, mivel a korhadó fa meglehetősen gyorsan szétesik. Akárhogy is, de végül átkeltek.

Teljes mértékben elfogadható állítás, hogy az ember korai felbukkanása Ausztráliában közvetlen afrikai kirajzása után, a part menti vándorlásnak köszönhető. Nos, jó hosszú séta lehetett ez Ázsia déli szegélyének fövényén. Már csak két darabka hiányzik a kirakós játékból, bár talán pont a legfontosabbak. Ha az Afrikából történt kiáramlás első hulláma valóban a tengerpartokat követte, találunk-e valamilyen árulkodó genetikai nyomot? Ez attól függ, hogyan zajlott le a vándorlás, és mit csináltak a vándorok útközben. Egy jellegzetes genetikai marker megjelenését várnánk a partok mentén, eltérőt azoktól, amikkel a szárazföld belsejében találkozhatunk. De talán a szignálok már elvegyültek a partlakók és a szárazföldön vándorlók leszármazottai közt. Az igazság kiderítése végett meg kell vizsgálnunk a tengerparton, a valószínűsített útvonal mentén élő populációk genetikai mintázatát. A másik fontos részlet a régészeti leletek feltárása ugyanezen a szakaszon, és annak megállapítása, hogy egybevágnak-e a feltételezett utazással.

## *M&Ms*

Mint az korábban láttuk, a mitokondriális DNS és az Y-kromoszóma sokkal öregebb leszármazási vonalat jelölnek ki, mint bármi más. Mit is jelent ez valójában? Ha a modern mitokondriális diverzitás belső viszonyait úgy próbáljuk magunk elé képzelni, mint egy fát, mondjuk, mint egy öreg tölgyet, akkor a gyökérzet, a törzs és alsóbb ágak, mind Afrikában található. Ahogy nőni kezdett a fa, ezek az ágak hajtottak ki először, vagyis ezek a legidősebbek. Tehát a fa Afrikában kezdett nőni. Feljebb kúszva a törzsön, olyan ágakra bukkanunk, amelyek nem afrikai eredetűek, ezek jóval később nőttek ki. Milyen magasra kell felmászunk, hogy az első nem afrikai hajtást megpillantsuk? Nos, meglehetősen magasra. Ha a fa 150 ezer éve kezdett növekedni (ennyi a gyökerek kora), az első 60 ezer éves, nem afrikai ágak közelebb lesznek a csúcshoz, mint a gyökérhez. Az emberi evolúció zöme Afrikában játszódott le, így világos, miért ott a legnagyobb a genetikai változatosság. Családfánk hajtásainak java része csak Afrikában található meg.

Adatbázisunk legnagyobb szépsége az, hogy tiszta, lépésenként követhető képet ad az Afrikából Euráziába és Amerikába történő vándorlásról. A világban megfigyelt genetikai változatosság elkülönült, de mégis rokon egységekre bontható, melyeket az ősi mutációs események nyomai, a markerek jelölnek meg. A Föld térképén bejelölhetjük ezeket a markereket, és megismerhetjük a múltbéli vándorlások egyes részleteit. Követve a mutációk előfordulási sorrendjét, becsléseket téve a dátumokra és a demográfiai eseményekre, például népességek összeomlására vagy terjeszkedésére vonatkozólag, bepillantást nyerhetünk az utazás állomásaiba. Az első bizonyíték egy férfiből származik, aki valamikor a 31 ezer és 79 ezer évvel ezelőtti korban élt. Elég prózai módon M168-nak keresztelték el. Az elődnek kijáró nagyobb tisztelettel nevezhetnénk akár Eurázsiai Ádámnak is, ő az ük-...ük-ükszülöje minden ma élő nem afrikai férfinak. A fiai és unokái által véghezvitt utazás határozta meg az emberi történelem elkövetkező lépéseit.

Talán meglepő, hogy az Y-kromoszómából származik a legvilágosabb bizonyíték az Afrikából kivezető, őseink által követett út vonalára. A férfiak talán valóban a „maguk útját járják” és így terjesztik messzire a regionális genetikai szignálokat? Bármennyire is furcsa, ez nem így van. Az ősi levesrecept gyors elvesztése a férfiágon

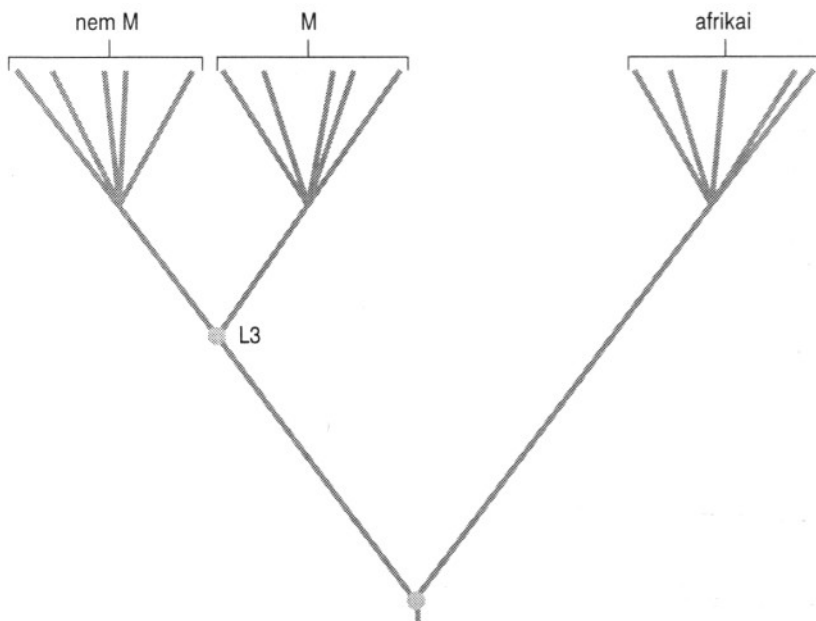
(emlékszünk, ezzel a példával magyaráztuk Ádám késői eredetét) azt jelenti, hogy az egy bizonyos területen élő férfiak minden esetben egy nem túl távoli őson osztoznak, és minden régióban jól felismerhető genetikai ujjlenyomatot hagynak. Az Y segítségével átlátható módon tudjuk nyomon követni az emberi vándorlást, amit eszerint inkább „A férfi útja”-nak nevezhetnénk. Ennek ellenére, egyelőre ez a legjobb rendelkezésünkre álló eszköz a részletek megvilágításához. Nyilvánvaló, hogy alaposan meg kell vizsgálnunk a női vonalat is, meg kell tudnunk, vajon hasonló mintázatot mutat-e a férfiakéhoz (hogy úgy mondjam, a hal jól elvan-e a biciklivel). A kétségek ellenére azonban az Y-kromoszóma a humán migráció legtisztább csapásait mutatja meg nekünk.

Ahogy alaposabban megvizsgáljuk a mitokondriális családfa egyes ágait, az Y-leszármazási vonalakra emlékeztető elrendeződést fogunk találni (3. ábra). Minden nem afrikai hajtás a fa törzsének egyetlen ágából nő ki, vagyis M168 Ádám mellé egy Évát is tudunk rendelni. Hál’ istennek ez az Eurázsiai Éva nagyjából 50-60 ezer évvel ezelőtt élt, így akár azt sem nehéz elképzelnünk, hogy az Eurázsiai Ádám párja volt. Neki szintén elég fantáziátlan nevet ötöltek ki, ő lett L3. Leányai akár M168 fiainak is társai lehettek a világ benépesítésének útján. M168 és L3 leszármazottainak jelenlegi elterjedését alapul véve, valószínűleg mindketten Északkelet-Afrikában a jelenlegi Szudán vagy Etiópia területén éltek. Mint minden élő férfi, M168 is ősbibb gyökereken osztozott afrikai unokatestvéreivel. Az ő leszármazási vonala egy nagyobb ág az emberi családfán, amelynek mellékágai megtalálhatók a mai eurázsiaiak DNS-ében, de M168-on keresztül ezek is visszakapcsolódnak fajunk afrikai gyökereihez (4. ábra). Családfa metaforánkkal élve, minden egyes marker megfeleltethető egy elágazási pontnak, egy nádusznak, amelyből két újabb ág hajt ki. Ha M168-on és L3-on kívül nem lennének további markereink, családfánk elég ritkás koronájú lenne. A gyökéren (Ádám és Éva) kívül egyetlen elágazásból állna, amit M168 és L3 jelölne ki, egyik ág Afrikán kívülre hajtana, a másik Afrikában maradna. Szerencsére a családfa lombozata ennél azért kissé sűrűbb, így növekedése hatékonyan térképezi fel utazásunk nyomvonalát.

Érdekes módon, mind a mitokondriális, mind az Y-családfán van egy elágazás közvetlenül M168 és L3 után, felosztva az eurázsiai vonalat jól elkülönülő csoportokra, kettőre az mtDNS-nél és háromra



az Y-nál<sup>4</sup>. Mindkét esetben van egy ág, amelyik közönségesebb a többinél. Az mtDNS-nél ez a nem afrikai mellékágak 60%-át, az Y-nál több, mint 90%-át tartalmazza. Más szavakkal, a ma élő nem afrikaiak többségének olyan mtDNS-e és Y-kromoszómája van, amelyek a számosabb csoporthoz tartozik, éljenek ma bármennyire is távol egymástól, Európában, Indiában vagy Dél-Amerikában. A ritkásabb leszármazási vonalak azonban csak Ázsiában, Ausztrálázsziában és az amerikai kontinensen fordulnak elő. Ezek a ritka vonalak alkotják az ausztrál aboriginek mitokondriális és Y típusának zömét.



3. ábra A mitokondriális DNS családfája az M és nem M vonalak Afrikán kívüli szétválásával

Ritka mitokondriális csoportunk az M nevet kapta, mint az M16 főnök a James Bond-filmekben. Bibliai kifejezéssel élve, Éva nemzé

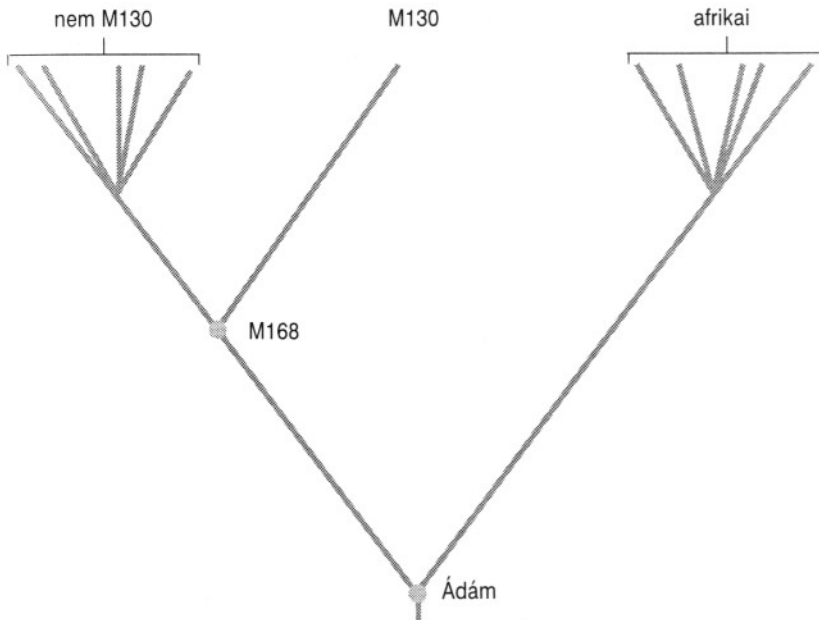
<sup>4</sup> A három Y-csoportból, melyek M168 leszármazottai, csak kettőt taglalunk ebben a könyvben. A harmadik, főképp afrikai vonalat egy YAP, vagy M1 néven ismert marker jelöli. Afrikán kívül kettéhasad, és lényegében ugyanazt az útvonalat járja be, mint a másik kettő. Mivel nem sokat tesz hozzá az afrikai kivándorlás megértéséhez, és ritkán fordul elő nem afrikai populációkban, ismertetését itt most mellőztem. Ezúton kérek elnézést Mike Hammertől, aki az 1990-es évek elején felfedezte a YAP-t.

L3-at és L3 nemzét M-et. Lluís Quintana-Murci, Párizsban dolgozó katalán kutató friss keletű eredményei szerint az M-csoport elterjedése jelzésértékű a korai afrikai kivándorlás tekintetében, amely a dél-ázsiai partokat követve érte el Délkelet-Ázsiát és Ausztráliát. Az M lényegében hiányzik a Közel-Keletről és egyáltalán nem mutatták ki az európai népességben, viszont az indiai mitokondriális típusok 20%-át, sőt az ausztrálokénak közel 100%-át adja. Quintana-Murci 50-60 ezer évre becsüli a marker korát, illetve elterjedéséből arra következtetett, hogy hordozói valószínűleg sosem látogatták meg a Közel-Kelet belsőbb vidékeit.

A legvalószínűbb magyarázat szerint az M-emberek nagyon korán elhagyták Afrikát és tengerparti vándorútjukon végigcipelték jellegzetes genetikai aláírásukat a kontinens déli szegélye mentén.

De mi a helyzet az Y-nal? Volt az M mitokondriális vonalnak egy férfi párja? Bizony volt. Újra felvéve a Biblia stílusát; Ádám nemzét M168-at és M168 nemzét M130-at. M130 aztán M társaságában bukkant fel a nő tengerparti útvonalán, és leszármazottainak jelenkori elterjedése megvilágítja nekünk az utazás természetét is. Hasonlóképp az M mitokondriális vonalhoz, az M130 típusú kromoszómák is Ázsiára és Amerikára korlátozódnak, de az Y kihálási dinamikája jóval mellbevágóbb képet mutat, mint amit a mitokondriális társvonala esetében tapasztaltunk. M130-as leszármazottai lényegében ismeretlenek a Kaszpi-tengertől nyugatra, de az ausztrálázsiai férfiak jelentős részében megtalálható ez a marker. Az indiai szubkontinensen igen kis gyakorisággal, 5% alatt fordul elő. Azonban, ha továbbmegyünk kelet felé, a gyakoriság szépen emelkedni kezd; 10% a malájokban, 15% az új-guineaiakban, és 60% az ausztrál aboriginekben azon férfiak aránya, akik közvetlenül M130 leszármazottai.

Zavarbaejtően magas gyakoriságban találjuk meg M130-at Északkelet-Ázsiában, főképp Mongóliában és Szibériában, ami későbbi migrációt valószínűsít, ahogy azt a 7. fejezetben látni fogjuk. Ennek ellenére, ausztráliai történetünk megfejtéséhez az M130 ujjlenyomatai mégis kellőképpen bizonyítják az afrikai kivándorlás part menti útvonalának hipotézisét.



4. ábra Az Y-kromoszóma családfája az M168 ősből származó M130 és nem M130 vonalak szétválásával

Más tények is alátámasztják a közvetlen kapcsolatot Afrika és Ausztrálázsia között, például ilyen a külső megjelenés hasonlósága. Az aboriginek sötét bőre az afrikaiakéra emlékeztet, és ez a jelenség szinte könyörög valami magyarázatért. A délkelet-ázsiai népek többségét mongoloidnak klasszifikáljuk, feltételezve ezzel, hogy közös őstörténetük lehetett a messzi északkal, Kínával vagy Szibériával. Azonban végighaladva Délkelet-Ázsián, mindenfelé találhatunk elszórtan és elszigetelve élő embercsoportokat, úgynevezett negritókat, akik erősen emlékeztetnek az afrikai feketékre. A legkézenfekvőbb példa az Andamán-szigetek, melyek ugyan India fennhatósága alá tartoznak, de csupán 400 km-re fekszenek a thai partoktól. A legnagyobb törzsi csoportokhoz, az Ongéhoz és Jaravához tartozó embereket számos külső bélyeg kapcsolja az afrikai busmanokhoz vagy a pigmeusokhoz. Alacsony termetűek, bőrük sötét, hajuk erősen göndörödik és van mongolredőjük is. Más negritó csoportok, mint a szemangok (orang-aslik) Malajziában vagy az aeták a Fülöp-szigeteken már nagymértékben összekeveredtek a mongoloid csoportokkal, így megjelenésük sokkal inkább ázsiai jellegű. Az andamánok azonban elkerülték a szárazföldre jellemző felhígulást,

minden bizonnyal elszigetelt földrajzi helyzetüknek köszönhetően. Ezért őket tekinthetjük a délkelet-ázsiai pre-mongoloid populációk egyetlen valódi képviselőinek, élő kövületeknek, ha úgy tetszik. A legtöbb antropológus, köztük elsősorban Peter Bellwood, az Australian National Universityról, úgy véli, hogy a 6000 évnél korábbi időszakban Délkelet-Ázsiát a mai modern negritókhöz hasonló vadászó-gyűjtögető népek lakták. Az elmúlt néhány ezer évben jelentős migrációs hullámok indultak ki Északkelet-Ázsiából, és ennek nyomán az eredeti negritó lakosság apró csoportjai eldugott helyekre, a dzsungel mélyére vagy az andamánok esetében, távoli szigetekre szorultak vissza.

Tehát mind az Y-kromoszóma, mind az mtDNS világos képet festett nekünk a tengerparti kóborlásról Afrikából Délkelet-Ázsiába, majd tovább Ausztrália felé. A genetikai adatokra támaszkodva elmondhatjuk, hogy a modern ember nagyjából abban a korszakban tette meg ezt az utat, mikor a legkorábbi régészeti leletek tanúsága szerint már megjelent Ausztráliában is. A DNS egy olyan utazásba engedett bepillantani, amely minden bizonnyal India partvidékét követte. Az a kérdés, hogy találunk-e régészeti nyomokat az útvonal mentén.

## *Úszás Ceylonba*

Kanyarodjunk kicsit vissza a dátumozás kérdéséhez, elsősorban ahhoz, amit az ausztrál leleteknél alkalmaztak. Bátran kijelenthetjük, nincs semmi bizonyíték arra, hogy valaha más hominida is megjelent volna a kontinensen. A *Homo erectus* sosem szelte át a nyílt óceánt, mely elválasztotta Délkelet-Ázsiát Ausztráliától, pedig a „végállomástól” már csak néhány száz kilométerre fekvő Jáván is megtelepedett. Mivel a *Homo sapiens* volt az egyedüli hominid lelet Ausztráliában, amit valaha is megtaláltak, az emberi benépesítés ténye olyan világos, mint nap az égen. Az Arnheim-földön kiásott kőszközők kétségtelenül tőlünk származtak. S ha a radiometrikus mérések azt mondják, hogy a kőszközők már 50-60 ezer éve megjelentek Ausztráliában, amikor a genetikai adatok biztonsága szerint őseink még Afrikában voltak, úgy a modern ember útja igen csak gyors száguldás lehetett. Azt gondolom, a tengerparti szuper-autópálya a legvalószínűbb magyarázat a hihetetlen sebességre.

Azonban ahogy már láttuk, más hominidák is éltek a partlakók által követett útvonal mentén. Ők is készítettek kőeszközöket, és ezek mindenhol megtalálhatók Euráziában. A *Homo erectus* elterjedésének legkeletibb állomása Jáva volt, s könnyen lehetséges, hogy egyes csoportjai fennmaradtak akár 40-50 ezer évvel ezelőttig. Ha így történt, akkor találkozhattak a tengerparti vándorokkal, mikor azok kóborlásuk során elérték az indonéz szigetvilágot. Minden bizonnyal közvetlenül a modernnek megérkezése után vagy még korábban kipusztultak. Amit nem tudhatunk, vajon erőszakkal szorítottuk-e ki őket lakóhelyükről, egy afféle genocídium forgatókönyve alapján. Ennek részleteit majd a könyv Európával foglalkozó fejezetében mutatom be.

Ugyanúgy, ahogy az egyes emberelőd fajok felismerhetők csontjaik mérete és formája alapján, a szerszámok és más emberi produktumok is oszthatóak típusuk vagy stílusuk szerint. Párhuzamos példaként előszeretettel szoktam használni az amerikai kultúra szimbólumát, a coca-colás palack XX. századi evolúcióját. Az évszázad első hetven évében a palack egy 8 unciás (2,3 dl) üvegszobor volt, egy sajátosan domborodó forma, amely az 50-es évek szódakútjait és autósmozijait idézte. Aztán, a 70-es években egy nagyobb, könnyű súlyú műanyag változat jelent meg a szupermarketek polcain, de még mindig a jellegzetes homokóra alakkal, mintha szándékosan emlékeztetne a régmúlt idők hangulatára. Úgy tíz évvel később azonban, a domború forma átadta helyét egy standardizált, lapos profilú műanyag palacknak, amelyet ma már az összes egyéb üdítőitalgyár felhasznál. Az ürtartalomban sincs nagy variáció, kétliteres nagyságukat használnak a britek és az amerikaiak, míg a kontinentális Európában a kissé elegánsabb másfél literes változat terjedt el, de az új vonalvezetés egyetemessé vált.

Az univerzálissá váló forma megfigyelhető minden ember által gyártott szerszám esetében, a kalapácsoktól kezdve a késeken és puskákon át a serpenyőkhöz. Minden tárgy átváltozik idővel, és végül a leghatékonyabb változat fog széles körben elterjedni. Ez gyorsan kiüti a vetélytársakat, és egy kis idő elteltével már meglehetősen nehéz lesz visszaemlékezni, milyen stílusú volt a korábban használt eszköz. Már jóval a jelenkori globalizáció előtt, a világon mindenhol előfordultak afféle „gyilkos holmik”. Ebben a periódusban, amiről most beszélünk, tehát 50-60 ezer évvel ezelőtt, ezek az eszközök egy közös kulturális jelenségbe csoportosultak, amit késői kőkorszaknak vagy hivatalosabban felső paleolitikumnak nevezünk. A felső paleolitikum szerszámjai radikális eltérést mutatnak az őket megelőzőktől, és döntő

bizonyítékai az anatómiailag modern ember jelenlétének, szemben a *Homo erectus*-szal és a neandervölgyivel, akik a középső paleolitikum zsákutcájában rekedtek.

A középső és felső paleolitikum közötti átmenet részleteit a következő fejezetben mutatom be, de ausztrál partlakóink történetének kikerekítése végett szükségszerű megemlíteni, hogy a legkorábbi felső paleolit eszközök megjelenése bármely földrajzi régióban a modern ember bevándorlását jelzi. India azért szokatlan lelőhely, mert nagyon kevés eszköz került elő ebből a korból. Eleve szerény mennyiségű emberi maradvány áll rendelkezésünkre bármely periódust is vesszük a felső paleolitikumig, de legalább nagyszámú eszközt találtak a megelőző korszakokból. Nincsenek tehát árulkodó jelek egészen a legutóbbi időig, és ha mégis, akkor azok nem várt helyen bukkannak elő.

Az indiai szubkontinensen Srí Lanka Fa Hien barlangja rendelkezik a felső paleolitikumra utaló legkorábbi jelekkel. A dátum azonban kevésbé biztató, mivel az első, már modernnek tekinthető eszközök nem idősebbek, mint 31 ezer év. A Batadomba melletti Lena barlangban tárták fel a legöregebb anatómiailag modern emberi maradványokat, de ezek is csak 30 ezer évesnek bizonyultak. A tengerparti útvonal nyomon követésében a korok és lelőhelyek kombinációja két feltevés születését eredményezte. A Srí Lanka-i barlangok esete azt sejteti, hogy a modern ember nem a szubkontinens belseje felől, hanem valahonnan délről érkezett Indiába. Ez alátámasztani látszik az ősi tengerparti vándorlás elméletét.

A másik feltevés szerint, amely a dátumokból ered, Batadomba népei nem lehettek az ausztrál aboriginek ősei, mivel jó 20 ezer évvel később éltek, mint az Arnhem-földön talált maradványok gazdái. Újabb csavar. Persze előfordulhat, hogy a már feltárt lelőhelyek alatti rétegekből egyszer csak előkerül az emberi jelenlét egy sokkal korábbi bizonyítéka, de addig is, Batadomba késői leletei nem sokat segíthetnek a tengerparti útvonal feltérképezésében, mivel hasonló korúakat lehet találni végig a feltételezett út mentén, egészen Ausztráliáig. Például Thaiföldön is, a Lang Rongrien barlangban megtalálták az emberi jelenlét bizonyítékait 37 ezer évvel ezelőttről, de korábról semmit sem. Ahogy közelebb kerülünk a tett helyszínéhez, a dátumok úgy válnak egyre idősebbé. Fejlett, felső paleolitikumi, 40 ezer évesnek datált kőeszközökre bukkantak Bobongarában, Új-Guinea kelet végén, a Huon-félszigeten. Ez lehetne akár az emberi utazás utolsó lépcsőfoka, de ezentúl nincs semmi, ami megközelíti az 50-60

ezer éves ausztrál leleteket. Így hát, annak ellenére, hogy a genetikai mintázat világosan kirajzolja az afrikai kivándorlás nyomvonalát, a régészet eredményei mintha ellentmondának ennek. Akkor mégis mi a tengerparti útvonal bizonyítéka?

Sajnos nem tudjuk, de van egy elég hihető hipotézisünk. Mivel majd minden archeológiai feltárást szárazföldön végeznek el, joggal hihetjük, hogy sok ismeretlen emberi produktum fekszik a tengerek mélyén. Jaj, már megint egy atlantiszos marhaság – mondhatja bárki. Nos, igen is, meg nem is. Amíg egész civilizációk katasztrófaszerű elmerülése elég ritka esemény lehet, addig ennél sokkal valószínűbb a tenger szintjének nagyléptékű, ha mégoly fokozatos ingadozása az elmúlt 100 ezer évben. Ötvenezer éve mintegy 100 méterrel alacsonyabb volt, mint ma, mivel nagy mennyiségű vízpárát kötöttek le az északi féltekén terjeszkedő jégsapkák. Ez elsőre nem hangzik túl nagy különbségnek, de amikor a tengerszint-ingadozásokról beszélünk, nem annyira a magassági változások, mint inkább az érintett szárazföldi területek mérete érdekel minket. A kontinenseknek jellemzően enyhe szögben lejtő, sekély talapzatuk van, így a százméteres szintkülönbség alaposan megváltoztatja a kitett szárazföldek méretét. Egy ilyen nagyságrendű vízszintcsökkenés, Nyugat-Indiában nem kevesebb mint 200 km széles szárazföldi sávot szabadítana fel a tengerpartok mentén. A múltban ez azt jelentette, hogy Srí Lanka egy földhíddal kapcsolódott Indiához, a Perzsa-öböl és a Thai-öböl termékeny folyami delták lehettek, Ausztrália és Új-Guinea pedig, mint két hagymaszerű dudor díszelgett egy nagy kiterjedésű földtömeg testén. Száz szónak is egy a vége, a tengerparti út nyomvonala igen csak más képet mutatott ötvenezer éve.

A tenger szintjének megemelkedése kétségkívül nagy hatással volt a partvidék vándoraira. Azok a népek, akik a tengeri táplálékforrásokra támaszkodtak, olyan élőhelyeket választottak, melyek ma mélyen, a víz alatt fekszenek. Az eurázsiai Y-kromoszóma mintázata azt mutatja, hogy az M130-as marker túlnyomórészt a keleti és déli szegélyeken fordul elő. Továbbá, a déli M130-as markerek rendre idősebbek az északon találtaknál, ami pedig a későbbi, a trópusi területekről kiinduló migrációt sejteti. A fenti eredmények, kombinálva a 40 ezer évnél korábbi modern emberi maradványok hiányával, arra utalnak, hogy a partvidéki útvonalak nem távolodhattak el messze a tengertől. A tengerparti életmódhoz adaptálódott emberek nem is kísérleteztek a belső szárazföldek meghódításával. Ennek ismeretében a régészek hamarabb megtalálnák az első indiaiak nyomát, ha bűvárszerelésbe és

nem parafa kalapba öltöznének. A szubkontinens felső paleolitikumi eszközeit ma valószínűleg sok ezer év homoküledéke fedi és korallszirtek nőnek rajtuk.

## *Ausztrál Ararát?*

Laura kisváros Cairnstől 300 km-re északnyugatra fekszik Queensland államban. Neve két dologról híres. Valaha itt volt a Cape York-i aranybánya ipari központja és pont ezért az európai telepesek brutalitását testesíti meg. Az aboriginek szemében azonban sokkal kellemesebb hírnévnek örvend, mivel ez ad otthont a Laurai Aborigin Művészeti és Kulturális Fesztiválnak, amit két évente rendeznek meg a városon kívüli mezőkön. Egy kicsit meglepőnek tűnhet, hogy egy efféle nemzetközi ceremóniának egy olyan helyszínt választottak, ami egészen a legutóbbi időkig csak földúton volt megközelíthető, és aminek ilyen súlyos emléke maradt a koloniális terjeszkedés korából. Mégis Laurát jelölték ki, mert számos szakrális aborigin hely található errefelé, ahol a mai napig 15 ezer éves művészi festmények díszítik a város környéki sziklafalakat. A képeket a kvinkán szellemek őrzik, név szerint Timara és Imdzsim, akik mint valamiféle kollektív lelkiismeret tevékenykednek. Timara a szigorúbb kettőjük közül, ő tartja kordában a földi népeket, míg Imdzsim, akit általában tekintélyes pénisszel ábrázolnak, inkább Puck-szerű karakter, egy bohókás, játékos figura.

A kvinkánok (és ősi pedigréjük) az aboriginek földjükhöz való igen szoros érzelmi kötődését demonstrálják. Énekvonalaik ősi utak nyomát követik a tájon, erős genealógiai kapcsot építve ki maguk és a legkorábbi emberek között. Mint minden őslakosa a világnak, az aboriginek is úgy hiszik, hogy öröktől fogva élnek azon a földön. Előszeretettel idézik az elmúlt fél évszázad tudósainak folyton változó becsléseit őseik honfoglalásáról, ami néhány ezer évről indult a hatvanas években, majd fokozatosan emelkedve, napjainkban jutott el a 60 ezer évig. Minden egyes újonnan bevezetett kormeghatározási módszer, saját hibaforrásaival együtt, az időben egyre távolabbra tolta vissza az ember megjelenését. Ahogy látni fogjuk, az ember európai színre lépésének dátuma nem lehet régebbi 40 ezer évnél. Az ausztrál bennszülöttké ennél lényegesebb ősi, így nem csoda, hogy kötődésük anyaföldjükhöz sokkal mélyebb, mint az európaiaké, akik csak kétszáz éve gyarmatosították a kontinenst.



Emellett azonban a genetikai vizsgálatok, mint minden más nép esetében is, egyértelmű kapcsolatot mutattak ki az aboriginek és afrikai őseik közt. Az ausztrál bennszülötteknek erre nincs magyarázatuk. Greg Singh, Cairnsben élő aborigin művész hitvallása szerint, a Föld Ausztrália felől népesült be, és ez megmagyarázná a genetikai kapcsot köztük és az afrikaiak közt. Úgy véli, ahogy a radiokarbon kormeghatározás egyszer csak átadta helyét a termolumineszcenciának, a genetikai adatokat is újra fogják értékelni valamikor, és majd akkor bebizonyosodik Ausztrália központi helye a világ őstörténetében. Ez természetesen lehetetlen, hiszen minden kétséget kizáróan Afrika az a hely, ahol fajunk kialakul, mindamellet ott motoszkál bennünk egy kérdés. Az út, amely Ausztráliába vezetett, és lehatárolta a területet, ahol az első Afrikán kívüli telepek létrejöttek, vajon nem egyfajta prehisztorikus Ararát szerepét töltötte-e be? Nem volt-e a parti út csupán egy pihenőhely a világ többi részén lévő települések között? Ha Afrika volt az első állomás, nem lehetett Ausztrália vagy Délkelet-Ázsia a fő csatorna, amelyben vándorlásunk következő szakaszai lefolytak?

Hogy a kérdésre megadhassuk a választ, vissza kell térnünk Afrikába, és meg kell keresnünk a humán genetikai diverzitás másik fő vonalát.

## 5. Ugrások és lépések

A nyelv a gondolat köntöse  
Samuel Johnson, *Az angol költők élete*

Az én Y-kromoszómámat az M173 néven ismert marker határozza meg. A múlt valamely pontjában, egy férfi, egy konkrét személy Y-kromoszómáján az adenin citozinná mutálódott a nukleotidszekvencia egy adott helyén. Az új marker után a férfi az M173 nevet kapta. Mindegyik fia örökölte ezt a bélyeget, így utódait könnyedén tudjuk azonosítani. Természetesen a tulajdonság átadódott minden rá következő generáció fiúgyermekébe, míg egy idő után a marker gyakorisága érzékelhetően nőni kezdett. Ma az M173 nagyon gyakori Nyugat-Európában, ahonnan az én férfiági felmenőim származnak. Dél-Anglia hímnemű lakosságának 70%-a hordozza ezt a típust, jelezve, hogy mindegyikünknek ugyanazon személy a férfiági őse. De nem ez az egyetlen genetikai marker, amivel rendelkezem. Ha elkezdem időben visszavezetni a leszármazási vonalamat, újabb polimorfizmusokra bukkanok, M9 és M89 név alatt, mindegyikük egyedi mutáció az Y-kromoszóma meghatározott pozíciójában. Szintén megvan az M168-as markerem, ami minden más eurázsiaihoz hasonlóan, őseimet elhelyezi az 50 ezer évvel ezelőtti Afrikában. A markerek sorrendje lehetővé teszi, hogy végigkövessem az utat, amelynek során őseim eljutottak a Brit-szigetekre, sőt bele tudok pillantani a világ népei közt fennálló kapcsolatok elképesztő szövedékébe. Természetesen ezt a kis gyakorlatot bármely ma élő emberen végre tudnánk hajtani. Olyan ez, mintha rekonstruálnánk a provenance-i hallét, melynek receptjét szüleim adták át nekem, és visszafelé lépegetve, az összetevő változásain keresztül jutnánk el az eredeti kompozícióhoz – az afrikai őselemhez.

Az előző fejezetben már láttuk, hogy az M130 jelű marker az ausztrál őslakosok többségében megtalálható.

Ez köti őket vissza Afrikába, ahol az M168-as Eurázsiai Ádámot elérve osztozunk meg az én Y-kromoszómám és az övék közös ősen.

Az M130-as világszerte korlátozott elterjedése a part menti migrációt tükrözi, amint a marker körbejárta a kontinens déli szegélyét szívfájdító nyomokat hagyva maga után. De vajon az M130-asok társai voltak-e az M89-es férfiaknak, akik az én leszármazási vonalam következő markerét hordozták? Talán az eurázsiai szétrajzás ötvenezer évvel ezelőtt, a dél-ázsiai partokról indult el?

Mielőtt nekirugaszkodnánk a válasznak, és elkezdenénk kibogarászni az eurázsiai levesrecept sorait, ami az M89 marker, az összes nem afrikai Y-kromoszóma vonal nevével kezdődik, fel kell tennünk egy másik létfontosságú kérdést. Ha valóban igaz mindaz, amit a régészeti leletek állítanak, és a modern ember már 150 ezer éve jelen volt Afrikában, mi a csudára várt ennyi ideig az útra keléssel?

## *Agytorna*

Épp alkonyodik a kelet-afrikai szavannán, és a levegő érezhetően hűvösebbé vált. Bár dideregni kezdesz, mégis megkönnyebbülten nézel a vadászcsapat többi tagjaira, akikkel közösen sikeresen ejtettetek el egy lesántult gazellát napközben. A klán enni fog ma este. Mikor visszatértek a táborba, mindenki kezébe veszi saját kőpengéit – egyik végükön élesek, de a másikon jó fogás esik –, majd nekiálltok feldarabolni az állatot. (Az egyszerű, de hatékony szerszámokat a régészek ma Mousterinek, vagyis középkőkorszakinak osztályozzák be.) Gyorsan végeztek az inakkal és csontokkal, s nemsokára már ott gubbasztotok a tűz körül, szemmel tartva a lángok fölött sülő húst. Egy hiéna vonyít valahol messze, és hosszú idő után végre egészen más természetű dolgokon is el tudsz merengeni, mint a napi megélhetés.

Mivel egész nap a vadászat sikere járt a fejedben, most igazán boldog vagy hogy a szerencse ismét mellétek szegődött. Az utóbbi években a csordák mintha ritkulni kezdtek volna. Persze mit sem sejtesz arról, hogy Afrika éghajlata épp nagy változáson megy keresztül. Tartósnak ígérkező aszály indult el nemrégiben, és a táplálékforrások, melyek a hatalmas csordákat fenntartják már nem olyan gazdagok mint azelőtt. Vacsora után a párod odaviszi hozzád a fiatokat. Habár a kicsi erős és egészséges gyermek, mégis aggódsz miatta, mert nagyon elút a többiektől. Először is, már megtanult beszélni, pedig még csak kétéves. A többiek meg sem szólaltak hároméves korukig. Aztán meg, úgy tűnik, sokkal ügyesebben készít el dolgokat, mint a klán többi gyermeke. Például élvezettel játszik a tábor

körül szétszórt apró kődarabokkal. Sokkal érzékenyebb, mint a többiek, gyakran tör ki érthetetlen dührohamokban, amitől a csoport tagjai mindig nagyon megrettennek. De minden szokása közül a legijesztőbb, hogy elkezdett figurákat rajzolni a homokba, hasonlókat az elejtett állatokhoz. Ez tényleg megrémít téged, és ahogy az ábrákat észreveszed a földön, azonnal eltörlöd őket. Ennek ellenére a klánból már sokan tudnak gyermeked fura dolgairól, így nem csoda, hogy hónapokkal ezelőtt puszogni kezdtek róla.

Telik-múlik az idő. Ahogy fiad növekszik, megtanítod a vadászat fortélyaira és a szerszámok készítésére, de tudása csakhamar túlhaladja a tiédet. Úgy tűnik, mintha varázslatos módon képes lenne megérezni, mit fognak az állatok csinálni, és akármennyire is furcsállják viselkedését, a klán népszerű tagjává válik. Meglehetősen korán, 15 éves korára kis csapatod elfogadott vezetőjévé választják. Irányítása alatt a klán mindig bőségesen jut élelemhez és újra virágozni kezd. Számos gyermeket nemz, akik szintén jóval okosabbak lesznek, mint a többiek. Néhány nemzedéken belül már mindenki őhozá tudja visszavezetni az eredetét. Hamarosan a csapat totemősvé, alapító atyjává válik, és a klán tagjai tőle fogják származtatni magukat.

Más klánoknak nem adatik meg az állatok viselkedésének misztikus megismerése vagy a kifinomult szerszámkészítés képessége, amely az előbbi vadászatait olyannyira sikeressé tette. A gyengébb képességűek vagy elvándorolnak vagy az okosabbak rajtaütései zilálják szét őket. A támadók magukkal hurcolják a nőket, és befogadják saját csoportközösségükbe, míg a férfiakat általában megölik vagy elkergetik. Hamarosan azonban a klán túl sok tagja lesz kénytelen megosztani egy territóriumon. A táplálék elosztása fölött állandósuló vita végül arra készteti a fiatal férfiakat, hogy fogják párjaikat, és odébbálljanak új területekre. A folyamat újra és újra megismétlődik az elkövetkező néhány ezer év alatt, mígnem a régió majd' összes férfija annak a bizonyos első okos gyermeknek a leszármazottja lesz.

A fentiekben egy olyan mesét próbáltam elképzelni, ami könnyen megtörténhetett a 60-70 ezer évvel ezelőtti Afrikában. Mint láttuk, egy egyszeri szerencsés esemény megváltozta az emberi evolúció menetét. Ahogy más történelmi helyzetekben szintén gyakorta előfordul, a változáshoz egyetlen megfelelő ember kellett, aki a megfelelő időben, a megfelelő helyen tartózkodott. Ez az a véletlenszerű esemény, ami általában a forradalmak kezdő lökését megadja. De vajon szükségszerűen ezen módon kellett a hirtelen váltásnak lezajlania?

Hogy rövidke legyünk, nem tudjuk. A „Nagy Ugrás” egy régészeti kifejezés, amit Jared Diamond neve fémjelez. Gazdaságpolitikai értelemben Mao Ce-tung használta először az 1950-es évek nagy iparosítási programjaiban, az antropológiában azonban a felső paleolitikum hajnalán, 50-70 ezer éve bekövetkezett radikális technológiai váltásra utal. A „gyilkos holmik”, ahogy az utolsó fejezetben hívtuk őket, drámai elválást jelentettek a korábban folytatott életmódtól. A jelenség létrejötté szinte esdekel a magyarázatért. Vajon mi okozhatta az emberi viselkedés ilyen nagy léptékű megváltozását?

Richard Klein, a Nagy Ugrás elméletének egyik legerősebb támogatója, három jelentős archeológiai eseményt mutat be, amelyek abban az időben zajlottak le. Először is, az ember által készített eszközök sokkal változatosabbak lettek, és a kövek, valamint más anyagok használata jócskán hatékonyabbá vált. Másodszor, a művészetre utaló első produktumok ekkor bukkantak fel, ami a fogalmi gondolkodás hatalmas előrelépését feltételezi. Végül pedig, ez volt az az időszak, mikor az ember felfedezte a táplálékforrások kiaknázásának jóval hatékonyabb módjait. Mindent egybevetve, a tények egy óriási fordulatra utalnak az emberi viselkedésben. Klein a DNS-t nevezi meg, mint alapvető okot.

Ahogy Klein kifejti, a felső paleolitikumi változások sora csak akkor következhetett be, ha egymás közötti kommunikációnk lényegesen hatékonyabb formát öltött. Ebből azt a következtetést szűri le, hogy a felső paleolitikum hajnala volt a modern nyelv születési dátuma, amikor gazdagabbá váltak a szintaxisok és megsokszorozódtak a kifejezésformák. A virágzó nyelvi képességek, ahogy a legtöbb antropológus hiszi, nélkülözhetetlen feltételei a további szociális fejlődésnek. A komplexebb szociális hálózat pedig majdnem bizonyosan a kezdő szikra volt a felső paleolitikumi ember viselkedésének megváltozásához. Klein úgy gondolja, hogy agyunk újszerű áthuzalozását valamilyen genetikai eseménynek kellett elindítania.

Van némi lehetőségünk belepillantani, miképp játszódhattak le ezek a változások a modern ember gyermekeinél. Jean Piaget svájci fiziológus a XX. század közepén kifejlesztett egy részletes táblázatot a gyermek normál fejlődéséről. Ez annak leírását tartalmazza, hogy milyen lépéseken keresztül jutunk el a tárgyak pusztá felismerésétől a köztük lévő kapcsolat fokozatosan táguló, egyre bonyolultabb szintű megfajlásáig. A kezdeti fázisokban a valós világ felépítésére fókuszálunk (cumi, csörgő, apu arca), majd később eljutunk a

viselkedési adaptáció felismeréséhez (pl.: mikor meglátom apu arcát, valószínűleg megkapom a cumit vagy néha a csörgőt). Bonyolultnak hangzik, de jól magyarázza a gyermekek próba-szerencse módszerét, aminek segítségével megtanulnak kapcsolatot teremteni a világgal. Ez nyújt megfelelő keretet a nyelvi képességek elsajátításához, egy egyedülállóan emberi tulajdonság megszerzéséhez is.

A gyermekek beszéde gügyögéssel kezdődik, véletlenszerű hangok sorával, melyek még az értelem legcsekélyebb jele nélkül hagyják el ajkait. A gügyögés körülbelül egy év múlva adja át helyét a tényleges szavaknak. Számos fiziológus és nyelvész úgy gondolja, a gyermekek első szavait, a „mamát” és a „papát”, azért a legkönnyebb megtanulni, mert genetikailag valamiképpen programozottan jelennek meg a humán hangképzés anatómiájában. Annyira egyetemesen bukkannak fel a világ szinte minden nyelvében, hogy valamilyen igazság magva kell legyen a feltételezésnek. Merritt Ruhlen amerikai nyelvész szerint azonban ezek a szavak egy tízezer évvel ezelőtt beszélt közös nyelvnek az evolúciós maradványai, az eredeti emberi beszéd nyomai, mintsem programozott anatómiai melléktermékek. Valószínűleg mindkét megközelítés elfogadható, hiszen a legegyszerűbb szavaknak azért lehetett jelentéstartalma az ősi nyelvben, mert ezek voltak a hangképző szerveinkkel legkönnyebben produkálható hangkombinációk.

A gügyögés és az egyszerű szavak együttélése még egy évig folytatódik, de mellette robbanásszerűen bővül a gyermek szókinccse. Közben már az első kétszavas kifejezések is kezdenek felbukkanni, ahogy a szavak kombinációjával új jelentéssel bíró mondatrészeket alkot. Nagyobbik lányomat Margotnak hívják, és ebben a fázisában olyan kifejezéseket alkotott, mint „Margot puszil” és „Mama visz”. Aztán a második életév környékén hatalmas ugrás következik be a beszélt nyelvben. Ebben a korban a gyerekek többsége három szóból álló teljes mondatokat kezd képezni: „Margot puszil aput” a sokkal egyszerűbb „Margot puszil” vagy „puszil aput” helyett. Kialakul az alany-állítmány-tárgy (AÁT) szerkezet, más néven szintaxis, ami az angollal együtt a legtöbb emberi nyelvet jellemzi. Az ATÁ szerkezet (Margot aput puszil) előfordul néhány nyelvben (japán, koreai, tibeti), míg az AÁT és ÁTA csupán a nyelvek 15%-ra jellemző (a walesi az előbbire, a malgasz az utóbbira példa). A legritkább szerkezet a TAA. Talán legjobban a Birodalom visszavág című filmből ismerjük, ahol Yodának, a Jedi mesternek voltak ilyen mondatai: Sick have I become (=beteg én lettem). Ezt a formát csupán egy maroknyi nyelvben

használják az Amazonas mentén, Brazíliában. A legfontosabb, amit ebből a szintaktikus diverzitásból ki tudunk bogarászni az, hogy a szórend lényegi szerepet játszik a mondatok megértésében. Ahogy a régi példa is szemlélteti, a „kutya harap embert” hétköznapi eset, de az „ember harap kutyát” már hírértékű lenne bármely újságban.

Tehát egy kétéves gyermeknél a nyelvi komplexitás robbanásszerű fejlődése a szintaxis erejének köszönhető, és ha ez egyszer már megjelent, onnan kezdve véget nem érő fejlődés indul el az egyre összetettebb mondatok irányába. A Nagy Ugrásnak magába kell foglalnia a szintaxis gátjának áttörését, mert ha ez nem következik be, a továbblépés reménytelen. Ezt láthatjuk a csimpánzoknál, akiket megtanítottak az amerikai jelbeszédre. Ismert példa Kanzi, a bonobo esete. Kanzi képes volt megtanulni és úgy értelmezni kétszavas mondatok széles skáláját, ahogy egy 18 hónapos gyermek teszi, de sosem jutott el a kétévesek komplex szintaxisának szintjére. A lényegi különbség az ember és a csimpánz kommunikációjában a megfelelő agyi struktúrák felépítése, amely lehetővé tenné a szintaxisok felfogását, és ezen keresztül a komplex fogalmi kommunikációt.

Hogy lássuk, miért lehet ez így, próbáljunk ki egy újabb agytornát. Képzeljük magunkat egy olyan helyzetbe, hogy hosszú hajó után egy isten háta mögötti szigeten kötünk ki, ahol egy árva szót sem értünk a bennszülöttek nyelvéből. Szavaik tökéletesen ismeretlenek, közülük egyik sem emlékeztet anyanyelvünkre. Azt kellene kitalálnunk, hol vagyunk és hogyan juthatunk haza. Mit is tegyünk? Kezdetben valószínűleg ugyanazzal a próba-hiba módszerrel élnénk, mint a kisgyermek, és a magukban álló ígéretekre, főnevekre koncentrálnánk. Mondjuk rámutatunk egy fára, és kérdően felvonjuk a szemöldökünket, ami egyébként egyik egyetemes jele az emberi mimika eszköztárának (valószínűleg a komplex beszéd megjelenése előtti korszak evolúciós maradványa). Hamarosan elegendő szót sajátítunk el ahhoz, hogy alapmondatokat képezzünk: „iszom” vagy „most enni”. A végső lépés pedig az lesz, amikor összetett mondatokat építünk fel, amelyek sokkal több információt hordoznak mint önmagukban a főnevek és igék. Most már gratulálhatunk magunknak, hogy eljutottunk egy kétéves gyermek beszédjének szintjére és bátran mondhatjuk: most hazamegyek. A helybélielkből kitör a lelkesedés, átkísérnek minket a sziget másik végére, a helyi reptérre, ahonnan néhány óra alatt hazarepülünk.

Az elképzelt hajótörés-forgatókönyv jól demonstrálja a szintaxis hasznosságát és nagyjából megmagyarázza, miért is lett alkalmazása hatalmas ugrás a korai emberösök számára. A példa azonban adós

marad a magyarázatokkal. Ha az ember és az emberszabású majmok közötti szakadékot a szintaxis hídja ívelhetné át, fontos lenne megérteni, vajon miért épp őseinknél alakult ki, és nem a csimpánzoknál vagy a gorilláknál. Itt ismét segítséget kaphatunk a főemlős-viselkedési kutatásoktól. Az egyik dolog, ami „megóvja” a csimpánzokat a komplex szintaxis kifejlesztésétől, az a limitált rövid távú memóriájuk – állítja Sue Savage-Rumbaugh. Egy komplex közlés megértéséhez és elemeinek integrációjához nagyon fontos, hogy legalább addig emlékezzünk a mondat elejére, míg a végére érünk. Talán nem túl nehéz feladat, ha a „kutya harap embert” kifejezés bonyolultságát nem lépjük túl, de már nagyobb kihívás egy összetett német mondat esetében, ahol a cselekvést jelző ige a legvégén bukkan elő. A korlátozott rövid távú emlékezet lehet a csimpánzok minimális nyelvi képességének egyik oka.

Az hogy főemlős unokatestvéreink sosem tudták ezt a képességet olyan szintre fejleszteni, mint mi, életstílusukkal magyarázható meg. Majomrokonságunk összes tagja erdőben élő, legalább részben fán lakó állat. Másrészt viszont a mi őseink sok millió évvel ezelőtt felhagytak a lomboserdőben való életformával. Az Australopithecusok is felegyenesedve jártak, és ezen tulajdonság evolúciós előnyeit elsősorban fátlan környezetben lehet megfelelően kiaknázni. Az afrikai ökoszisztéma szerkezete, az erdővel szegélyezett, kiterjedt szavannák szomszédsága ideális terep volt egy olyan majom számára, amely épp feladni készült a fán lakó életmódot. Valószínűleg ez a tényező indított el minket az evolúciós röppályán, majd végül elvezetett a szintaxishoz és a fejlett nyelv használatához.

Az antropológusok többsége elfogadja azt a nézetet, miszerint a korai hominidák már az erősebb mentális kapacitás megjelenése előtt is felegyenesedve jártak. Ahogy Raymond Dart Taung-i gyermekénél is láttuk, a korai emberelődök agytérfogata hasonló méretű volt, mint a csimpánzoké, de emellett anatómiai jellegek már két lábon járásra utaltak. Egy fátlan környezetben a két lábra emelkedés legfőbb előnye a megemelt látómagasság, a hatékony szárazföldi mozgás és a szerszámhasználatra felszabadult kéz. Ezek bármelyike nélkül még túrhetően elboldogulnánk, ha erdei környezetben, ágról ágra mászva mozognánk. A mondás is úgy tartja: a szükség a találékonyság édesanyja, és ez különösen igaz az evolúcióra. De mégis mi kényszerített minket a füves területek felé?

Az elmúlt 10 millió év során a periodikus éghajlatváltozások általában helyben hagyták az afrikai erdőket, mert a lecsökkent évi



csapadékmennyiség a fás területek drasztikus visszahúzódásához vezetett. Az egyik ilyen száraz időszak 5-6 millió évvel ezelőtt a Földközi-tenger tényleges eltűnéséhez vezetett, aminek több mint drámai hatása volt Afrika klímájára nézve. A végtelen hosszúra nyúlt aszályos korszak néhány fán lakó főemlőst arra készítetett, hogy elköltözzön az erdőzóna peremére, és a nyílt füves térségekre kalandozzon ki új táplálékforrások feltárásáért. De amíg az erdőlakó fajok gyűjtögető életet éltek (a csimpánzok alkalmasint zsákmányolnak más majmokat, de táplálékuk elsősorban növényekből és rovarokból áll), addig a szavannára költözők vadászokká lettek. Ennek oka, hogy a nagy testű majmoknak egész egyszerűen nincs elég táplálék a szavannán, a puszta gyűjtögetéssel (növények, rovarok) nyerhető energia nem elegendő a létfenntartáshoz. Az állatok, és elsősorban az emlősök, magas kalóriatartalmú, fehérjedús táplálékforrások. Tehát az új környezetben létszükségletté vált emlős zsákmányok elejtése, de emellett az ott élő ragadozók előli menekülés is, ami áttételesen megint csak az emberi agy fejlődéséhez járult hozzá.

Az ok és okozati összefüggés az emberi agy evolúciójában kicsit könnyebben érthetővé válik, ha az életet egy sakkjátszmának képzeljük el. Mikor jó idők járnak és a környezet változatlan, a játszma alapszintű – még a bolond is megbirkózik vele. Ha éhes vagy, szedsz egy gyümölcsöt vagy tépsz egy szál fűvet és a természetet kihalászod a várukból. Pofonegyszerű. Az élet az erdőben így telik nap mint nap. Mikor az erdők elpusztulnak, sok faj kihalását az okozza, hogy képtelenek alkalmazkodni az új környezethez, mert már túlságosan is jól adaptálódtak a helyi sajátosságokhoz. Az orangutánok ragyogóan megélik a délkelet-ázsiai esőerdőkben, de nem sokat tudnának kezdeni magukkal egy fáatlan irtásos-égetéses mezőn. Mikor a körülmények kevésbé kedvezőek, ráadásul a környezet is folyamatosan változik, a lépéseket jó előre meg kell tervezned és a játszma egyre bonyolultabbá válik. Ez az, amivel az ember pontosan azért boldogult el olyan ügyesen, mert fajunk hosszú tűzkeresztségen esett át egy marginális és állandóan változó élőhelyen. Bizonyos értelemben az adaptációhoz adaptálódtunk. De amíg más állatokat komplex anatómiai adaptációk segítettek, addig mi csak elménkre támaszkodhattunk, így alkalmazkodásunk az új közeghez mindenekelőtt viselkedésformánk megváltozásában öltött testet. Erősen adaptív agyunk egyik hozadéka az összetett szerkezetű kultúra kifejlődése volt. Az egész talán az együttműködésre alapuló vadászstratégiával indult, beleértve az intelligenciára és a szociális interakciókra ható erős szelekciót. Később

ez emberi kultúra túllépett a puszta gyakorlati kérdéseken, és magába olvasztotta a művészetet, a tudományt, a nyelvet és a nagybetűs Emberi Élet egyéb alapelemeit. Bár nem mi voltunk az első hominid lények, akik különlegesen fejlett kulturális adaptációval éltek, de mi vagyunk az egyetlenek, akik meghaladták ezeket a szélsőségeket. A neandervölgyiek például a betegek feletti közösségi gondoskodás jeleit mutatták. Egyes leletek, többek közt az üzbeisztáni, Tessik-Tas mellett feltártak, arra utalnak, hogy mély fogalmi képük volt a világban elfoglalt helyükről. Ezt példázza egy rituális temetkezés maradványa, ahol egy halott neandervölgyi gyermeket kecskeszarvakkal körbedíszítve hantoltak el. Mégis, sokkal inkább, mint más fajok esetében, minket a komplex kultúra határoz meg annak, amivé váltunk, vagyis *Homo sapiens*-nek. Első szikrái nélkül őseink képtelenek lettek volna elhagyni az afrikai erőd peremét, és nem mertek volna kimerészkedni a szavannára. Ha nem lettünk volna alaposan felkészülve, soha nem éltük volna túl azokat a kihívásokat, amik Euráziában vártak ránk, miután 50 ezer évvel ezelőtt elhagytuk Afrikát.

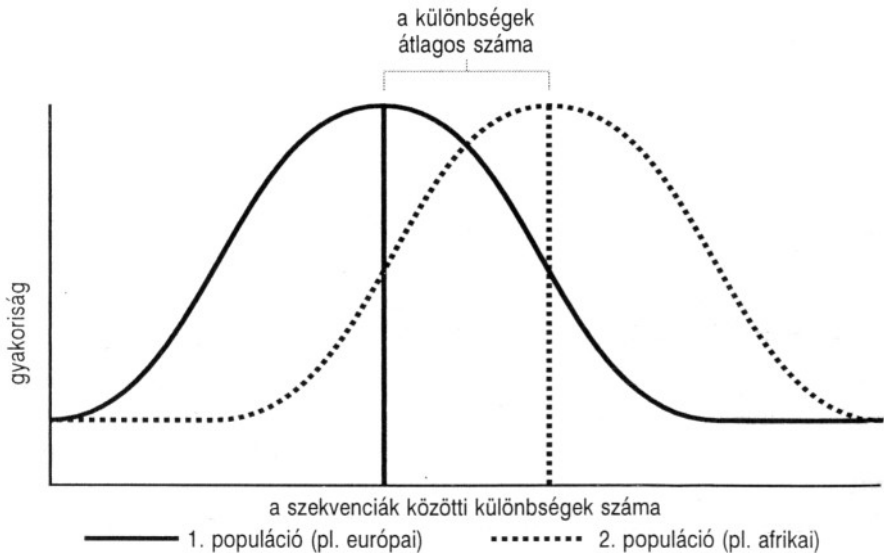
## *Baktériumleves*

Ha egy baktériumot helyezünk egy tápanyagdús húslevesbe, akkor a szokásos osztódási folyamat indul el, először két utód lesz, majd négy, nyolc és így tovább, mígnem egy nagyon érdekes dolog történik. Ahogy már láttuk, a DNS másolásakor, a szaporodás alatt, véletlenszerű hibák, mutációk következnek be. Ezek azok a változások, melyek a levesreceptben természetes úton keletkeznek, mikor továbbadódnak a következő nemzedéknek. Hasonlóképp történik ez a baktériumoknál is. Így a gyorsan tenyésző baktériumlevesünkben elég rövid idő után már megfigyelhetünk új származási vonalakat új formákkal, amik a genom apró változásainak következményei. Vegyünk mintát a DNS-szekvenciából néhány generációval később, és alig fogunk különbséget találni az egyedek közt. Pár száz nemzedék után (csak néhány nap a baktériumpopuláció életében) azonban változatok tömege fog visszaköszönni. Zuckerkandl és Pauling felismerésével: minél hosszabb ideig növekszik a populáció, annál több változatot fogunk benne látni. Még egyszerűbben: több genetikai különbség lesz két random kiválasztott baktérium közt egy idősebb populációban, mint egy fiatalabban.

A fentiekben bemutatott baktériumleves-kísérlet illusztrálja, mi zajlik egy exponenciálisan növekvő populációban, ahol az utódok száma minden generációban megduplázódik. Egészen nyilvánvaló, hogy mérete rohamosan nőni fog, és ha a baktériumok akadálytalanul oszthatnának néhány napig, egyszerűen betakarnák a Földet. Ami viszont ennél sokkal fontosabb ebben a kis történetben, az a masszív „népességrobbanás” oka: minden egyednek vannak utódai a populációban. Egyik sem hullik ki az evolúciós rulettben, mindegyik baktériumnak lesznek kicsinyei, és a kicsinyek újabb kicsinyeknek adnak életet. Ennek meglehetősen erős hatása lesz a populáció genetikai szerkezetére nézve.

Ha azt nézzük, átlagosan mennyi genetikai különbség különíti el a növekvő populációt alkotó baktériumokat, most már tudjuk, hogy minden attól függ, mennyi ideig hagyjuk a populációt gyarapodni. Valójában az egyes baktériumegyedek közt tapasztalt különbségek a közismert, harang alakú Gauss-görbe szerinti eloszlást mutatják (5. ábra). Biztos sokan emlékeznek rá, mennyit kínoztak minket ezzel matematikából. Az eloszlás átlaga, vagyis az egyedek közötti átlagos differencia száma a mintában, a populáció növekedési idejétől függ. Képzeljük el a görbét, mint egy hullámot, amint balról jobbra mozog egyre több és több differenciát halmozva fel, majd a következő hullámot, amely az előzőtől még jobbra (távolabb a zérótól) egy még több mutációt akkumuláló populációt jelent. Ahogy a lovak és a gorillák hemoglobinjának összehasonlításánál történt, a hullámok balról jobbra mozgásának aránya megjósolható. A mutációk megjelenése konstans ráta szerint történik, ahogy a molekuláris óra A-t, C-t, G-t vagy T-t üt. Megmérve az eloszlások átlagát (hullámközepét), azt is ki tudjuk számítani, hogy a populáció milyen sokáig fog exponenciálisan növekedni. Klassz, mondhatja bárki, biztos nagyon tanulságos fejezet a laboratóriumi genetika oktatásában valamelyik egyetemen, de borzasztóan nem idevágó példa... hacsak nem találunk ugyanilyen mintázatot más élőlényekre nézve.

Henry Harpending, a Pennsylvania State University antropológusa és kollégái pontosan ugyanilyen elemzést végeztek el a humán mitokondriális DNS genetikai differenciáinak eloszlására vonatkozólag, és meglepő eredményre jutottak. Először is, a különbségek eloszlása (ezt kevert eloszlásnak hívják) azt jelezte, hogy az emberi populációk a baktériumokhoz hasonlóan gyorsan növekedtek.



5. ábra Az mtDNS kevert eloszlása két terjeszkedő populációban. Minél hosszabb ideig nő a populáció, annál magasabb lesz a szekvenciakülönbségek átlagos száma.

A beszédes hullámvonalak az ő adataikból is kijöttek, és a sima, harang alakú görbék az emberi populációk magas ráta szerinti növekedését mutatták. Az állandó vagy csökkenő populációkban az eloszlás sokkal kuszább, idővel néha egészen fűrészfogszerűvé válik a leszármazási vonalak egyenlőtlen elvesztési üteméből fakadóan. Ez egyaránt lehet a genetikai sodródás vagy a szelekció következménye. Mindez világosan mutatja, hogy az emberiség sebesen terjeszkedik. Harpending munkájának legizgalmasabb része az volt, amikor kiszámította a terjeszkedés becsült kezdőpontját. A számításaiból kapott megközelítőleg 50 ezer évvel ezelőtti dátum pompásan egybevág a mi becslésünkkel, mely szerint az ember nagyjából ugyanakkor kezdett kivándorolni Afrikából, pontosan a felső paleolitikum hajnalának beköszöntével egy időben. Harpending és társai világszerte 25 populációt vizsgáltak meg, ebből kettő kivételével mind exponenciálisan gyarapodó egyedszámot mutatott az elmúlt 50 ezer év során. A két másik populáció, a fűrészfogszerű eloszlásgörbékkel, az utóbbi időben bizonyíthatóan drasztikus populációméret-vesztéséget szenvedett el, így kiválóan alkalmas volt a kétféle forgatókönyv összevetéséhez. Továbbá, a populációk

egymástól eléggé függetlenül indultak terjeszkedni. Az afrikaiak kezdték görgetni a labdát 60 ezer évvel ezelőtt, majd az ázsiaiak léptek porondra 50 ezer éve, míg az európaiak 30 ezer éve láttak munkához. Kiemelkedő eredmény volt ez. Az mtDNS-adatok tökéletesen harmonizáltak a régészeti leletekkel, amelyek a felső paleolitikum technológiai haladását mutatták: először Afrika, majd Ázsia, végül Európa, és még a dátumok is megegyeztek! Úgy tűnik, a Nagy Ugrás mély genetikai nyomokat hagyott DNS-ünkben, az egész világon végigvezetve a „gyilkos holmik” fejlődését. Úgyszintén utalt a nyomvonalra is, de az utazás részleteivel meg kellett várnunk, míg Ádám fiai megmutatták nekünk az irányt.

## *A Nagy Lehülés*

Gyermekkoromat Texas úgynevezett Panhandle (serpenyőnyél) részében töltöttem, és egy Lubbock nevű városkában cseperedtem fel. Akkoriban a földrajzi távolságokat, mint az idő egy formáját határoztuk meg, tehát például az út a közeli Brownfieldig nem annyira 50 mérföld, mint inkább 45 perc volt. Ezt a meghatározási módot az alapozta meg, hogy mindenki kocsival közlekedett, és menet közben nagyjából 60 mérföld/órás (kb. 96 km/h) sebességet tartottak. Így egy többé-kevésbé állandó átváltási értéket kaptunk az idő és távolság közt.

Az ember történetében a távolság hasonlóképp fejeződött ki. A korai emberek a megtett utat minden bizonnyal azzal az idővel írták le, amit a gyaloglás felemésztett. Ezeket a mondatokat egy kelet-angliai házban, Sudbury vásárvárosához közel vetem papírra, de ha paleolit őszámunk írta, ez most úgy hangzana, körülbelül 3 napi járóföldre Londontól. Hasonlóképp, a több tízezer évvel ezelőtt élt őseink a territóriumukat az idő fogalmával ragadhatták meg, illetve az erőfeszítés mértékével, amivel keresztül tudták szelni. Luca Cavalli-Sforza és Albert Ammermann antropológus egyszer kiszámították a földművelő társadalmak terjeszkedési sebességét, mikor új területeket vettek birtokba, és a ráta 1 km/év-nek adódott. A vadászó-gyűjtögető népek, lévén sokkal mozgékonyabbak, ennek a rátának a többszörösét is elérhették. Természetesen ez a tényleges expanzió értéke, a teljes távolság, amit egy-egy évben legyalogoltak, ennél lényegesen több volt. De néhány kilométer/év már jó becslés az állandóan vándorló jelenkori vadászó-gyűjtögető közösségek esetében is, akik ma is

nagyjából ugyanolyan módon élhetnek, mint felső paleolitikumi őseink.

Ezt a vándorlási rátát véve alapul, az utazás Észak-Afrikából a Bering-szorosig, az eurázsiai földtömeg másik végéig több ezer évet vehetett igénybe. Elvileg ma ez a távolság egy közvetlen repülőjáratral leküzdhető lenne, felszállva Dzsibutiból, az Arábiai-félszigetről, keresztül az Adeni-öblön, és az oroszországi Providenyjában landolva, egy kőhajtásnyira Alaszkától. De 50 ezer éve, mikor őseink belevágtak nagy utazásukba, egy ekkora távolság megtétele egyetlen lépésben teljesen elképzelhetetlen volt. Eurázsia átszelése érzékelhetetlen egységekben történt meg, teljesen más idődimenzióban, valamiféle generációközi távolságokban mérve. Az ősi óra mutatója akkor ugrott egyet, ha a hordák egyszer csak új területeket felé mozdultak el az állatokat követve, víz vagy növények után kutatva, esetleg szerszámok készítéséhez köveket keresgélve. Némelyik költözésüket más emberi csapatokkal kialakult konfliktusuk válthatta ki. Valószínűleg mindezek kombinációja volt a vándorlás tényleges oka, de számos részletet ma már elképzelni sem tudunk. Bármilyen kényszerítette ki a Chris Stringer paleoantropológus által Afrikai Exodusnak elnevezett folyamatot, az utazás biztosan nem a kontinens puszta átszelését célozta meg, hanem egy fokozatos expanzió volt, amit majdhogynem jelentéktelen helyi döntések sorozata tartott mozgásban. Nem sokban különbözik ez attól, amikor fogkrémet préselünk ki a tubusból, de az emberek esetében mind a csalogató répa, mind az ösztökélő pálca szerepét az éghajlat töltötte be. Az otthoni nehézségek eleve az elvándorlásra készítették, és a klimatikus változások új táplálékforrásokkal kecsgették a távoli tájakon. Az emberi populációk fokozatosan préselődtek át ezen a földrajzi tubuson a fenti kényszerítő erők kombinációjától mozgatva, húzva-taszítva ezer éveken keresztül, mígnem beláthatatlan messzeségbe kerültek őshazájuktól.

Míg a fentiek hozzávetőleges képet adnak arról, mi motiválta a korai embereket Eurázsia átszelésére, addig genetikai adatainkban arra keressük a választ, hogyan is zajlódott le mindez. A genetikusok már megadták a választ a „ki”-re (afrikaiak), a „mikor”-ra (50 ezer éve) és van valami elképzelésünk a „miért”-re (környezeti változások) vonatkozólag is, de még mindig nem tudjuk, hogyan tették meg őseink ezt a nagy lépést Eurázsia felé, és milyen útvonalat követhettek közben. A válaszhoz ismét vissza kell kanyarodnunk a paleoklimatológiához,

és meg kell vizsgálnunk, hogyan nézhetett ki Észak-Afrika ötven évezreddel ezelőtt.

A világ 70 ezer éve lehűlőfélben volt, mivel az utolsó jégkorszak a mélyfagyasztó korszakába lépett. Ez önmagában is katalizálhatta a Nagy Ugrást, mivel a romló életkörülmények mellett a túlélés elengedhetetlen feltétele lett a magasabb fokú intelligencia kialakulása és a fejlett szociális struktúra megjelenése. Kelet-Afrikában a zsugorodó esőerdők helyét a szavannák és sztyeppék vették át a patás állatok elképesztő gazdagságával. A füves pusztaságokon vált az ember nyomkereső vadásszá, amihez összetett eszközkészletet és új szociális képességeket fejlesztett ki. Az élet maga nagyon mozgalmas lett, állandó késztetéssel az ölésre és a gyűjtögetésre, amik nélkül nem maradhattunk volna fenn. Az mtDNS kevert eloszlásának harang alakú görbéje szerint elég jól megbirkóztunk a feladattal, hiszen gyorsan növekvő populációk képződtek egy kellemetlen, lehűlő világban.

Kétségkívül a szárazföld belsejében élni egyenlő lehetett a fokozódó versengéssel és a növekvő nehézségekkel, amikor vizet vagy könnyű zsákmányt kellett keresni, ezért aztán a populációk zöme a tengerparton kötött ki. Ők lehettek az ausztrálok ősei, aki majdnem bizonyosan elsőként vándoroltak el Afrikából, és amint a körülmények lehetővé tették, a déli partvonalat követve behatoltak az eurázsiai kontinensre. Az első lépés legkönnyebben Dzsibuti és a jelenlegi Jemen közt játszódhatott le (egy rövid séta a Hasadékvölgyből), és onnan már Dél-Ázsia végtelen fővénye nyílt meg előttük. A parti népek életformája meglehetősen helyhez kötött volt, mivel táplálékgyűjtésük a tengerhez láncolta őket. Napjaikat bizonyosan az árapályzóna mozgása határozta meg, ahonnan zsákszámra szedhették a puhatestűeket és rákokat. Bár valószínűleg vadásztak is emellett, de ellátmányuk mindig garantált volt, ha visszatértek a partra. Ahogy a korábbi fejezetben láttuk, a genetikai és régészeti adatok megerősítik azt, hogy a korai fázisban ritkán kóboroltak el a szárazföld belsejébe. Az a vidék megmaradt a mozgékonyabb vadászoknak, akiknek lényegesen nagyobb távolságot kellett bejárniuk a túléléshez szükséges táplálék (állat, növény, víz) megszerzéséért. Ők voltak azok, akik a tengerparton túl elterülő ismeretlen szárazföld, Eurázsia vad belső vidékei felé fordultak.

A biológia egyik legnagyobb talánya az a tény, hogy a mérsékelt öv tartja el a világ legnagyobb tömegű állatait. Az ökológiából ismert megfigyelés, a közismert Bergmann-szabály szerint a testméret a földrajzi szélességekkel együtt növekszik. Bár ez nem minden fajra

igaz, de jó általánosításként elfogadható. A gyapjas mamutok, az elmúlt pár százezer év legtestesebb szárazföldi emlősei Eurázsia és Észak-Amerika tundra régiójában éltek. A tengerek hidegebb áramlatai jóval több élőlényt tartanak el, mint a melegek. A korallzátonyok hihetetlen fajgazdagságúak, de a teljes szerves anyag mennyisége mégis jelentősen magasabb a sarkvidéki övezetben. Például a sarki tengerekben találhatjuk a planktonok legnagyobb koncentrációját. Ezek a parányi lények éltetik a Föld legnagyobb állatait a szűrővel táplálkozó szilás ceteket. A tengerek óriásai ma már annyira függő helyzetben vannak ettől a szokatlan táplálékforrástól, hogy eredeti szárazföldi életük maradványai, több tízmillió év távlatából már alig felismerhetők.

Hasonlóképp, a trópusi esőerdők irdatlan számú fajt fogadnak magukba, de az egyes fajok mérete kicsi és egyedszáma elég alacsony. Továbbá, mivel az összes tápanyag az élőlényekben kötődik, vajmi kevés ásványi és szerves anyag marad a talajban. A valóságban egy trópusi erdő bozótjai nem tapadnak annyira földhöz, ahogy a hollywoodi klisék machete-hősei akarják velünk elhitetni. Az erdőirtás tragédiája az, hogy nagyon könnyű véghez vinni, és néhány év leforgás alatt egy virágzó ökoszisztémából élettelen sivatagot lehet „varázsolni”. A trópusi környezet borotvaélen táncol a termékenység és a halál közt, így kifejezetten érzékeny még a leghétköznapibb zavarásokkal szemben is.

Másfelől, a bolygó mérsékelt övi területeinek lakói lényegesen nagyobb ellenálló képességgel lettek felvértezve. Ugyan a fajdiverzitás csak töredéke az esőerdőjének, de az ott megtelepedett élőlények ügyesebben megküzdének a drámai eseményekkel. Ez annak köszönhető, hogy az élet eleve viszontagságos a mérsékelt övben. A trópusi klíma stabilitása a fajok evolúcióját tízmillió éveken át lényegében változatlan feltételek közt tartotta (a variációk egy földrajzi tartományon belül maradnak). Ezzel párhuzamosan, az eurázsiai földtömeg óriási vidékeit periódikusan hol jégpáncél borította be, hol sivataggá váltak. A hosszú távú ciklusosság visszatükröződik a jelenkor változatos időjárásában is, amely a mérsékelt öv évszakait produkálja: a mongol nyár aszályos hősége néhány hónap leforgása alatt jeges viharokba fordul át. A roppant nagy környezeti változatosságnak köszönhetően a mérsékelt öv állatai kénytelenek két alapvető, a létfenntartáshoz elengedhetetlen adaptációra támaszkodni; a befektetésre és a migrációra.



Ha ön vagy én betévedünk egy bevásárlóközpontba, egyik szemünket állandóan a pénztárcánkon kell tartanunk, valamint szüntelenül öreg éveinkre kell gondolnunk annak érdekében, hogy ne költsük el minden fillérünket azon nyomban. Ugyanígy, azok az állatok, amelyek számítanak a nehézségekre, elraktároznak valamennyit a bőség időszakából. Döntésük nyilvánvalóan nem tudatos, hanem ösztönös viselkedésük részeként fejlődött ki, a meteorológiai libikókához történt alkalmazkodás eredményeképp. A tundra például, minden tavasszal és nyáron a szaporodás és növekedés mozgalmas színpadává válik. A növények robbanásszerűen törnek elő a fagyott talajból közel tíz hónapnyi szunnyadás után. A szúnyogok áramló, vérszívó felhőkbe tömörülnek, és a sarkvidék emlősei, mint a rénszarvas vagy a rozmár szintén kicsinyeknek adnak életet. Ezen virágzó időszak alatt, amikor a hőmérséklet közel 100 fokkal magasabb a télhez képest, bárki elnézné nekünk azt az tévhitet, miszerint a messzi észak a világ legtermékenyebb vidéke. Ilyenkor a táj az élet nyüzsgő kavalkádja és a felkészülés utolsó, elszánt rohama, mert hamarosan jön tél, amikor minden elpusztul újra. Mindazonáltal, van valami módszeresség abban az örületben, ahogy a teremtmények megélik a messzi északon. Nyáron minden egyes faj felkészül a parti végére, ami menetrend szerint szeptemberben bekövetkezik, hiszen a hőmérséklet megint fagypontra alá csökken. Egyetlen trópusi állat sem épít fel zsírtartalékokat testében az ínség idejére, de a mérsékelt öviek a legnagyobb természetességgel teszik ezt meg. A sarki nyár alatt a rénszarvas testtömegének egyharmadával gyarapszik, ami elégséges energiakészlet a hosszú, sötét télre. Ezzel a tartalékkal már túl tudják élni az ínséges periódust, ami pedig az év majd háromnegyedét teszi ki. Nem utolsósorban vonzó zsákmányai lesznek a ragadozóknak is.

Az ember, amint hozzászokott a kelet-afrikai síkságok életéhez, egyre jobban adaptálódott az ott legelő nagyvadak vadászatához. Köztük találjuk az antilopfélék számos fajtát, egy olyan állatcsoportot, amelyet manapság előszeretettel neveznek „kőkori pizza elvitelre” néven. Jelentős változás játszódhatott le az emberi viselkedésben a felső paleolitikum ideje környékén, mivel az egyes populációk specializálódtak egy-egy zsákmányra, és ehhez igazították vadászati stratégiájukat és eszközüket. A gazella elejtéséhez szükséges technika lényegesen különbözik attól, amit a mamut vagy az orrszavú leterítéséhez kell használni. A specializáció hatékony lehetett az állati tápanyagforrások kiaknázásában, de emellett nagy mozgékonyt is feltételezett, mivel a csordák kiaknázása után mindig tovább kellett

vándorolni, új lelőhelyek felé. Úgy tűnik, a szezonális vadászat is ebben időben tűnhetett fel először. A korai ember csapatai követték a legelő állatokat, főképp az antilopokat, a Földközi- és Vörös-tengert övező hegyek nyári legelőitől, télen le egészen a tengerpartig. Az állatok efféle lépcsőzetesen változó apálya-dagálya sodorhatta el az első modern embereket eszköztárukkal együtt a Közel-Keletre, úgy 45 ezer évvel ezelőtt. A modern ember már 110 ezer éve megjelent Levanténál (a Földközi-tenger keleti régiója), de populációi akkor nem növekedtek és csupán néhány telepre korlátozódtak. Az utolsó jégkorszak korai fázisa alatt a Kelet-Mediterráneum lényegében nem volt más, mint Észak-Afrika nyúlványa, ugyanazon éghajlati feltételekkel és állatvilággal. Izraelben, a Qafzeh és Skuhl barlangi lelőhelyeken az etióp állatvilágra jellemző fajok együttesét találták meg abból a korból, mikor a modern ember elfoglalta őket. Majd a 80 ezer és 50 ezer évvel ezelőtti időszakban az ember hirtelen eltűnt a környékről. Néhány esetben helyüket a vaskosabb koponyájú, robusztusabb csontozatú neandervölgyiek vették át. Ez ad valami támpontot ahhoz, mi is történhetett ekkortájt a levantei térségben.

Az éghajlat sokkal hűvösebbé vált 80 ezer évvel ezelőtt, a hőmérséklet nagyot zuhant a Földközi-tenger keleti térségében. Valószínű, hogy a globális hőmérséklet-csökkenés mértéke elérte a 10 fokot, aminek maradandó hatása lett a növények és állatok elterjedésére. A korai emberiség, amely Afrikát Egyiptomon és Levantén keresztül hagyta el, a nedves-meleg éghajlaton ezer évek alatt megszokott állatokra itt már többé nem számíthatott, a vadászatra nem támaszkodhatott. Talán kihaltak vagy visszavándoroltak Afrikába, de úgy tűnik, biztos nem merészkedtek el Eurázsia belsejébe. Legjobban úgy fogalmazhatnánk, ezek a korai modern emberek tapogatókarok voltak az Afrikán túli világ földjén, de egyszerűen nem voltak képesek továbblépni.

Majd 45 ezer éve a modern ember újra felbukkant Levante térségében, de akkora már lényegi különbségek alakult ki lehetőségeit illetően. A negyvenezer évvel korábban érkezettek eszközkészlete nagy vonalakban megegyezett neandervölgyi kortársaikéval, az utolsó behatolókéval, akik „gyilkos holmikat” vittek magukkal. A modern emberek voltak a Nagy Ugrás örökösei, fejlett technológiával és összetett kultúrával a tarsolyukban. Felső kőkori eszközeik és vadászati stratégiájuk, mint a szezonális migráció és a zsákmányspecializáció hozadékai olyan előnyöket adtak a kezükbe, amivel a korábbi modern emberek nem rendelkeztek. Amint színre

léptek, az ösvények már nyitottak voltak a kontinens távolabbi vidékei felé. A nyomvonal, amit követtek Eurázsia átszelése közben, a genetikai mintázatokban is tükröződik, tehát az utazás további állomásaihoz tegyük most félre a köveket és csontokat, és forduljunk ismét a DNS feltárása felé.

## 6. A fővonal

S itt, ahogy látod, a futás minden, amit tenni tudsz ahhoz, hogy egy helyben maradj. Ha valahová el akarsz jutni, kétszer olyan gyorsan kell szaladnod.

Lewis Carrol, *Alice Tükkörországban*

Amint azt az előző fejezet kezdetén említettem, az én személyes Y-kromoszóma-vonalam markere beleolvad az M168 jelű DNS-polimorfizmusba, amely minden ma élő nem afrikai őse volt. M168 kapcsol engem össze az ausztrál parti vándorokkal, visszavezetve minket az 50 ezer évvel ezelőtti Afrikáig. Az összes mai nem afrikait ez helyezi el a fekete kontinensen, közvetlenül a Nagy Ugrást bizonyító régészeti leletek dátuma utáni időben. Ebből azt gyanítjuk, hogy közvetlen ok-okozati összefüggés állt fenn az ősi kulturális forradalom és a modern ember afrikai kivándorlása közt. Azok, akik Afrikában maradtak csakúgy, mint akik továbbálltak, már modernek voltak minden szempontból, technológiájukat, kultúrájukat és művészetüket tekintve egyaránt. A mitokondriális DNS eredményei, egybevéve az archeológiai leletekkel azt mutatják, hogy az emberi populációk masszív expanziója játszódott le abban az időben. Az Y- és az mtDNS-adatok két útvonalra utalnak. Egyik az, amelyet a tengerparton követhettünk végig Ausztráliáig 50-60 ezer évvel ezelőtt. De mi a helyzet a másikkal, merre vezethetett a ma élő emberek többségének útja?

Mielőtt még belevágnék saját származási vonalam további markereinek sorba rendezésébe, és elárulnám ennek jelentőségét a történetünkben, meg kell magyaráznom, miért is fontos maga a sorrend. Két téma van, amit itt figyelembe kell vennünk, és mindkettő az idővel kapcsolatos. Az első a relatív kormeghatározás. Hogy ezt megértsük, érdemes újból meglátogatni hipotetikus konyhánkat. Ahogy az anyai és apai levesreceptek, úgy az örökölt genetikai receptek is hozzávalók, vagyis markerek kombinációiból készülnek, és ez különbözteti meg őket bárki más levesétől. Annak érdekében, hogy lássuk, milyen sorrendben változtak meg az összetevők, be kell

gyűjtenünk egy csomó különféle receptet, mielőtt még elkezdenénk a folyamatot elemezni. Szóval csináljunk egy kis genetikai sütés-főzést!

Képzeljünk el egy nemzetközi „mindent bele” vacsorát, ahol minden meghívott vendég magával hozza saját országának jellemző levesét. A konyhánk asztala hamarosan megtelik soktucatnyi levesestállal. Mindegyik recept kicsit különbözik a többitől, mégis mind ugyanabból a forrásból származik. Miből gondoljuk ezt? Mert az összes leveshez alapként az impalát használták, egy antilopfajt, ami eredendően csak Afrikában fordul elő. Nagyon nehéz a világ más tájain impalát találni, de az összes levesnek mégis ez az alapja.

Ahogy megkóstoljuk őket, mindjárt észreveszünk egy másik jellegzetességet. Némelyik leves fekete borsot, míg mások sót tartalmaznak. Ez a két főtípus, és ha az egyik fűszer már benne van, a másikat kihagyják. A sós receptek közt is számos változatot találunk: egyik hallal készül, a másik kölessel, a harmadik számunkra ismeretlen fűszerekkel, de egységesen sós ízűek. Hasonlóképp a fekete borsos levesek is a hozzávalók széles választékának hozzáadásával készülhetnek: kakukkfűvel, bogyókkal, disznóhússal, magvakkal, de mindben benne van már a fekete bors.

Ebben a receptjátékban Ockham borotvája lehet segítségünkre az összetevők történeti sorrendjének felállításában. Tétélezzük fel, hogy az egyes hozzávalók receptbe kerülése egy szabályszerű ráta alapján történik, és amit már egyszer a meglévőkhöz adtunk, az nem vész el, nem cserélődik le. Ilyen feltétellel a legközségesebb összetevők kerülnek be a levesbe a leghamarabb. Azért tehetjük ezt a megállapítást, mert így tudjuk minimalizálni a lehetséges változások számát, ami szükséges a receptek megmagyarázásához. Vegyünk mintát öt levesből, ami az asztalon áll, és a következő összetevőket fogjuk találni:

- impala, fekete bors, mustár, sajt, oregano
- impala, só, szeder, földimogyoró, chili paprika
- impala, fekete bors, mustár, kékkagyló, bazsalikom
- impala, fekete bors, rák, borókabogyó
- impala, só, kakukkfű, petrezselyem, disznó

Mit mondhatunk az összetevők hozzáadási sorrendjéről? Mindegyik levesben van impala, ez az első dolog, ami szemünkbe tűnik. A legvalószínűbb magyarázat szerint már az eredeti levesnek is kellett impalát tartalmazni, mert az fölöttébb hihetetlen, hogy a szakácsok

egymástól függetlenül, a múlt különböző pillanatiban beleálmodták volna a receptbe. Ne feledjük, ezt a hozzávalót a világ más pontjain kifejezetten nehéz megtalálni. A másik sablon a fekete bors és a só mentén elváló két főcsoport. Ugyanazért, amiért az impalát választottuk az összetevők listájának első helyére (vagyis lehetséges változások számának minimalizálása végett), a só vagy a bors lesz rajta a második. Ekkor azt látjuk, hogy a mustár két receptben is szerepel, tehát a fekete bors után ez a fűszer lesz a következő hozzávaló. Kész, levezettük a receptekben szereplő húsok és fűszerek felbukkanásának sorrendjét: impala, majd só vagy fekete bors, azután a feketebors-vonalon a mustár. Rendet tettünk a káoszban.

Leveseink vonatkozásában úgy tűnhet, mintha mellőznénk annak lehetőségét, hogy az egyes hozzávalók egymástól függetlenül is belekerülhetnek a receptbe. Példának okáért a mustár mi a csudáért nem szerepelhet a sóval együtt? Amíg ez könnyen lehetséges a közönséges összetevőkkel, vegyük számításba, hogy ritka, mondjuk kis háztáji kertekben termesztett növényekről van szó, amiket csak az apró helyi boltocskákban lehet beszerezni. Ebben az esetben elméletileg lehetetlen ugyanazt a típusú mustárt használnia egy mexikói és egy namíbiai szakácsnak, kifinomult ízlelésünk azonnal jelezné a különbséget. Ugyanazt az összetevőt majdnem lehetetlen függetlenül felhasználni két recepthez.

Ez a kirakódsi pontosan az, amit a genetikai leszármazásunkat meghatározó markerekkel teszünk. Ha M168 az összes nem afrikaiban közös markert jelöli, akkor virtuális levesünkben ezt tekinthetjük az impalahúsnak. A levesreceptek ezután kettéágaztak a fekete bors és a só irányába, ami pedig egyenértékű az M130-as ausztráliai és a másik, M89-es marker elválásával. Az összetevők hozzáadási sorrendje miatt valószínűleg az M130 és az M89 hozzávetőlegesen azonos korú lehet. Mivel már tudjuk, hogy eljutottunk Ausztráliába 50-60 ezer évvel ezelőtt, és az M130-at nem találták meg Afrikában, ezt az időtávlatot elfogadhatjuk a fenti két marker korának. Ez a felső limitjük, vagy ekkor vagy ennél később keletkeztek. A régészet egy független módszert adott a kezünkbe, amivel megbecsülhetjük, milyen idősök a markerek. De mi van akkor, ha tisztán a genetikai adatok figyelembevételével akarnánk kormeghatározást végezni? Vajon meg tudnánk-e tenni?

A válasz igen, és ez közelebb hoz minket egy másik módszerhez, a relatív kormeghatározás vetélytársához, amit a levesösszetevők sorrendjének megállapításához használtunk. Főképp azok a bizonyos

zavarba ejtő nevű izotópos datálási módszerek esetében, amikkel a 4. fejezetben találkoztunk, a hiba lehetősége igen magas. Ugyanez áll az abszolút genetikai kormeghatározásra is, mivel a dátumok kiszámításában itt is túl sok becslést kell alkalmaznunk. Mindazonáltal elég pontosan, és a régészeti felvételektől függetlenül meg lehet becsülni a marker, és rajtuk keresztül a népek korát. Hogy világossá tegyük, miképp működik ez, ugyanazon levesreceptekkel próbáljuk meg kideríteni az egyes hozzávalók abszolút korát. Más szavakkal azt az időpontot keressük meg, amikor azok először kerültek fel a receptre.

Ahogy már fentebb említettük, az abszolút kormeghatározás első szabálya, hogy a hozzávalók egy szabályos ráta szerint adódnak a már meglévőkhöz. A második azt mondja ki, ha egy összetevő már bekerült, akkor a recept állandó elemévé válik, nincs lehetőség később kivenni, ha netalán mégsem tetszik nekünk. A két szabályból egyértelműen következik, hogy idővel a receptek egyre bonyolultabbá válnak. Minél tovább halmozódnak bennük a hozzávalók, annál nagyobb kulináris változatosságot fogunk látni. Mivel a múltban az összetevőket bizonyos emberek tették hozzá a recepthez, a receptek végül is őseink gasztronómiai aláírásának tekinthetők. Nem csupán a hozzávalókat, de az ötletadó gazdát is megjelölik. Tehát, ha sikerül datálnunk a hozzávalót, akkor megtudjuk az elsőként felhasználó szakács korát is.

Tételezzük fel, hogy minden tizedik nemzedékben kerül a recepthez egy új adalék. A legtöbb ember úgy szeret főzni, ahogy felmenőitől elleste, de valami izgága személy minden 10. generációban felbukkan, és kismértékben változtat a recepten, mert „fejleszteni” szeretné. Ez alapján meg tudjuk becsülni, hány nemzedékkel korábban készítették el az első impalalevest. Az impalahús mellett négy másik összetevő található minden egyes levesben, tehát körülbelül 40 generáció ( $4 \times 10$ ) óta akumulálódnak a változások. Ha feltesszük, hogy egy generáció hossza kb. 25 év (a szülők átlagéletkora, mikor első gyermekük megszületik), akkor a receptek teljes felhalmozási periódusára 1000 évet fogunk kapni. Vagyis az illető, aki az első impalalevest készítette, úgy ezer évvel ezelőtt élt. Megfigyelve, hogy a hozzávalók hol fordulnak elő, még azt is ki tudjuk következtetni, hol élehetett ez a bizonyos személy. Ha az újonnan beleadott hozzávalókat helyben gyűjtötték, akkor vajon merre lehetett az otthona annak, aki az impalát választotta? Mivel az impala egy afrikai antilopfaj, a legvalószínűbb helyszínnek Afrika adódik.

Tehát levesünket látva és néhány feltételezést elfogadva változásának mikéntjéről, két dolgot tudtunk megtenni. Megállapítottuk a hozzávalók receptre kerülésének sorrendjét, és megismertük az időt, a helyet, ahol a további összetevők hozzáadódtak. Más szavakkal az ízlelésen és a matematikán keresztül megtudtuk a kit, a holt, és a mikort hosszú levestörténelmünkben. Valóban meglepő, mi mindent ki lehet következtetni néhány ízből.

Ahogy a leves megkóstolása futó képet tud adni a kulináris múlttól, ugyanúgy a genetikai kóstoló, amit mintavételnek hívunk, az emberiség múltjáról mesél nekünk. Ha kikövetkeztetjük a relatív és az abszolút dátumokat, valamint megkeressük az eredet legvalószínűbb helyszínét, akkor végig tudjuk vezetni az egykori genetikai vándorlást a Föld körül. Az első megálló az apadó Földközi-tenger szegélye, épp mielőtt a bolygó kiszáradt és néhány ember csapdába esett a Közel-Keleten, úgy 45 ezer éve.

## *A kontinentális jelzőkarók*

A Közel-Kelet mindig is Északkelet-Afrika nyúlványának számított, mind a legelő állatok, mind az őket vadászó ember szempontjából. Így állt a helyzet már millió évekkel korábban is, amikor a *Homo erectus* Levantén keresztül elvándorolt a Kaukázusba, nem sokkal azután, hogy egyáltalán felbukkant az evolúció színpadán. A hominida őshaza, a Hasadékvölgy és a barátságos mediterrán klíma vidékei közt azonban ott húzódott a Szahara keleti szegélye. Ez a tény ad némi támpontot az időt és az útvonalat illetően, amivel már tisztelni tudjuk genetikai becsléseinket.

A nagy kiterjedésű földrajzi egységek, mint a tengerek, a sivatagok és a hegységek mindig akadályt jelentenek az élő szervezetek szétterjedésének. Ausztrália egyedülálló flórája és faunája annak köszönheti létét, hogy az otthont adó földrészt irtatlan víztömeg választja el a szomszéd kontinenstől és a világ többi részétől. Hasonlóan, a hegységek, ezek az elszigetelt arktikus birodalmak szintén akadályt jelentenek, és elriasztanak az átkeléstől. Más értelemben viszont a földrajzi akadályok jelzőkaróként is felfoghatók, hasonlóan azokhoz, melyek az autópályák mentén fényvisszaverő prizmával jelzik az utat.

Amíg a tengerek és hegységek, legalábbis is az emberi vándorlás idődimenziójában áthághatatlan gátjai a helyváltoztatásnak, addig a



sivatagok által emelt akadályok sokkal könnyedebbek. Az afrikai erdők és szavannák kapcsán már korábban beszéltünk róla, hogy a sivatagok komolyabb nehézségek nélkül átalakulhatnak más ökoszisztémákká. Ha a csapadékmennyiség drasztikusan lecsökken, a sivatagosodás szinte egyik napról a másikra bekövetkezik. Ez fordítva is igaz, a megnövekvő esőzések ugyanilyen gyorsan termékeny tájjá változtathatják a sívó homokot. Emiatt a sivatagok afféle áradó-apadó ökoszisztémáknak tekinthetők: terjeszkedésnek indulnak, ha az éghajlat szárazabbá válik, és összezsugorodnak, mikor megemelkedik a nedvességtartalom. Mint a hullámok, úgy buknak át a szomszédos területek peremén. Az időjárásról szóló régi angol közmondást idézve, ha nem szereted a sivatagot, egyszerűen várj pár száz évet, majd meg fog változni.

A Föld legnagyobb sivataga a Szahara. A vándorló homokdűnék, tevék, oázisok, datolyapálmák és a szélsőséges hőség földje, neve szinte egyenértékű a sivataggal. Az emberi történelem feljegyzett korszakában mindig rendkívül nehéz akadályként tartották számon, így nem csoda, hogy a geográfusok a kontinenst két zónára osztották; Szaharára és Szubszaharára. A szaharai régió mindig is közelebb feküdt a mediterrán világhoz, így az emberi települések a tengerpart egy keskeny sávjában sorakoztak fel. A szubszaharai zóna, jócskán túl a Nílus 6. vízésésén, egy távoli és misztikus táj volt, 2000 km széles homoksávval és kibírhatatlan hősséggel elszigetelve. Jelentős akadály, semmi kétség.

Azonban a Szahara nem volt mindig ilyen forró. Az ember fejlődésének korai szakaszában viszonylag nedves vidéknek számított, amit az emberi jelenlét is bizonyít. Nyolcvan-százezer éves középső paleolitikumi lelőhelyeket tártak fel mindenfelé, és csupán a 80 ezer évvel ezelőtt kezdődő utolsó jégkorszak felgyorsuló üteme szorította ki az embert a Szaharából. Megfigyelhető ugyan egy rövid ideig tartó hőmérsékleti ugrás körülbelül 50 ezer évvel ezelőtt (ekkor megemelkedett a csapadék is), amikor az északi félteke néhány ezer évig megint melegedni kezdett. De 70 ezer évvel ezelőttől kezdődően az általános trend ismét a fokozatos lehülés lett. Afrika esetében ez szárazabb körülményeket és a Szahara terjeszkedését jelentette. Ez nyomon követhető a Földközi-tengerben akkortájt megjelenő homoki üledékeken, illetve a sivatagból ugyanezen időszak alatt eltűntek a szavannát jellemző fajok.

Az első felső paleolitikumi emberek akkor érték el a Közel-Keletet, amikor beköszöntött a fent említett rövidebb meleg és nedves korszak

mintegy 50 ezer évvel ezelőtt. A Szahara keleti pereme ekkor kissé visszahúzódott, és egy átjáró nyílt a Vörös-tenger mentén. A hordák valószínűleg a Nílust követve vándoroltak északnak, majd a Sínai-félszigetet átszelve fordultak el kelet felé. Alternatív útvonal lehetett a Báb-el-Mandeb szoros, ahol a korai emberek egy kőhajításnyi (kb. 20 km) vízi út leküzdése után már Arábiában jártak. A felső paleolitikum népei arrafelé viszonylag nedves klímával találkozhattak, és a nyugat-arábiai hegylánc tengerparti zónáját követve gond nélkül élvezhették a szavannára jellemző vadászati körülményeket. A hegylánc egyben meg is védte a nedves éghajlatot a Vörös-tenger felől fújó uralkodó szelekkel szemben. Még ma is létezik arrafelé egy keskeny sztyeppe övezet, amelyik Szaúd-Arábia Medina városáig nyúlik fel, egyedülálló természeti jelenségként az egész Arábiai-félszigetet jellemző szigorú közegben. A múltban ez a vékonyka sztyeppe összeköttetésben állhatott egy hasonló ökoszisztémával, ami a mai Jordánia Akabai-öblétől húzódott le dél felé, és nyitott kaput Eurázsia belseje felé.

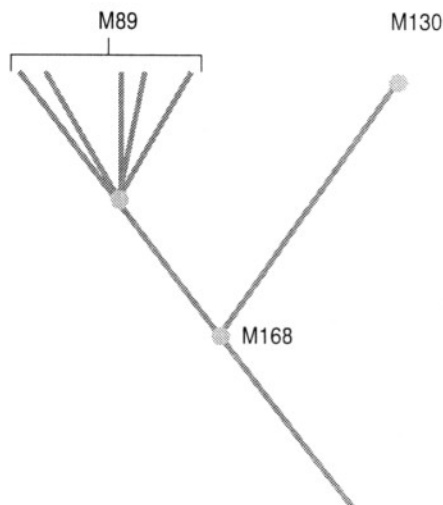
William Calvin neurobiológus, aki igen sokat foglalkozott az emberi evolúció és az éghajlat viszonyával, a Szaharát egyféle „emberpumpa”-hoz hasonlította. Mikor nedvesebb a klíma és a sivatag termékenyebbé válik, nagyszámú embert képes eltartani, főképp az oázisok és a folyók mentén koncentrálva, vagy olyan zónákban, amelybe elegendő csapadékot szállítanak az uralkodó szelek. A szárazság előretörésével a Szahara visszaváltozik lakhatatlan sivataggá, és kivándorlásra kényszeríti az ott lakókat. Calvin úgy véli, hogy 50 ezer éve egy éghajlati fordulópont adhatta meg a kezdőlöketet a felső paleolitikumi embernek Afrikából a Közel-Keletre vándorlásához.

Miután a legkorábbi felső kőkorszaki emberek elérték Levante környékét, bizonyosan csapdába estek új otthonukban, mivel az éghajlat jóval barátságosabbá vált úgy 45 ezer évvel ezelőtt. A Szahara legszárazabb fázisába jutott a 40-20 ezer évvel ezelőtti periódusban, és valószínűleg az addig benépesíthető tájakat ez idő alatt újra elnyelte a homok. A modern ember az új kontinens fogságába került.

A genetikai mintázatból ugyanez derül ki, és egyben újabb támpontot ad utazásunk nyomon követéséhez. Az M89-es marker az eurázsiai fővonalon bukkan fel, közvetlenül az M168 után, és az abszolút kormeghatározás alapján 40 ezer évesnek bizonyult. A számításokba óhatatlanul bekerülő feltételezések hibái, és elsősorban azon módszerek miatt, amikkel meghatározzuk az egyes mutációk

megjelenésének rátáját, ez a kor valójában valahol 30 ezer és 50 ezer év közöttinek adódik. Az adott klimatológiai adatokat is figyelembe véve, inkább az időtartomány korai szakaszában valószínűsíthető, talán 45-50 ezer évvel ezelőtt. Ezzel a dátummal ugyanis egyesíteni tudjuk az Északkelet-Afrikában, vagyis Etiópiában és Szudánban, valamint a Levante térségében élt populációkat. Azért is lehetünk bizonyosak a szaharai átjáró M89-es markert hordozó populációk utáni bezárulásában, mert Északkelet-Afrikában igen alacsony gyakoriságúak az M89-nél később megjelent eurázsiai markerek. Ha Afrika és Levante az emberi települések összefüggő egysége lett volna végig az egész felső paleolitikum alatt, akkor a két régió közt viszonylag homogén marker eloszlást kellene látnunk. Valójában úgy tűnik, hogy az M89 populációk (vagyis a közel-keleti marker) kivándorlása jelentette a utolsó érdemi cserét a szubszaharai Afrika és Eurázsia közt. A világ ezután kettévált Afrikára és Euráziára, és ez így is maradt több tízezer éven keresztül, amíg újabb kicserélődés nem történt.

Az M89 északkelet-afrikai és levantei jelenléte, valamint Levante felső paleolitikus lelőhelyeinek kora segítenek megválaszolni a kérdést, vajon Eurázsia betelepítése egy egyszeri afrikai emigráció és part menti vándorlás eredménye lehetett-e. Az M130-as kromoszómát nem találták meg Afrikában, ami jelezi, hogy az M168-ból, valahol Ausztrália felé útközben keletkezhetett. Megfordítva, M89-es Y-kromoszómák nincsenek sem Ausztráliában (a bennszülöttek körében!), sem Délkelet-Ázsiában, de elég magas gyakorisággal fordulnak elő Északkelet-Afrikában. Arra következtethetünk, hogy az M89 kicsivel később alakult ki, mint az M130, egy olyan populációban, amely hátramaradt Afrikában azután, hogy egy csapat a tengerpartot követve elindult Ausztrália felé (6. ábra). Ezek az M130 nélküli emberek kolonizálták elsőként a Közel-Keletet. Az ember jelenlétét bizonyító archeológiai leleteket már találtak Levantében, mintegy 45 ezer évvel ezelőttről, összhangban azzal a felvetéssel, miszerint a modern emberek valahonnan más területekről érkeztek. Északkelet-Afrika az egyetlen közeli vidék, ahol hasonló korú lelőhelyeket tártak fel, és nem utolsósorban ugyanazok a genetikai markerek fordulnak elő, mint Levantében. Így a genetikai és régészeti adatok egybeesően bizonyítják, hogy a második kivándorlási hullám a Közel-Kelet irányába zajlott le.



6. ábra M89, amely meghatározza a nem afrikaiak fő Y-kromoszóma-vonalát

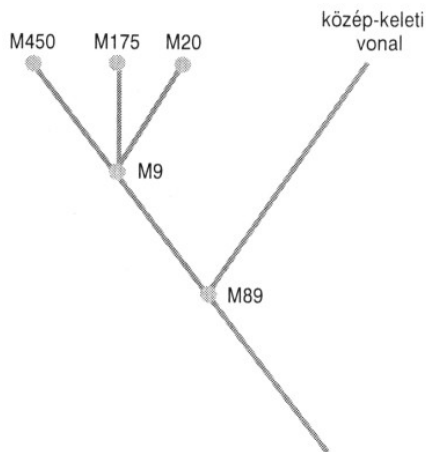
Mikor felső paleolitikumi vándoraink megérkeztek Levantébe, az út nyitott volt Eurázsia szívébe. Létezett egy összefüggő sztyeppe öv (3. térkép), fajgazdagság tekintetében hasonlatos az afrikai szavannákhoz, amely az Akabai-öböltől elnyúlt egészen Észak-Iránig, illetve még azon is túl, Közép-Ázsiáig, Mongóliáig. A saharai akadályon túljutva, a minden tekintetben modern őseink további szétterjedését már csak saját csavargási kedvük határozta meg. Rendelkeztek mindazokkal az intellektuális képességekkel, melyekkel birtokukba vehették az új földrészt. A folyamat lassú migrációval kezdődött el, végig a Sztyeppe Országúton, a déli Partvidék Autópálya szárazföldi megfelelője mentén.

Ebben az időben a vadászszákmányok elképesztő bőségével lehetett számolni. A nagy testű növényevő emlősfajok, elsősorban antilopok és marhafélék, a mai szarvasmarha ősei, a korai ember könnyű szákmányai lehettek, akik létszámuk növekedésnek indulásával így életterüket is fokozatosan bővíteni tudták. Észak és kelet felé mozogva, néhányan már viszonylag korán eljuthattak a Balkánra, ők voltak az elsők Európában. Számuk azonban nem lehetett túl magas, mivel még mindig jobban megérte a sztyeppe zónában maradni, ahol a létfeltételekhez már tökéletesen alkalmazkodtak. A Balkán hegyei a mérsékelt övi erdőkkel nagyon idegen közeget jelentettek a felső paleolitikum emberének, és ezt a genetikai adatok is alátámasztják. Az Y-kromoszóma tanúsága szerint nagyon kevés ma élő európai tudja

genetikai eredetét közvetlenül a 45 ezer évvel ezelőtti Levantéig visszavezetni. Kanonikus levantei, felső paleolit származási vonalunk, az M89 csupán néhány százalékos arányban fordul elő a nyugat-európai populációkban. Ők lehetnek azok a kis létszámú közel-keleti bevándorlók, akik elsőként hoztak be felső paleolit szignálokat Európába. Kultúrájukat chattelperroninak nevezzük, de hosszabb, maradandó nyomot nem hagytak maguk után. Európa valódi gyarmatosítását a trónfosztó mousteri kultúra hordozói vitték véghez, de nekik még várniuk kellett a következő bevándorlási hullámmal. Az ő népük genetikai leve-se egy kicsivel több hozzávalót tartalmazott.

## *Fel keletre!*

A felső paleolitikumi emberek fő tömege kelet felé kezdte meg terjeszkedését. Mint a többi korai humán migráció esetében, ez sem lehetett tudatos helyváltoztatás. Inkább úgy tűnik, hogy az Eurázsian átívelő folyamatos sztyeppe sáv könnyű terepet jelentett a szétra-jzáshoz, miközben az emberek a vadak nyomait követték. Ebben az időben egy újabb marker tűnt fel az M89-es vonalon, ezt M9 névre keresztelték. Az ősapa egy talán 40 ezer éve élt férfi volt valahol Irán vagy Közép-Ázsia déli pusztáin, míg leszármazottai a világ pereméig terjeszkedtek a rá következő harmincezer évben. Az M9-et hordozó populációkat együttesen eurázsiai klánnak hívjuk (7. ábra).



7. ábra Eurázsia fontosabb földrajzi régióit jellemző M89 leszármazási vonalai

Ahogy a sztyeppei vadászok lassan kelet felé vándoroltak, magukkal hurcolva eurázsiai vonalukat a szárazföld belseje felé, egyszer csak beleütköztek addig megtett útjuk legnagyobb földrajzi akadályába. Hatalmas hegységek voltak ezek, a közép-ázsiai magasságok oszlopai, a nyugatról keletre futó Hindukus, az északnyugat-délkeleti csapású Himalája, és a délnyugat-északkeleti lefutású Tiensan. A három hegységglánc egy helyen, mint egy kerék küllői fut össze az úgynevezett Pamír „csomópontban” a mai Tádzsikisztán területén.

Az első embereket, akik megpillantották, minden bizonnyal földhöz szögezte a látvány. Habár már korábban megismerhették a Zagrosz-hegységet Nyugat-Iránban, de az lényegesen átjárhatóbb volt számukra, mivel fő tömegét az átkelést megkönnyítő völgyek és alacsony hágók tucatjai szelik át. Maga a Zagrosz is beletartozhatott a felső paleolitikum emberének földrajzi hatáskörzetébe, mivel számos vadászszakmánya vándorolt fel nyáron a hegység legelőire és ereszkedett vissza télen a síkságokra. Közép-Ázsia magashegységei azonban keményebb falatnak tűnhettek. Mindegyik lánc 5000 m-ig vagy a fölé emelkedik, de a Tien-san és a Himalája esetében ez akár 7000 m is lehet. A magasba törő sugárirányú gerincek ténylegesen a vándorlás áthághatatlan akadályai. Ne feledjük, hogy a világ az utolsó jégkorszak szorításában vergődött, a hőmérséklet még szélsőségesebb eloszlást mutatott, mint manapság. Ezért aztán eurázsiai vándorainkat ezek a roppant hegyóriások két csoportra szakították. Egyik a Hindukustól északi irányba, a másik pedig délre, Pakisztánba, illetve az indiai szubkontinens felé fordult. Honnan tudjuk ezt? Megint csak az Y-kromoszóma adja meg a választ.

Akik észak felé fordultak, egy újabb mutációval gazdagodtak a már meglévő eurázsiai vonalukban. Ezt fogjuk nyomon követni a továbbiakban. Azok, akik dél felé vették az irányt, Y-kromoszómájukat másféle mutációval gyarapították, az úgynevezett M20-szal. Ez nem található meg érzékelhető mennyiségben Indián kívül, talán ha 1-2%-ot tesz ki néhány közel-keleti populációban. Dél-Indiában azonban a férfiak jó 50%-a ehhez a csoporthoz tartozik. Ez azt sugalmazza, hogy az M20 jelöli meg az első indiai betelepülőt, nevezzük őket indiai klánnak, akik jócskán megelőzték a észak felől később érkező bevándorlókat. Az indiai klán ősei, akik fokozatosan vonultak Dél-India felé, úgy 30 ezer évvel ezelőtt találkozhattak a korábban útra kelt tengerparti vándorokkal, akik meg épp akkor tarthattak Ausztrália felé. A genetikai sablonból az derül ki, hogy ha történt is köztük bárminemű keveredés, az nem volt kölcsönös. Ahogy

már láttuk a 4. fejezetben, a mitokondriális DNS még magában foglalja a parti migránsok bizonyítékát az M haplocsoporton keresztül, míg az Y-kromoszóma elsődlegesen a később, északról érkező emberek megjelenését bizonyítja. Gondoljunk vissza arra a forgatókönyvre, amit a felső paleolitikum afrikai születéséről állítottunk össze. A séma szerint azt várhatjuk, hogy a behatolók asszonyokat raboltak a part menti népektől, a férfiaknak pedig el kellett menekülniük, vagy megölték őket, esetleg egyszerűen nem adtak esélyt nekik a szaporodásra. Az eredmény így az M mtDNS-vonal széles körű elterjedése lett a dél-indiai populációkban, míg a partvidéki Y-kromoszóma-vonalak nem jutottak szerephez. Pontosan ilyen mintázatot látunk a mai genetikai összetételben. Napjainkban a partvidéki vonal gyakorisága csupán 5% Dél-Indiában, és észak felé haladva ez is rohamosan csökken. Az eloszlás azt bizonyítja, hogy a parti népek hozzájárulása a genetikai kompozícióhoz, legalábbis férfiágon, minimális volt. A két adattípus közötti kontrasztos különbség rávilágít az első indiaiak viselkedési szokásaira, és utal azokra a kulturális jelenségekre, amiket majd a 8. fejezetben fogunk részleteiben kifejteni.

A vándorló eurázsiai embertömeg természetesen nem csak India felé tért le, némelyikük a Hindukust északról kerülve eljutott Közép-Ázsia szívébe. A Tien-san még keményebb ellenfél, mint a Hindukus, így nem csoda, hogy a felső paleolitikum népeit hosszú ideig sikeresen tartotta Nyugat-Kína területén kívül. Ebben az időben újabb mutáció bukkant fel az eurázsiai leszármazási vonalon. Ez volt az úgynevezett M45-ös, ami két másik, nagyon fontos vándorlási útvonalhoz vezetett el minket. Az abszolút kormeghatározási módszerek azt mutatták, hogy az M45 hozzávetőleg 35 ezer éve jelent meg Közép-Ázsiában. Ma az M45 kizárólag közép-ázsiaiakban mutatható ki, illetve azokban, akik őseiket ebbe a régióba tudják visszavezetni. Vagyis eljutottunk egy újabb klánhoz, a közép-ázsiaihoz. Leszármazottaik csak sporadikusan fordulnak elő a Közél-Keleten vagy Kelet-Ázsiában, de némileg magasabb gyakoriságúak Indiában, ahová a klán tagjai jóval később vándoroltak be (amint azt további mutációk jelenléte feltárta). Az ősi forma, vagyis a legmélyebb hasadék a közép-ázsiai klánból származó Y-kromoszómák genealógiájában kizárólag Közép-Ázsiában található meg. Ez lehetővé teszi számunkra, hogy rámutassunk arra a helyszínre, ahonnan a „regionális Ádám” ténylegesen származott, pontosan úgy, ahogy afrikai Ádámunkat azonosítottuk a San busmanok közvetlen őseivel. Tehát még egyszer: a legrégebbi hasadék Közép-Ázsiában, s

nem Indiában, Európában vagy Kelet-Ázsiában történt, vagyis az M45 közép-ázsiai keletkezésű.

A közép-ázsiai klán leszármazottainak limitált elterjedése arra utal, hogy a populáció, amelyben keletkezett, elszigetelt volt a kontinensen élő környező népektől. Amíg a Hindikus elég jó magyarázat arra, miért volt nehéz az Indiába történő eljutás, nem egészen világos, mi tartotta vissza ezt a populációt a közel-keleti népekkel való kontaktustól. Más oldalról feltéve a kérdést: ha az eurázsiai klán egyszer megtette ezt az utat Közép-Ázsiába, mi gátolta meg őket abban, hogy visszafelé is végigmenjenek rajta? Nem lehet más következtetésünk, mint az, hogy egy újabb „jelzőkaró” jelent meg történetünk során, ami feltehetően még könnyen vehető akadály volt abban az időben, mikor az első csoportok megjelentek a földrész szívében, és csak az első migrációs hullám átkelése után vált járhatatlanná.

Napjainkban Irán középső részének Daste-Kavir és Daste-Lut nevű sivatagai kietlen, kopár pusztaságok. Az ott élő aprócska törzsek keserves életkörülményeiket magasan fejlett földművelési rendszerrel kompenzálják, és *ghanat*-ként ismertté vált sokmérőföldnyi föld alatti öntözőhálózatukat több ezer éve használják. A helyi lakosok, mint például a Yazd városában élők a legnagyobb hőség óráiban föld alatti kamrákba vonulnak. A cellákban egy különleges szellőzőrendszer segítségével hűs levegőáramlat keletkezik, aminek kísértetiesen jajgató hangját akár kilométerekről is hallani lehet. Kétségtelen, hogy senki sem tudna túlélni ezen a szélsőségesen szigorú éghajlaton megfelelően adaptálódott életforma nélkül. A vadászat és a gyűjtögetés, legalábbis manapság lehetetlen lenne. Hasonlóképp a közép-ázsiai Karakum és Kizilkum sivatagok is vigasztalanul sivár helyek, ahol a néhány nomád pásztoron kívül alig telepedett állandó lakosság.

Azonban létezik két összefüggő sztyeppe sáv is, melyek kikerülik az iráni sivatagokat: az egyik északon a Kaszpi-tenger mellékén, a másik pedig délen, az Arab-öböl közelében húzódott. Amikor a világ egy újabb klimatikus skizofrénia közepébe került 40 ezer évvel ezelőtt, valószínűleg az iráni, közép-ázsiai sztyeppék és sivatagok egy olyan időjárási periódust élvezhettek, amikor az atmoszféra nedvességtartalma megegyezett a maiével vagy akár meg is haladta azt. Ezt valószínűleg megerősíthették az uralkodó szelek, melyek az Arab-öböl térségéből magas páratartalmú légtömegeket sodortak a szárazföld belseje felé. A beköszöntött viszonylag nedves, de feltehetően elég rövid időszak alatt az ember könnyedén át tudta szelni



a Iráni-felföldet Közép-Ázsia felé vándorolva tovább. Ne feledjük, a zsákmány és a vadászati stratégia elméletileg ugyanolyan volt az egész emberi utazás során. A maguk mögött hagyott genetikai nyomok egyértelműen bizonyítják a folyamatosságot Levantétól egészen Közép-Ázsiáig.

Azután a jégkorszaki lehülés egyszer csak eljutott egy hőmérsékleti küszöb, a párolgás lelassulásával a csapadék mennyisége és a páratartalom mértéke drámaian lecsökkent, a légkör vize növekedésnek indult, a messzi észak sarkvidéki jégsapkáiban fagyott ki. Ez valamikor a 20-40 ezer évvel ezelőtti periódusban játszódott le, és kellemetlen következményeképpen megint kialakultak a vándorlást megakadályozó sivatagok. A földrészen három, egymástól elvágtott populáció élt: egy déli, egy északi és egy nyugati, mindegyikük a jégkorszak leghidegebb szakaszával nézett farkasszemet. Az indiai és levantei populáció kissé szerencsésebb helyzetben volt, mert a tengerek enyhítették a fokozódó hideget és szárazságot. Azok viszont, akik a Hindukustól északra rekedtek, vagy kénytelenek voltak alkalmazkodni az igen nehéz létfeltételekhez... vagy meghaltak.

Valószínűleg ezek a korai közép-ázsiai népek a viszonylag melegebb, déli sztyeppék környezetében maradtak, ahonnan a sivatagosodás nem kényszerítette őket tovább. Néhányan a Hindukus lábához húzódhattak, a vízforrást jelentő gleccserek olvadó végének közelébe, ahol az állatok tetemes száma elegendő volt a túléléshez. Többségük azonban, úgy tűnik, követte az észak felé vándorló vadak csordáit, egyenesen a vihar kapujába, ahogy azt a vidéket el tudjuk képzelni. Feltehetően először Szibériát érték el mindjárt a periódus elején, körülbelül 40 ezer éve. A felső paleolit kőeszközök legalábbis ekkor jelentek meg először az Altáj-hegységben. A körülmények elképzelhetetlenül különböztek attól, amit őseik tízezer évvel korábban hagytak maguk mögött Afrikában. A téli hőmérséklet -40 fokra vagy az alá csökkent, és idejük nagy részét a vadászat tehetta ki, mind a táplálékszerzés, mind a melegen tartás céljából. Szerencsére az itt talált állatok vadászata nem okozott különösebb nehézséget.

Mint korábban láttuk, Bergmann szabálya értelmében a magasabb földrajzi szélességeken élő fajok egyik legmeghatározóbb tulajdonsága a nagy méret. Ennek oka az, hogy a nagyobb állatok testfelszíne relatíve kisebb testtömegükhöz viszonyítva, mint a kisebb állatoké, mivel a hó a felszínen keresztül adódik le, illetve vész el. Egy cickánynak megállás nélkül táplálkoznia kell, különben nem tudná fenntartani hiperaktív anyagcseréjét, hiszen kicsiny teste miatt

lényegében képtelen a hővisszatartásra. Így hát hideg környezetben a nagy testű, lassabb anyagcseréjű állatok maradnak fenn (a táplálékforrás nem olyan bőséges, mint a melegebb régiókban). Nagy, lomha lények ezek, meglehetősen kevés ésszel a koponyájukban. A természetes szelekció így teremtett meg olyan állatokat, mint például a gyapjas mamut.

Azoknak, akik Dél-Szibériában vagy Közép-Ázsiában elsőként találtak a mamutokkal, minden bizonnyal földbe gyökerezett a lábuk. Tradicionális zsákmányállataik legfeljebb kétszer-háromszor voltak nagyobbak náluk, de a kisebb busz méretű mamutok, döbbenetes agyaraikkal és vastag bundájukkal valami egészen felfoghatatlannak tűnhettek. Ahogy azonban elkezdtek megfigyelni ezeket a fura óriásokat, egyhamar rájöttek, hogy a hatalmas test együtt jár a lassú mozgással és sutasággal, és megfelelő eszközökkel, no meg ügyes stratégiával könnyedén elejthetők. Ha egyszer sikerrel jártak, egy ilyen húshegy hosszú hetekre biztosította a klán élelmét, tehát mindenképpen érdemes volt megpróbálkozni vele.

Az szintén valószínű, hogy a felső paleolitikum embere kutatott a mamut dögök után is. Néhány korabeli lelőhelyen, Afrika déli részén, az állati maradványok alapján Lewis Binford a dögevést az ember egyik lényeges táplálkozási formájának határozta meg. Bár a dögevés és a vadászat egymáshoz viszonyított arányáról nem csituló viták folynak, a dögök elfogyasztása minden bizonnyal része volt táplálkozásunknak, ahogy ez ma is igaz némely modern vadászó-gyűjtögető törzs esetében. Tekintve a mamuttetemek irdatlan hústömegét, kétségtelenül elsődleges célpontjai lehettek az első eurázsiai dögvadászoknak.

Eurázsia belső vidéke az élet nagyon kegyetlen iskolája lehetett őseink számára. A fejlett problémamegoldó képesség a túlélés létfontosságú kulcsává vált. Így már könnyebben el tudjuk képzelni, miképp válhatott képessé az ember az egész Föld gyarmatosítására alig valamivel a Nagy Ugrás megtétele után. Sztyeppei csavargása során specializált eszközkészletet fejlesztett ki, többek között csonttüket, az állati bőrt összetűzése végett. Ennek fontos szerepe lett a ruhakészítésben, hiszen megfelelően kikészített állati irha megvédte a rettentő hidegtől és mobilissá tette vadászatai során, mikor mamutot vagy rénszarvast hajszolt. Messzire el kellett merészkednie a biztonságot adó hegyektől és barlangoktól, ki a nyílt jeges pusztaságokra, ahol a hordozható lakhely nélkülözhetetlen szükségletté vált. Vándorlása messze vitte a szerszámai készítéséhez használt finom

szemcséjű kövek lelőhelyeitől, így eszközeivel nagyon gazdaságosan kellett bánnia. Ez a kényszer vezetett a mikrolitek (apró, nyílhegy alakú kövek) feltalálásához, amelyeket fanyélhez illesztve fegyverként is tudtak használni.

A felső paleolitikum emberének problémamegoldó intelligenciája tette lehetővé, hogy megbirkózzon az észak-eurázsiai sztyeppék kemény világával. Az elejtett vadak hatalmas tömege viszont valami olyasmi fogalmat testesít meg a ma élők számára, mint az „ölés kényszere”. A túlélés kizárólag a kielégítő táplálékforrás felkutatásától függött, bármilyen akadálya is legyen ennek, de szerencsére a sztyeppék valódi húsraktárnak bizonyultak. Az élelemszerzés szüksége vezette őket ebbe a földrajzi fagyasztószekevénybe, majd ez lendítette őket tovább, jócskán Közép-Ázsián túlra. A Sztyeppe Országút nyílegyenes irányt mutatott nekik a kontinens távoli peremei felé, és mikor már adaptálódtak a szigorú létfeltételekhez, egy új világ nyílt meg előttük.

## *Evőpálcikák*

Az első szibériaiak genetikai összetétele a közép-ázsiai és ősi eurázsiai klánok leszármazási vonalainak keverékéből épült fel. Bár az első közép-ázsiai vadászok migrációját az M45-ös markerrel tudjuk megjelölni, ennek ellenére a közösségben számos olyan férfi létezett még, amelyik Y-kromoszómája nem ezt a változatot hordozta, hanem a jelöletlen eurázsiai M9-et. Az új markerek ugyanis nem azonnal érik el azt a gyakoriságot, ami mellett a többi marker, mint például az ősi M9-es már eltűnik. Minden tanulmányozott Y-kromoszóma marker adott (egyedi) férfiakból ered, a múlt egy bizonyos időpontjából. Így eredeti gyakoriságuk egy osztva a populáció férfiainak teljes számával. Nagyon alacsony érték ez, még a legkisebb csoportban is. Idővel azonban, főképp a genetikai sodródás következtében, egyre gyakoribbá válnak. Emlékezzünk, a sodródás a gyakoriságban beálló véletlenszerű változás, ami jellemző az összes emberi populációra. Így a legelső emberek, akik Szibériát kolonizálták, tagjai voltak mind az M45-ös közép-ázsiai, mind az idősebb M9-es eurázsiai klánnak, bár addigra a genetikai sodródás már érezhetően lecsökkentette az ősi közel-keleti vonal markerének szerepét.

Ahogy néhány eurázsiai dél felé fordulva benépesítette Indiát, úgy más klántagok a Hindukus északi oldalán kelet, északkelet felé

indultak el a Tien-san láncai mentén. Néhányan elkalandozhattak a „Dzsungáriai-rés” irányába (Dzsungária; mélyföld Kína északnyugati csücskében), amit évezredekkel később Dzsingisz kán is átjárónak használt Közép-Ázsia lerohanásához. Ez a klán a mai Kína területére jutott. Többségük valószínűleg eleinte a Sztjeppe Országutat követve észak felé tartott, hogy elkerülje Kína nyugati felének zord tájait és Dél-Szibérián keresztül kanyarodott vissza. Akárhogy is volt, de végül bejutottak. Leszármazottaik egy másik Y-kromoszóma markert hordoztak, az M175-öt, amelyik kizárólag Kelet-Ázsiára korlátozódik, és nyoma sincs Nyugat-Ázsiában vagy Európában.

Manapság az M9-es eurázsiai kromoszómából kiváló M175-öt legnagyobb arányban, 30%-ban a koreaiak közt találjuk meg. Az abszolút kormeghatározás alapján ez a marker 35 ezer évesnek bizonyult, ami erősen egybevág a felső paleolitikum leleteinek első megjelenésével Koreában és Japánban. Van még számos egyéb, mostanság megismert marker, amelynek az M175 az őse (ezek közül kiemelkedik az M122, a 8. fejezet főszereplője), és ezek a rokon leszármazási vonalak együttesen ma Kelet-Ázsia Y-kromoszómáinak 60-90%-át teszik ki. Mint közös összetevőkben bővelkedő levesreceptek gyűjteménye, az M175 nevű kelet-ázsiai klán úgy egyesíti az ázsiai férfiak többségét, akik ma a Hindukustól és a Himalájától keletre élnek.

Mikor ezek a modern emberek elérték Kelet-Ázsiát, olyan vidékre hatoltak be, ahol távoli ősük, a *Homo erectus* már évmilliók óta jelen volt. Dubois hiányzó láncszemének kínai rokonát pekingi embernek hívták (mielőtt még rendszertanilag egyesítették jávai unokatestvérével). De rejtélyes módon *erectus*-maradványokat nem találtak a 100 ezer évnél fiatalabb korokból, tehát egy űr keletkezett köztük és a 40 ezer évvel ezelőtt megjelent modern *Homo sapiens* között. Még nem egészen világos, mi okozhatta ezt a hominid rést, de mint mindig, erős a gyanú, hogy az egyenletesen romló éghajlatban kell keresni a magyarázatot. Például a csoukoudiani barlangok, ahonnan számos *erectus*-lelet került elő, Kína északkeleti részében, Pekinghez közel található. Ebben a régióban a mai napig szélsőségesen hideg a téli időszak. A 250-150 ezer évvel ezelőtt lezajlott utolsó előtti eljegesedés idején Észak-Kína éghajlata még ennél is zordabb lehetett. Összhangban a fenti tényekkel, a Csoukoudianban lévő barlangok nem tartalmazznak 250 ezer évnél fiatalabb *erectus*-leleteket. Úgy tűnik, a dermesztő klíma vagy messzire űzte őket, vagy egyszerűen kipusztultak.

Azt már tudjuk, hogy valószínűleg a stabil szelekciós nyomás következtében a *Homo erectus* lényegében semmit sem változott az elmúlt 1 millió év alatt Kelet-Ázsiában. Elszigeteltsége más hominida fajoktól, valamint a viszonylag állandósult éghajlati feltételek, inkább a folyamatosságnak, mintsem a változásnak kedveztek, ráadásul eddig nyomát sem találtuk az *erectus*-tól származtatható Nagy Ugrásnak. Néhány kínai antropológus a regionális kontinuitás néven ismertté vált evolúciós modellt támogatja, miszerint ázsiai *erectus*-ok lokálisan fejlődtek volna a *Homo sapiens* helyi változatává, függetlenül attól, ami Afrikában lezajlott. Sajnos erre vonatkozólag sem rendelkezünk semmiféle genetikai bizonyítékkal. Sőt a genetikai eredmények azt mutatják, hogy még csak kereszteződés sem történt a bevándorló modern ember és a kelet-ázsiai *erectus* között. Ha egyáltalán még létezett valahol eldugott populációjuk 40 ezer évvel ezelőtt, az a mai antropológusok számára láthatatlan. Egy nemrégiben elvégzett genetikai elemzés után, mellyel Li Jin genetikus és munkatársai 12 ezer kelet-ázsiai férfit teszteltek, azt találták, hogy az összes alany őse visszavezethető az 50 ezer évvel ezelőtti Afrikába, mivel mindegyikükben kimutatták a jó öreg M168 típusú Y-kromoszómát. Tehát mindenkiben. Nos, ez az eredmény elég rossz hír azok számára, akik mélyen hittek a kelet-ázsiai regionális kontinuitásban, mert legalábbis férfiágon, a helyi *erectus* evolúciójának bármilyen formáját, vagy akár csak összekeveredését a modern emberrel, lehetetlen beilleszteni a genetikai adatok mintázatába. De a kelet-ázsiai mitokondriális DNS ugyanezt a választ adja, a sokezernyi minta analízise végül Afrikába vezet vissza. Röviden összefogva, nincs semmi nyoma annak, hogy a *Homo erectus* akár csak csekély mértékben is hozzájárult volna a ma élő kelet-ázsiaiak genetikai állományához. Dubois majomembere inkább egyféle evolúciós zsákutcának bizonyult, és helyét teljes mértékben átvette a modern ember.

Ha itt most befejeznénk, a történet nagyos takaros lenne és önmagában is megállná a helyét. Sajnos az élet soha nem ilyen egyszerű. Ebben az esetben a gépezetet megakasztó homokszemet az jelenti, hogy a korábban bemutatott tengerparti leszármazási vonalunk meglehetősen magas gyakorisággal képviselteti magát néhány kelet-ázsiai populációban. Hogy mást ne is említsünk, a mongolok közt a tengerparti klán markere eléri az 50%-ot, de szerte Kelet-Ázsiában is mindenhol megtalálható. Hogy mi módon érte el ezeket a helyszíneket ma még rejtély, de valószínűsíthető, hogy Délkelet-Ázsia korai

partvidéki népei lassacskán beszivárogtak a szárazföld belsejébe is, és évezredek alatt eljutottak az északi vidékekig. Egyszer csak, talán 35 ezer éve, összetalálkoztak egy másik leszármazási vonal képviselőivel, a bevándorló eurázsiaiakkal. Az eurázsiai és a tengerparti vonalak együttes jelenléte a kelet-ázsiai populációkban azt tanúsítja, hogy extenzív keveredés ment végbe a két csoport közt.

A kapott kép tehát azt mutatja, hogy Ázsia benépesítése dél és észak felől egyaránt megtörtént, és a területet, mint migrációs csipesz vagy stilszerűbben evöpálcikák fogták közre a bevándorló törzsek. Az északi útvonalat követő eurázsiai klán tagjai, Dél-Szibéria felől mintegy 35 ezer éve bukkantak fel ezen a tájon. A déli útvonalat elsősorban a partvidéki klánok használták, és a feltételezések szerint jóval korábban, talán már 50 ezer éve elértek Kínába. Kelet-Ázsia lakóinak jelenkori összetétele szintén az erős észak-déli megosztottságra világít rá. Luca Cavalli-Sforza, kínai munkatársaival közösen soktucatnyi nem Y-kromoszómához kötött polimorfizmust vizsgált meg a kelet-ázsiai populációkban. Analízisükben arra a következtetésre jutottak, hogy éles határvonal húzódik az északi és a déli kínaiak közt. Még ha ugyanahhoz az etnikai csoporthoz is tartoznak, mint például az északi és déli hanok, sokkal inkább kötődnek saját geográfiai régiójukhoz, mint etnikai szomszédjukhoz. Az északi hanok más, nem han nyelvű északi népekhez hasonlítanak inkább, míg a déli hanok tőlük egészen elkülönülnek. Úgy tűnik, a kétirányú honfoglalás a mai napig kiütözik a kínaiak vérvonalában.

Szóval közel-keleti klánunk végül eljutott a kontinens legkeletebbi szegletébe. Az úton újabb markerekre tett szert, létrehozva ezzel a nagy területeken szétszóródó eurázsiai klánt, az indiai klánt és a közép-ázsiai klánt. Negyvenezer éve a magashegységek láncai tényleges gátjai lettek a továbbvándorlásnak, de ez nincs másképp ma sem. Elválasztó hatásuk abban érzékelhető leginkább, hogy a kitermelt kelet-ázsiai klán Y-kromoszómái csak alkalmanként bukkannak fel nyugaton. De amíg az útvonal világosan követhető Kelet-Ázsiába, addig az Európába jutás tekintélyes méretű vargabetűt igényelt. Amint láttuk, az európaiak leve-se túl sok hozzávalót tartalmaz ahhoz, hogy közvetlenül levezethessük őket a közel-keleti klánból. A következőkben az első európaiak nyomait fogjuk végigkövetni.

## 7. *Vér egy darab kőből*

A holló madarakat küldött, hogy fúrják át a hajnal falát. Egyikük lyukat ütött rajta, amin most először bukkantak át a Nap sugarai. Aztán fókacsontokat szórt széjjel a földön a pirkadat fényénél és a csontok emberi alakot öltöttek; az első férfiét és az első nőét.

Csukcs teremtésmítosz

Mikor posztdoktori kutatóéveimet töltöttem a Stanford Egyetemen, jövőbeli feleségem és én San Franciscóban éltünk, ahonnan rendszeresen ingáztunk le a félszigetre, Palo Altóba. Azért alakult ez így, mert szerettünk a városban lakni, a népek színes és izgalmas forgatagának közepén. Lakásunk Richmondban volt az orosz emigráns kolónia szívében, közvetlen a kínai negyed szomszédságában, a Clement Streeten. Hazafelé menet általában, hogy gyorsabban teljen az idő, a National Public Radiót hallgattam, a BBC Radio Four amerikai megfelelőjét. Egyik őszi este, 1997-ben, épp a Huszonötödik sugárúton hajtottam, mikor figyelmes lettem egy közleményre, amitől hajszal híján belecsúsztam a szembejövő buszba. Feltekertem a hangot és lebénulva csüngtem a hallottakon.

A bemondó azt újságolta épp, hogy Svante Pääbo professzor vezetésével egy csoport a Münchener Egyetemen elsőként tett közzé cikket a neandervölgyiek DNS-szekvenciájáról. Bizonyos tekintetben ez volt az antropológia Szent Kelyhe. Egy sikeres vizsgálat választ adhatott a szakterület egyik legrégebbi és legfajsúlyosabb kérdésére, vajon a modern európaiak a neandervölgyi ősből fejlődtek-e ki vagy a neandervölgyiek helyét valahonnan másfelől beáramló emberek vették át.

A neandervölgyiek voltak az első felfedezett emberelődök, maradványaikat 1856-ban, a Neander-völgy egyik barlangjában találták meg. Az emberi evolúcióval kapcsolatos kezdeti idegenkedés ellenére pár évtizeden belül általánosan elterjedt nézetté vált, hogy az európaiak közvetlenül a neandervölgyiek leszármazottai. Az 1980-as évek genetikai kutatásai azonban megkérdőjelezték ezt az elméletet. Ha a mitokondriális DNS alapján minden ember Afrikából vándorolt el

a nem túl távoli múltban, akkor a modern európaiak miképp fejlődhetek volna ki a hominidszerű neandervölgyiekből, akik már 250 ezer évvel ezelőtt jelen voltak Európában? Fajsúlyos kérdés volt, és számos antropológus, köztük Milford Wolpoff, a University of Michigan professzora nem fogadta el a DNS-kutatások eredményeit. Szerintük az európai ember bőre alatt ott rejtőzik a neandervölgyi.

A múltra vonatkozó, de a jelenkorban gyűjtött részletek bizonyításának igazi problémája az, hogy – amint azt a 2. fejezetben láttuk –, szükségünk van hozzá egy elméletre, ami megmagyarázza, miképp változtak a DNS-szekvenciák az idő múlásával. Ezek az elméletek, sajnos csak elméletek maradnak akkor is, ha több tudósgeneráció genetikai és evolúciós kutatásainak fókuszpontjában állnak. Sajnos lehetetlen visszamenni az időben és ellenőrizni, vajon a tények alátámasztják-e jelenkori elméleteinket. Vagy mégsem egészen lehetetlen? Talán ma már képesek vagyunk rég elhunyt őseink DNS-ét is tanulmányozni?

Az ősi DNS-ek kutatása az 1980-as években kezdődött, főképp Berkeleyben, valamint Münchenben. Felfutását olyan nevek fénylik, mint Svante Pääbo és munkatársai, köztük Allan Wilson, a mitokondriális Éva „szülőatyja”. A munkának lendületet adó hajtóerő abból fakadt, hogy néhányan véghez akarták vinni a lehetetlent, vagyis visszarepülni az időben a régóta halott személyek DNS-ének vizsgálatával. Az álmodozáson túl az ötlet nagyon fontos lépés volt a genetikai történelmében, és a kifejlesztendő molekuláris időgéptől választ remélhettünk a származásunkat illető kérdésekre. Az első nekirugaszkodás az egyiptomi múmiák DNS-ének analízise volt, de a kutatók érdeklődése hamarosan a millió éves kőületek felé fordult. Michael Crichton Jurassic Park című regénye abban az időben született, mikor még úgy tűnt, bármi lehetséges, akár dinoszaurusz DNS-t is gyűjthetünk a borostyánba zárt vérszívó rovarok gyomortartalmából. Habár a DNS sikeres kinyerése az ennyire idős, több millió éves forrásokból végül is megvalósíthatatlannak bizonyult (legfeljebb sokkal fiatalabb DNS-töredékek szennyezésére bukkantak), de lehetőségessé vált a DNS kivonása recens, vagy ideális körülmények közt konzerválódott, legfeljebb néhány tízezer éves mintákból. A jégbe fagyott mamuttetemek és például Ötzi, az alpesi utazó esetében analizálható állapotú DNS-t találtak, de a múmiák vagy más sivataglakók kiszáradt maradványainak vizsgálatát is siker koronázta. Az analízisek szinte minden esetben a mitokondriális DNS vették célban, mivel ezek hatalmas számban voltak jelen még ezekben az



elaggott sejtekben is. Bátran lehetett reménykedni abban, hogy viszonylag sok közülük túlélte az évszázadokig elhúzódó molekuláris lebomlás orosz rulettjét. De még mindig nagyon nehéz feladat volt egy efféle analízist véghezvinni, mivel a molekulák a legtöbb esetben előszeretettel hullottak apró darabokra a halál beállta után. Ezért jóval gyakoribbak voltak a negatív, mint a pozitív eredmények, de az a töredékszámú eset, amikor a DNS extrakciója hiba nélkül lezajlott, megérte a befektetett erőfeszítéseket. Pääbo csoportjának ez lebegett a szeme előtt, amikor a DNS hatékony feltárásának és kivonásának módszerét kidolgozták az ősi mintákra is, és laboratóriumuk a kilencvenes évek elejére a művészetek rangjára emelkedett, ők maguk pedig a téma vitathatatlan szakértőivé váltak.

A tudományos attrakció, ami halálközeli élményemet okozta San Franciscóban, a legelső kihantolt neandervölgyi csontokkal kezdődött. Az úgynevezett típuspéldányokat (amikhez a paleontológusok az összes többi leletet hasonlítják) a Bonni Múzeum őrizgette már közel 140 esztendeje, mire a müncheni csoport nekiláthatott a elemzésüknek. Pääbo fejest ugrott a felkínálkozó lehetőségbe, és végzős diákja, Matthias Krings saját doktori disszertációjának részeként mutatta be a DNS-analízist. Egyévnyi elszánt próba-hiba típusú munka után Krings fokozatosan eljutott egy intakt, 105 bázispár hosszúságú DNS-szekvenciáig. Amit összefűzésük után látott, az nem volt mindennapi. Krings így írt a 40 ezer éves DNS-molekula megpillantásáról:

„Alapjában véve már kívülről ismertem a szekvenciát ... és teljes bizonyossággal ki tudtam szűrni a szubsztitúciókat (DNS-szekvencia cseréjét), ha láttam egyet. Ahogy végignéztem az első szakaszon, borzongás futott végig a gerincemen. Nyolc szubsztitúció díszelgett egy olyan szakaszon, ahol legfeljebb háromnak, négynek lett volna szabad lennie. Azt gondoltam, ez aztán a fura szekvencia.”

Ezután aprólékos gondossággal reprodukálta az eredményeket más csonttöredékekből is, és megismételte a kísérletet egy másik kontinens laboratóriumában (nehogy a fényes eredmény a müncheni labor szennyezésének műterméke legyen), és csak ezután fogadta el a szekvencia létjogosultságát. A procedúrát számtalanszor megismételte, míg végül sikerült kinyernie egy 327 bázispár hosszúságú mitokondriális DNS-szekvenciát a maradványokból. Ez már épp elegendő volt ahhoz, hogy elfogadható statisztikai becslést tegyen annak evolúciós divergenciájára. A szekvencia egyértelműen nem modern embertől származott, de nem tartozott egyik emberszabású majomhoz sem. Egy olyan hominida fajtáé volt, amely 500 ezer éve

osztozott utoljára közös őson a modern emberrel. Ez a dátum összhangban állt a paleoantropológusok feltevésével, akik az úgynevezett archaikus ember Afrikából Európába vándorlását kutatták, és bebizonyította, hogy a neandervölgyi nem lehetett a mai ember közvetlen őse. A neandervölgyiek inkább egy archaikus emberi típust képviseltek, akinek helyét később, érzékelhető keveredés nélkül vették át a modern emberek. Sokezernyi, a világ minden szegletéből gyűjtött mitokondriális szekvencia közül egy sem mutat akkora divergenciát, mint a Krings által vizsgált neandervölgyi szekvenciája. A neandervölgyiek kívül esnek a modern emberben megismert genetikai variancia tartományán, így különálló fajt alkotnak. A fenti eredményeket később két másik, Európa különböző tájairól származó neandervölgyi leleteken végzett független genetikai vizsgálat is megerősítette azzal, hogy a neandervölgyiek közeli rokonságban álltak egymással, de nagyon messze a mai embertől. A genetikai adatok megtámadhatatlanok, így a modern európaiak eredete, akárcsak bárki másé, Afrikába vezethető vissza.

Együtt a 12 ezer ázsiai Y-kromoszóma tanulmányozásával, a neandervölgyi eredmények beütötték az utolsó szeget is a multiregionalizmus koporsójába. Hominid rokonainkat a modern ember szorította ki, mikor 50 ezer évvel ezelőtt kirajzott Afrikából. Bár még mindig vannak utóvédharcosai a multiregionalista eszmének, a kutatók zöme ma már világosan látja, hogy létjogosultságát nem támasztja alá mérvadó bizonyíték. Carleton Coon szellemét végül a modern molekuláris biológia helyezte örök nyugovóra. Most azon kezdhetünk gondolkodni, hogy vajon kik voltak azok, akik a neandervölgyiek helyére léptek.

## *A művészlélek*

1922 őszén két tizenéves fiú hatolt be egy barlangba a franciaországi Cabrerets közelében. Dacolva papi nevelőjük intelmeivel (vele jártak először itt 1920-ban), elszánták magukat a barlang teljes feltárására. Végül valami egészen rendkívüli dologra bukkantak. Pech Merle (a helyet ezen a néven keresztelték el) festményeit később Henri Breuil abbé, a barlangi műalkotások francia szakértője a régió Sixtus-kápolnájának nevezte el. Tucatnyi francia barlangban végzett aprólékos kutatásai az elmúlt harminc évezred gazdag művészeti

hagyományait tárták fel, és egyedülálló betekintést nyújtottak a kőkorszaki európaiak gondolatvilágába.

A falakra festett vagy rajzolt ábrák itt és Európa egyéb felső paleolit lelőhelyein elsőként a világon igazolták a korai népek fogalmi és absztraháló képességeit. A Chauvet barlang különlegesen részletgazdag képeit 32 ezer évesnek datálják, egyelőre ezek a legidősebbek Franciaországban. A nemrégiben Verona közelében feltárt Fumane barlang rajzai legalább 35 ezer évesek, ezzel a Föld eddig feltárt legrégebbi műalkotásainak számítanak. Mindegyik helyszínen a témák komplexitása és a megjelenítésükhöz szükséges tudás a múltban történt váratlan átfordulást jeleznek. Nem mások ezek, mint a korai európaiak által készített időkapszulák, csodálatosan kimunkált pillanatfelvételek az életükről, eldugott barlangok mélyére rejtve évezredek át, míg a XIX. és XX. században fel nem fedezték őket.

Az európai barlangok lakói tehetséges művészek voltak, és kultúrájuk áthidalhatatlan messzeségben van a neandervölgyiekétől, akik csak időben előzték meg őket. Felbukkanásuk az európai felső paleolitikum kezdetét jelzi, és fenn hirdeti a modern ember színre lépését a kontinensen. Változatos eszközkészletükkel egyetemben, művészetük is betekintést enged alkotóik gondolatvilágába. De vajon ezek az első európai művészek, a Pech Merle, a Chauvet és a Fumane alkotói voltak-e a mai nyugat-európaiak ősei? Ha így van, hogyan tűnhettek fel a színen ilyen hirtelen, körülbelül 35 ezer évvel ezelőtt? A genetika megint csak segítségünkre lesz a kirakós játékban.

Korábban már láttuk, hogy a legkézenfekvőbb helyszín, ahonnan az európai benépesülés kezdődhetett volna, a Közel-Kelet, de ez a vidék csak csekély mértékben járult hozzá a modern európaiak genetikai állományához. A kizárólag M89-es markerrel jellemezhető 45 ezer éves közel-keleti populációk leszármazási vonalai túlságosan ritkák Nyugat-Európában. De hát a Boszporuszon való átkelés a Közel-Keletről Európába csak egy szökkenés, így joggal kérdezhetjük, mire kellett várni több mint 10 ezer évig, hogy a modern emberek elárasszák Nyugat-Európát. Ha választ akarunk kapni arra, honnan jöttek a felső paleolitikumi európaiak, szükségünk lesz a nyugat-európai markerek számbavételére, és meg kell határoznunk, melyik eurázsiai markerből vezethetők le.

Az 5. fejezet elején említettem, hogy saját Y-kromoszómámat az M173-as marker határozza meg. Utóbb kiderült, hogy ez nem egyedülálló karakter, sőt igen nagy gyakoriságban található meg szerte

Nyugat-Európában. Érdekes módon, legnagyobb arányban a kontinens nyugati végein, Spanyolországban és Írországban fordul elő, ahol a férfiak 90%-át jellemzi. Így hát az M173-at nevezhetjük a domináns nyugat-európai markernek, mivel a férfiak többsége ebbe a csoportba tartozik. A magas gyakorisági érték két dolgot árul el nekünk. Először is, a nyugat-európaiak zöme egyetlen férfi őson osztozik a múlt egy adott pontjában. Másodszor pedig, valaminek történnie kellett, mert a többi leszármazási vonal kihullott a rostán.

## *Elszántan a dátumok nyomában*

Mikor meghalljuk, hogy Nyugat-Európában minden férfi egyetlen férfi ősről vezethető vissza leszármazását, az első dolog, amit mindjárt tudni szeretnénk: mikor élt az illető. Ezen a ponton megint az abszolút kormeghatározás lép a színre. Ha megvizsgáljuk az M173 típusú kromoszómán található genetikai változatokat, vagyis a polimorfizmusokat, akkor elvileg meg tudjuk állapítani azt az időtartamot, amit létrehozásukhoz a mutációs óra igényelt. De ha mindegyik kromoszóma M173, akkor hogyan tudjuk a variációt tanulmányozni? Valóban mindnyájan megegyezők?

Szerencsénkre nem. Habár nagyon közeli rokonságban állnak egymással, és így osztoznak az M173-as markeren, vannak mellettük egyéb markerek is, melyek segítenek elkülöníteni őket. Eltérően a relatív kormeghatározáshoz, vagyis az Y-kromoszómán a sorrend megállapításához használt stabil markerektől, ezek nem egyszeri egybetűs változást hoznak magukkal a genetikai kódban. Létezésüket ehelyett annak köszönhetik, hogy a biokémia nyelve beszédhibás. Mikor DNS-ünket másoljuk, a molekula kettős szála felnyílik és törpe gépezetek, a polimeráz enzimek állnak neki a kemény munkának, hogy összeilleszték a kiegészítő másolatokat. Ne feledjük, ha már ismerjük az egyik szál szekvenciasorrendjét, egyúttal tudjuk a másikat is, köszönhetően a molekuláris biológia sérthetetlen törvényeinek. Az A (adenin) mindig T-vel (timin), míg a C (citozin) mindig G-vel (guanin) áll párba. Mindez nagyon szépen működik a genom 99%-ában, ahol a betűk egyedi sorrendben fordulnak elő, és a párosítási folyamat zökkenőmentesen zajlik. Genomunk egyes darabkái azonban nem ilyen egyszerű lelkek. Ezek a DNS-szálon egy sorba rendeződve, számtalan úgynevezett tandemisméltódésekből, vagyis ugyanazon szekvenciának a rövid szakaszaiból állnak össze. Gyakran kettős betűformációt

képeznek, mint CACACACACA..., de lehet három, négy vagy akár több betű is az ismétlődő motívumban. El tudjuk képzelni, mennyire megzavarja a polimeráz működését, ha a genom efféle abnormalis szakaszába botlik bele. Merthogy, ha egy tucat vagy még több ismétlődésünk van, akkor honnan a csudából lehet tudni, hol tartunk a szekvencián, vajon a tizediknél vagy a tizenegyediknél? Nem meglepő tehát, hogy a polimeráz viszonylag jelentős számú esetben (1/1000) elhibázza a kiegészítő szálak összeillesztését, és elvesz vagy hozzáad egy ismétlést. Ha mondjuk az eredeti szálon 12 ismétlődés volt, a másolaton már 11 vagy 13 jelentkezhet, pusztán a másolási véletlennek köszönhetően. Ezt a folyamatot nevezte Luca Cavalli-Sforza genetikai dadogásnak.

Egy az ezerből talán nem tűnik túl nagy gyakoriságnak, de más nagyságrendi dimenziókban kell néznünk a világot, ha a DNS replikációjáról beszélünk. Ha ugyanez a ráta volna érvényes akkor is, amikor a polimeráz egybetűs másolási hibákat csinál, átlagosan egymillió vagy még ennél is több hiba, illetve mutáció keletkezne a DNS másolása közben. Mivel a genetikai másolások az utódnemzés során zajlanak, ilyen feltétel mellett minden megszületett gyermek több mint egymilliónyi mutációval jönne világra. A biológia elég sötét szemmel tekintene ekkora mértékű mutációra, és nagyon valószínű, hogy a gyermek szörnyűsége öröklött betegségben halálozna el, ha egyáltalán megszületne. Így az újonnan megjelenő mutációk száma lényegesen szerényebb, egy generációban nem több húsz-harmincnál. Ez a szám körülbelül százezerszer alacsonyabb, mint amit a tandemismétlődéseknél láttunk, vagyis az új mutációk jelentkezése a normális szekvenciákon lényegesen ritkább. A tandemismétlődések egy szupergyors evolúciós autószertrádán haladnak és rendkívüli ütemben akumulálják a mutációkat.

A jelenségnek azonban nagyon kicsi hatása van az utód egészségére nézve, mivel a repetitív darabok a genom olyan régióiban foglalnak helyet, ami nem befolyásolja az egészséget, így a diverzitás tanulmányozásának megfelelő eszközei lettek. Mikroszatellit néven váltak közzismertté, és nagyon hasznos szolgálatot nyújtanak olyan leszármazási vonalak meghatározásához, melyekben nem találunk elegendő egybetűs variációt, mint például az M173-as kromoszómák esetében. Segítségükkel új módszerhez jutottunk az abszolút datálásban, és fel tudjuk használni őket a humán migráció idejét illető hipotézisünk teszteléséhez. A mutációk előfordulása egy nagyjából konstans érték szerint történik, tehát a variációk száma megmutatja,

milyen régóta tart maga a mutációs folyamat. Azt is elárulja, milyen öreg a hordozó kromoszóma, hiszen mindegyikük egy közös ősből származott le valamikor a múltban. Definíció szerint a variancia mértéke ezen a ponton zéró volt, mivel csak egyetlen másolat létezett.

Rengeteg M173 kromoszómából származó mikroszatellit megvizsgálása után derült ki, hogy varianciájuk mértéke körülbelül 30 ezer éves korra utal. Természetesen, mint minden időtartambecslésnél, itt is jelentős nagyságú hibával kell számolnunk, de ez tűnik az M173 marker legvalószínűbb korának. A kapott dátum azt jelenti, hogy az a férfi, aki útjára indította a nyugat-európaiak többségét, 30 ezer évvel ezelőtt élt, a recens afrikai diaszpóra tagjaként, továbbá végleg bebizonyosodott, hogy a neandervölgyiek nem lehettek a modern európaiak közvetlen elődei.

Tehát ez volt az a korszak, mikor a felső paleolitikum lerakta európai alapjait, és a neandervölgyiek népe végleg eltűnt a porondról. Még az archaikus chattelperroni kultúra 38 ezer évvel ezelőtti közbizottsága rövid kísérletet tett a továbbfejlődésre, de háromezer évvel később már a modern emberek feltartóztathatatlan menetelését, eszközkészletük gyors szétterjedését láthatjuk Európa-szerte, az úgynevezett Aurignaci kőszerszámkultúra diadalútját. A 30 ezer évvel ezelőtti időkre a neandervölgyiek lényegében már megsemmisültek vagy esetleg olyan elszigetelt menedékekben maradtak fenn, mint a spanyolországi Zafarraya. De 25 ezer évvel ezelőtről már tényleg semmilyen nyomukat nem tudjuk kimutatni. A genetikai és régészeti adatok egybeesése, valamint a korszak felső paleolit lelőhelyeinek nagy számából kikövetkeztethető népességrobbanás arra utal, hogy a modern ember ténylegesen a neandervölgyitől vette át annak életterét. De vajon aktívan irtottuk-e ki távoli rokonainkat Európa elözönlése közben?

## *Bébi és nagyik*

Se szeri, se száma a neandervölgyiek pusztulását feszegető elméleteknek. Tekintve a modern európaiak megérkezésében tapasztalható genetikai és régészeti egybeeséseket, talán a legkézenfekvőbb elképzelés, hogy az újonnan érkezők egyféle genocídium során valóban megölték őket. Azonban ennek tényleges bizonyítékát nemigen lehet felmutatni. Nem találtak prehisztorikus csatamezőket sem Francia-, sem Spanyolországban, és a

neandervölgyiek maradványain is csak elszórva lehet felfedezni mészárlásra utaló nyomokat. Persze nem kizárható, hogy az archeológia még csak ezután fogja felfedezni a neandervölgyi Waterloot, de az eddigi ismeretek alapján kizárható a fajok közötti háború. Valószínűleg inkább a természetes szelekció végezte el a piszkos munkát.

A felső paleolitikum modern emberének legfontosabb találmánya a komplex szociális struktúra volt. Amint korábban láttuk, ennek gyökerei az afrikai szavannán űzött kooperatív vadászig nyúlnak vissza. Fejlett eszköztárral felfegyverkezve és intelligens, szociális vadászcsapatokba rendeződve, a modern ember messze hatékonyabb lehetett, mint a neandervölgyi. Ez jól látszik az összes, eddig megtalált neandervölgyi maradványon, mivel mindegyik a kimerítő és kemény létfeltételek nyomait viseli. Legtöbbjüknek eltört a csontja, és nagyon soknak volt olyan komoly sérülése, ami a csoport kevésbé eredményes tagjává fokozta le őket. Amit a modern ember eszközzel és ésszel ért el, azt a neandervölgyi nyers erejével próbálhatta meg teljesíteni. Ez a fizikailag önpusztító életmód tette őket nagyon rövid életűvé. Néhány neandervölgyi megértte az ötvenet, de zömük harmincévesen halt meg.

A neandervölgyiek mindig is szétszórt szociális szerkezetet alkottak, kisszámú, távoli csoportjaik mindegyikének megvolt a saját, lokális szerszámkészítési stílusa. Ráadásul néhány antropológus azt feltételezi, hogy a különböző neandervölgyi csoportok eltérő nyelvet használtak, ami csak megerősítette populációik feldarabolódását. Akár igazak a fentiek, akár nem, népességük szétszórt, kisebb csoportokba tömörülő jellege minden bizonnyal a viszonylag szigorú észak-európai jégkorszak kedvezőtlen körülményeihez való alkalmazkodást tükrözi. Ez ugyan lehetővé tette, hogy kiterjedt térségek élelemforrását aknázzák ki, hiszen így megnőtt a zsákmány lokalizálásának esélye, de egyben ez okozta vesztüket is.

Ezra Zubrow antropológus számításai szerint a fertilitásban való 1%-os csökkenés vagy a mortalitás ugyanekkora léptékű növekedése már ezer év alatt a neandervölgyiek kihalásához vezethetett. Ez a szám tökéletes összhangot mutat egy másik modellel, melyben a nagy hatékonyságú modern ember fokozatosan zárta el a neandervölgyieket táplálékforrásaik elérésétől. Ahogy egyre szűkebb és szűkebb élettérbe szorultak vissza, a neandervölgyiek egyre kevésbé voltak képesek beszerezni a fennmaradásukhoz szükséges tápanyagmennyiséget. Végül létszámuk csökkenési ütemét egy bizonyos pont után a lemorzsolódás is fokozni kezdte, hiszen még a párkeresés is komoly

nehézségekbe ütközött. Kétségkívül mindez csak találgatás, de a felvázolt kép meglehetősen jól illeszkedik a felső paleolitikum emberének érkezési dátumához, a mitokondriális DNS segítségével kiszámolt, 30 ezer évvel ezelőtt lezajlott hirtelen expanzióhoz, és végül a neandervölgyiek ugyanekkor bekövetkezett eltűnéséhez. A modern ember azon képessége, amivel behozhatatlan előnyhöz jutott a neandervölgyivel való versenyfutásban, csupán mellékterméke volt egy lényegesen összetettebb viselkedésbeli adaptációinknak. Valószínűleg, mint fejlettebb vadászati stratégia indult, de később a komplex szociális együttműködés hálózatához vezetett. Párosult továbbá a kevésbé erőt próbáló életstílussal, ami pedig élettartamát növelte meg a neandervölgyihez képest. Sok felső paleolitikumi ember megérte ötvenéves éveit, jócskán meghaladva ezzel a szaporodási korát. Mint tudjuk, jól jön az öreg a háznál, és ez egy újabb érv, hogy miért tudtuk átvenni a neandervölgyiek helyét. Az ösztönök helyett a tanulásra és tanításra való támaszkodás az egyik emberi tulajdonság, ami megkülönböztet minket a többi állattól. Életünk kezdetének javát a tanulásra fordítjuk, és jócskán húszas éveink derekáig nem érezzük úgy, hogy fel lennénk vértelve a kellő tudásmennyiséggel, amire alapozva már képesek lennénk gondolataink szintetizálására vagy nekiállhatnánk másokat tanítani. Minél idősebbek vagyunk, annál több tudást halmozunk fel, és annál hatékonyabban tudunk segíteni utódainknak, akik a mi tapasztalatainkra szeretnének támaszkodni. A nagyszülők, akárcsak az egyetemi professzorok „már jártak ott, már csinálták azt”, és most itt vannak velünk, hogy a mesét továbbadják. A nagyszülő a háznál a termékenységet is megnöveli, hiszen (ahogy bármely fiatal szülő ezt igazolhatja) gondoskodhat a gyerekekről, amíg a fiatalok élik az életüket. Ez többek között a folyamatos gyermekfelügyeletet is magában foglalja, és esetleg ez a kis előny is hozzájárult a neandervölgyiek feletti győzelemhez. Kristen Hawkes antropológus szerint a nagyanyaság – a nagyanya gyermekek feletti felügyelete –, fontos szerepet játszott a modern emberi populációk expanziójában. Talán már ez az apró előny behozhatatlan hátrányt jelentett a neandervölgyiek számára.

## *Lépcsőfokok*

Akármi is vezetett a pusztuláshoz, az utolsó neandervölgyi a modern ember érkezése után pár ezer évvel kilehelte a lelkét. Harmincezer



évvel ezelőttől kizárólag teljesen modern emberek maradványait találjuk Európában. Őket gyakorta nevezik crô-magnoniaknak, a névadó sziklaüreg után, ahol első csontleleteiket megtalálták Franciaország délnyugati részén 1868-ban. A korai európaiak kecsesebbek és lényegesen magasabbak voltak neandervölgyi szomszédaiknál. Amíg ez utóbbiak tipikusan 165 cm magasra nőttek, addig a hosszú lábú crô-magnoniak gyakorta meghaladták a 180 cm-t. A paleoantropológusok, köztük Erik Trinkaus szerint ezek a testarányok melegebb éghajlati övbe helyezik eredetüket. A hidegebb európai régióhoz szokott neandervölgyieknek zömök, izmos testfelépítésük volt. Mindebből következtethetünk, hogy a crô-magnoniak valahonnan délről, kisebb vidékekről vándoroltak Európába.

Korábban már láttuk, hogy a közel-keleti klánhoz tartozó származási vonalak alig-alig lelhetők fel Európában, pedig várakozásaink szerint az Afrikából kilökődő hullámnak a Közel-Keleten keresztül egyenesen oda kellett volna vezetnie. Harmincezer éves markerünk, az M173 a többihez képest tetemes előnyhöz jutva nagyon magas gyakoriságot mutat az elszigetelt európai népekben (kelták, baszkok), és ahogy azt a régészet igazolta, kora nagyjából megegyezik az első telepek létrejöttével. Az egyéb európai vonalak fiatalabbak az M173-nál, így annál később érkezhettek, vagy magának az M173-nak leszármazottai. Tehát az M173 az első modern európaiak legvalószínűbb markere, az európai klán genetikai jele. Természetesen ez is csak végpontja egy genealógiai leszármazás hosszú vonalának, amely visszavezet az M168-hoz, illetve az afrikai Ádámhoz. Az utolsó előtti marker azonban azt a misztikus kérdést is megoldja, hogy honnan érkeztek a legkorábbi európaiak. Az M45 marker egy lépcsőfokot jelent az M173 irányába, és ezzel az európaiakat a közép-ázsiai klán alcsoportjába sorolja be.

Ahogy már az előzőekben megtárgyaltuk, a sztyeppék 30-40 ezer évvel ezelőtt, mint valami pólyaköteg takarták be Eurázsia kiterjedt területeit. A felső paleolitikum vadászána ez az ökoszisztéma maga volt a bőségszaru. A füves síkságokat követve lehetővé vált, hogy a modern ember eljusson Európa szívébe nyugaton csakúgy, mint kelet felé Kínába és Koreába. Ebben a periódusban a sztyeppe övezet egészen Németországig húzódott, és valószínűleg benyúlt még Franciaország területére is. Francia barlangokban talált 30 ezer éves leletekből tudjuk, hogy a rénszarvas, ez a hideg pusztákhoz és a tundrahoz alkalmazkodott patás, akkoriban egészen közönséges volt

Franciaországban. Az éghajlati viszonyok ajtót nyitottak Európa testén, amin keresztül Közép-Ázsia sztyepplakó vadászai beléptek a kontinens területére. Hamarosan, talán néhány ezer év leforgása alatt egyedüli urai lettek a meghódított vidéknek.

Valószínű, hogy sztyepei tartózkodásuk alatt sokat csiszoltak vadászati módszereiken. A technológiába beépített új innovációk így jóval nagyobb előnyökhöz juttatták őket a neandervölgyiekkel szemben, mint az lehetséges lett volna, ha egyenesen Afrikából érkeznek. A sok ezer év alatt, amit a közép-ázsiai pusztákon töltöttek, a kihívásokkal teli környezetben bizonyosan átestek egy sor intenzív kulturális adaptáción. Ez szinte elmosta a zömök és alacsony neandervölgyiek százezer évek óta tartó biológiai adaptációját. Mint viszonylag újsütetű emigránsok a trópusi Afrikából, a felső paleolitikum embere kezdetben biztos, hogy gyengén volt felfegyverkezve az északi félteke kihívásaival szemben. De a közép-ázsiai sztyeppék jó tanítómesterei lettek, és megfelelő képességi szintre juttatták a bolygó legzordabb körülményeinek túlélésében. A nyugat-európai barlangok kifejezetten vendégszerető helyeknek tűnhettek a kazah puszták sűvöltő szeleihez képest.

Ez a tanulási folyamat lehet a magyarázata annak, hogy a közel-keleti vándorok miért nem jutottak domináns szerephez Európában. Habár a Balkán-félsziget hegyei és erdei az áthaladás erős gátjai voltak egy sztyeppéhez szokott faj esetében, néhány közel-keleti bevándorló mégis keresztülvágott rajtuk. Eltöprenghetünk azon, hogy Y-kromoszómájuk talán azért van jelen ilyen alacsony gyakorisággal, mert a hordozó populáció nem állt készen a Nyugat-Európában rá váró szigorú életkörülmények leküzdésére. De ez egyelőre nem több pusztá találgatásnál. Egy dolog viszont teljesen világos. Minden európai férfi, köztük jómagam leszármazási vonala is egészen messze, a 35 ezer évvel ezelőtti Közép-Ázsiába vezet vissza. Érdekes módon ez a tény kapcsol össze minket a kis létszámú szibériai populációkkal, akik az eljegesedés tetőfokán vágtak neki Északkelet-Ázsia fagyott tundráinak.

## *Az utolsó frontvonal*

Zaliv Kreszta, a Kereszt-öböl Oroszország keleti peremén fekszik, 10 ezer km-re Moszkvától. Az év hat hónapjában keményre fagyott, vaskos tengeri jégpáncél zárja el Egvekinot egykori szovjet települést a világ többi részétől. Megközelítésére az egyetlen lehetőség egy kétórás

helikopterút Anadirból, a legközelebbi városkából, amit még rendszeres légi járatok kötnek össze a külvilággal. Innen újabb nyolcórás út következik, állig felfegyverkezett katonai személyzet kíséretében, mire átlépve a sarkkört az első rénszarvascsordákat megpillanthatjuk. Az az érzése az embernek, hogy ennél félreesőbb hely nincs is a Földön.

A zord környezethez alkalmazkodott népek, elsősorban a csukcsok, az emberi adaptáció csodái. Olyan életformát fejlesztettek ki, ami számunkra elképzelhetetlenül viszontagságos helyzetben biztosítja a túlélést. Mikor 2001 novemberében meglátogattam őket, a hőmérséklet már -50 fokra zuhant éjszakánként, de a leghidegebb hónapokban ez elérheti a -70-et. A tundra tájképe nem e világi, a földet hó és fagy borítja szeptembertől júniusig, ehető növényzetnek nyoma sincs erre felé. A csukcsok teljes egészében rénszarvasaikon és a befagyott folyókon ütött lékekből fogott halakon élnek. Túlélési sikerük záloga a technológia, ami szinte semmit sem változott az elmúlt néhány ezer év alatt. Ruháikat rénszarvasbőrből és inakból varrják, irhából és fapóznákból épített sátrakban laknak, és rendületlenül követik állataikat, amint azok lédús zuzmókat keresgélve vándorolnak az egyetlen elérhető táplálékforrás nyomában.

Többségünk a modern világ viszonylagos kényelmét élvezzi, és lehetetlen elképzelnünk, hogy emberek egyáltalán hogyan létezhetnek ilyen körülmények közt. Mégis élnek, sőt gyarapodnak egy olyan éghajlaton, ami napokon belül megölne minket. Az összes emberszerű lény közül, akik az elmúlt néhány millió évben éltek, egyedül a modern ember volt képes fennmaradni a kietlen sarkvidéken. A feltételek egyszerűen túl szigorúak ahhoz, hogy a szerencsét próbálók megengedjenek bármekkora mentális melléfogást. A természetes szelekció csak az intellektuális kapacitás magas fokán állóknak tette lehetővé a túlélést ebben a fagyott evolúciós laboratóriumban.

Ez a magyarázata annak, miért csak 20 ezer évvel ezelőtről találjuk meg a humán területfoglalás első nyomait Ázsia sarkvidégein. Ahogy a genetikai és régészeti leletek tanúsítják, a modern ember már 40 ezer éve eljutott Dél-Szibériába, de újabb húszezer esztendőre volt szüksége a sarkvidéki életfeltételhez elengedhetetlenül szükséges kulturális adaptációhoz. Az is valószínű, hogy akkoriban még nem volt érzékelhető semmilyen populációs nyomás, ami elvileg szintén előidézhetette volna az északra vándorlást. Akármi is legyen az oka, az első északkelet-szibériai lelőhelyeket, mint a Jakutszktól délnyugatra fekvő djuktaj-it vagy a kamcsatkai uszki-tavit 20 ezer évesnek datálják.

A Szibériában ez idő tájt letelepedett emberek a déli és nyugati populációktól gyökeresen különböző eszköztárral rendelkeztek, nyilvánvalóan magas fokon adaptálódott életformájuknak köszönhetően. Alapvetően mikroliteket készítettek, vagyis mindkét oldalukon megmunkált, szimmetrikus levélalakra emlékeztető apró köhegyeket. Hasonló típusú kőeszközök kerültek elő a legkorábbi amerikai lelőhelyekről is, ez pedig közvetlen folytonosságot jelez a szibériai és az amerikai kultúrák közt.

Az embertan művelői már régóta sejtik, hogy az amerikai indiánok és az ázsiaiak közös eredetű népekből állnak. Még Thomas Jeffersonnak is volt egy feljegyzése erről az 1787-ben kiadott „Jegyzetek Virginia Államról” című művében:

...még ha Ázsia és Amerika kontinensei el is válnak egymástól, köztük csupán egy keskeny szoros húzódik... és a hasonlóság az amerikai indiánok, valamint Ázsia keleti lakosai közt arra enged következtetni, hogy vagy az előbbieket leszármazottai az utóbbiaknak, vagy az utóbbiak az előbbiekek...

Számos antropológiai sajátosság, köztük legismertebb talán a sinodontiának nevezett fogazati bélyeg, megtalálható Északkelet-Ázsiában és a két amerikai kontinensen egyaránt. A XX. század közepén az antropológusok, köztük Carleton Coon is az indiánokat, külső megjelenésük alapján a mongoloid rasszba osztályozták be. A gond csak az volt, hogy senki sem tudta, milyen régóta élnek ott az amerikai őslakosok, és mikor válhattak el ázsiai unokatestvéreiktől. Az 1950-es évek kutatásai során radiokarbon vizsgálattal 11 ezer évesnek írtak le egy régészeti lelőhelyet az új-mexikói Clovisban. A clovisi maradványok közt levél alakú lándzsahegyeket találtak a kihalt mamutok csontjaival azonos talajrétegben, ami rögtön felhívta a figyelmet a leletek antikvitására. A rá következő két évtizedben az Észak-Amerikában bárhol feltárt lelőhelyek hozzávetőlegesen ugyanilyen korúnak bizonyultak. A régészeti eredményekből kibontakozó kép azt sejtette, hogy az első emberek 12 ezer évnél biztosan nem korábban jelentek meg Amerika földjén.

Az 1970-es és 80-as években azonban három másik ásatás, egy Észak-, kettő pedig Dél-Amerikában bizonyítékokkal szolgált az ember Clovis-előtti jelenlétére. A Meadowcroft Rockshelter-ásatás Pennsylvániában olyan tárgyi leleteket tartalmazott, amiket eredetileg 14 ezer évesnek datáltak a radiokarbon vizsgálatok, vagyis háromezer

évvél fiatalabbnak, mint Clovis. A gondosság, amivel Meadowcroftot feltárták, igazán meggyőző volt, és bár a legkorábbi területfoglalás időpontját ennél későbbre tették (kb. 12 500 évvel ezelőttre), mégis az antropológus társadalom zöme elfogadta az új eredményt. Dél-Chilében, a Monte Verde lelőhely hasonló korúnak adódott, mint Meadowcroft, úgy 13 ezer évesnek találták, habár az egyik közeli tűzrakóhely korát nem kevesebb mint 33 ezer évre becsülték. Ezt a korábbi dátumot kevesen fogadták el, így Meadowcrofthoz hasonlóan, Monte Verde kora is 13 ezer évről rögzült.

A Monte Verde-i maradványok kora azt sugallja, hogy az ember beáramlása Észak-Amerikába több száz évvel korábban meg kellett történnie, és ez valamennyivel hátrább tolta a betelepülés időpontját. Az utolsó feltárás volt azonban az igazi bombahír. A Nature tudományos folyóirat 1986-os számában jelent meg egy cikk, aminek már a címében Niede Guidon archeológus összefoglalja a lényegét: a C<sup>14</sup>-es kormeghatározással az ember amerikai megjelenése 32 ezer évesnek bizonyult. Az eredmény saját feltárásából származott, az északkelet-brazíliai Boqueirão de Pedro Furada barlangból, és úgy tűnt, kihúzza a szőnyeget a „poszt-13 ezer év” konszenzusa alól. A tüzetes vizsgálat azonban nem tudta igazolni Guidon eredményeit. A helyszínen talált meszet Guidon egy tűzhely maradványának gondolta, és ennek radiokarbon korát mérte be, de sajnos akár egy természetes tüzeset maradék nyoma is lehetett. Továbbá az ott felfedezett, nyersen megmunkált kőeszközök nem tűntek meggyőzően emberi eredetűnek, könnyen lehettek természetes aprózódás termékei is. Ezek a kétségek vezették Richard Klein paleoantropológust a következő jóslat tételére: Furada hamarosan csatlakozik az ember korai amerikai betelepülését illető bizonyíthatatlan feltételezések hosszú listájához.

Összegezve elmondhatjuk, a tényként kezelhető régészeti leletek zöme az amerikai betelepülést az elmúlt 15 ezer éven belülre helyezi. Van azért egy kis probléma ezzel az elképzeléssel: a jégkorszak a legintenzívebb fázisában tartott akkoriban. Ha az ember Szibéria felől érkezett, ahogy azt az antropológiai és archeológiai bizonyítékok mutatják, a Föld legbarátságatlanabb vidékét kellett átszelnie, pont mikor annak elviselhetősége a mélypontra jutott. Ez a vándorlás elképzelhetetlen nehézségekkel járhatott egy olyan faj esetében, amely nem sokkal korábban hagyta el trópusi hazáját. Vajon tényleg lehetetlen volt szembeszállni ezzel a kihívással? Ezen a ponton ismét a genetika segítségére kell támaszkodnunk.

Doug Wallace az 1980-as évek elején Stanfordban részt vett a mitokondriális DNS-analízis kidolgozásában. Mire áttelepült az Emory Egyetemre a nyolcvanas évek közepén, figyelmét már teljes mértékben az amerikai indiánok eredete kötötte le. Mindenekelőtt azzal próbálkozott, hogy az mtDNS segítségével az indiánok leszármazását jól körülhatárolható ázsiai populációkig vezesse vissza. Antoni Torronival együtt leköszölt 1992-es publikációjuk első volt ebben a témában, és azt mutatta be, hogy az amerikai őslakosok bevándorlása legalább két migrációs hullámra bontható szét. Míg a korábbi eredményeképpen mind Észak-, mind Dél-Amerika benépesülése megtörtént, addig a későbbi genetikai keréknyomok már csak Észak-Amerikában észlelhetők. A migrációk időpontjára vonatkozólag igen széles időtartományt adtak meg, szerintük az áttelepülés a 6-34 ezer évvel ezelőtti periódusban bármikor lejátszódhatott. Az eredmények azt mindenesetre igazolták, hogy az indiánoknak és az északkelet-ázsiai népeknek közös mitokondriális őse van.

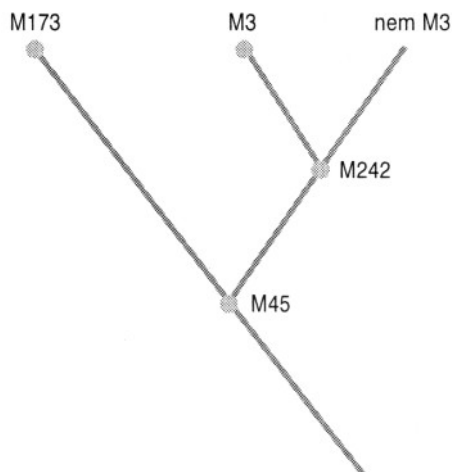
Illeszkedik-e ez a mintázat a mi Y-kromoszóma-adatainkhoz? Peter Underhill és társai 1996-ban találták meg a választ erre a kérdésre. Underhill talált egy egyszeri nukleotid váltást az Y-kromoszómán, amit később M3-nak nevezett el. Ez a csere nagyon gyakran bizonyult mind a két amerikai kontinensen. Mintagyűjtésük az amerikai indiánokból kétségkívül nagyon alapos volt. Míg a dél- és közép-amerikai férfiak több mint 90%-a hordozta az M3-at, addig Észak-Amerikában ez az arány 50%-ra csökkent. Egyértelműen ez a legjelentősebb indián Y-kromoszóma alapító marker, az amerikai klán meghatározója.

Nem kis gondot okozott viszont, hogy az M3-at nem tudták kimutatni Ázsiában. Ez valószínűleg fiatal korának tudható be, amit Underhillék csupán 2000 évesnek becsültek meg. A kor becslése azonban nem állt biztos lábakon, mivel a munka idején az Y-kromoszóma-analízis még gyerekcipőben járt, és az M3 diverzitásának méréséhez használt mikroszatellit mutációs rátája nem volt kellőképpen ismert (ugyanazt a módszert alkalmaztuk Európában, az M173 kormeghatározásához). Így a fenti eredmény akár 30 ezer év is lehetett volna. További erőfeszítésekre volt szükség.

1999-ben újabb vállalkozó kedvű kutatók léptek színre Fabricio Santos és Chris Tyler-Smith (Oxford), valamint Tanya Karafet és Mike Hammer (University of Arizona) személyében. A két egyetemi csoport egymástól függetlenül jelezte, hogy az M3 őse egy nem definiált nukleotid váltás volt az Y-kromoszómán, 92R7 marker név alatt. A

92R7 jelenlétét szerte Euráziában kimutatták Európától Indiáig. Egyéb nukleotid váltásokkal kombinálva végül Szibéria bizonyult az amerikai őslakók őshazájának, megerősítve ezzel Wallace mtDNS-ből kimutatott eredményeit. Sajnálatos módon igen nehéz feladatnak bizonyult a 92R7 korának meghatározása, éppen széles körű elterjedtsége miatt. Ezért további markerek bevonására volt szükség a leszármazási vonalon, hogy körül lehessen határolni azt a populációt, amiből az amerikai őslakók kibontakoztak. Amint az a későbbiekben kiderült, az M45 ugyanazt az Y-kromoszóma-vonalat jelöli, mint a 92R7, így az eredményeket jobban lehetett értelmezni. Volt nekünk egy közép-ázsiai markerünk, amiből megszületett az európai M173-as vonal. Úgy tűnik, a közép-ázsiai klánnal ugyanez játszódtott le, vagyis ahogy átléptek az Újvilágba, menetközben magukra szedték az M3-as markert. Ez már világosan kijelöli az útvonalat Afrikából a Közép-Keleten át Amerikáig, keresztül az eurázsiai sztyeppéken, de még mindig főni hagyta a fejünket amiatt, hogy vajon mikor történt meg az első behatolás az ismeretlen földrészre. A genetikai és régészeti adatok alapján úgy tűnt, negyvenezer és tizenkétezer közt bármikor.

Az M45 származási vonal egy újabb keletű analízisével Mark Seielstad és jómagam meghatároztunk egy újabb markert, az M242-öt, az M45 egyik leszármazottját. Ha minden igaz, valahol Közép-Ázsiában vagy Dél-Szibériában kelt életre mintegy 20 ezer évvel ezelőtt, majd keresztüljutott Ázsián, Dél-Indiától Kínáig, Szibériáig, végül pedig kikötött a két amerikai kontinensen. Legnagyobb gyakorisággal Szibériában mutatható ki, így nevezhetjük szibériai markernek is. Közvetlen elődje volt az M3-nak, tehát egy M45>M242>M3 evolúciós sor állítható fel belőlük (8. ábra). Ez a láncolat vezeti végig az emberi migrációt Közép-Ázsiából Amerikába egy körülbelül húszezer éves periódus alatt. Az M242 tűnik a legidősebb genetikai markernek az amerikai kontinensen. Az Y-kromoszómás eredmények tehát az Amerikában feltárt mtDNS-éhez nagyon hasonló képet adnak, de jócskán leszűkítik a belépés lehetséges dátumát. A 20 ezer évet megelőző időpont feltételezése egyértelműen összeegyeztethetetlen a tényekkel, mivel az M242 akkor még valahol Szibériában járt. Egybehangzóan a régészeti leletekkel, egy későbbi migráció Szibériából mindenképpen valószínűbb.



8. ábra Az M45 a legtöbb nyugat-európainak (akiknek M173-as markerük van) és az amerikai őslakóknak közös őse

Az amerikai őslakók genetikai analízise világított rá a vándorlás egy korábbi fázisára, mikor a szibériai klán 20 ezer év leforgása alatt délről keletre helyezte át székhelyét. A kezdeti költözés során alakult ki egy stabil populáció Ázsia északkeleti peremén. Mivel már korábban is a sztyepei vadászathoz alkalmazkodtak, szinte teljes mértékben a nagyvadak, így a pézsmatulok, a mamut és a rénszarvas elejtésére tudtak támaszkodni a távoli északon is. Ezek a tökéletes vadászok, finoman megmunkált mikrolit eszközeikkel, hordozható lakhelyükkel és a szélsőséges hidegnek ellenálló ruházatukkal, lépésről lépésre terjesztették ki fennhatóságukat kelet felé. Ahogy a jégkorszak egyre hidegebb klímát teremtett, és a vízgőz fokozott mennyiségben fagyott ki a jégsapkákban, a tenger szintje 100 méternél is többet apadt. A változás eredményeként jött létre egy széles földhíd Szibéria és Alaszka közt, egy jégmentes terület, amit korábban víz borított el. A szibériai klán könnyedén mozoghatott oda-vissza ezen az átjárón, kettős ázsiai-amerikai életet folytatva.

Mindazonáltal az első amerikaiak 15-20 ezer évvel ezelőtt jelentős akadályba ütköztek. További vándorlásukat dél felé majdnem biztosan megakasztotta egy hatalmas, összefüggő jégpáncél terjeszkedése Kanada északi és Alaszka keleti felében. Mikor 15 ezer éve végre a jég zsugorodni kezdett, csak akkor vált lehetővé a korábban fagyott belső területek feltárása és a nagy belépő az észak-amerikai prérire. Mindez valószínűleg az úgynevezett jégmentes folyosón keresztül történt, ami



a paleoklimatológusok szerint a Sziklás-hegység keleti szegélye mentén futott végig.

Körülbelül ebben az időben hatolt be a grizzly Szibériából Észak-Amerikába, ami annak a jele, hogy nem csak az emberi lényeket állította meg az alaskai jég. Tehát a húszezer éves genetikai kor, csakúgy mint az éghajlati adottságok a kiterjedt eljegesedéssel és a lecsökkent tengerszinttel, elfogadható magyarázatot nyújtanak, miért nem találunk korábbi archeológiai nyomokat az ember jelenlétére a két amerikai kontinensen. Nem kizárt, hogy a régészek egyszer csak felfedeznek egy 15 ezer évnél korábbi lelőhelyet, de eddigi ismereteink a viszonylag késői bevándorlás elméletének kedveznek. A kövek és csontok egyetértének a DNS-sel.

## *A balsors*

Érdekes módon, az amerikai őslakóktól származó genetikai adatok alapján elvileg megbecsülhettük, hogy hozzávetőleg mennyi ember alkothatta az első migrációs hullám csoportjait. Ismernünk kellett a kromoszómák számát, amivel meg tudtuk húzni az amerikai genetikai vonalak jelenkori elterjedésének határait, és meg kellett állapítanunk, mekkora diverzitás halmozódott fel bennük, amióta az újvilági kontinensen élnek. Az őshonos amerikaiakban megtalált összes mtDNS és Y-kromoszóma típust is számításba véve, a becslések szerint az alapító populáció nem lehetett több 10-20 főnél. Mivel azonban számos leszármazási vonal kihalhatott az elmúlt 15 ezer év során, ez a szám (ahogy a francia halászlé esetében is) minden bizonnyal erős alábecslés. Talán néhány tucat vagy pár száz fő vihette végbe a kontinentális átkelést. Az is világos, hogy az amerikai diverzitás csak töredéke az Euráziában találtnak, ami viszont pusztán kicsiny hányada az afrikainak. Az Alaszkába átkelők közül csupán néhányan hagytak leszármazottakat maguk mögött. A mai őslakos amerikaiak a szívós beringiai elődök szignáljait hordozzák magukban. Felmenőik ezer évvel ezelőtt a dermesztően hideg világ legmélyére merészkedtek, és pusztán az életben maradási próbálták meg kiharcolni maguknak a távoli észak fagyott síkságain.

Miután átküzdötték magukat a rideg jégvilágon, az észak-amerikai préri maga lehetett az ígéret földje szemükben. Ott terült el előttük egy füves síkság, hasonlatos ahhoz, amit réges-rég maguk mögött hagytak Közép-Ázsiában, és a tájat legelő állatok csordái lepték el. Olyan volt

ez az élmény, mintha valaki hetekig hánykolódna egy tutajon az óceán közepén, aztán hipp-hopp egy szupermarketben bukkanna elő. Az új élettér elfoglalása megmutatkozott a drámai lélekszám-növekedésben. Lévén felettébb hatékony vadászok, a Szibériából érkező honfoglalók jócskán kiaknázták az ölükbe pottyant szerencsét. Ezer év alatt lejutottak egészen Dél-Amerika csúcsáig úgy, hogy közben lényegében kiirtottak minden állatfajt, ami a síkságot olyan bőséges vadászmezővé tette. Amerika nagy emlőseinek háromnegyedét a kipusztulásba kergették, köztük a mamutot és a lovat is, ez utóbbi akkor jelent meg ismét, mikor a spanyolok betelepítették Amerikába a XVI. század elején. Az ember nem egyedül végezte el ezt a piszkos munkát. Az utolsó jégkorszak végén bekövetkezett klímaváltozás szintén vezető szerephez jutott, és így közösen nyújtották át a bürökpoharat a síkságok szelíd óriásainak.

## *Hullámszámlálás*

Az amerikai őslakosok eredetének kutatásában az egyik legfajszínűsített kérdés első hallásra egyszerűnek tűnik: a migrációk hány hulláma vezetett el az Újvilágba? Ha a legkorábbi amerikaiak Szibériából érkeztek, vajon jöttek-e még mások távolabbi tájakról? A 9500 éves „europid” koponya, amit mostanság ástak ki Kennewickben, Washington államban, ősi kapcsolatra utal Európával. Néhány antropológus hisz abban, hogy ausztrál aboriginek vándoroltak Dél-Amerikába, míg mások szerint ezer évvel ezelőtt a japánok sikeresen vitorláztak át a Csendes-óceánon. Tudnak-e a genetikai adatok segíteni a számtalan felvetés átrostálásában és ki lehet-e szűrni a valós lehetőségeket a sok számárság közül.

A nyelvészet talán adhat valami kapaszkodót. A több mint hatszáz, Amerikában beszélt nyelv már nagyon régóta a lingvisztika érdeklődésének központjában áll. Rokonai vajon egymásnak vagy a diverzitás egyszerűen túl magas ahhoz, hogy besoroljuk őket néhány nyelvcsaládba? Joseph Greenberg amerikai nyelvész, akinek majd újabb szerepet szánunk a következő fejezetben, az ötvenes években vetette fel azt a gondolatot, miszerint az összes amerikai nyelv egy nyelvcsaláddhoz tartozik, az úgynevezett amerindhez. Bár a hipotézis nem örvendett nagy népszerűségnek tudományos körökben, Greenberg elszántan védte álláspontját, mígnem néhány tudós hajlani kezdett elfogadására. Az amerind magában foglalja az összes dél-amerikai

nyelvet és az észak-amerikaiak egy részét. Mellette két másik nyelvcsaládot ismertek el: a na-denét és az eszkimó-aleutot. Az eszkimó és aleut nyelveket Grönlandon, Kanada északi részén, valamint Alaszkában és Kelet-Szibériában beszélik, míg a na-dene Nyugat-Kanadában (atapaszk) és az USA délnyugati államaiban (apacs, navaho) terjedt el. Vajon a nyelvcsaládok adnak-e támpontot az amerikai vándorlás történetéhez?

Greenberg elmélete szerint minden egyes nyelvcsalád egyetlen, saját migrációs hullámmal érkezett az Újvilágba. Ezután vándorlás közben mindegyikük terjeszteni kezdte a hozzá tartozó nyelveket kontinensszerte, kialakítva azt az elterjedési mintázatot, amit napjainkban láthatunk. Ez a modell valamilyen mértékű genetikai korrelációt tételez fel a nyelvi csoportokkal, hiszen ha a migráció inkább emberek, mintsem a nyelvek helyváltogatását jelenti, akkor a géneknek is mozogniuk illik. Új keletű genetikai kutatások igazolták Greenberg osztályozási rendszerét, és azt a teóriát valószínűsítik, miszerint valóban legalább két migrációs hullám indult el Ázsia különböző területei felől.

Greenberg úgy véli, hogy az amerind család érkezett az első migrációs hullámmal, mert ez terjedt a legjobban, és ezt az egyet beszélik Dél-Amerikában. A genetikai adatok harmonizálnak a feltevésével, mert mind az észak- mind dél-amerikai amerind népekben magas gyakorisággal vannak jelen az M242 és M3 markerek, jelezve ezzel a szibériai klánhoz való tartozásukat. Torroni és Wallace mtDNS-adatai szintén a korai amerind beáramlásra utalnak Amerikában. Úgy tűnik tehát, hogy beringiai vadászaink hozták magukkal a modern amerind nyelvek elődjét, majd a 12 ezer évig tartó divergencia rendkívül színes nyelvi változatosságban öltött testet.

Mivel a na-dene család a második legelterjedtebb, Greenberg jogosan tételezte fel, hogy a bevándorlás második hulláma hozta be az amerikai kontinensre. Láss csodát, a kései migráció genetikai szignáljai is előkerültek. Meglepő módon azonban ez már egy korábban megismert partvidéki marker, az M130 képében jelentkezett. A na-dene populációkban a férfiak nem kevesebb mint 25%-ában van jelen ez a marker, míg gyakorisága lényegesen alacsonyabb a környező észak-amerikai amerind nyelvűek esetében. A dél-amerikaiakból pedig egyenes hiányzik. A genetikai adatok azt igazolják, hogy az M130 az elmúlt 10 ezer éven belül terjedt el Amerikában, és a nyelvcsalád eredete Észak-Kínába vagy Délkelet-Szibériába helyezhető. Ebben az időben a Bering-szorost ismét elborították a tenger hullámai, így a

bevándorlók majdnem egészen bizonyosan a tengerpart vonalát követve, csónakon érkeztek meg új hazájukba. Ezt a hipotézist a na-dene nyelvek jelenlegi elterjedése is alátámasztja, hiszen kizárólag Észak-Amerika nyugati felére korlátozódik. Az ősök minden bizonnyal a Csendes-óceán szegélye mentén vándoroltak végig, és egészen Kalifornia magasságáig is eljutottak. A na-dene nyelvek mai elhelyezkedése a partvidéki vándorlás folytonosságára utal, hiszen már 50 ezer évvel ezelőtt elindult Afrikából, és kelet felé haladva elérte Indiát, Délkelet-Ázsiát végül Ausztráliát, majd észak felé fordulva a Sarkvidék és Amerika felé vette az irányt. A partvidéki marker ősrégi viszonyt tár fel a kiterjedt térségek lakói közt.

No és hogy állunk az eszkimó-aleut nyelvűekkel? Úgy tűnik, ennek a csoportnak nincs jellegzetesen elkülönítő genetikai bélyege, valószínűleg az M242-t hordozó szibériai klán egyik aleggységként alakultak ki, csak épp a tengerparti életmódot vállalták magukra. Kelet felé, egészen Grönlandig vándoroltak kajakokat használva a rozmár és fókavadászatához, de genetikai vonaluk egyértelműen a szibériai ősohöz, a húszezer éves tundralakó mamutvadászokhoz kötik őket.

A többi, akár Európából, akár Ausztráliából kiinduló migrációkhoz illeően jelenleg nincs meggyőző genetikai bizonyíték a kezünkben. Ugyan a na-dene nyelvű indiánokat az M130-as marker összeköti az ausztrál aboriginékkel, a kapcsolat nagyon ősi, és több tízezer évvel ezelőtti közös eredetet tükröz valahol Délkelet-Ázsiában. Hasonló a helyzet az európaiakkal, nekik Közép-Ázsiában volt közös ősük az amerikai őslakók nagyobbik felével, ez világosan látszik abból, hogy mindkét csoportban meglehetősen magas gyakoriságú az M45 marker. Továbbá, mivel a szibériaiak és a felső paleolitikumi európaiak eredendően ugyanabból a közép-ázsiai klánból származnak, egyáltalán nem lenne meglepő, ha kezdetben erősen hasonlítottak volna egymásra. A Kennewicki Ember, aki minden bizonnyal az első bevándorlási hullámmal érkezők leszármazottja volt, még megtartott valamennyit a közép-ázsiai karakterekből, amit végül europidnak azonosítottak be. S valóban, nagyon sok korai amerikai koponya emlékeztet az európaiakéra, eltérően a ma élő amerikai őslakóktól, azt sugallva, hogy külső megjelenésük alaposan megváltozott az idők során. A modernkori indiánok erősebb mongoloid vagyis kelet-ázsiai jellege a bevándorlás második hulláma nyomán alakulhatott ki, mivel ekkor érkezett Amerikába az M130 marker Kelet-Ázsia irányából. Nincs bizonyítékunk azonban egy M175-öt hordozó kínai vagy japán bevándorlásra, mondjuk vitorlásokkal a Csendes-óceánon keresztül, ez

a marker egyszerűen nem fordul elő a ma élő amerikai őslakó populációkban. A genetikai helyzetkép elég egyértelmű: minden ősi bevándorló Szibérián keresztül érte el az amerikai partokat.

## *Bumm*

Tízezer évvel ezelőttre a világ összes kontinensét (az Antarktisz kivételével) kolonizálta az ember. Csupán 40 ezer év leforgása alatt fajunk Kelet-Afrikából eljutott a Tűzföldre, legyűrve sivatagokat, magasba tornyosuló hegységeket és a messzi észak fagyott pusztaságait. Leleményessége jó szolgálatot tett neki az utazás alatt és tökéletesen alkalmazkodott olyan létfeltételekhez, amelyek hihetetlen messze álltak az afrikai szülőhelyén megszokottaktól. De mire épphogy ezek a felső paleolitikumi vándorok végre letelepedtek új otthonaikban, valami nagyon fontos történt. Habár csak egyszerű kísérletként indult, végül teljesen átformálta az embernek a világhoz való viszonyát. Nevezhetjük ezt a az emberi evolúció második „Nagy Bumm”-jának, és a Nagy Ugráshoz hasonlóan ez is hosszú útra indította az embert, de már az írott történelem birodalmában.

## 8. *A kultúra súlya*

Mikor a világ először megteremtődött és megszülettek az istenek, mindegyikük kapott egy feladatot a világ irányításában. A kemény munka panaszkodásba torkollott és könnyebb megoldást kerestek. Egyik nap Nammu, a víz istene úgy döntött, agyagból megteremti az embert, majd Enkit és Ninmahot bízta meg a végrehajtással. Ők pedig jó sok sört ittak és egy olyan játékba kezdtek, amiben egyikük teremtett egy lényt, és a másikuk kitalált neki egy szerepet. Három lénynak rosszul fejlett genitáliája nőtt, ők lettek a papok. Egyikük gyengén fejlett, nyeszlett alak lett, aki sem állni, sem enni nem tudott magától, és Ninmah hordozta az ölében. Ő volt az első emberi gyermek.

Sumér teremtésmítosz

A Hawaii szigetvilág a Csendes-óceán kellős közepén fekszik, 3200 kilométerre a legközelebbi kontinentális földtömegetől, Észak-Amerikától. Manapság az amerikai turisták egyik legkedveltebb célpontja, homokos fővenyei évente több millió embert vonzanak. A rövid repülőút Kaliforniából, magas színvonalú szállodái és a honolulu közlekedési helyzet alaposan meghazudtolja a szigetek elzártságát. A hawaii bennszülöttek ma már csak töredék kisebbségét alkotják az itt élő etnikumoknak, ez a jelenség azonban az elmúlt néhány száz esztendő eredménye, valaha ők alkották a világ egyik legelszigeteltebb emberi populációját. Hasonlóan az ausztrálokhoz, az ő esetükben is nyilvánvaló, hogy valahonnan kívülről érkeztek, mert nyomát sem találni a szigeten esetleg valaha élt főemlősöknek. Nem könnyű még elképzelni sem, miképp jutottak el csónakjaikkal ide, mégis, akárcsak az 50-60 ezer évvel ezelőtti ausztrálok, valahogy legyőzték a hihetetlen távolságot. Mikor Cook kapitány 1778-ban kikötött a Kauai-szigeten, fogalma sem volt a hawaiiak ősi utazásáról, ami a világnak ezen isten háta mögötti szegletébe vezette őket. A Resolution fedélzetén negyedik éve vezette expedícióját a Csendes-óceán északi felében, hogy felfedezze a még sosem látott északnyugati átjárót az Atlanti-óceán felé. A szigetvilágot Cook Sandwich-szigetek néven keresztelte el, bőkezű támogatója Sandwich grófja tiszteletére.

Habár néprajzi szempontból érdeklődött utánuk, az őshonos hawaiiakat nem fogadta el egyenrangú társnak, így földjük helyi elnevezését is figyelmen kívül hagyta.

Cook feljegyezte a Hawaiiion élő népek primitív jellemvonásait, külön hangsúllyal azon a tényen, hogy még mindig a „kőkorszakban” éltek, és sem a fémművességet, sem az írásbeliséget nem sajátították el. S valóban, mikor először találkozott velük, a bennszülöttek hitetlenkedő reakciója a Resolution láttán azt a képzetet keltette benne, hogy ezek a népek sosem jártak semmilyen hajó fedélzetén. Viszonylag primitív életformájuk ellenére a hawaiiak mégis már-már epikus méretűnek nevezhető tengeri utazással jutottak el mostani hazájukba. Ráadásul ez nem is volt egyedülálló tett, hiszen legközelebbi szomszédaik, a Marquesas-szigetek 3500 km-re délkeletre vannak, majd azon túl, 1500 kilométernyi megszakítatlan vízfelszín után a következő helyszín a Társaság-szigetek, még mindig a Csendes-óceán közepén. Ha Hawaiiit a legkézenfekvőbb módon, egyik szigetről a másikra ugrálva érték el, így minimalizálva a lakott szigetek közötti távolságot, akkor is legalább két hatalmas tengeri hajóutat kellett megtenniük a számos rövidebb mellett. Bizonyosan nem a véletlen vezette őket. A Hawaiiit kolonizáló polinézek jól képzett hajósok voltak, akik képesek voltak legyűrni a távolságot két szárazföldi pihenőállomás közt a Csendes-óceán közepén anélkül, hogy iránytűt vagy órát használtak volna a földrajzi hosszúság meghatározásához.

A ma már általánosan elfogadott nézet szerint (Polinézia legkorábbi archeológiai lelőhelyeire alapozva), ezek a nagyszerű tengerjárók 4000 év leforgása alatt befejezték szigetek közötti utazásaikat. Mi készítette vajon őket arra, hogy nekivágjanak az ismeretlen vízi világnak? Ha viszont az ember már attól fogva ismeri a tengeri átkelés fortélyait, mióta az első ausztrálok vízre szálltak, miért tartott Polinézia elfoglalása ilyen hosszú ideig? Hogy válaszolhassunk a feltett kérdésekre, vissza kel utaznunk Euráziába és ott kell megkeresnünk a polinéz Odüsszeiát kiváltó tényezőket.

## *Szakítás a múlttal*

Tell el Sultan Jeruzsálemtől 25 km-re északkeletre fekszik a Júdeai-hegység keleti lejtőin. Az arab *tell* szó egy dombocskára utal, amelyet már korábban elhagyott az ember, de a régészek újra benépesítettek az

1870-es években. Legtöbbjük a bibliai történetek bizonyítékait kereste, és Tell el Sultan legfelső rétegeiben meg is találták Jerikó ősi romjait. Az utolsó 4000 év maradványait nagyon tüzetesen átvizsgálták, és munkájuk során a régészek még korábbi területfoglalás nyomaira bukkantak. Mindazonáltal csak az 1950-es években, Dame Kathleen Kenyon szisztematikus feltárásának eredményeképp kerültek a felszínre a legkorábbi rétegek. Amit talált, az megváltoztatta az emberi történelemről alkotott képünket.

Jerikónál Kenyon hihetetlenül régi, mintegy 12 ezer éves emberi település maradványit ásta ki, vadászó-gyűjtögető közösségek nyomait, akik vad- és vízforrásukat nagyjából ugyanazon a módon aknázták ki, mint felső paleolitikumi őseik 30 ezer évvel ezelőtt. Közvetlenül a vadászó-gyűjtögető réteg felett korai földművelő közösség maradványai kerültek elő, melyek kora alig volt fiatalabb az előbbinél. Kenyon gipsszel és kagylóhéjakkal díszített koponyákat talált, egy ősokeket bálványozó társadalom ékes bizonyítékait. Ezeket a tárgyakat ma a régészet legismertebb műalkotásai között tartják számon. A jerikói romok, illetve egyéb nagyszerű leletek Kenyont korának legnépszerűbb archeológusává tették, és a feltárt települések kora óriási világnézetváltást okozott a történelem előtti kutatásokban. Addig a legkorábbi ismertté vált falu keletkezését a Krisztus előtti 5. évezredbe helyezték, míg az első városokat 2000 évvel későbbre datálták. Jerikóban radiokarbon módszerrel a legelső városi réteg korát 10 500 évben határozták meg, így ez az egyszeri ásás 4000 évvel tolt ki az első állandó emberi település alapításának dátumát. Kenyon feltáró munkájának eredményeképp, Jerikóban a legkorábban letelepült agrártársadalom bizonyítékaira találtunk rá.

Modern világunkban, túlszűfolt városainkban, természetett gabonán és házasított állaton élve könnyű elfeledni, hogy nem is olyan régen, néhány száz nemzedékkel ezelőtt az emberiség vadászó-gyűjtögető törzsekből állt. Legtöbbünk számára az élet olyan mértékben megváltozott a kőkorszak óta, hogy nem tudjuk elképzelni, valaha másképp is lehetett élni. Tulajdonképpen az átmenet a vadászó és gyűjtögető életformából a letelepedett földművelésbe 10 ezer évvel ezelőtt, szinte egyik pillanatról a másikra játszódott le, ahogy a jerikói feltáró árkok ezt első kézből bizonyították is. Különösen izgalmas ennek az eseménynek az időzítésében, hogy közel szimultán, szerte a világon, egymástól független helyszíneken zajlott le. Mintha a felső paleolitikum népeinek lett volna egy közös oka, ami a nomád életmód



felhagyására és az otthonülő létforma gyönyörének élvezetére sarkallta volna őket.

A közel-keleti kultúra, ami közvetlenül megelőzte a legelső földművelő rétegeket (vagy neolitikumot) Jerikóban, egy tiszavirág-életű kultúrához tartozott Natufin néven. Nevét első lelőhelyéről, az izraeli Vadi an-Natuf-ról kapta. A natufini gazdaság vadon termő gabonafélék, elsősorban a búza és az árpa gyűjtögetésére alapult. Ezek a növények akkoriban igen bőségesen teremtek a közel-keleti régióban. Végre-valahára véget ért az utolsó jégkorszak, és a Földközi-tenger keleti medencéje melegedni kezdett. A kedvezőbbé váló éghajlat hatására a gabonanövények és a csonthéjas termésű fák már magasabb szélességi körök mentén is meg tudtak telepedni, mint az eljegesedés alatt, így a natufiniak könnyedén ki tudták aknázni az új táplálékforrásokat. Számtalan fajra specializálódtak, így bárhol telepedtek is le (közel a kedvelt növényekhez), képesek voltak a túléléshez elegendő táplálékot összegyűjteni.

Közel-keleti régészek azt figyelték meg, hogy a mediterrán térség keleti fele az utolsó jégkorszak végén intenzív éghajlati változáson esett át, és az általános arculat a kontinentálisból a mediterrán klíma felé tolódott. Ahogy Brian Fagan paleoökológus összegezte, ennek produktumaként egy hosszú, száraz nyarú és rövid nedves telű zóna alakult ki a térségben. Az éghajlatváltozás kedvezett a fűfélék elterjedésének, mert a magot tavasszal szórták szét, amik aztán nyáron nyugalmi fázisba kerültek. A korai ember minden bizonnyal kiaknázza a hatalmas bőségben termő táplálékot, tavasszal tekintélyes mennyiségű magot gyűjtött be, majd az év hátralévő részére eltárolta a termést. A koncentrált gyűjtögető viselkedés a letelepült életmódnak kedvezett, ami azután megalapozta a bekövetkező forradalmat.

Kilencezer évvel ezelőttől a mediterrán térség keleti felének nyarai gyorsuló ütemben váltak egyre szárazabbá, a globálisan emelkedő átlaghőmérséklet egyenes következményeként. Ez lecsökkentette a gabonatermést és mint minden aszályos periódus a múltban, valószínűleg elősegíthette volna a mobilitást. Ennek ellenére Natufin népét röghöz kötötte a begyűjtött magvak tárolásának szüksége. A kettős kényszer, a csökkenő termés, és a viszonylag helyhez kötött életmód néhány száz év leforgása alatt több natufini telep, köztük Jerikó lakóit egy újítás bevezetésére ösztönözte. Néhány magtermésű gabonafélét szándékosan ültetni, kezelni kezdtek annak érdekében, hogy leegyszerűsítsék a begyűjtési folyamatot. Kenyon jerikói munkája az életmódváltást követte végig a neolitikum vagy más néven

újkőkorszak fejlődési vonalában. A régészek és az antropológusok a mai napig vitatják, mi történt közvetlenül az első termések betakarítása után. A termények növekedéséhez szükséges vízellátás biztosítása közvetlenül vezetett-e az öntözés fejlődéséhez, és a vízmegosztás jogaira alapulva jöttek-e létre az első hierarchikus társadalmak? Ami számunkra világos: a jégkorszak vége olyan események sorozatát indította el, melyek kulminációja révén röpké ezer év alatt kialakultak a letelepült földművelő társadalmak. Y Gordon Childe archeológus kifejezését használva: a neolitikus forradalom elkezdődött.

## *A második Nagy Bumm*

A neolitikum nagy fordulópontot jelentett az emberiség történelmében. Ez volt az a korszak, mikor megszűnt teljes függésünk a éghajlattól és az időjárás elemeitől, és a paleolitikumi kóborlások idejével szemben végre saját kezünkbe vettük sorsunk irányítását. A földművelés elsajátításával a neolitikumi ember számos, a modern civilizációkat jellemző fejlesztést kezdeményezett. Az első ezek közül a választás szabadsága volt. A Jerikóban élt natufiniak tudatos döntést hoztak arról, hogy nem fognak mindennap egyre többet és többet járni az élelem összegyűjtésért. Ehelyett inkább környezetüket formálták át szükségüknek megfelelően, és az emberi igényeknek megfelelően megváltoztatták a természet eredeti képét. Néhány vadászó-gyűjtögető törzs ugyan képes környezetét kontrollálni valamilyen mértékig (például, az aboriginek rendszeresen felégetik a terjeszkedő bozótot, hogy pusztai vadászsákmányaik megfelelő élettérhez jussanak), de a Közel-Kelet, Kína és Amerika korai földművesei elsőként szabályozták közvetlenül egy haszonnövény termését. Élőhelyükön megnőtt a választási lehetőségek száma, és olyan területeken is gyarapodásnak indultak, ami marginálisnak számított a vadászat vagy gyűjtögetés szempontjából.

A fejlődés második lépcsőfokát a robbanásszerűen megnőtt népsűrűség jelentette. A földművelés és a letelepedés egyik következménye az volt, hogy enyhült a szűkös források tartalékolásának kényszere. Hiszen ha több gyereket akarok, elég csak több gabonát ültetni és aratni. Ez alaposan leegyszerűsíti a helyzetet, de az is látszik, hogy az agrártársadalmak jóval nagyobb népsűrűségűek, mint a vadászó-gyűjtögetők. Társítva a lakóhelyválasztás szabadságával, ez a szituáció hirtelen felgyorsult

expanziót idézett elő, és a földművelők szétterjedtek mindenfelé a régióban. A paleodemográfusok régészeti, embertani és néprajzi módszerekkel próbálták elemzi a múltbéli populáció-méreteket. Becsléseik szerint a földgolyón élő teljes népesség lélekszáma 10 millió körül lehetett a földművelés kialakulásakor, míg az ipari forradalom hajnalán, 1750 tájékán a világnépesség már elérte az 500 milliót. A paleolit vadászó-gyűjtögető populációknak ötvenezer évre volt szükségük a Szaharán túli Afrikában élt néhány ezer főről néhány millióra emelni glóbuszunk lélekszámát. A földművelők tíz évezred alatt behozták a lemaradást.

A neolitikus forradalom másik sajátossága, hogy kiemeli az új technológiák szerepét a humán migrációban. Már a húszezer évvel ezelőtt élt közép-ázsiai sztyepplakók is bevetették technikai tudásukat. Szibéria benépesítésekor, pedig az tiltott területnek számított hominid őseinknek. Ugyanígy jutottak adaptív előnyhöz közelebbi földműves őseink is. A földművelés az első nagyobb technikai előre lépés volt 10 ezer évvel ezelőtt, de hatásai a felgyorsult társadalmi evolúcióban is érződtek. Tulajdonképpen, ahogy ezt később látni fogjuk, 9000 évvel ezelőtt egy hasonlóan fontos fejlődési sorozat kezdődött az ember evolúciós történelmének egy másik szegmensében.

A mezőgazdaság megjelenése kétségkívül sarkalatos esemény volt. Ha a Nagy Ugrás készítette elő a terepet az első Nagy Bummhoz, amely fajunk expansziójához vezetett, úgy a földművelés indította el a másodikat, mely végül az emberiséget a modern kor világába lendítette át.

## *Genetikai kicsapódás*

Amennyire a mezőgazdaság lényegi szerepet játszott a modern társadalmak kifejlődésében, genetikai következményei legalább annyira kifejezettek voltak. Amíg a felső paleolit vadászó-gyűjtögető népek egy viszonylag stabil populációméretet tartottak fent, kivéve természetesen az új territóriumok benépesítését, addig a földművelők anélkül is gyarapodni tudtak, hogy otthonukat el kellett volna hagyniuk. Amint az első agrárközösségek kellőképpen megnövelték létszámukat, fokozatosan továbbvándoroltak megművelhető területeket keresve, miközben genetikai markereiket is magukkal hurcolták. Azzal, hogy láthatjuk az egyes genetikai leszármazási vonalak expanszióját, egyben bepillantást is nyerünk a mezőgazdaság eredetébe

és elterjedésébe. A Közel-Kelet esetében a ma élő nyugat-európaiak genomja még mindig tartalmaz néhány szignált a tízezer éve Jerikóban történt eseményekről.

Az archeológusok régóta tudják, hogy a földművelés néhány ezer év leforgása alatt terjedt át közel-keleti központjából, a Termékeny Félhold területéről Európába. Legkorábbi nyomai a Balkánon mutathatók ki, de az idő előrehaladtával egyre messzebb, északnyugaton is kezdtek feltűnedezni. A kelta britek korai ősei a nem túl távoli múltban adták fel vadászó-gyűjtögető életmódjukat, és jerikói unokatestvéreik után csak jó pár ezer évvel sajátították el a földművelést. Fontos megjegyezni, hogy az Európába érkező mezőgazdasági hullámmal pontosan ugyanazok a növények jelentek meg, mint amiket a Termékeny Félhold területén korábban termesztani kezdtek. Úgy tűnik, az európai vadászó-gyűjtögető életmód helyét az új közel-keleti találmány vette át.

Az 1970-es években Luca Cavalli-Sforza, valamint ösztöndíjas genetikustársai, Alberto Piazza és Paolo Menozzi egy új tanulmányt készítettek a földművelés genetikai hatásairól. Arra voltak kíváncsiak, hogy a mezőgazdaság terjedése milyen úton-módon zajlott le. Pontosabban azt szerették volna megtudni, vajon a földművelés európai megjelenése együtt járt-e a népek migrációjával, vagy csupán egy vonzó kulturális újdonság terjedt-e el, mint például napjaink Music Television kultusza. A gyakorlatban pedig a modern európaiak genetikai összetételét vették górcső alá. Vajon van-e bizonyíték egyes genetikai markerek Közel-Keleten kívüli terjedésére, avagy a modern európaiak viszonylag függetlenek a neolitikus szignáloktól?

A kutatás idejében az egyetlen elérhető adatforrást a 2. fejezetben megismert „klasszikus” markerek, a vércsoportok és más sejtfelszínhez kötődő fehérjék jelentették. Ezek ugyan megfelelő polimorfizmusokat szolgáltatottak, de vajmi kevés információt nyújtottak a DNS-szekvenciák mélyben zajló változásairól. A fenti markerek analíziséből Cavalli-Sforzáék azt a következtetést vonták le, hogy gének tömeges kiáramlása folyt a Közel-Kelet területéről. A genetikai mintázat nagyon hasonló képet mutatott ahhoz, amit a földművelés első megjelenésekor látni lehetett, vagyis a genetikai szignálok fokozatosan csökkentek, ahogy délkeletről északnyugat felé haladtak Európán keresztül. Kutatásukban maguk az analízishez használt módszerek határozták meg, hogy mit voltak képesek bizonyítani, mivel lehetetlen volt a migráció időpontjára vonatkozólag pontos adatokhoz jutni. Mindenesetre eredményeik nagyban összecsengtek azzal a

korábbi elmélettel, miszerint a földművelést a parasztok maguk terjesztették, ahogy lélekszámuk növekedésnek indult, nem pedig pusztán egy kulturális jelenség adódott tovább a gazdálkodást elsajátító paleolit európaiak körében.

Cavalli-Sforza munkája elfogadott elméletté vált, és a későbbiekben ezt a „haladás hulláma” elnevezésű modellt alkalmazták a földművelés terjedésének leírásában. Sokak (bár nem Cavalli-Sforza és társai) szilárd meggyőződése szerint az európai génállomány java neolitikus eredetű, mivel ez volt a legkifejezettebb genetikai mintázat Európában (habár Cavalli-Sforza egy későbbi munkájában bemutatja, hogy ez valójában csak a genetikai variancia egyharmadáért volt felelős). Mások szkeptikusok maradtak, de újabb húsz évre volt szükség a modell komoly átértékeléséig. Ez végül az 1990-es évek végén történt meg, mikor Martin Richards és munkatársai az Oxfordon részletes elemzésnek vetettek alá az európai és a délkelet-ázsiai mtDNS-vonalakat. Tudományos cikkeik sorozatában mtDNS-mintákat analizáltak válogatott populációkból egy földrajzi szelvény mentén, Európa és a Közel-Kelet között. A leszármazási vonalak gondos kormeghatározásához a korábban bemutatottakhoz hasonló abszolút datálási módszereket használtak. Ez lehetővé tette számukra, hogy értékeljék a különböző vándorlások hozzájárulásának mértékét az európai génállományhoz. Váratlan fordulattal az ő eredményeik nem igazoltak jelentősebb genetikai hatásokat az európai populációkban, sőt inkább úgy tűnt, a mezőgazdaság expanziója nagyon kevés közel-keleti vándorlót ragadott magával. A legtöbb európai leszármazási vonal valószínűleg a felső paleolitikum óta, vagyis 20-40 ezer éve van jelen a kontinensen.

Az egyik ellenvetést Richards tanulmányával szemben részben Cavalli-Sforza, részben mások fogalmazták meg azzal, hogy a mtDNS valójában nagyon kicsi felbontás nyújtott az európai populációk közt. Például még a kelet- és nyugat-európaiakat is nagyon nehéz volt pusztán a mtDNS által elkülöníteni, mert markereik hasonló mintázatot mutattak. Mindazonáltal az eredmények elég meggyőzően hatottak. Nem maradt mást hátra, mint megvizsgálni a sokkal finomabb felbontású férfi leszármazási vonalat, hátha ugyanazt a mintázatot mutatja, mint női megfelelője.

Az ötlet végül 2000-ben válhatott valóra, mikor Ornella Semino és munkatársai, köztük Cavalli-Sforza 1000 európai és közel-keleti férfi Y-kromoszómáját analizálta, elsősorban a földművelés terjeszkedésének bizonyítéka után kutatva. Azt találták, hogy a

neolitikus közel-keleti markerek által meghatározott leszármazási vonalak a modern európaiak kisebbségében vannak csak jelen. Az Y-ből származó adatok majdnem tökéletesen egybevágtak az mtDNS-ével, és a következtetések szerint az európai génállomány 80%-a más migrációs hullámra vezethető vissza, elsősorban a paleolitikum idejére. A nyugat-európaiakban ezt a paleolit vonalat öreg barátunk, az M173-as marker határozza meg, összekötve ezáltal Európát Közép-Ázsiával. Az európai Y-kromoszómák csupán 20%-a származik neolitikus közel-keleti bevándorlóktól, ezek sokkal fiatalabb markerek, köztük a már megismert M172-vel. Szóval a modern európaiak genetikai értelemben erősen crô-magnoniak mind anyai, mind apai oldalról nézve.

Nem szeretném azt állítani, hogy a mezőgazdaság felvirágzásának nem volt hatása Európára, távol álljon ez tőlem. Egyértelmű nyomait találtuk a jelentős populációs expanzióknak Európában az utolsó jégkorszak végén, aminek majdnem bizonyosan az élelmiszer-termelés fellendülése volt a háttérben. David Reich és kollégái, a Massachusetts Institute of Technology munkatársai új keletű elemzéseikkel támasztották alá ezt a gondolatot. A genom sok, egymástól független régióiból származó markerét tanulmányozták, és a változatok feltárt mintázata szerint az európai populáció jelentős csökkenést szenvedett el a 30-15 ezer évvel ezelőtti periódusban, ahogy földrésznket fokozatosan maga alá gyűrte az utolsó jégkorszak. Ezt később a kevés túlélőből kiindult népességnövekedés követte az eljegesedés végén, s végül így alakulhatott ki a mai Európára is jellemző viszonylagos variációs szegénység. Más szavakkal az európai populáció az úgynevezett tölcseeffektuson ment keresztül a méretszámcsökkenést követő növekedési periódusban. Az mtDNS-változatok mintázata úgyszintén alátámasztja a posztglaciális létszámnövekedést. A régészeti adatok pedig azt mutatják, hogy Európa paleolitikumi népessége Ibériába, Dél-Olaszországba, és a Balkánra húzódott vissza a legintenzívebb eljegesedés periódusában, 16 ezer évvel ezelőtt. A posztglaciális korból viszont már észak felé terjeszkedő emberi expanzió nyomait tárták fel. A földművelés minden bizonnyal hozzájárult a terjeszkedés befejezéséhez, mert közvetlenül a letelepedés helyén biztosította a népesség növekedését.

Ki tudjuk-e békíteni valahogy az Y-kromoszóma és az mtDNS vizsgálatából származó eredményeket, vagyis a neolitikus bevándorlás által szinte érintetlenül hagyott paleolit európai populáció képét a haladás hullámával? A mintázat, amit Cavalli-Sforza és munkatársai találtak Európa és a Közel-Kelet teljes keresztmetszetében, kétségkívül

létezik, de kicsit nagyléptékűnek bizonyult. A mezőgazdasági terjeszkedés egyetlen populációs mozgáson keresztül zajlott le, míg számos másakra világos régészeti bizonyítékaink vannak. Saját későbbi munkájuk is azt mutatta, hogy mindez az európai variabilitás csupán töredék részéért felelős. Továbbá, a „haladás hullámá”-nak nincs becsült kora, a neolitikus komponensek együtt fordulhatnak elő korábbi paleolit bevándorlásokkal a Közel-Keletről. Végül pedig, mivel közép-ázsiai populációkat nem vontak be az analízisbe (nem volt elérhető adat a vizsgálat idejében), lehet, hogy a kapott mintázat csupán egy általános migrációs trendet mutat Ázsiából Európa felé a felső paleolitikum idejéből. Tulajdonképpen, ha kizárólag a Közel-Keletről és Európából lennének Y-kromoszóma adataink, mi is azt gondolnánk, hogy az M89-et hordozó populáció a Balkán felől vándorolt be Európába, és itt helyben hozta létre az M173 markert. Mi viszont már tudjuk, hogy az M173 egy M45-öt tartalmazó vonalból származik, ami pedig a felső paleolitikumi betelepülést Közép-Ázsiáig vezeti vissza.

Az Y-kromoszóma adatai részleges megoldást kínálnak a látszólagos talányhoz. A dél-európai populációk, olyan markeren keresztül, mint az M173, észlelhető mértékben részesültek a közel-keleti neolitikus népesség genetikai influxából. Az észak-európaiak viszont nem. Az egyik lehetséges forgatókönyv szerint a földművelés először körbejárta a Földközi-tenger medencéjét, hordozói pedig a közel-keleti neolit bevándorlók voltak. Az éghajlat kedvezett nekik, hiszen Levante térségében is hasonló volt. Az élelmiszer termelését valamivel később sajátították el a szárazföld belsejében élő őshonos paleolit európaiak, majd fokozatosan terjesztették el a neolit kultúrát, a gének csupán nagyon kis mennyiségű átvételével. Észak-Európa crômagnoni embereinek tudatos döntése nyomán a paleolitikum átadta helyét az új közel-keleti életformának, és közben helyet szorítottak csekély számú emigráns tanítómesternek.

## *Rizsember*

Amíg Európában a neolitikum bonyodalmas elterjedése a genetikai adatok mégoly egyszerűnek tűnő értelmezését is nehézkessé tette, az ázsiai domesztikációs központban a helyzet egy kicsit tisztább volt. A letelepedés és néhány növényfaj intenzív művelésbe vonása Kínában hasonló módon és majdnem ugyanabban az időben zajlott le, mint a

Közel-Keleten. Észak-kínai lelőhelyeken – mint például Banpo és Csangcsaj telepek Sanszi tartományban –, a kölestermesztés nyomaira leltek mintegy 9000 évvel ezelőttről. A köles (a búzához hasonlóan szintén gabonanövény) őshazája Kína északkeleti területe volt, és művelésbe vonása a Sárga-folyó mentén történhetett meg. Közép-Kínában, a Jangce-folyó melletti Pengtuszan lelőhelyen feltárt maradványok arra utalnak, hogy a rizst nagyjából egy időben, de az északi vidékektől függetlenül kezdték termesztani. Mindkét helyen a magvakat cserépedényekben tárolták, az emberek gondosan szerkesztett agyagházakban éltek, ami arra utal, hogy a neolit életforma már ebben a korai fázisában is meglehetősen fejlett szintre jutott. A földművelés gyorsan elterjedt Kína-szerte. Délen a rizs dominált, ahol a csapadékos, nedves éghajlat kedvezett a termésnek. A rizskultúrák először a Jangcét érték el, majd Dél-Kínában terjedtek szét 7000 évvel ezelőtt, elősegítve egy második független házasítást a partvidék mentén. Tajvanon már 5500 éve művelésbe vonták, Borneón és Szumátrán 4000 éve jelent meg, végül az indonéz szigetvilágot 3500 éve hódította meg. Összegezve, a régészeti adatok tanúsága szerint a rizsművelés 3000 év leforgása alatt eljutott Kína középső-déli részéből Délkelet-Ázsiába, így időzítésében meglehetősen egybevág a földművelés európai terjeszkedésével. Európától eltérően azonban a rizs útját igen erős genetikai szignálok is követik, mert nem pusztán a kultúra, de vele együtt a népek is elindultak dél felé.

A 6. fejezetben láttuk, hogy az M9 egyik utódvonalja, az M175-ös széles körben elterjedt Kelet-Ázsiában. Jelenkori földrajzi elhelyezkedése alapján ez a marker valahol Észak-Kínában vagy Koreában keletkezhetett. A modern kínai populációkban az Y-kromoszómák olyan mintázatát látjuk, amely az első földművesek M175-ös eredetét bizonyítja. Tulajdonképpen a teljes kínai férfi lakosságot az az Y-kromoszóma típus határozza meg, amely a tömeges expanzió nyomait mutatta az elmúlt 10 ezer év során. Az M122 marker elsőként egy M175-ös kromoszómán jelent meg, és ma Kelet-Ázsiában mindenfelé megtalálható. Alig lehet azonban kimutatni a nagy középszerű hegynyulatoktól nyugatra, és a Közel-Keletről, sőt Európából egyszerűen hiányzik. Ez a helyzet sokkal inkább utal egy viszonylag új keletű expanzióra, mintsem ősi eseményekre, mivel akkor szélesebb körű elterjedési mintázat maradt volna fenn.

A genetikai adatok szerint tehát a rizstermesztés fejlődése a „haladás hullámát” indította el Kelet-Ázsiában. A Termékeny Félhold területéről Európába érkező hullám először ugyan eláraszthatta a



Mediterrán világot, de később finoman szétoszlott a kontinensen. A kínai kiáramlás azonban tökéletesen átítatta Kelet-Ázsiát. Az M122, a kínai rizstermesztők kromoszómáinak utódai ma Japántól Tahitiig megtalálhatók. Legújabb kutatásaikban David Goldstein és munkatársai a University Collage of Londonban kimutatták, hogy az M122-es kromoszómák nagy arányban vannak jelen Kínában és Tajvanon, de gyakoriságuk jelentősen lecsökken, ahogy dél felé mozogva elérik a Maláj-félszigetet és Indonéziát. Pontosan ilyen mintázatot várnánk el egy Kínából kiinduló, és az elmúlt 10 ezer év alatt lejátszódott populációs expanziótól, ami ráadásul tökéletes párhuzamban is áll a rizstermesztés terjedésének régészeti adataival. Az M122-esnek egy másik kínai haplotípussal, az M119-el (szintén az M175 leszármazottja) közösen a délkelet-ázsiai Y-kromoszómák közel felét adja ki. Ezzel szemben Európában a neolit bevándorlók az Y-diverzitás csupán 20%-át teszik ki. Európához képest a kelet-ázsiai „haladás hulláma” egy genetikai szökőár lehetett.

## *A kétélű fegyver*

A földművelés felvétele drámai populációs expanzióhoz vezetett, akár a terjesztő népesség növekedésén keresztül (Ázsia), akár az új kultúrárt átvevő népek közül (Európa), és első pillantásra úgy tűnik, hogy a változás szele csak jó híreket hozott magával. Ha a sikert a bőségen keresztül mérjük, úgy a földművelő populációk masszív növekedése a neolitikumi átmenet után, az élet minőségének ugrásszerű fejlődésére kellene utaljon. Újabb elemzések szerint nem egészen így állt a helyzet.

A korai földművesek egy új típusú kockázati formával ismerkedtek meg, mikor a letelepült életmód mellett tették le a voksot. A legfontosabb ezek közül az volt, hogy jelentős mértékben leszűkültek létfenntartó forrásaik. Mivel csak néhány növényfaj termesztése folyt, választási lehetőségeik erősen leszűkültek éghajlati változások esetén. A paleolit vadászó-gyűjtögető népek könnyűszerrel megküzdöttek az aszályal és a nagyfokú lehűléssel (ilyen volt a driász kor az utolsó eljegesedés végén), valamint a vízellátási problémákkal. A fentiek közül bármelyik eseményre egyszerűen továbbvándorlással válaszoltak a könnyebben elérhető források felé. A paleolitikum emberének főbb vándorlásai – amiket a 4-7. fejezetben láttunk –, szinte kivétel nélkül éghajlati indíttatásúak voltak. A mezőgazdaság felvételével azonban az

emberek kissé ellustultak és nem szívesen költöztek el lakhelyükről. Ez pedig alkalmankénti éhínséghez vezetett, ahogy az ma is megtörténik a Föld számos fejlődő országában. A földművelés kezdetén, mikor a korai posztglaciális éghajlatot turbulens változások tették kiszámíthatatlanná, az éhínségek még gyakoribbak lehettek.

A neolit közösségek másik nagy félelme a betegségek és járványok felbukkanása volt. Habár a vadászó-gyűjtögető embereknek élete első pillantásra igen keménynek tűnik, hiszen látszólag primitív technológiával és a táplálék megszerzésének nehézkes módjai mellett tudtak csak fennmaradni, de valójában meglepően egészségesek voltak. Ugyan balesetben, vadászat alkalmával eltört csontok és hasonló sérülések tekintetében rosszabbul álltak a helyhez kötött neolit leszármazottaiknál, mégsem lehet mondani, hogy fiatalon haltak volna meg. Sőt, a korai neolit közösségekből származó csontleletek tanúsága szerint az első földművelőknek igazából rövidebb volt az élettartama. Ez pedig nagymértékben a járványok megnövekedésének tudhatjuk be.

A fertőző betegségek nem spontán, mintegy a letelepült életforma melléktermékeként jelennek meg. Fő okuk a kitettség, ami lehetőséget ad a betegséget hordozó organizmusoknak, hogy átadás útján kerüljenek az egyik egyedről a másikkra. A legtöbb járvány csak nagy létszámú közösségekben képes fennmaradni, ahol az emberek küszöbérték feletti száma állandóan fertőzött marad, így a kórokozó nem fog eltávozni populációból. Ezek az úgynevezett endemikus betegségek, mint a himlő vagy a tífusz. Egy több százezres populáció szükségszerűen életben tartja a betegség kórokozóját, ellenkező esetben viszont, a fertőzésre nem fogékony emberek kevés száma miatt, egyszer csak kihullik. Ekkora méretű populációk csak a földművelés megjelenésével együtt jöhettek létre. Más betegségek érkehetnek külső forrásokból, például állatokból. Bár az ember a vadászó-gyűjtögető életformában is érintkezik állatokkal, a hosszan prolongált, közeli kontaktus, ami szükséges a betegségek terjedéséhez, csak a neolitikumi házasítások következményeképp jöhetett létre. A kanyaró, a marhavész közeli rokona például tipikusan a marhafélék fertőzése, és valószínűleg a lábasjőszágok tízezer évvel ezelőtti házasítása révén jutott be a neolit emberi közösségekbe. William McNeill történész úgy véli, hogy a Bibliában nem kis számban szereplő járványok eredete visszavezethető néhány korai fertőzési hullám kitörésére az eurázsiai mezőgazdasági átmenet korából.

A helyhez kötött életmód utolsó negatív vonása pedig a társadalom fokozott rétegződése lett. Általában a vadászó-gyűjtögetők rendkívüli

módon egalitáriánusok, nagyon kevés társadalmi osztállyal. Vegyük tipikus modellnek modernkori populációkat, a busmanokat vagy az aborigineket. Van egy vezetőjük, aki a csoport életét érintő kérdésekben döntést hoz, de nincs meg náluk a szociális rétegződés, ami pedig annyira jellemző minden letelepült közösségre. Talán mert olyan kevés dolog van (a felhalmozott vagyont értve ezalatt), amiért küzdeni kellene, a társadalmon belüli nagyszabású csatározások kivételes esetnek számítanak, habár csoportok közötti ütközetek előfordulhatnak. A neolitikumi népességnövekedés olyan feltételeket hozott létre, amelyek kiváló táptalajt nyújtottak a közösségen belüli rétegződéshez. S ha ez egyszer már megjelent, utána a hatalom megkaparintása és a birodalmak kialakulása már nem volt messze. Az események láncolata végül olyan léptékű háborúskodáshoz vezetett, ami teljességgel ismeretlen volt a paleolitikumban. A háború önmagában is elég rossz jelenség volt, de ráadásul még számos kedvezőtlen mellékhatást is kifejtett a neolitikumi életre. A nagyszabású háborúkhoz kapcsolódó magas mortalitást még csak súlyosbította a betegségek terjedése, az erőszakosan szétrombolt földek elvesztése. Nem csoda, hogy ezek következtében halálozási láncreakció indult meg.

A neolit forradalom tömérdek hátrányos vonása mellett vajon mi készítette őseinket az új életforma teljes elfogadására? Tulajdonképpen nem mindenki döntött mellette, hiszen vadászó-gyűjtögető népek apró csoportjai egészen a legutóbbi időkig fennmaradtak a világ minden sarkában. Ősi életmódjuk fenntartása csak a környezet bizonyos mértékű megváltoztatása mellett volt lehetséges (a busmanok és az aboriginek például mezőgazdaságra teljesen alkalmatlan vidékeken élnek), de szükség volt tudatos döntésekre is. A világnépesség döntő többségének viszont már nem volt visszaút. Lehetséges, hogy a gondolkodásbeli váltás, ami az embert a fölművelés elfogadására készítette, minden hátrányos vonása mellett is, néhány nemzedék alatt végbement. Ahogy a vadászat és gyűjtögetés kollektív emléke átadta helyét az élelemtermelésnek, elméletileg már elképzelhetetlen volt visszatérni a régi útra. Nézzünk magunkba, ha fegyvert kellene készítenünk és vadásznunk kellene a vacsoránkra, többségünk nemet mondana.

## Gügyögés

A neolitikum felemelkedése alapozta meg a modern világ kultúrák diverzitásának számos regionális sémáját. Földművelő bevándorlók lökeshullámai terjesztették el a rizst Kelet-Ázsiából Indonéziába, majd azon is túl. Leszármazottaik a mai napig hordozzák ennek az eseménynek a genetikai nyomait. Ahogy korábban láttuk, Délkelet-Ázsia első lakói nagyon hasonlóak lehettek a mai andamán, szemang vagy negritó törzsekhez. Valószínűleg ezeket a csoportokat a beáramló rizstermelők nyelték el, kultúrájukat elsodorta a mezőgazdaság hőmpölygő áradata. Hasonlóképp Európa, Amerika és Afrika vadászgyűjtögető népei is egymás után adták fel paleolit életformájukat az élelemszerzés új módjának kedvéért. De a kultúrát az evésnél azért több minden határozza meg, magában foglal társadalmi tradíciókat, öltözködést, eszközkészítési stílusokat, a szállítás módjait és még ezernyi egyéb dolgot. A kultúra egyik legfontosabb vonása kétségtelenül a nyelv.

A legtöbb amerikai, aki a Brit-szigetekre látogat, egyhamar feltűnik a nyelvjárások roppant nagy száma. Ha London az első megállóhely mindegyikük a cockney angolba fog először beleütközni. Még ha van is egy kis gyakorlatuk a Dick van Dyke brit megfelelőjében („azt a teremburáját Mary Poppins!”), néha komoly fejtörést okoz nekik, vajon ugyanazt a nyelvet beszéljük-e. A feleségem viszont ugyanígy megzavarodik, ha amerikai barátaim érkeznek a déli államokból. George Bernard Show-nak teljesen igaza volt, mikor megjegyezte: „az amerikai és a brit két rokon nemzet, akiket a közös nyelv választ el egymástól”, és akkor még nem is vette számításba az összes helyi változatot a két országon belül. A nyelvjárások jól ismert példái a nyelvi változatosságnak, és megértésük nehézsége bepillantást enged a nyelv váltás folyamatába. A nyelvek nem uniformizált egységek annak ellenére, hogy a Francia Akadémia elszántan igyekszik megregulálni a rendetlenkedő köz-franciát. Akárcsak a kultúra más területein, itt is rendkívüli változatosság tapasztalható az egyes helyek közt. De ki tudunk-e következtetni valamit a nyelvi változatok kézzelfogható káoszából az emberi kultúra terjedésére vonatkozólag?

A nyelvi hasonlóságokat már klasszikus történelmi korszakokban felismerték, elsősorban a mélyebben tanulmányozott európai nyelvek körében, mint a latin, a francia, a spanyol és a görög. A XVIII. századra a tudósok érdeklődése kitágult és alaposabb elemzés alá

kezdtek venni az ázsiai, afrikai és amerikai nyelveket. Sajnovics János 1770-ben kiadott, „A magyar és lapp nyelv azonosságának demonstrációja” című, kissé zavaros tanulmányának már a címében megadja konklúzióit. Ma már tudjuk, hogy a magyar és a lapp az uráli nyelvcsaládhoz tartozik, benne a nyugat-európai fülnek olyan misztikusnak hangzó nyelvekkel, mint hanti, nyenyec és nganaszán. Sajnovics azonban nem volt tisztában ezzel a szélesebb rokonággal. Hozzá hasonlóan sok tudós felismerte a különböző nyelveket egyesítő kapcsolatokat, de elmulasztottak magyarázatot keresni keletkezésükre. Az első eszmefuttatás az egy családba tartozó nyelvek közötti hasonlóságról néhány évvel Sajnovics munkája után jelent meg. A Royal Asiatic Society egyik 1786-os előadásán, az akkoriban Indiában bírászkodó Sir William Jones jegyezte meg, hogy a szanszkrit (a hindu vallás nyelve) olyan sok hasonlóságot tartalmaz a göröggel és a latinnal „mind az igék tövében, mind a nyelvtan formájában, amit nem lehet a véletlen számlájára írni”. „Közös forrásból kellett fakadniuk” – összegezte. Ez a rövid megjegyzése maradandóan járult hozzá a nyelvészeti kutatásokhoz, mivel már haloványan utalt a nyelvi sokszínűséget létrehozó mechanizmusokra. Meglátása szerint a nyelvek az idő múlásával változnak, de ha mély hasonlóságokat látunk egy csapatnyi nyelv között, akkor azoknak közös őse kellett legyen valamikor a múltban, és csak azt követően távolodtak el egymástól. Evolúciós magyarázatot adott a lingvisztikai diverzitásra, hatvan évvel megelőzve ezzel Darwin színrelépését.

A nyelvek, amelyek leírására Jones vállalkozott, kivétel nélkül az indoeurópai nyelvcsaládba tartoznak, összefoglaló nevük az egyes tagok földrajzi elterjedése alapján született. A családon belül jelenleg 140 önálló nyelvet tartanak számon, kezdve azokkal, melyek a kelta ághoz tartoznak Európa északnyugati peremén (pl. a gael és a breton), egészen a Srí Lankán beszélt szingalézig. Az angol az indoeurópaiak germán ágának tagja, bár bonyolult történelme során számos szót kölcsönzött a franciából. Mindenesetre szerteágazó és színes gyűjteménye ez a különféle nyelveknek.

Jones hipotézisét, miszerint minden indoeurópai nyelv leszármaztatható egy közös ősből, ma már a nyelvészek fenntartás nélkül elfogadják. Tulajdonképpen ez az egyik a néhány nyelvcsalád közül, melynek léte egyetemes elfogadottságot élvez. A nyelvi osztályozás ezen *genetikai* modellje szerint a múltban létezett egy embercsoport, akik az indoeurópainak egy ősi formáját beszélték, majd ez fejlődött tovább a ma is látható nyelvek sokaságává. A párhuzam a

DNS evolúciójával kézzelfogható. Vajon lehetséges-e bármi újat megtanulnunk a nyelvek sokszínűségéről, és megértenünk a világ nyelveinek jelenlegi elterjedését a genetikai tanulmányok felhasználásával?

A nyelvi változás témaköre, ezen belül is a genetikai mintázatokkal való átfedése, mindig is Luca Cavalli-Sforza érdeklődésének középpontjában állt. Ahelyett, hogy bizonytalan összehasonlításokba vágott volna bele a genetikai és lingvisztikai megegyezések terén, 1988-ban inkább a hipotézis közvetlen tesztelése mellett döntött, hasonlóan Dick Lewontinhoz, aki ugyanazt tette a feltételezett rasszokból származó genetikai adatokkal. Munkatársaival közösen a világ minden szegletéből származó 42 populáció genetikai adatait elemezték, majd megrajoltak egy fát, amely rokonsági viszonyaikat a köztük lévő markergyakoriság különbségek minimalizálására alapozta. Az eredményként kapott fa, valójában a populációk geneológiai fája, határozott összhangban állt az ismert nyelvi kapcsolatokkal. Tehát például az indoeurópai nyelvű populációk egy csoportba kerültek a genetikai fán, mint ahogy az afrikai bantu nyelveket beszélők szintén. Néhány esetben azonban egyértelmű ellentmondásba ütköztek. Így éles határvonal húzódott a déli és északi kínai közt is (majdnem bizonyosan a 6. fejezetben taglalt migrációs eseményeknek köszönhetően), de ennek ellenére az átfogó genetikai és nyelvi mintázat erős hasonlóságot mutatott. A fentiekből azt a következtetést vonták le, hogy a genetikai adatok felhasználhatók a nyelvek eredetének kutatásához és szétterjedésük nyomon követéséhez.

Cavalli-Sforza és kollégái két kitételrel bocsátották újjára tanulmányukat. Egyrészt a tanulmányozott genetikai markerek nem *okai* a nyelvi sokszínűség mintázatának, vagyis nem létezik például bantu gén, ami szerencsétlen hordozóját a bantu nyelv beszélésére kényszerítené. A hasonló genetikai markerek, mint a származás jelei, inkább a nyelv beszélőinek közös történelmét tükrözik vissza. Másrészt számos esetben a gének és a nyelvek közt várt rokonsági viszony egyszerűen nem illett össze, vagyis az összhang nem volt tökéletes. Ennek egyik oka a nyelvcsere lehet, ha az emberek megtanulnak egy másik nyelven beszélni anélkül, hogy lényegi génbeáramlás lejátszódná. A másik ok ennek fordítottja, amikor jelentős génátáramlás zajlik le, de a nyelv változatlan marad. Az első közötti különbséget magyarázza meg a déli és az északi han nyelvű kínaiak, míg a második a szoros genetikai rokonságra adhat magyarázatot nyelvileg nagyon távol álló csoportok között, mint

például a na-dene nyelvű indiánok és a közvetlen szomszédságukban élő amerindek esetében. Magyarul, a gének nagyon gyakran jelzik a nyelvi rokonságot, kivéve amikor nem. Bárhonnan is nézzük, a genetikai adatok segíthetnek fényt deríteni a lingvisztikai rokonságra, megvilágítva az utat, ami mentén a nyelvek szétterjedtek.

## *Az őshaza nyomában*

Ha elfogadjuk William Jones meglátását, és minden indoeurópai nyelve egy töről fakadt, akkor azt is fel kell tételeznünk, hogy valamikor a múltban egy csoportnyi embernek is létezni kellett, akiknek az ősi indoeurópai volt az anyanyelve. Az első indoeurópaiak azonosítása és földrajzi elterjedésük lehatárolása egyike az elmúlt 200 év archeológiai és nyelvészeti kutatások nagy kihívásainak. Az idő során szünni nem akaró keresgéléssé fajult, és bár a legtöbb kutatásnak célja van, ez esetben néha már mániáról beszélhetünk. Kétségbeesett kísérletek folynak jelenleg is, hogy az indoeurópai őshaza helyét illető, egymásnak ellentmondó érvek hálóját kibogozzák. Nem csoda, hiszen a genetika alkalmazása különösen izgalmas eredményeket hozhat az emberiség történelmének megértésében.

Gordon Childe, akinek nevét a „neolit forradalom” kifejezés megalkotása fémjelzi, az 1920-as években az indoeurópai őshaza helyét azzal a kultúrával azonosította, ami a Fekete-tengertől északra jött létre, és zsinórdíszes agyagedényeiről vált ismertté (az edényeket olyan minták díszítették, amiket mintha kötéllel vagy zsineggel rajzoltak volna). A teóriát Marija Gimbutas keltette életre az 1970-es években közölt cikksorozatában. Gimbutas azt taglalta, hogy a mintegy 6000 évvel ezelőtt, az észak orosz sztyeppéken élt lovas nomádok maradványai tekinthetők egy proto-indoeurópainak (PIE) elkeresztelt népesség legkorábbi jeleinek. Ez egyébként magában foglalta Childe zsinórdíszes embereit is. A kurgán kultúra, ahogy ő nevezte el, óriási temetődombokat (kurgánokat) hagyott maga mögött, melyek a mai napig keresztül-kasul pettyezik az eurázsiai sztyeppét Ukrajnától Mongóliáig és Afganisztánig. A kurgánokból aranykincsek garmadáját tárták fel a huszadik században, igazolva ezzel Hérodotosz szkítáinak létezését. Az ázsiai puszták félelmetes lovasait a tudósok korábban csak mondabeli szereplőknek tartották.

A bizonyíték, miszerint a kurgánok népe a PIE-t beszélte, az indoeurópai nyelvekben mindenhol használt közös szavak elemzésén

alapult. Ha egy szó kimutathatóan ugyanabból a töből ered, mint a másik, akkor valószínűsíthetően (de nem bizonyosan) közös őstől származtathatók. Például az angol *ox* (ökör) szó párja a szanszkrit *uksan* és a tochar *okso* (ez utóbbi egy Nyugat-Kínában beszélt korai indoeurópai nyelv). Hasonlóképp számos állat és növény neve közös az indoeurópai nyelvekben csakúgy, mint a szerszámoké és a fegyvereké. Talán legérdekesebb az igen gazdag közös szókinccsük a lovakra és a kerekes járművekre vonatkozólag, ami azt sugallja, hogy a PIE-t beszélők a lovat először, mint igavonó állatot házasították. A párhuzamos régészeti leletek tanúsága szerint a lovat az orosz sztyeppéken domesztikálták, és ez a tény megint csak a kurgánépítőket valószínűsíti, mint az első PIE-t beszélő népeket. De akármennyire is felkapott elméletté vált a kurgánok népét a korai indoeurópaival azonosítani, nem volt semmilyen archeológiai bizonyíték arra, hogy kultúrájukat Nyugat-Európaig elterjesztették volna. Életmódjuk a lótól függött, és emiatt a sztyeppére korlátozódott, nem sokra jutottak volna Európa erdeiben és hegyei közt. Nehéz volt elképzelni, vajon mi tette volna ezeket a pusztai nomádokat képessé Európa meghódítására és nyelvük meghonosítására annak lakói közt. Ezen okok miatt Colin Renfrew *Archeology and Language* című, 1987-ben kiadott könyvében, azt az elképzelést támogatja, miszerint a kurgánépítő kultúra nem az indoeurópai nyelvek eredetét jelölte meg, hanem annak későbbi, keleti nyúlványa volt. Renfrew azt veti fel, hogy a PIE egy közel-keleti nyelv volt eredetileg, 9000 éve kezdték beszélni, és a mezőgazdasági „haladás hullámá”-val jutott el Európába. Anatóliát azonosította be az indoeurópaiak őshazájaként, mivel durván középpontjában fekszik a modern indoeurópai nyelvek elterjedési területének, és otthona volt számos kihalt társuknak. Hipotézise szerint a korai földművelők magukkal hozták PIE nyelvüket és populációjukkal együtt terjesztették tovább. Tehát Európa nyelvi elárasztása genetikai hullámveréssel is együtt kelljen járjon. Merész elképzelés volt, és kezdetben nem sok támogatóra lelt a kor nyelvész társadalmában. Mint már láttuk, a „haladás hulláma” nagyon szerény mértékben járult hozzá a modern európaiak genetikai állományához, és hatása elsősorban a mediterrán térségre korlátozódott. Írország indoeurópai nyelvet beszélő lakói közt elméletileg nincs neolitikus Y-kromoszóma marker, míg a görögök közt viszonylag jelentősebb a közel-keleti komponens. Ez világossá teszi, hogy habár a földműveléssel az indoeurópai nyelv is elterjedt keresztül-kasul Európában, az nem járt együtt a nyelvet eredetileg beszélő népek



szétraajzásával. Ezáltal Renfrew elképzelése némiképp veszített erejéből.

Természetesen, ahogy azt neve is mutatja, az indoeurópai nyelvcsalád nem csak Európában van jelen. Iránban, Afganisztánban és az indiai szubkontinensen a beszélt nyelvek java idetartozik. Hogyan lehetnek ezek rokonai az írországi gaelnek, amit sok ezer kilométerrel odébb beszélnek? Megint csak vetélkedő hipotéziseket tudunk bemutatni. Az elsőt Childe, Gimbutas és mások fejlesztették ki. Szerintük az indoeurópai nyelvet korai lovas nomádok vitték el Közép-Ázsiából Indiába, amikor elárasztották a szubkontinentst Krisztus előtt 1500 körül. A Rig Veda egy ősi indiai vallási szöveg feljegyzi, hogy Indiát állig felfegyverzett harcosok hódították meg, akik észak felől érkeztek. A szöveg megerősítést nyert az 1920-as években, mikor Sir John Marshall és kollégái az Indus völgyében feltárták a Mohenjo Daro- és Harappa-lelőhelyeket. Ezek a nagyvárosok korukat i. e. 3500-ig tudták visszavezetni, és i. e. 2000 körül igen erős településekké váltak, lovak ezreit birtokolták, kiterjedt mezőgazdasággal és hatalmas népességgel rendelkeztek. Azután, i. e. 1500 felé hanyatló korszakukba léptek, majd ötszáz évre rá a Harappa-kultúra szétesett, városait elhagyták. Mi okozhatta ezt a hirtelen kulturális összeomlást? Az archeológusok szerint ez az esemény tökéletesen egybevág a sztyeppei árja seregek inváziójával. Úgy tűnik, a régészet Childe elképzeléseit erősíti meg és egyben hitelesíti a Rig Veda szövegét.

A legújabb kutatások azonban azt vetik fel, hogy valószínűleg belső természetű okok vezethettek a Harappa-civilizáció tökéletes romba dőléséhez. Talán a vízjárás változott meg, vagy társadalmi hanyatlás vette kezdetét, ahogy kétezer évvel később a rómaiak esetében. Akármik is voltak a kiváltó okok, a hódító árjak nem voltak szükségképpen mindenható gyarmatosítók, ahogy azt a régészek korábban hitték. A fenti következtetések tükrében Renfrew két elméletet is alkotott az indoeurópai nyelvek indiai megjelenésének modellezésére.

Első modellje szerint egy korai neolit vándorlás történt a közel-keletről, ahol a telepesek magukkal vitték PIE nyelvüket. Ebben az esetben a Harappa-civilizáció már eleve indoeurópai volt, és így nem az árja hódításban kell keresnünk India nyelvi képének gyökereit. A második modell inkább az ősi indiai szöveget hitelesítve azt feltételezi, hogy mégiscsak az árjak inváziója hozta magával az indoeurópai nyelvet Közép-Ázsiából az Indus völgyébe, de a hordozó népesség létszáma meglehetősen alacsony volt. Így hatása elenyésző lehetett a

populációra nézve, szemben nyelvi és kulturális súlyával. Mindkét esetben az indiai génállományban csak szerény mértékben kell az északi sztyepplakóknak felbukkanniuk.

A Childe-Gimbutas és a Renfrew-féle hipotézisek tesztelése addig váratott magára, amíg sikerült megfelelő markereket kifejleszteni ahhoz, hogy el lehessen különíteni a sztyeppi populációkat a bennszülött indiai génállománytól. Amint azt a 6. fejezetben láttuk, az M20 jelzi az első nagy bevándorlási hullámot a Közel-Keletről Indiába, ami úgy 30 ezer évvel ezelőtt zajlott le. Legnagyobb gyakorisággal a délen élő dravida nyelvű népesség körében lehet megtalálni, de az ő nyelvük tökéletesen elüt az indoeurópaiaktól. A déli populációkban gyakorisága eléri az 50%-ot, de Indián kívül csak elvétve fordul elő, így a mi céljainknak pont megfelelő bennszülött indiai marker. Az analízis befejezéséhez szükségünk volt még egy sztyepei markerre is, hogy megtudhassuk milyen mélységeig járult hozzá a jelenkori India genetikai diverzitásához.

Ez pedig az M17 elnevezésű marker felfedezésével vált lehetővé, amely magas gyakorisággal (>40%) van jelen Csehországtól az Altájon át Szibériáig és szerte Közép-Ázsiában. Az abszolút datálási módszerekkel a marker korát 10-15 ezer évben határozták meg, és a mikroszatellit diverzitás Oroszország déli felében, valamint Ukrajnában tetőzik, tehát valószínűleg ott született meg. Az M17 az M173 egyik származéka, ami az európai eredetet igazolja. Az M17 eredete, elterjedése és kora arra utal, hogy expanziója nyomán a kurgánépítő nép terjesztette el az eurázsiai sztyeppéken. A kulcs a nyelvészeti fejtörő megoldásához az Indiában és a Közel-Keleten található M17 marker feltérképezése.

Az M17 Indiában a legnagyobb gyakoriságot az indoeurópai nyelvet beszélőknél éri el. Például Delhi hindi nyelvű népességében a férfiak mintegy 35%-a rendelkezik ezzel a markerrel. A déli területek indoeurópai népei közt a gyakoriság hasonlóan magas, míg a dravidáknál hirtelen 10%-ra vagy az alá zuhan. Ezek az eredmények megint csak azt bizonyítják, hogy az északi sztyeppék irányából India igen erős genetikai beáramlásban részesült az elmúlt 10 ezer éven belül. A régészeti adatokat is figyelembe véve azt mondhatjuk, nem pusztán a nyelvek, hanem a sztyepei népek inváziója ment végbe, így végül a régi hipotézis nyert bizonyosságot.

De hogy állunk a Közel-Kelettel? Meglepő módon, az M17 nem számottevő gyakorisággal képviselteti magát arrafelé, a férfiak csupán 5-10%-a hordozza. Ez a mintázat még Iránra is igaz, ahol az egyik

legjelentősebb indoeurópai nyelvet, a perzsát beszélik. Akik nyugaton élnek, azokban a gyakoriság alacsonyabb, az Indiához közelebb eső keleti végeken viszont jelentősen megemelkedik. Ami a két régió közt terül el, ahogy a 6. fejezetben már láttuk, kietlen, lakhatatlan sivatag. Ebből az elrendeződésből azt szűrhetjük le, hogy a végtelen iráni sivatagok ugyanúgy gátat emeltek az indoeurópaiak vándorlása elé, ahogy az történt a felső paleolitikumi migrációk esetében is. Az Iránból és a Közel-Keletről származó Y-kromoszóma eredményei szerint a korai közel-keleti földművelők nem terjesztették el az indoeurópai nyelvet kelet felé, miközben beköltöztek az Indus völgyébe. Az M172 marker társulva a mezőgazdaság terjedésével, Indiában mindenhol megtalálható és összhangban áll egy korai beáramlással a Közel-Kelet felől, valószínűleg a neolitikum alatt. De az indoeurópai és dravida populációkban megfigyelt gyakoriságok összevethetőek, így feltételezhetően a mezőgazdaság bevezetése megelőzte az indoeurópai nyelveket. Ha a tényleges viselkedésbeli változást nézzük, a neolit földművelők számos utódja megtanulta az indoeurópaiakat használni, míg ez idáig nagyon kevés M17-et hordozó indoeurópai adta fel nyelvét a dravida kedvéért.

Irán esetében a nyugaton tapasztalt alacsony M17-gyakoriság alátámasztja a Renfrew-féle második modellben elképzelt forgatókönyvet. Igen könnyen előfordulhatott, hogy kevés indoeurópai hódító kényszerítette rá nyelvét az őslakos iráni népességre, a Renfrew által „elit dominanciá”-nak nevezett folyamaton keresztül. Ebben a modellben valami, akár katonai erőfölény, gazdasági hatalom, vagy magas fokú szervezési képesség adta a sztyeppei indoeurópaiak kezébe az erőt az ősi, letelepedett civilizációk feletti kulturális hegemonia átvételére. Az egyik hatalmi forrást a harcokban használt lovak jelentették, akár hátasként megülve, akár harci szekerek elé kötve. Mindkettő sztyeppei találmány volt, és a kor nomád indoeurópai törzsei ezekkel könnyedén felülkerekedtek szinte minden ellenségén. A ló használatba vétele a seregek egyik legfőbb technológiai fölényévé vált az elkövetkező háromezer évben. Nem nehéz elképzelní, mennyire előnyös helyzetbe hozta az eurázsiai sztyeppe népeit.

Tehát, amíg a genetikai és archeológiai tények alapján bizonyítottnak tekinthetjük a dél orosz pusztákról kiinduló indoeurópai vándorlást, addig igen kevés nyomot találunk hasonló fajsúlyú migrációra a Közel-Keletről Európa felé. Egyik lehetőség az, hogy egy jóval korábbi (nyolc- és nem négyezer éves) bevándorlás során kerültek a földművelők indoeurópai génjei a kontinensre, de idővel

ezek egyszerűen szétszóródtak. Valamekkora vándorlás biztosan történt, ahogy Cavalli-Sforza és munkatársai kimutatták, de a szignál nem elég erős a neolit származási vonal végigvezetéséhez az indoeurópai nyelvű Európa teljes keresztmetszetén. Cavalli-Sforza úgy véli, egy kezdeti neolit pre-PIE nyelvű beáramlás a Közel-Keletről hozta magával a nyelvet földrészünkre. Köztük voltak a kurgánépítők is, ők váltak később a PIE beszélőivé. Egyáltalán nem mond ellent ennek a modellnek, bár a genetikai mintázatok nem egészen támasztják alá a felvázolt képet.

Van azonban egy másik lehetőség, ami pedig a Közel-Kelet és Európa kihalt nyelvei közötti rokonsági viszonyokból eredeztethető. Mi van akkor, ha az első földművesek nyelve nem is indoeurópai volt, hanem valami más? A baszkot például Spanyolország északnyugati peremén beszélik, és semmilyen más nyelvhez nem köthető Európában. Jared Diamond szentel rájuk néhány szót híres, „A harmadik csimpánz felemelkedése és bukása” című könyvében, és úgy véli, talán a baszkok lehetnek a mezőgazdasági „haladás hullámának” maradványai. Érdekes módon, néhány nyelvész véleménye szerint a baszk a kaukázusi nyelvek némelyikével rokonítható, míg mások azt állítják, a Pakisztán eldugott vidékein beszélt burusaszki áll hozzá a legközelebb. A baszkhoz hasonlóan, a mediterrán térségben számos olyan, ma már kihalt nyelvet beszéltek, mint a tartessi és az ibériai Spanyolországban, az etruszki és a lemni Olaszországban, de megemlíthetjük a Szardíniát ellepő nem indoeurópai helyneveket is. A délfraancia helynevek sokasága szintén azt jelzi, hogy a baszkot valaha jóval szélesebb körben beszélték, valamint a görögországi helynevek is erős nem indoeurópai hatásról árulkodnak. Magyarán, a Földközi-tenger vidékén tekintélyes gyűjteményét találjuk a pre-indoeurópai nyelveknek, amelyeket később a görög és a latin terjeszkedése ítélte halálra.

Nos tehát, a fentiek alapján képzeljük el azt az alaphelyzetet, amiben rendelkezésünkre áll nyelvek egész garmadája a Földközi-tenger körül és a Közel-Keleten, egészen Pakisztánig. Ez pontosan az a terület, amit a neolitikus földművelők a 7-10 ezer évvel ezelőtti periódusban kolonizáltak. Talán ezek a korai telepések népességük expanziójával párhuzamosan terjesztették el a „mediterrán” nyelveket is. Európa paleolitikus populációja átvette az új nyelvet a földműveléssel és a kultúrával együtt, még ha (mint például a baszkok esetében ez jól látszik), szinte elenyésző volt is a genetikai beáramlás. Ugyanezen nyelvek megindultak kelet felé is, majd a mezőgazdaság terjedésével

párhuzamosan behatoltak Közép-Ázsia és Pakisztán folyó völgyeibe. Későbbi migrációk, Pakisztán esetében a dravida és az indoeurópai, Európa esetében pedig az indoeurópai népek számottevő mértékben lecsökkentették a mediterrán nyelveket beszélők számát, akik végül elszigetelt földrajzi zugokba szorultak vissza.

Természetesen ez az elképzelés merőben spekulatív, de elfogadható alternatívája lehet Renfrew indoeurópai földműveseinek és Cavalli-Sforza pre-PIE beszélőinek. Továbbá a genetikai adatok is mutatnak némi egyezést, hiszen az említett régiók zöme, a Mediterráneumtól a Kaukázusig és Pakisztánig jelentős M175-gyakorisággal bír, és mint tudjuk, ez a legfontosabb neolitik markerünk. Különösen igaz ez a Kaukázus vidékére, itt némely populációban az M172-gyakorisága eléri a 90%-ot. Az általában vett genetikai hasonlóság a kaukázusi és közel-keleti populációk közt azt tanúsítja, hogy a sumérrel rokon nyelvek megjelenésével tetemes népességbeáramlás zajlott le a neolitikum alatt a régióban. Persze ez a forgatókönyv rokonsági viszonyt tételez fel az összes „mediterrán” nyelv közt, ami a legjobb esetben is csak megérzésnek nevezhető. Mindazonáltal, néhány nyelvész ma az úgynevezett szupercsaládok rendszerét helyezi kutatásának központjába, mivel ezek lényegesen ősbibb összefüggéseket tárhatnak fel még az első pillantásra idegennek tűnő nyelvek rokonsági viszonyairól is. A következőkben ennek a fogalomnak a kiboncolására vállalkozunk.

## *Nagy látószög*

Charles Darwin munkái még azelőtt születtek, hogy a nyelvi osztályok modern módszertanát kidolgozták, mégis logikus párhuzamokat fedezett fel a genealógiai és a lingvisztikai klasszifikáció összevetésekor. A „Fajok eredete” című művében meg is jegyzi: ha az egész emberiség pedigréjével rendelkezne, akkor a rasszok genealógiai elrendezése lehetővé tenné a világon ma beszélt különféle nyelvek tökéletesebb osztályozását is. Cavalli-Sforza egyszer elárulta, hogy kétkedéssel szemlélte Darwin elméletét, mikor 1988-ban belevágott a genetikai és lingvisztikai rokonságok összehasonlításába, figyelmét csak később irányította rá egyik kollégája, aki tudománytörténettel foglalkozott. Talán nem is olyan világmegváltó gondolat a nyelvek és populációk közötti kapcsolatot feltételezni. Tulajdonképpen nyelvünket szüleinktől örököljük, így legalábbis a

közeli múlt távlatában, a nyelv a gének hűséges képviselője. Mi történik azonban, ha kissé távolabbra tekintünk? Megfigyelhető-e valami mélyebb rokonság a nyelvek közt, ami nagyobb csoportokba rendezi őket? S talán a legizgalmasabb kérdés: vajon van-e nyelvi megfelelője genetikai Ádámunknak és Évánknek?

Joseph Greenberg, akivel a 7. fejezetben találkoztunk, meg volt győződve a mélyebb rokonsági viszonyok létezéséről. Hírnevét egy nagyszabású nyelvészeti osztályozással teremtette meg, amelyben afrikai nyelvek százait egyesítette négy, jól elkülöníthető családba. Munkája 1963-ban „Afrika nyelvei” címmel jelent meg. A magasabb rendszertani szinten történő osztályozás első kísérletét a nyelvész társadalom pozitív hozzáállással fogadta, és a siker hatására Greenberg puhatolózó figyelme a nyelvek közötti mélyebb viszonyok felé fordult, elsősorban Eurázsia tekintetében.

Greenberg megfigyelései szerint nagyon sok nyelv, beleértve az indoeurópai családba tartozókat, olyan strukturális elemeken osztoznak, amit nem lehet a pusztán véletlen számlájára írni. Ennek részletei triviálisnak és nem túl izgalmasnak hatnak egy kívülálló szemében (például ahogy a többes szám képződik -k vagy -t toldalékkal), de meghatározó fontosságúak a szakemberek számára. Merritt Ruhlen „A nyelvek eredete” című könyvében feltérképezte a hasonlóságokat eurázsiai szupercsaládjában, amit más specialisták „nosztratikus”-nak neveztek el.

Az egyik első kérdés, amit feltehetünk a nyelvek ilyen csoportosításával kapcsolatban az, vajon az indoeurópaihoz hasonlóan ezeknek is van-e azonosítható régészeti nyoma. Sajnos úgy tűnik, ebben az esetben ez teljes mértékben kizárható. Az egyik gond, hogy a csoport tagjai Eurázsia irtatlan méretű területein szóródtak szét, így hatalmas számú elkülönült populációkat alkotnak. Ez a helyzet elsősorban a csoport becsült korának tudható be, ami nem kevesebb mint 20 ezer év. Bármiféle korreláció egy ilyen ősi és szétterjedt nyelvi csoporttal nem lép túl a feltételezés szintjén, és az egyetlen kézenfekvő Y-kromoszóma marker kizárólag az M9 lehetne. Az M9 azonban megtalálható a nyelvek egy másik eurázsiai szupercsaládjában, amit dene-kaukázusi néven ismerünk. A családon belül az első csoportba tartoznak na-dene nyelvek (mint a navaho), és a sino-tibetiek, Kína és Tibet nyelvei. A legtöbb nyelvész szoros kapcsolatot tételez fel e két nyelvcsalád közt, de a távolabbi rokonsági viszonyok már jócskán ellentmondásosak. Azért van így, mert a dene-kaukázusi szupercsalád, ahogy a neve is sejteti, kaukázusi nyelveket is magában foglal, sőt

mellettük a baszkot és a burusaszkot is. Nagy látószögbe helyezve nézőpontunkat, a dene-kaukázusihoz tartozó nyelveket a Pireneusok és Sziklás-hegység közt, elszórt foltokban szerte Euráziában beszélik. Elég reménytelen társaság, igaz? A fókusz élesítése végett John Bengston amerikai nyelvész meghatározott egy alcsoportot a dene-kaukázusin belül, amely magában foglalja a baszkot, a kaukázusiakat, a burusaszkot és a kihalt sumért. Az átfedés hipotetikus „mediterrán” nyelvcsaládunkkal meghökkentő, és ahogy már láttuk, van is némi genetikai bizonyítékunk, ami ennek a nyelvcsaládnak 10 ezer évvel ezelőtti szétválását támasztja alá, talán pont a mezőgazdasággal összekötve. A sumér bevonása különösen hatásos, mivel ez a nyelv, az ősi mezopotámiaiak beszélt nyelve, kulturális és földrajzi kapcsot jelent a földművelés hajnalával a Termékeny Félhold területén.

A genetikai adatok érzékelhető populációs kapcsolatot tártak fel a dene-kaukázusi szuperfamilia nyugati tagjai között, viszont nem látunk világos rokonsági viszonyt a nyugati és keleti ág között. Ezek a nyelvcsaládok, a sino-tibeti és a na-dene saját genetikai kapcsolatokkal rendelkeznek. Rokonságukat az M130 marker jelenti, amellyel először az Ausztrália felé tartó tengerparti vándoroknál talákoztunk. De ahogy az előző fejezetben bemutattuk, az M130 marker a kelet-ázsiai populációkban, köztük a kínaiakban is megtalálható, jelezve, hogy jelentős északi irányú expanzió is lezajlott Délkelet-Ázsia felől. Meglepő módon ezt a markert Észak-Amerika na-dene nyelvű népességében is megtaláljuk. Viszont ahogy a na-dene nyelvet, úgy az M130-at sem lehet kimutatni Dél-Amerikában. Vagyis egyedülálló genetikai kapcsolat áll fenn a kelet-ázsiaiak és néhány indián törzs között, ami az öt-tízezer évvel ezelőtti, második Amerikába irányuló migráció következménye. Ebben az esetben a genetika megerősíti a nyelvi rokonság tényét és még elágazásuk hozzávetőleges időpontját is megadja.

A nyelvészek nagy sikereket értek el a több tízezer évvel ezelőtti szétváló nyelvek közös sajátosságainak feltárásában, így nem is csoda, hogy némelyikük még mélyebbre akart ásni a történelem bugyrában, még régebbi összefüggéseket és az összes nyelv közös eredetét kutatva. Merritt Ruhlen az egyik legeltökéltebb támogatója annak a nézetnek, miszerint a dene-kaukázusi szuperfamilia tulajdonképpen az első jelzőoszlopa a modern ember legkorábbi kivándorlásának Afrikából, míg az eurázsiai szuperfamilia egy későbbi migrációval terjedt szét, a Közel-Keletről kiindulva. Ennek az elméletnek sajnos nincs megfelelő genetikai támasza. Alternatívaként azonban

elképzeltető, hogy valóban ezek a nyelvek terjedtek szét, de nem hagytak követhető nyomot maguk után. Efféle jelenség bizonyítottan előfordult az indoeurópai nyelv néhány ágában. Az sem zárható ki, hogy ilyen egységek, mint eurázsiai és dene-kaukázusi szupercsaládok valójában nem is léteznek, hanem a idegen nyelvek közt keletkeztek véletlenszerű hasonlóságok. Vagy talán az alcsoportok léteznek, főképp azok, amiket a genetikai rokonság is összeköt (pl. a sino-tibeti és a na-dene), de a nyelvek többsége nem kötődik egymáshoz. Egy szó mint száz, Ruhlen nagyon nagy fába vágta a fejszéjét.

Valószínűleg a nyelvek evolúciója ugyanazt az utat követi, mint a modern ember migrációja. Afrikában eredt és később terjedt szét a földgolyó minden sarkába. Ez az állítás azonban olyan közvetett bizonyítékokon alapul mint: 1) a nyelv egyetemessége minden emberi populációban, 2) az elismert nyelvcsaládokban (pl. indoeurópai) leírt rövid távú változások extrapolálása és 3) a nyelv feltételezett fontossága a kultúrák terjedésében. Ha léteztek egyáltalán valaha, mára már kiveszett az összes lehetséges szignál, ami segíthetett volna a nyelv eredetének feltárásában, így bennrekedtünk a modern kor világméretű Bábeli tornyában. Ahogy az elmúlt 500 év során az angol is szinte érthetetlen nyelvjárások garmadájjára vált szét, úgy bármely más nyelvvel is ez történik idővel. Végül mindegyikük elhagyja a közös eredetre utaló nyomokat, de fogalmunk sincs róla, mennyi idő szükséges ehhez. Néhány nyelvész megelégszik 6000 évvel, míg Ruhlen és mások a hasonlóságok feltárása után már nem adja 20 ezer évnél alább. Ádám és Éva nyelvének leleplezése folyamatos és izgalmas munkát ígér az elkövetkező néhány esztendőre, és remélhetőleg a genetikusok is érdemben hozzá tudnak járulni a kutatáshoz.

## *Intelem*

A nyelvek terjedése a kulturális diffúzió és változás speciális esete. Sajnálatos módon manapság egyes régészkörökben ódivatú kísérletezgetésnek tartják a kultúraváltások és a népességvándorlások összekapcsolását. Ehelyett az archeológusok inkább belső kényszerekben keresik a kulturális fejlődés okait, vagy esetleg a más kultúráktól történő átvételt valószínűsítik. A diffúzionizmus régi iskolája még az eredet helyszínétől kiinduló expanzióban hitt, mára azonban ez a megközelítés sokat veszített népszerűségéből.



Mindazonáltal néhány esetben a genetikai adatok bizonyították létét. Mikor a genetikai és a kulturális mintázat annyira átfed, mint a dene-kaukázusi csoport esetében, akkor valószínűsíthetjük, hogy a populációk ősi vándorlása hurcolta magával a kultúrát is. Természetesen a kultúrák terjedése könnyen megvalósulhat népessegek számottevő migrációja nélkül is, ahogy erre jó példa a földművelés átvétele Európa északnyugati részében.

Lévén genetikusok, meghatározottak kutatásaink keretei. Habár vizsgálatainkba bevonhatjuk a történelmet, az archeológiát és a lingvisztikát, érdembeli szerepünk a genealógia levezetésében, a valós biológiai kapcsolatok feltárásában érvényesül. Így fordulhat elő, hogy például az M17 és a sztyeppi kultúrák esetében egyaránt találunk bizonyítékokat a vándorlásra, de ugyanakkor meg is tudjuk azt cáfolni. A nyelv jól tanulmányozható kulturális tulajdonság, mivel gyakran írott formában is létezik. De még ha nincsenek is írásos emlékek, a nyelvek közötti rokonságokat rendszerező módon lehet kutatni. A kulturális folyamatok java nem ilyen, és ezért értelmezésük problematikus.

A XX. század közepéig létezett egy rasszkoncepció, ami azt állította, hogy a világ népeinek bőrszíne mélyenszántó biológiai különbségeket tükröz. Ez volt Carleton Coon érvelésének alapja (koponyamérettel és más embertani bélyeggel egyetemben), és ezt használta fel az emberiség különálló rasszokra történő felosztásához. A korábbi klasszifikációs próbálkozások még kulturális elemeket is figyelembe vettek, ahogy azt Jonathon Marks antropológus kimutatta. Linné például e szavakkal jellemezte a *Homo sapiens* amerikai alfaját: makacs, önelégült, szabad lelkű és vörös csikokkal festi be magát. Nos, ebben a leírásban nincs egy fia biológiai elem sem, különben azt hihetnénk, hogy minden ma élő indián genetikailag kódolt a bőre kifestésére. A kultúra és rasszok e korai egybemosása szörnyű következményekkel járt, legfőképp az eugenika tetőfokra jutásakor. De ahogy a nyelvek terjedésénél láttuk, ebben az esetben valóban létezik kapcsolat a kultúra és a genetika között. A begyöpösödött eugenikusok talán ezt is a kultúra genetikai gyökerének gondolnák, ennek ellenére a helyzet épp fordított, legalábbis amennyire a jelenlegi kutatások eredményei állítják.

## *Szexuálpolitika*

Thaiföld és Mianmar (Burma) karen nevű népe talán nem annyira ismert, mint a padang, akiknél a nők karikákkal nyújtják meg nyakukat hihetetlen hosszúságúra, de azért ők is a néprajzosok szünni nem akaró érdeklődésére tarthatnak számot. Leginkább azért, mert társadalmi rendszerük ellentétben áll a világ nagyobbik részén megszokottól. A Föld társadalmainak több mint 70%-a az úgynevezett patrilokális berendezkedés szerint él. Ebben a típusban a férfiak ellenőrzik a vagyont. Az öröklődés és a csoporttagság a férfi vonalon keresztül adódik át. Mikor két ember egybekel, az asszony a férjéhez megy lakni és új személyazonosságot kap a férje klánjától. Az az európai szokás, mikor a feleség felveszi férje nevét, szintén a patrilokális életvitellel vezethető vissza.

Ennek a viselkedésnek az egyik következménye a férfiak egy helyben maradása lesz, míg nők mindig költöznek egy családba vagy egy klánba. Ez kicsit ellentétesnek tűnik érzéseinkkel, hiszen a „férfiak szórják szét magukat és nem a nők”, de a legtöbb társadalomban mégis ez a szabály. Ezzel szemben a karenek másképp intézik a dolgaikat. Nők kontrollálják a vagyont, és a csoport identitása az anyai ágon adódik tovább. Egy karen házasságban a férfi költözik be a nő falujába, hogy gondozza annak földjeit. Társadalmukat az antropológusok matrilokálisnak hívják, amiben a nő marad egy helyben és a férfi vándorol. A karenek néprajzi különlegességnek tűnnek csupán, de mégis jelentős szerepük van abban, hogy feltárjuk a kultúrának a genetikai diverzitásra kifejtett hatását. Mint egy szabályosan megtervezett kísérletben, ők jelentik a kontrollcsoportot a világ népességében megfigyelt mintázattal szemben.

Az Y-kromoszómát használtuk fel a humán migrációban végzett kutatásainkhoz, mert gyakoriságában az Y lényegesen nagyobb genetikai differenciákat mutat a populációk között, mint a legtöbb egyéb marker. Ahogy Dick Lewontin genetikai analízise kimutatta, az emberi faj genetikai változatosságának zömét populáción belül találjuk, és csak töredékét, 10-15%-át a populációk között, azonban ugyanez az arány az Y-kromoszóma elemzéseknél már 30-40%-nak adódott. Nagyobb genetikai kontraszt nagyobb felbontást tesz lehetővé, emiatt is alkalmas olyannyira az Y a migrációk nyomon követésére.

Mikor az Y-t először tanulmányozták, mint a populációs rokonság markerét, az egyik újra és újra felbukkanó eredmény az volt, hogy az emberek egy adott helyszínhez kötődtek. Már néhány DNS-

polimorfizmussal is fantasztikus földrajzi felbontást lehetett elérni, sőt némely Y-kromoszóma csupán egy-két falura korlátozódott. Ha a populációgenetikát egy húsz kérdésből álló játéknak képzeljük el, a legtöbb genetikai rendszerre, így a vércsoportokra, az mtDNS-re is szükségünk lesz, hogy egyáltalán a legdurvább mintázatot fel tudjuk tárni. Tehát még az adott személy származási kontinensét is. Ezzel szemben az Y normál esetben már néhány kérdés után azonosítani tud szubkontinentális régiókat. A megfigyelések azt mutatták, hogy az Y származási vonalak földrajzilag lokalizáltak, és a vizsgált népek kiindulási helyének meghatározására voltak alkalmasak. Fantasztikus eszköz a népesség helyváltoztatásának követésére, de a mintázatra adott válaszok homályosak maradtak.

Mark Seielstad, még mikor Luca Cavalli-Sforza és Dick Lewontin szakdolgozatos diákjaként dolgozott, 1998-ban publikált egy cikket az Y-rejtély lehetséges megoldásáról. Afrika 14 populációjából vett Y-kromoszóma markereket, és azt találta, hogy a populációkat elkülönítő variációk aránya lényegesen nagyobb volt, mint más markerek esetében. Egy európai populációból származó mintában pedig a populációk közötti eltérés, mint a genetikai távolság függvénye, sokkal nagyobb mértékűre emelkedett az Y esetében, mint minden más genetikai rendszerben, így az mtDNS-hez képest is. Seielstad meglátása szerint a mintázat azért alakul ilyenné, mert a nők sokkal többet költöztek, mint a férfiak, ezáltal mtDNS-ük is jóval nagyobb területen szóródott szét a szomszédos populációk között, és egy jóval homogénebb mtDNS-elterjedési térkép alakult ki. Viszont a férfiak időközben otthon maradtak, és Y-kromoszómáik egymástól függetlenül divergálódtak a különböző populációkban. Cavalli-Sforza látva az eredményeket, Verdi örökérvényű szavainak adott igazat: „la donna e mobile” (a nő áll tovább).

Seielstad publikációja elég nagy felbolydulást okozott, még olyan nőmozgalmi aktivisták, mint Gloria Steinem is rendelték belőle egy másolatot. Úgy tűnt, hogy a férfi tradicionális világljáró képét ássa alá a cikk, és az Y-kromoszómák, vagyis a „magvak szétszórásának” hite is megdől. A nőmozgalmi aktivisták elfelejtettek számításba venni valamit. A fentiek ellenére ugyanis a nők csak kismértékben vettek részt a csoportidentitás kialakításában. Egy patrilocális társadalomban nem sokat nyom a latba, ki volt a szülőanyánk, mert apánk az, aki a család, vagy a klán önazonosságát megadja és örökségünket szolgáltatja. Amit leginkább érdemes Seielstad munkájában kihangsúlyozni az, hogy az emberi kultúrának milyen hatalmas szerepe

volt fajunk genetikai mintázatának kialakításában. Egyszerű helyi döntések a vagonról és a házasságról sok száz évnyi halmozódás után érezhető különbségeket termeltek ki a férfi és a női oldal genetikai varianciájának mintázatában. A hindu kasztok eleven példái ennek a megoszlásnak. Sokkal jelentősebb Y-kromoszóma, mint mtDNS-eltéréseket találunk az egyes kasztok között, vagyis a nők könnyebben kerültek át a belső határok másik oldalára, míg a férfiak saját társadalmi skatulyájukba voltak zárva.

Az elmélet igazi teszteléséhez, ahogy Seielstad is jelezte, matrilocális társadalmak genetikai analizisére is szükség van. A kiindulási hipotézis szerint ilyen esetekben az mtDNS-ben várunk nagyobb divergenciát, míg az Y-kromoszómánál inkább homogenizációra számíthatunk. Ezt a vizsgálatot végül 2001-ben hajtották végre, mikor Mark Stoneking és munkatársai közöltek egy cikket a karenekről és a körülöttük élő patrilocális thai törzsekről. A vizsgálat eredményei a Seielstad által megjósolt eloszlását mutatták ki, és ez cáfolhatatlan bizonyítékát szolgáltatva annak, hogy a patrilocálisitás vezetett a Y-kromoszóma nagyobb változatosságához, melyet a legtöbb jelenkori emberi társadalomban láthatunk.

Amíg ez segítette megmagyarázni az Y-kromoszóma származási vonalainak elhelyezkedését, felszínre hozott egy másik furcsa jelenséget is. Ahogy a 3. fejezetben láttuk, az egyesülési idő (az idő ami közös őseink, Ádám és Éva óta eltelt) sokkal rövidebb az Y-kromoszóma, mint az mtDNS esetében. A patrilocálisitás meg tudja magyarázni a nagyfokú Y-kromoszóma diverzitást a populációk közt, de attól még az egyesülési idő ugyanannyi kellene legyen az Y-nál és az mtDNS-nél. Az Y sokkal feldaraboltabb mintázatok kellene mutasson a régen elvált populációk közt, ahol mindegyikük őse visszavezethető lenne egy férfira, aki 150 ezer évvel ezelőtt élt. Ehelyett sok, alig különböző populációt találunk, és mindegyik leszármazási vonala azon nyomban egyesül, ahogy nyomai visszaérnek Afrikába. Az adatok egy olyan Ádámra mutatnak rá, aki csak néhány ezer évvel élt korábban, mint ahogy az ember megkezdte kivándorlását Afrika földjéről. Ez pedig egy újabb faktor jelenlétét valószínűsíti.

A genetikai sodródás (emlékszünk: random változások a markerek gyakoriságában a kis populációméret következtében) rátája a populáció aktuális méretétől függ. Nagy populációkban a sodródás súlya mellőzhető, míg kisebbeknél meghatározó tényezővé válik. A legkisebb populációknál, mint az Amerikát kolonizáló beringiaiak voltak, néhány leszármazási vonal a 100%-os gyakoriságot is elérheti,

akár nagyon rövid idő alatt is. Ez a magyarázata annak, hogy az őslakos amerikaiaknak miért ennyire egyívású a vércsoportjuk, ti. a 0 mellől elveszítették az A és B típust valahol a szibériai jégkorszak idején.

Ugyanez a sablon alkalmazható az Y-kromoszóma ősnének jelenlegi dátumaira vonatkozóan. Ha egy populációban kevesebb a férfi, mint a nő, akkor az Y-kromoszóma vonalak elvesztési rátája magasabb lesz. Sokan biztosan felkapták a fejüket, és arra hivatkoznak, hogy ez azért nem lehetséges, mert a születési arány 50-50%. De biztosan ugyanannyi férfi és nő van minden populációban? Habár ez tényleg igaz a konkrét egyedszámot illetően, meglepő módon jelentős eltérések figyelhetők meg a valóban szaporodó és géneiket továbbadó személyek ivararányában. Genetikai szempontból azokat nem számoljuk bele, akiknek nincsenek utódaik, ki kell zárni őket egy efféle képletből. Minket az úgynevezett effektív populációméret, a gyermeket nemző férfiak és nők száma érdekel. Ebben már tényleg találunk különbségeket. Az egyik valószínűsíthető magyarázat szerint maroknyi férfi sajátítja ki a gyermeknemzések zömét, és ezért nagyobb az Y-kromoszóma vonalak elvesztési rátája. Az ő fiaik (jelentősebb vagyonnal és társadalmi státusszal) szintén nagyobb eséllyel pályáznak a gyermeknemzési dominanciára a soron következő nemzedékben. Néhány generáció alatt ez a társadalmi jelenség pontosan ahhoz az Y-kromoszóma mintázathoz fog vezetni, amit most látunk: néhány származási vonal populáción belül, és eltérő vonalak a populációk között. Ez alakította ki az Y jelenleg ismert egyesülési idejét, mivel az a vonal, amely visszavezethetne a 150 ezer évvel ezelőtt élt Ádámgig valahol időközben elveszett, amíg az emberiség Afrikában tartózkodott. A hipotézis igazán pontos bizonyítását csak akkor lehetne elvégezni, ha alaposan elemeznénk azokat a társadalmakat, amelyek száz vagy ezer évek óta változatlan szociális berendezkedést mutatnak, de azért úgy vélem, előbb-utóbb az adatok által is bizonyosságot fognak nyerni. Nemcsak Ádám és Éva nyelve, de a kultúra hatása a genetikai mintázatok alakulására is egyike lesz az antropológia legkedveltebb kutatási témáinak az elkövetkező néhány évtizedben. Sajnos, versenyfutásban állunk a rohanó idővel, de erről majd többet a következő fejezetben olvashatunk.

## *Vissza a tengerhez*

Kulturális túránk véget ért, és most látjuk, hogy a mezőgazdaság megjelenése, valamint a helyi házassági szokások miképp hatottak az ember genetikai sokszínűségére. Most már készen állunk újraértékelni a hawaiiakat, akiket Cook kapitány „fedezett fel” a XVIII. század végén. Honnan jöttek, és miért hódították meg a Csendes-óceánt néhány ezer évvel ezelőtt?

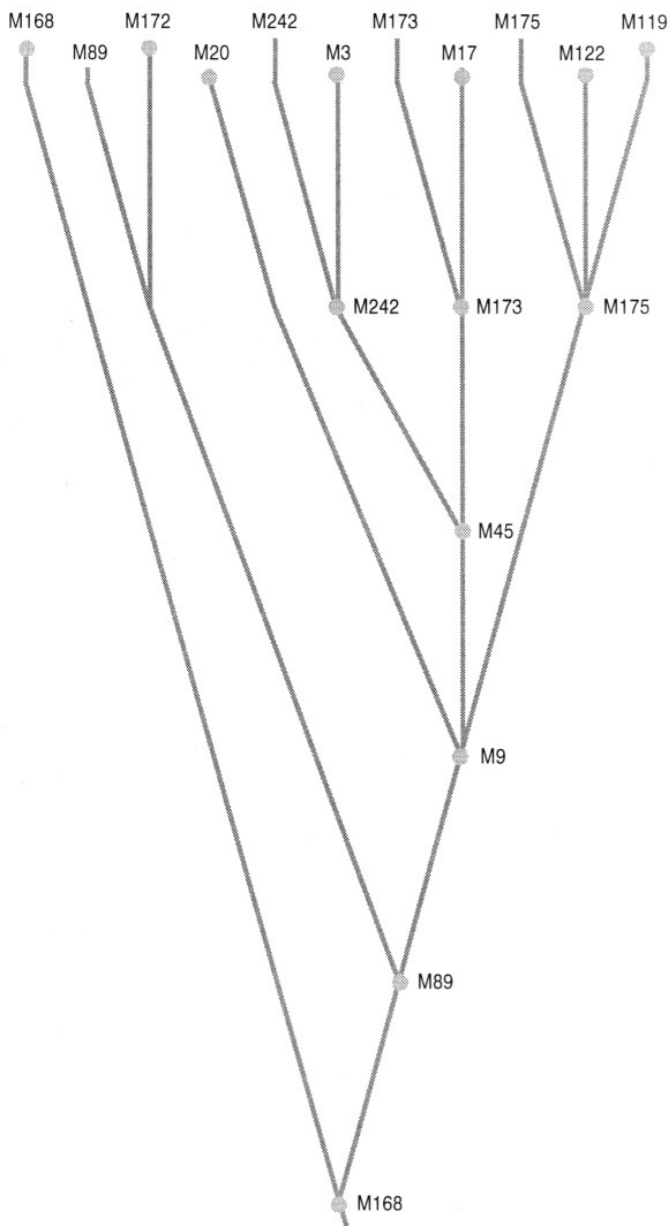
Az első kérdés, amit fel kell tennünk, vajon létezik-e rokonság a polinéz nyelvek közt, mivel ez valószínűsíthető egy magpopulációt. A válasz: igen. Bár Thor Heyerdahl előnyben részesítette a polinézek dél-amerikai eredetét, nyelvük szoros kapcsolatban áll a Délkelet-Ázsiában beszéltekkel. Már a XIX. század tudósai rámutattak a polinéz és a Tajvanon (akkor még Formosa), valamint Malajziában beszélt nyelvek közötti hasonlóságokra. Tajvant ma han-nyelvű kínaiak lakják, de a XVII. századot megelőző időben itt élt őshonos népesség még attól tökéletesen eltérő nyelvet használt. Ezeket a nyelveket mind egy családba sorolták be, az úgynevezett maláj-polinézbe, amit a XX. század elején ausztróázsiaiakra kereszteltek át. Vagyis a lingvisztikai adatok és ismeretek a polinézek gyökereit egyértelműen Ázsiába, és nem Amerikába vezetnek vissza.

Az ausztróázsiai nyelvek és a mezőgazdaság terjedése közötti átfedés megdöbbentően egybevághat. Polinézia benépesülése, a fentiekből született elmélet szerint összeköthető a földművelő népek terjeszkedésével, akik elsajátították a vitorlázás művészetét is, mikor egyik szigetről a másikra ugrálva haladtak tovább Délkelet-Ázsiában, majd végül a nyílt óceán felé vették az irányt. Az „expresszvonat” néven ismertté vált elmélet szoros genetikai kapcsolatot tételez fel a tajvaniak és a polinézek között. Az mtDNS-vizsgálatok eleinte alátámasztották ezt az elképzelést, bár felbontásuk, mint bárhol a világon, meglehetősen korlátozott. Az Y-kromoszómákból származó eredmények alapján a teória komoly módosításokat igényel.

A mintázat, amit a délkelet-ázsiai szigeten láthatunk a következő. Habár a kínai eredetű földművesek valóban jelentősen befolyásolták a génállományt, mégis jelentős számú őshonos leszármazási vonallal (főképp az M130-cal) találkozhatunk szerte Indonéziában és Melanéziában. Ugyanezek nagy gyakorisággal megtalálhatók Polinéziában is. Ebből az következik, hogy miután a földművelés meghonosodott a délkelet-ázsiai szigeteken, egy érési fázison ment keresztül, mert adaptálódott a helyi növényekhez, amelyek jobban

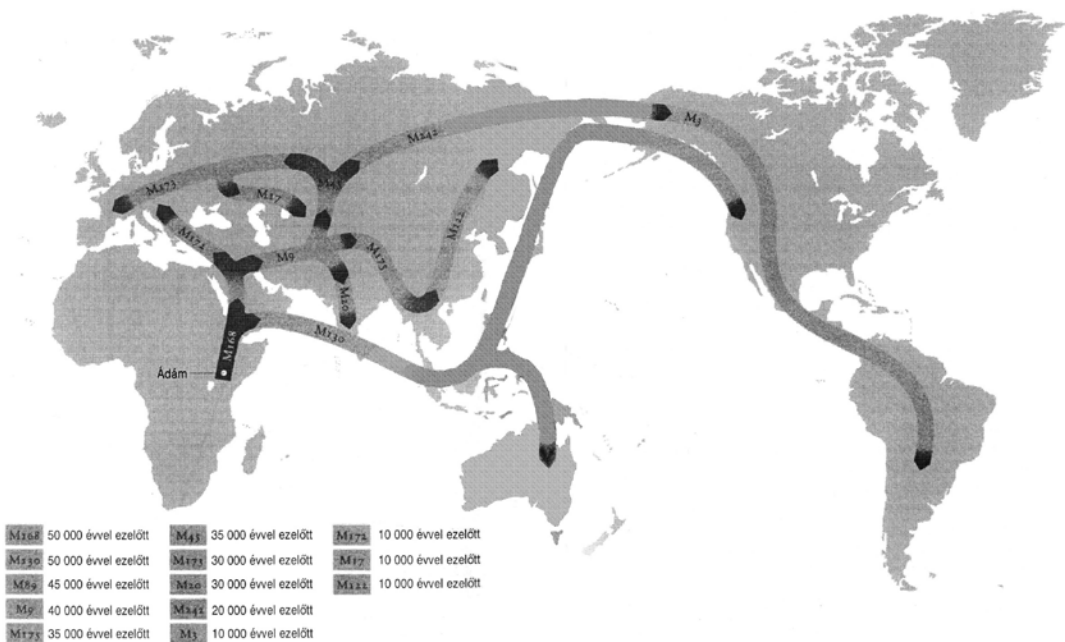
megfeleltek ennek a környezetnek. Nem pattantak fel tehát a száguldó expresszre, ehelyett inkább ellötyögték az időt egy darabig, míg kultúrájuk teljesen nem alkalmazkodott új otthonukhoz. Peter Bellwood rámutatott, hogy a kínai rizsfajták terméshozama drámaian lecsökken az Egyenlítő közelében, mivel termővé válásukhoz szükségük van a naphossz változására, amit viszont csak a trópusokon kívül kaphatnak meg. Ezek a kényszererők nagyban elősegítették a Délkelet-Ázsiába behatoló mezőgazdaság megváltozását, és művelői helyenként más gabonával cserélték le a kölest és rizst. A Csendes-óceán térségében őshonos polinéz tárogyóker példája jól tükrözik ezeket a váltásokat (a hawaiiak ebből készítik a poi-t). A gének úgyszintén huzamosabb tartózkodásra utalnak Délkelet-Ázsiában, mielőtt hordozóik a tenger felé fordultak volna.

Az időzítés kérdésére adott válasz a mezőgazdaság érési fázisában lelhető meg. Meg kellett várni, míg beérik a teljes mértékben trópusi viszonyokhoz idomult földművelési forma, majd a polinézek nekivágtak a feltáratlan földeknek. Magukkal vitték terményeiket, hogy képesek legyen életben maradni bárhol is vetik őket partra a hullámok. Vadászó-gyűjtögető népek sosem lettek volna képesek többszöri ismétléssel megtenni egy ekkora ugrást az óceánon át, hiszen sejtelmük sem volt, mi vár rájuk a túloldalon. A polinézeknek viszont addigra már jól megalapozott mezőgazdasági hagyományaik voltak, és képesek voltak irányítani saját sorsukat. Tengerre szállásukba szerepet játszhatott a szülőföld lakosságának hirtelen felduzzadása (a földművelés egyik velejárója), de a megoldást tudatos választás készítette elő, amikor vitorlát bontottak az ismeretlen horizontok felé. Ekkor kezdődött a tudatos döntések szüntelen gyarapodása, mely végül az emberi evolúció utolsó Nagy Bummjához vezetett.



9. ábra A szövegben taglalt Y-kromoszóma markerek rokonsági viszonyait szemléltető családfa. Minden nyomvonal az afrikai M168-astól származik.





10. ábra Az Y-kromoszóma leszármazási vonalak szétterjedése a Földön

## 9. A végső Nagy Bumm

Ha ismered a múltadat, tudni fogod honnan jöttél.  
Bob Marley, „Buffalo Soldier”

Pár évvel ezelőtt felkérést kaptam egy genetikai vizsgálat elvégzésére, egy tévéműsor szerves részeként. Azt kellett bizonyítani, hogy a genetikai adatok alapján minden ember őse visszavezethető Afrikába. Eleinte haboztam, mert személyes genetikai eredményeket kellett bemutatnom a televízió nagy nyilvánossága előtt. Szerencsére később a producerek és a mintákat adományozó személyek is biztosítottak az együttműködésről, így hát belementem a vállalkozásba. Négy londoni férfi szolgáltatotta az alapanyagot az Y-kromoszóma teszteléséhez, én pedig az e könyvben is bemutatott markereket, az M168, M130 stb., analizáltam. Mikor a munkát befejeztem, a kapott mintázat az elvártak szerint alakult, a négy közül három esetben. A férfi, akinek ír-skót felmenői voltak M173 markert hordozott, ami a leggyakoribb típus Nyugat-Európában. A japán férfiból M122-es típust mutattam ki, ez 20%-os gyakoriságú Japánban. A pakisztáninak M89-es Y-kromoszómája volt, ami pedig mindenhol fellelhető a Közel-Keleten és Közép-Ázsiában. A negyedik férfi némi meglepetéssel szolgált. Lévén karibi fekete, azt reméltem, leszármazási vonala a dél-afrikai zulukhoz köti őt vissza, akikkel erős kulturális kötődést érzett. DNS-e ennél sokkal bonyolultabb történetet leplezett le.

Ennek az embernek M173-as Y-kromoszómája volt, egy tipikusan európai marker. Az M173-at nem találták egyetlen Szaharán túli mintában sem, pedig több százat is átvizsgáltak. Magától adódott a kérdés, vajon mi okozhatta ezt az anomáliát. A többi, nem Y marker egyébként „normális” afrikainak azonosította be. Ebben olyan marker is szerepelt, amelyet elsőként pont egy zulu férfiból azonosítottam 1990-ben. Az Y kétségkívül egy komplikált történetre világított rá, amely ennek a fejezetnek is vezérfonala lesz.

Hogy miképp lehet egy karibi feketének európai Y-kromoszóma vonala, meglehetősen egyértelmű, valahol a család történetében, a

férfiági felmenők közt volt egy európai apa. Tekintve a család történetét, ez az ős valószínűleg akkor bukkant fel, mikor a família már a Karib-szigeteken élt, a rabszolgaság korában. Az újabb kori vándorlások ismerete nélkül igen nehéz lett volna a fenti eredményt értelmezni. Mikor a körülmények tisztázódtak, már nagyon könnyű volt az Y-adatokat a genetikai történet többi részével összehangolni, és bepillantást nyerhettünk önkéntesünk bonyolult családfájába.

Egyedi eset lehetett ez? Egyáltalán nem. Az amerikai feketéknek nem kevesebb mint 30%-a hordoz európai eredetű Y-kromoszómákat. A rabszolga-kereskedelem maradandó nyomokat hagyott az afrikai eredetű, de ma már Afrikán kívül élő népesség DNS-ében. Az amerikai feketék azonban nem számítanak különleges kivételnek. Az elmúlt 500 év alatt, a felfedezések korában és az ipari forradalom idején az emberek mobilitása a korábnak többszörösére nőtt. Ma, az Eurázsziába elsőként behatoló modern emberek leszármazottai, olyan cikcakkokkal és olyan gyors ütemben járnak be a világot, amitől paleolitikumi ősünknek elakadna a lélegzete. A végső Nagy Bumm az emberiség evolúciós történelmében, amit talán Mobilitási Forradalomnak keresztelhetnénk el, a globalizáció korát indította útjára. A „globális falu” kulturális és gazdasági következményeit hosszú ideje taglalják az üzletemberek és a politikai döntéshozók, valamint az ökológiai leromlás is kézzelfoghatóvá vált a gyorsuló ütemben csökkenő biodiverzitáson keresztül, de az utolsó Bumm genetikai hatásai talán kevésbé világosak.

## *A nyelvi fonál*

Mint genetikus, munkám java részét a közép-ázsiai népek rokonsági viszonyainak megfejtésére fordítottam. A volt szovjet köztársaságok, mint Üzbegisztán, Kazahsztán, Kirgizia és a többiek hosszú ideig zárva voltak a nyugati tudósok elől, a rendszerváltást megelőző korszakban. Mikor az 1990-es években kitérték kapuikat, fejest ugrottam a lehetőségbe és ellátogattam arra a vidékre. Mintavételezéseim a világ genetikai diverzitását célozták meg, de egészen addig az időig csak Európára, Kelet-Ázsiára (Kína és Japán), Dél-Afrikára és Észak-Amerikára fókuszáltak. Közép-Ázsia lényegében ismeretlen volt, egy sűrű folt a világ genetikai térképén.

Először 1996 nyarán jártam ott, majd ezután munkám számtalanszor visszavezényelt oda. Volt, hogy Land Roveremmel indultam útnak

Londonból, ültem a zötykölődő öreg szovjet repülőkön és keltem át elhagyatott határszakaszokon hátizsákkal a vállamon, benne a gyűjtött genetikai mintákkal. Az egyik legemlékezetesebb utam során Tádzsikisztánba látogattam el 2000 augusztusában. Helybéli tudósokkal és orvosokkal dolgoztam együtt, mivel az ország hegyvidékén élő, sokféle etnikai csoportból akartam vérmintát gyűjteni. Egyik ezek közül a dzsagnob volt.

A dzsagnobok közvetlen kapcsolatot jelentenek a Selyemút korához. Nyelvük, a dzsagnobi egyenes ági leszármazottja a szogdinak, mely egykor a Selyemút mentén élők népek érintkezésében a lingua franca szerepét töltötte be. Pontosan ugyanúgy, ahogy ma az angol vált a kereskedelem nyelvévé. Az első évezred közepe táján a szogdit szerte Közép-Ázsiában beszélték, Perzsiától Kínáig. A moszlim hódítás után, a VII-IX. század folyamán használata visszaszorult, és a XX. századra összes nyelvjárása eltűnt, egy kivételével. A dzsagnob nép Tádzsikisztán északi felében, az eldugott Zerafsán-völgy néhány elszigetelt falujában él. Ezek az emberek még mindig beszélnek az ősi nyelvet, ezt az 1500 éves lingvisztikai műremeket. Tervem az volt, hogy meglátogatjuk őket, elmesélem nekik a projekt lényegét, azt remélve, hogy részt kívánnak venni ebben a kutatásban, amely feltérképezi történelmüket DNS-szignáljaikon keresztül.

Rögös út vezetett fel a dzsagnob falvakhoz a tádzsik fővárosból, Dusanbéból. Átvágtunk egy hágón is, amit a kormánycsapatoknak csak nemrégiben sikerült visszavenniük a hosszú és vérzivataros polgárháborús időszak után. A számtalan ellenőrzőpontot kalasnyikovba öltözött fegyveresek őrizték, majd miután párhuzamos völgyek tucatjait átszelve leereszkedtünk a másik oldalon, találtunk egy kelet felé vezető földutat végig a Zerafsán folyó mentén. Sok órával később, öreg szovjet furgonunkat a kátyúkon keresztül húzva vonva végül befutottunk egy *kishlak*-ba, egy tadzsik faluba. Várakozásokkal telve ugrottunk ki a kocsiból, és kerestük meg a falu öregjét, hogy tőle kapjunk tanácsot. Teát szürcsölgetve elmagyaráztuk neki a projekt lényegét, amíg az aggastyán elmerengett a mondandónkon. Végül közölte, hogy utazásunk hiábavaló volt.

A dzsagnobok nemzedékeken át itt éltek – magyarázta –, talán valóban a Selyemút napjai óta. De az 1960-as évek aszályai arra késztették a szovjeteket, hogy a lakókat letelepítsék a síksági falvakba. Később, az 1980-as évek végén hatalmas földrengés rázta meg a környéket, és a még itt maradt emberek többsége is leköltözött

Dusanbébe. Ott jártamkor már nagyon nehéz volt dzsagnobot találni eredeti szülőfalujában. A fővárosban ugyan találkozhattunk volna taxisofőrökkel, takarítókkal, akik abból a körzetből jöttek, de egyetlen isten háta mögötti falu kivételével a dzsagnobok lényegében kitelepültek ősi szülőföldjükéről. Nagyon csalódottan hagytuk ott az öreget. Soknapi keresgélés után sikerült rábukkannunk egy dzsagnob falura, ahol a helybéliek nagy örömmel segítettek a munkánkban, de végül a minták javát a főváros környékén cirkálva szedtük össze ettől az ősi népességtől. Erőfeszítésünk, hogy megtaláljuk a Selyemút népének elszigetelt maradványait, hajszál híján csődbe ment.

Amiről az öreg tádzsik magyarázott nekünk, mindennapos jelenséggé vált a mai világban. A dzsagnobok példája egyáltalán nem szokatlan eset, sőt épp ellenkezőleg. A modern kor egyik vonása, hogy a falvakat elnyelik a terjeszkedő városok, lakóikat a nagy nyelvi és etnikai elegy olvasztja be, amely az idő múlásával és a város növekedésével csak egyre összetettebbé válik. Míg néhány társadalom tolerálja a változatosságot, sokuk inkább az egység akadályának tekinti. Gyakran a kormányok is menekülnek előle, a kulturális harmóniára lelkesen hivatkozva, főképp újonnan keletkezett országokban, ahol az identitástudat még kiépítés alatt áll. Hogy megértsük, miért van ez így, vessünk egy pillantást a XIX. századi Európa államfejlődési modelljére.

## *Sorvadozó nyelvek*

Ha ellátogatunk Franciaországba, nehéz nem észrevenni, hogy az embereket mennyire átjárja a nyelvük iránt érzett szeretetteljes lelkesedés. A Francia Akadémia, a nemzeti nyelv hivatalos öre, árgus szemmel követi nyomon a beszélt és írott franciát, ha kell, segíti megfelelő mederbe terelni megvédendő az idegen behatásokkal szemben. Ennek fényében talán meglepő, hogy 150 évvel, avagy hat generációval ezelőtt a népesség kevesebb, mint fele beszélte a franciát. Legtöbben saját tájszólásukat vagy önálló nyelvüket használták. Ugyanebben az időben Olaszországban 10%-ra becsülték az olasz beszélők arányát a népességben. Clemens von Metternich osztrák kancellár érzékletesen fejtette ki abban az időben, hogy Olaszország kevésbé egy nemzet, mint inkább „egy földrajzi kifejezés”. A XIX. századi Európa új eszmék és mozgalmak örvénylő forgataga volt. Romanticizmus, realizmus, industrializmus, gyarmati terjeszkedés,

mind-mind jelentős mértékben járultak hozzá modernkori világnézetünk kifejlődéséhez. Az újfajta gondolkodás egyik legátütőbb manifesztációja a nacionalizmus diadalútja lett. Ez rajzolta meg Európa jelenlegi politikai térképét is, de a világ más részein is messzire vezető hatása lett.

A XIX. századot megelőzően Európa testét apró királyságok, hercegségek és fejedelemségek tarkították, az élet sokkal „lokálisabb” volt mint manapság. Az állampolgári hűség a provinciális uralkodónak szólt, és minden a regionális események körül forgott. Az emberek házassági szokásai is jellemzően helyhez kötődtek. Végig az egész európai történelemben, a házastársak születési helyét csak néhány kilométer választotta el egymástól, ami sok esetben szoros vérrokonsághoz, családon belüli házassághoz vezetett. A regionális jellegzetességek kiterjedtek a nyelve is. Például, amíg a modern Franciaországnak egy hivatalos nyelve van, szigorúan ellenőrizve az akadémia által, addig a XVIII. század végén még több száz vagy több ezer éves provinciális nyelvek tucatjai léteztek. A baszk, a breton, az okszitán (provence-i), a korzikai és az elzászi mind jól elkülöníthető entitás volt. A breton például kelta eredetű, a walesivel és a gaellel rokon, nem pedig a franciával, annak ellenére, hogy mindig is ez volt a nyugat-franciaországi Bretagne nyelve. A regionális nyelvek használóinak létezett egy saját azonosság –, vagy ha úgy tetszik, nemzetiségi tudata, mely később alárendelődött az egységes francia állam létrejöttének.

Amint a nacionalizmus szárnyra kapott Európában, az újonnan egyesített államokban a nyelv a nemzeti öntudat kialakításának egyik oszlopfője lett. A kormányok a kulturális egység létrehozását a többiek felett uralkodó hivatalos nyelvek létrehozásában látták. A XVIII. századtól kezdve az angol lett az Egyesült Királyság elsődleges irodalmi és kormányzati nyelve, de még ma is számos ember beszél az angollal csak távolról rokon nyelvet. Főképp a kelták fizették meg az angolul beszélő népek terjeszkedését. A kelta manx (helyi nevén ghailckagh) a Man-szigeten volt egykor honos. Itt 1874-ben még 12 ezer ember beszélte, de a XX. század fordulóját már csak 4000 élte meg. Az utolsó ember, aki a manxot anyanyelveként használta, 1974-ben halt meg, és manapság már csak élő kövületként lehet a nyelvet fenntartani, néhány száz lelkes műkedvelő segítségével. A XIX. században, a választott nemzeti nyelvet a kényszeroktatás csakúgy, mint a nemzeti katonai szolgálat segítette elterjedni, és néhány nemzedéken belül a folyamat szinte be is fejeződött. A nemzeti létet

egynyelvűséggé varázsolták át. Az egyik legérzékletesebb példát erre Németországban találhatjuk. A Grimm testvérek, Jakob és Wilhelm híres meseköltők voltak, gyerekkorában szinte minden európai hallotta történeteiket. Azt már kevesebben tudják, hogy Jakob emellett elismert nyelvészként is tevékenykedett, és ő határozta meg elsőként a germán nyelvek szabályos hangváltzásait, mint az ősi indoeurópai szavakban található *b* betűnek a németben *p*-vé alakulását. Grimmék munkájukat részben annak szentelték, hogy a németet beszélő emberekben feltámasszák az együvé tartozás érzését. A lingvisztikai tanulmányaikban a germán nyelvek közös származásának és egységének hangoztatásával kívánták elérni a standard nemzeti nyelv megalkotását. Meséik által pedig az össznémet kultúra hagyományait kívánták ápolni, a nemzeti öntudat megőrzése és építése érdekében. Németország a németté válás folyamatában volt, és Grimmék az új nemzet egyik intellektuális tartóoszlopát faragták ki.

A történelem nyelv általi azonosítása az európai nacionalizmus idején bontakozott ki, de már korábban gyökeret eresztett a gondolat, miszerint a nyelv határozza meg a kultúrát, a kultúra pedig ezer szállal kötődik a nyelvhez. Ennek oka, hogy egy új nyelv születése nem rövid idő, mintegy 500-1000 évet vesz igénybe, míg élesen elválasztható lesz a rokon dialektusoktól. Az újlatin nyelvek elválási folyamata immár 1500 éve tart, de eredetük visszavezethető abba a korba, mikor a régi latin még a Római Birodalom nyelve volt. A francia, a spanyol, az olasz, a román, a katalán és a rétoromán (ezt Svájc Graubunden kantonjában beszélnek), mind rokonai egymásnak és a rómaiak idejére vezethető vissza közös eredetük. Más nyelvek, többek között a baszk, sokkal régebben elszakadtak a környezetükben beszélt társaiktól. De az összes esetben egy nyelv létrejötté mindig egy sok évig tartó kulturális elszigeteltség végállomása.

Mikor egy nyelv kihal, mi is elveszítjük az emberi történelem egyik pillanatfelvételét. Ha a baszk egyszer csak eltűnne, nagyon értékes emlékek lennének kevesebbek, mivel egyedül ők kötnek vissza minket Európa pre-indoeurópai korszakához. Ha a körülbelül 2000 lelket számláló dzsagnobit beszélő népesség teljesen asszimilálna a tadzsik nyelvű többségbe, és a fiatal dzsagnobok már nem tanulnák meg eredeti nyelvüket, akkor utolsó élő kapcsunkat is elveszítenénk a Selyemút korához. Minden egyes nyelv eltűnésével kulturális történelmünk egy része is megsemmisül. Különösen akkor igaz ez, ha olyan nyelvről van szó, amit sosem tanulmányoztak, sosem jegyeztek

fel. Sajnos ez a helyzet a többségükkel, így velük együtt a múlt is visszafordíthatatlanul köddé válik.

Ma, beszélőinek számát tekintve a tizenöt leggyakoribb nyelvet a világ népességének fele használja. Némelyiket ezek közül (angol, spanyol, arab) a gyarmatosítás terjesztett el. Mások a népesség gyarapodásával együtt indultak növekedésnek, főképp a mezőgazdaság ösztökélő erejével. A kínai és hindi a két legjobb példa erre. Még ezekben az esetekben is a nemzeti nyelv megteremtése nagyban hozzájárult későbbi sikereikhez. Világosan látszik, hogy néhány nyelv egyre elterjedtebbé kezd válni. A legelső 100 nyelvet a világ lakosságának 90%-a beszéli, míg a nyelvészek összesen 6000 különböző, ma még élő nyelvet tudtak eddig elkülöníteni. Jól láthatóan, zömüket csak pár ember használja.

Jövőjük a legjobb esetben is bizonytalannak mondható. A dzsagnobi és a manx esetében megfigyelt redukáló folyamatok a legtöbbjüket kihalással fenyegetik. Ezeket a kudarcra ítélt, csak kis népek által beszélt nyelveket nagyobb csoportok nyelték el vagy szórták széjjel. Darwin tűzföldi indiánjainak (lásd 1. fejezet) nyelve, a jagan bizonyítottan a gyarmatosítás áldozata lett és napjainkra valószínűleg ki is halt. Daniel Nettles és Suzanne Romaine nyelvészek becslése szerint a világ nyelveinek fele el fog tűnni az évszázad végére, ez a ráta pedig egyenlő a kéthetente egy kihalási eset ütemével. A közelítő számítások szerint 1500-ban még 15 ezer nyelvet beszéltek szerte a világban, tehát már ma elvesztettük az egykori lingvisztikai diverzitás több mint felét.

De alapjában véve könyvünket arra szántunk, hogy a genomunk által mesélt történelmet mutassa be. Sokan kérdehetik, akkor vajon miért szenteltünk ekkora terjedelmet a nacionalizmus felemelkedésére és a nyelvek kihalására. Természetesen azért, mert ahogy a korábbi fejezetben is láttuk, a nyelvek gyakorta korrelálnak a genetikai mintázattal. Magától adódik a következő kérdés, vajon van-e valami köze a nyelvek fogyásának genetikai állományunk jelenlegi állapotához. S mit hoz a jövő?

## *A világméretű olvasztótégely*

Mint láttuk, az emberi faj genetikai diverzitásának csak aprócska töredéke felelős a populációk közötti különbségekért, a változatok döntő többsége populáción belül található. Ennek két oka van. Az



egyik az, hogy viszonylag fiatal faj vagyunk. Hozzávetőleg 50 ezer évvel, vagyis 2000 generációval ezelőtt összes ősrünk Afrikában élt. Mivel a mutációk nem túl gyakran fordulnak elő, és meglehetősen hosszú ideig tart, míg gyakoriságuk eléri azt a szintet, ahol már ki is lehet mutatni őket, feltételezhetően a jelenlegi diverzitás döntő többsége eredendően benne volt az afrikai populációkban. Ez különösképpen igaz azokra a polimorfizmusokra, amiket nem az Y-kromoszómán azonosítottak. Ezeknek kora meglehetősen idősnek tűnik, összhangban a korábban taglaltakkal, melyek szerint már az afrikai kivándorlást megelőzően is jelen voltak az emberi genomban.

Továbbá, a humán „rasszok” kialakulása egészen új keletű jelenség. Azok az embertani bélyegek, amelyek elkülönítik a modernkori ember földrajzi csoportjait, legnagyobb részt csak a 30 ezer évesnél fiatalabb fossziliáknál figyelhetők meg. A régebbi keletű afrikai, európai és ázsiai maradványok mind nagyon hasonlóak egymáshoz. Habár semmit nem tudunk őseink bőrének színéről, hajuk típusáról és egyéb külszíni bélyegeikről, a csontok tanúbizonysága szerint a rasszokról alkotott elméletünk nagyon új keletű jelenségeken alapul. Az embercsoportok feldarabolódását valószínűleg az utolsó jégkorszak idézte elő, és ez termelhette ki a rasszok jelenleg is látható morfológiáját, nem pedig százezer évnyi elkülönült fejlődés eredménye, ahogy azt Carleton Coon és mások látni szeretnék. Például a sinodontia, a északkelet-ázsiaiakra, és az amerikai őslakókra jellemző fogmintázat, először csak a 30 ezer éves leleteken tűnik fel. Ezt megelőzően az ázsiaiak fogazata nagyon hasonló volt bárkiéhez a világon.

Az emberi populációk közötti genetikai egyöntetűség másik oka az emberi mobilitás magas fokában keresendő, ami egész történelmünk során biztosította a csoportok közötti keveredést. Egy-egy ilyen alkalommal genetikai variációjuk mintázata szétterjedt a kevert populáción belül. Tehát, ha egy genetikai marker az afrikai kivándorlás után keletkezett, ahogy ez a legtöbb Y-kromoszómához kötött marker esetében fennáll, az egymást követő keveredések következtében széles körben el tudtak terjedni.

A nyelvek eltűnésének dinamikája azt jelzi, hogy az emberiség keveredése gyorsuló fázisba jutott. A nyelvek elsősorban azért halnak ki, mert az apró, korábban elszigetelt népeiséget magukba olvasztják nagyobb, domináns populációk, ahogyan az angol nyelvű Nagy-Britannia is végérvényesen elemészttette a manxot. Ritka az az eset, amikor a kisebbséget alkotó emberek ténylegesen meg is halnak,

inkább a többségbe való beolvadás jellemző. Vajon van-e valós adatunk ennek dinamikáját illetően?

Igen. Szinte minden országban tartanak népszámlálást, amikor az ország lakosságát megszámlálják és demográfiai egységekre bontják. Gyakorlati értékük az, hogy bemutatják a politikai kötődéseket vagy az állami támogatásokat, de a társadalomra vonatkozóan ennél mélyebb igazságokat is fel lehet fedezni bennük. Talán a legismertebb népszámlálást, minden 10 évben az Egyesült Államokban tartják, a legutolsó 2000-ben történt. Megtudhattuk belőle, hogy az USA népessége 1990-hez képest 13%-kal nőtt és elérte a 281,4 milliót, de emellett részletes adatokkal szolgált a változó etnikai összetételről. Ez alkalommal először, a válaszadók nagyon precízen lehatárolhatták etnikai hovatartozásukat. A „rassz” kategóriák számát 5-ről 63-ra emelték és most először nyílt lehetőség a különféle kisebbségi csoportok kombinációjának felvételére is.

Összességében 6,8 millió ember vallotta magát „fehér” és egy „kisebbségi” csoport keverékének. Ez természetesen nem veszi figyelembe a fehér csoportok egymás közti keveredését, ahol a fehér bármit jelenthet az irtól kezdve a libanoniig vagy a marokkóiig. Pedig ahogy korábban láttuk, már önmagában ez a típusú „belső” keveredés is populációk, markerek széles skálát foglalja magában. A hivatalosan vegyesnek számító kategóriák esetében az mondható el, hogy azok, akik vegyes eredetűek, általában valamely rasszhoz tartozónak tartják magukat a másik kizárása mellett. Következésképpen a vegyes származású amerikaiak száma a valóságban jóval nagyobb lehet, mint azt a tényleges jelentések mutatják. Például az US Census Bureau felmérései szerint míg a fekete/fehér eredetűeknek csupán 25%-a vallja magát fehérnek, addig a fehér/ázsiaiak és a fehér/hispánok (latinamerikai mesztic, kreol) 50%-a, és a fehér/óslakos amerikai származásúaknak 81%-a. A 2000. évi népszámlálás egyik tanúsága az volt, hogy az USA olvasztótégelye jóval magasabb lángon rotyog, mint azt korábban gondoltuk.

Tiger Woods golfjátékos bármi másnál jobban tükrözi a mai USA arculatát. Az afroamerikai, európai és délkelet-ázsiai felmenőkkel büszkélkedő Woods egy folyamatosan bővülő etnikai csoportba tartozik, amit csupán néhány szóval egyre nehezebb meghatározni. Még azok is, akik egyetlen csoportba osztályozzák magukat, mondjuk az afroamerikaiba, nagy valószínűséggel birtokolnak máshonnan származó elegyeket. Leginkább emiatt érte súlyos kritika a mitokondriális Éva elméletéről kiadott első publikációt 1987-ben.

Cann, Stoneking és Wilson a San Franciscói-öböl környékén élő afroamerikaiaktól vett mintát, és őket, mint „afrikaiak”-at kategorizálták. A bírálók szemükre hányták, hogy az analízis legősibb, afrikai eredetet jelző vonalai könnyedén lehetnek nem afrikaiak. Csupán 1991-es második publikációjukba vontak be afrikai feketéket, és ezzel érvényt szereztek az első vizsgálat sorozat eredményeinek.

Tiger Woods sok tekintetben olyan ember, aki kizárólag a XX. században születhetett meg. Származásának komplex hálózata a világ különböző sarkain ered, és felmenői csak az Egyesült Államokban, és csak az elmúlt 100 év folyamán találkozhattak. De Mr. Woods pusztán egy kézenfekvő példája annak a jelenségnek, ami néhány évszázada kezdődött, és összeboronál olyan embereket, akik korábban a történelmi helyzet miatt elvileg nem találkozhattak volna. A változó társadalmi szokások eredményeképp, elődeikhez képest a ma élőknek messze nagyobb esélye van arra, hogy gyermekeik vegyes etnikai hátteret örököljenek. Ez tagadhatatlanul helyes dolog a társadalom szempontjából, hiszen a rasszista sztereotípiák ledöntéséhez vezet, de egyúttal genetikai identitásuk kibogozhatatlan összefonódásához vezet. A keveredés szétrombolja a genetikai diverzitás regionális mintázatait, és behajítja őket a markerek kozmopolita olvasztótégelyébe. Egy százfős minta New York bármelyik East Village-i kocsmájából minden bizonnyal magában foglalná az összes genetikai markert, amiről könyvünkben szót ejtettünk. Mind jelen van egy kicsi, de potenciálisan állandóan kereszteződő népességben. Genetikai történetünk tanulmányozásában ezzel a keveredéssel jutottunk el utazásunk utolsó állomásához.

## *Egy bezáruló ablak*

Az emberi történelem harmadig Nagy Bummja új genetikai tájképhez vezetett minket. A diverzitás darabokból álló fércműve, ami azóta elkülönít minket, mióta a humán populációk útjai 50 ezer évvel ezelőtt elkezdtek szétválni, most az újraegyesülés kapujában áll, mert a keveredéseknek olyan kombinációi jönnek létre, amikre korábban nem volt lehetőség. Ugyan maguk a genetikai markerek nem fognak elveszni, de a köztük lévő összefüggések egyre átláthatatlanabbá válnak. S bár könnyedén be fogjuk tudni mutatni a genetikai leszármazási vonalak közötti rokonságot még egy New York-i kocsmában is, az eredménynek egyre kevesebb értelme lesz. Mégpedig

azért, mert képtelenek leszünk genetikai analízisünket földrajzi helyszínhez kötni. Például tengerparti vándorlásunk Ausztráliába, a legidősebb M130 jelű marker elterjedésére támaszkodott, ami Eurázsia déli felére korlátozódott, míg a Közel-Keletről gyakorlatilag hiányzott. Csak olyan őslakos népesség mintavételezéséből tudunk dolgozni, akik nagyon régen, ideális esetben 50 ezer éve élnek egy adott helyen, kizárólag az ő esetükben van remény őseik eredetének kikutatására. Az ősi, lokális populációk kulcsfontosságú tényezők, és annál jobb, minél kevésbé elegendnek másokkal. Pontosan ezek a csoportok állnak ma a visszavonhatatlan felszívódás küszöbén. A nyelvek lakmuspapírja világosan jelzi, hogy az elszigetelt populációkat gyorsuló ütemben nyelik a nagyok. Továbbá, a modern élet egyik alapszabálya szerint a kicsiny közösségek tagjait általában a városok fogadják be, ahol a kozmopolita változatosság fortyogó üstjének közepébe pottyannak. Sajnos attól a pillanattól kezdve, minden egyedi történet, amit mesélhettek volna nekünk, örökre a múlté lesz.

Néhány kisebbségi populáció felfedezte az önazonosság érzését, és néha az eszközökben sem válogatva küzd a globális kultúra növekvő hulláma ellen. A baszk ETA, a McDonald's éttermeket robbantó francia parasztok vagy a globalizáció ellen tiltakozók seregei a gazdasági csúcstalálkozókon, mind annak jelei, hogy növekvő mértékben realizálódik a kulturális identitás elvesztésének felismerése. De végeredményben ezek a módszerek túl drasztikusak a széles körű támogatás megnyeréséhez. Ráadásul a legtöbb őshonos ember számára a nagyvárosban elérhető előnyök túlságosan csábítóak ahhoz, hogy figyelmen kívül hagyják őket. A szülőfalu elhagyása általában személyes döntés eredménye, vagy mert úgy vélik, a lehetőségek sokkal jobbak másutt, vagy mert azok már meg is szűntek otthon. S végül a globalizációellenes aktivisták nem képesek az egyéni döntéseket befolyásolni, így harcuk eleve kudarcra ítéltetett.

Itt értünk történetünk végére. A könyv csupán áttekintést nyújthatott egy sokkal részletesebb elbeszélésről, a teljes munkáról, aminek sok év alatt összegyűjtött eredményeit igyekeztem belesűríteni. Most már van képünk az erdő egészéről, de még nem tudjuk, mennyi fa van benne. Miután sok őslakos népesség felismerte, hogy kulturális identitásuk éppen elkopóban van, mostanában egyre többen utasítják vissza a tudományos kutatásban való részvételt. A gyarmatosítás története, megfűszerezve olyan incidensekkel, mint az ausztrál aborigéneknek végzett szörnyű orvosi kísérletek a XX. század közepén, érthető módon bizalmatlanná tette őket a tudósokkal szemben. Az aktivisták

pedig a régi tabuknak kívánnak újra érvényt szerezni azzal, hogy a kihantolt ősök és más régészeti leletek visszahelyezését szorgalmazzák a megfelelő temetkezési helyekre. Ezek a kulturális tabuk pedig a genetikai vizsgálatokhoz szükséges minták beszerzését hosszabbítják meg. Bizonyos szempontból mi is a múltat ássuk elő a ma élő emberek vérmintáiból. Ezt a tevékenységet rosszindulattal akár kukkolásnak is minősíthetnénk (vagy még rosszabbnak). A kulturális magánélet igénye és a gyanakvás a tudományos eredményekkel szemben, amik talán lerombolhatják eddigi hitüket egyre több és több bennszülött népben a kutatással szembeni visszautasító magatartást erősítik meg. A kutatók felelőssége munkájuk jelentőségének elmagyarázása azoknak, akiktől együttműködést várnak annak érdekében, hogy részt vegyenek a mintagyűjtésben és részvételük valóban kooperációs kutatást eredményezzen. Csak akkor tudunk valamit visszaszerezni az elvesztett bizalomból.

Sok szempontból ma is az a paleolit faj vagyunk, amely kétezer nemzedékkel ezelőtt elhagyta Afrika földjét, ugyanolyan ösztönökkel és gyarlóságokkal. Kicsit ironikus, hogy az emberi történelem utolsó Nagy Bummja, amely kezünkbe adott egy eszközt a valaha írt legvaskosabb (és DNS-ünkben megbújó) történelemkönyv olvasásához, egyúttal olyan kulturális közeget is teremtett, amiben ezt a munkát egyre nehezebb elvégezni. A genetikai adatok, amikre rápillanthattunk világosan megmutatták, hogy fajunknak egyszeri és magunk közt megosztott története van. Minden egyes ember egy egyedi fejezetet képvisel génjeibe zárva, és kötelességünk ezt magunknak, de egyúttal utódaink számára is feltárni. Amióta őseink lejöttek a fáról, intelligenciánkat használjuk a külvilág felfedezéséhez és a jövő megismeréséhez. Az elmúlt néhány ezer év leforgása alatt örökre megváltoztattuk világunkat és benne saját helyünket is. A mezőgazdaság fejlődésével és a belőle kiinduló kulturális láncreakcióval eljutottunk oda, hogy ma már kijelölhetjük saját evolúciós röppályánkat. A megszerzett hatalommal azonban megnőtt a felelősségünk is, így ezzel a tudattal kell vállalnunk saját magunk megismerését. Egyszer csak, ha majd az emberi utazás dokumentumai elvesznek, azok örökre el fognak tűnni, akárcsak őseink lábnyomai, amit Afrika földjén hagytak a földgolyó benépesítésének hajnalán.

# *Köszönetnyilvánítás*

Nagyon sok haszonnal járt számos munkatársam segítsége és éleslátása, akik adatokkal halmoztak el, értelmezték és megvitatták a könyvben foglalt tézisek mindegyikét. Mindenekelőtt Peter Underhillt említem, akinek az Y-kromoszómákon végzett aprólékos munkáját lehetőségem volt itt elmesélni. Peter és kollégái Stanfordban fedezték fel a könyvben bemutatott markerek többségét, amiért az egész tudományterület köszönettel tartozik nekik. Sokat tanultam közös munkáink során Li Jintől, ő Kelet-Ázsia populációs történetének valóságos kútfője, de mellette oxfordi társaimtól is, Walter Bodmertől, Tatiana Zerjaltól és Chris Tyler-Smithtől, akik elhalmoztak különféle genetikai részletekkel, és mindig ösztönző hatással voltak tevékenységemre. Nadira Juldaseva és Ruszlan Ruzibakjev munkatársaimmá és barátaimmá váltak a megszámlálhatatlan hónapok alatt, amíg Ázsia eldugott részein küszködtem a mintagyűjtéssel, majd a laboratóriumi feldolgozással töltött hosszú évek során: *balsoj szpaszibá* érte. Merritt Ruhlen és Richard Klein boldogan vitatták meg velem nyelvészeti és paleoantropológiai munkáikat, ami szinte felmérhetetlen segítségnek bizonyult. Köszönet illeti Lluís Quintana-Murci, Matthias Krings és Mark Seielstad kutatókat a munkájukról szóló mélyreható magyarázatokért a hosszúra nyúlt évékek-ivások alatt Párizsban, Londonban és Bostonban; a másnaposságot is megérte a tőlük kinyert tudást. Kollégáimnak a Tigress Productionsnál Londonban, akik a televíziós feldolgozás ideje alatt végig hittek a projektben, és végül egy fantasztikus filmet készítettek: Jeremy Justine, Clive, David, Ceri, Jackie, Aidan és Martin. Szerencsések voltunk az oldalunkon látni olyan nagyszerű producereket, mint Jennifer Beamish, akinek éles elméje a szócső szerepét játszotta számos ötlethez a könyvben. Külön köszönet szerkesztőimnek a Penguin kiadónál. Stefan McGrath lelkesedését a projekt körül semmi sem halványíthatja el. Képes volt egy időben ostorral hajszolni és

mézesmadzaggal szédíteni, hogy időben elkészüljek a könyvvel, még a hosszúra nyúlt filmkészítés napirendjébe beszorítva is. Tartozom neki egy sörrel. Végül pedig elnézést kell kérnem feleségemtől, Trendelltől, két lányomtól, Margottól és Sashatól a projekt ideje alatti hosszú távolléteim miatt. Még ha épp otthon is voltam, mindig mással foglalkoztam. Köszönöm, hogy elviseltek.

# *További olvasmányok*

A legteljesebb átfogó művet az emberiség genetikai mintázatáról és annak kapcsolódását a történelemhez Luca Cavalli-Sforza, Paolo Menozzi és Alberto Piazza neve alatt, *The History and Geography of Human Genes* címmel olvashatjuk (Princeton Unverity Press, 1994). A rendkívüli könyv harminc év munkáit foglalja össze az emberi populációk klasszikus genetikai polimorfizmusairól, valamint ez a legmegfelelőbb egykötetes referencia a benne található módszerek technikai leírásáról. Cavalli-Sforza közérthetőbb *Genes, Peoples and Languages* (magyarul *Genetikai átjáró* címmel megjelent) könyve a szerző úttörő munkáiból mutat be néhány részt a laikusabb közönség számára.

Három további kiemelkedő könyvet kell megemlítenem, mint nélkülözhetetlen bevezetőt az ember prehisztorikus történelméhez, inkább a kövek és csontok, mintsem a DNS látószögéből: Richard Klein: *The Human Career* (2. kiadás, University of Chicago Press, 1999), Brian Fagan: *People of the Earth* (8. kiadás, HarperCollins, New York, 1995), valamint Chris Stringer és Robin McKie: *African Exodus* (Pimlico, London, 1996). Mindhárom mű széles áttekintést nyújt a történelem előtti korokról, és Klein könyve különösképpen kapcsolódik egy meggyőző feltevéshez (erről ebben a kötetben is olvashattak) miszerint az intellektuális ugrás, ami Afrikában következett be 50 ezer éve, tette lehetővé fajunk számára az egész Föld birtokba vételét.

## *1. A sokszínű főemlős*

Hérodotosz *Történelem* című művének legjobb angol fordítását David Grene neve alatt találtam (University of Chicago Press, 1987). Igen



olvasmányos stílusban íródott, modern nyelvezetével teszi izgalmassá a görög történelem korszakát, közel 2500 évvel megszületése után.

Darwinnak a Beagle fedélzetén lejegyzett hajónaplója tömérdek kiadást megért, legszívesebben használt változatom a *The Voyage of the Beagle* (Modern Library, New York, 2001), Steve Jones érdekes bevezetőjével. Darwin életének legtöbb biográfiai részlete Janet Browne csodálatos könyvéből, a *Charles Darwin: Voyaging*-ből származik (Alfred A. Knopf, New York, 1995), mely első darabja egy kétkötetesre tervezett munkának. Darwin *On the Origin of Species* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964) és *The Descent of Man* (Princeton University Press, 1981) könyve annyira ismert művek, hogy külön ismertetést egyik sem igényel.

Carleton Coon munkáját két nagyon hatásos könyv összegezte, a *The Origin of Races* (Alfred A. Knopf, New York, 1962) és a *The Living Races of Man* (Alfred A. Knopf, New York, 1965). Daniel Kevle kiváló összefoglalása a naiv eszmék torzulásairól megtalálható az *In the Name of Eugenics*-ben (Alfred A. Knopf, New York, 1985), de további anyagok olvashatók Stephen Jay Gould *The Mismeasure of Man* (W. W. Norton, New York, 1981), valamint Jonathan Mark *Human Biodiversity* (Aldine de Gruyter, New York, 1995) című művekben.

## 2. *E pluribus unum*

A fejezet latin címe (a sokaságon kívül egy) az Amerikai Egyesült Államok címerének mottója, és minden amerikai pénzermén olvasható.

A vércsoportok tanulmányozásának történetét és humán populációgenetikai alkalmazásukat Artur Mourant foglalta össze a *The Distribution of the Human Blood Groups*-ban (Blackwell, Oxford, 1954). Lewontin munkáinak eredményeit főképp a genetikát és az emberi diverzitást taglaló beszélgetéseink során ismertem meg, de elméleteinek javát részletesen elmagyarázta a *The Genetic Basis of Evolutionary Changes* (Columbia University Press, New York, 1974) és a *Human Diversity* című könyvekben. Eredeti cikke a humán genetikai változatosságról a *Journal of Evolutionary Biology* (6: 381-398, 1972) hasábjain jelent meg, és ez lett az egyik legfontosabb XX. századi publikáció a humán genetika területén.

Theodosius Dobzhansky a *Genetics and the Origin of Species* (Columbia University Press, New York, 1982) és Motoo Kimura a *The*

*Neutral Theory of Molecular Evolution* (Cambridge University Press, 1983) című művei e két kutató jól sikerült összefoglalói a populációgenetika tudományáról.

Cavalli-Sforza munkáját a *The History and Geography of Human Genes* és a *Genes, Peoples and Languages* (Genetikai átjáró) foglalja össze (lásd fenn). Az emberi populációk családfájáról született első cikkek publikációi a következők: Edwards és Cavalli-Sforza in V. E. Heywood & J. McNeill (szerk.): *Phenetic and Phylogenetic Classification* (The Systematic Association, London, 1964, 67-76); Cavalli-Sforza és Edwards in *Proceedings of the 11th International Congress of Genetics* (2: 923-933, 1964); végül Cavalli-Sforza, Barrai és Edwards in *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* (29: 9-20). Cavalli-Sforza és Bodmer *The Genetics of Human Populations* (W. H. Freeman, San Francisco, 1971) című műve ma már klasszikus tankönyv, nagy szerencsére a Dover mostanában nyomtatta ki újra, miután sok évig elérhetetlen volt.

A parszimónia kérdését nagy alapossággal tárgyalja Elliot Sober a *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*-ban (MIT Press, Cambridge, MA, 1984) és Arnold Kluge a T. Duncan & T. F. Stuessy szerkesztésében megjelent *Cladistics: Perspectives on the Reconstruction of Evolutionary History*-ban (Columbia University Press, New York, 1984, 24-38).

Zuckerlandl és Pauling munkája, amiben molekuláris vizsgálataikat állították az evolúciókutatás szolgálatába, számos szakfolyóirat cikkében látott napvilágot. A legjobb összefoglalók: M. Kasha és B. Pullman (szerk.): *Horizons in Biochemistry* (Academic Press, New York, 1962, 189-225), valamint *Journal of Theoretical Biology* (8: 357-366, 1965). Rebecca Cann, Mark Stoneking és Allan Wilson mitokondriális Évját a *Nature* (325: 31-36, 1987) hasábjain ismerhettük meg, amit Vigilant követett a *Science*-ben (253: 1503-1507). A teljes mtDNS-szekvencia analízisét (a világ mtDNS-származási vonalainak afrikai eredetét bizonyítva) Ingman és munkatársai publikálták a *Nature*-ben (408: 708-713, 2000). Kiváló történeti feldolgozást olvashatunk a paleoantropológiai munkákról Eric Trinkaus és Pat Shipman tollából *The Neanderhals* (Vintage, New York, 1992) címen. A témában további ismeretekhez juthatunk Brian Fagan és Richard Klein fentebb ismertetett könyveiből, valamint Garniss Curtis, Carl Swisher & Roger Lewin *Java Man* (Little Brown, London, 2000) és Robin McKie *Ape Man* (BBC, London, 2000) című műveiből.

### 3. Éva párja

A modern ember afrikai eredetét taglaló egyéb DNS-kutatásokat mutatnak be a következő cikkek; Wainscoat et al. (*Nature* 319: 491-493, 1986), Tishkoff et al. (*Science* 271: 1380-1387, 1996) és Jin et al. (*Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 96: 3796-3800, 1999). Voltak még mások is, akik a genom egyéb szakaszait analizálták, de mindegyik ugyanazt a végeredményt hozta, a legnagyobb genetikai diverzitás Afrikában található.

Két nagyon hasznos áttekintés jelent meg az Y-kromoszóma szerkezetéről és kialakulásáról: Jobling és Tyler-Smith *Trends in Genetics* (11: 449-456, 1995) és Lahn et al. a *Nature Review Genetics*-ben (2: 207-216, 2001). Korai cikkek az Y-kromoszómáról; Casanova et al. (*Science* 230: 1403-1406, 1985), Lucotte és Ngo (*Nucleic Acids Research* 13: 82-85, 1985), Dorit et al. (*Science* 268: 1183-1186, 1995), valamint Hammer (*Science* 378: 376-378, 1995). A DHPLC-t és az Y-kromoszóma populációgenetikában történő alkalmazását Peter Underhill et al. mutatta be (*Genome Research* 7: 996-1005, 1997). Underhill et al. cikkét Ádám 59 ezer éves korának datálásáról a *Nature Genetics* (26: 358-361, 2000) közölte le.

### 4. A partok mentén, előre

Bruce Chatwin *The Songlines* (Vintage, London, 1987) könyve általános bevezető az ausztrál aboriginek kultúrájába. Ausztrália prehisztorikus történetét más művek is részletesen ismertetik: A. W. Reed: *Aboriginal Myths, Legends & Fables* (Reed New Holland, Sydney, 1993), Kleinert és Neale: *Oxford Companion to Aboriginal Art and Culture* (Oxford University Press, 2000), valamint Tim Flannery: *The Future Eaters* (Reed New Holland, Sydney, 1994). A Mungo-tó geológiáját és archeológiáját Allan Fox ismerteti a *Mungo National Park*-ban (Beaten Track Press, Yarralumla, 1997). A Mungo-tó környékén talált emberi maradványok korát nemrégiben határozták meg újra, és ennek ismertetésében nagy segítséget kaptam Doug Williamstól a Willandra Lakes World Heritage Area ügyintézőjétől az Új-Dél-Wales-i Burongában.

A legjobb ismertető Afrika földrajzáról és éghajlatáról: Lewis és Berry: *African Environments and Resources* (Unwin Hyman, Boston, 1988). Robert Walter és társainak kutatásai az afrikai partlakókon a *Nature*-ben (405: 65-69, 2000) jelentek meg. Az Afrikában lezajlott tengerparti exodus mtDNS-bizonyítékait Lluís Quintana-Murci tette közzé a *Nature Genetics* (23: 437-441, 1999) hasábjain. Az M130, másik nevén az RPS4YT Y-kromoszóma markert három különálló publikációban is taglalták: Kayser et al. (*American Journal of Human Genetics* 68: 173-190, 2001), Underhill et al. (*Annals of Human Genetics* 65: 43-62) és Wells et al. (*Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 98: 1044-1049, 2001). A felső paleolitikum tengerparti vándorlásának bizonyítékát (vagy annak hiányát) Peter Bellwood tárja fel a *Prehistory of the Indo-Malaysian Archipelago*-ban (University of Hawaii Press, Honolulu, 1997), illetve Gregory Possehl és Charles Higham cikke a dél-, délkelet-ázsiai őstörténet keretében: *The Oxford Companion to Archeology* (Oxford University Press, 1996, 52-57).

A forogatókönyv, amit ez a fejezet vázol fel a végtelen fövenyen keresztül Ausztráliába vándorló népekről hasonló, amit Jonathan Kingdom kristályosított ki a *Self-made Man and His Undoing* (Simon & Schuster, New York, 1993) című könyvében.

## 5. Ugrások és lépések

A Nagy Ugrás (Great Leap Forward) kifejezést az emberi őstörténetben elsőként Jared Diamond alkalmazta izgalmas összefoglalójában, a *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee*-ban (Vintage, London, 1991), amely magyarul *A harmadik csimpánz felemelkedése és bukása* címmel jelent meg (Typotex, 2002). A nyelv eredetéről több írás is született: Steven Mithen: *The Prehistory of the Mind* (Phoenix, London, 1996), Steven Pinker: *The Language Instinct* (William Morrow, New York, 1994), valamint Parker és McKinney: *Origins of Intelligence* (John Hopkins University Press, Baltimore, 1999). William Calvin *A Brain For All Season* (University of Chicago Press, 2002) című könyve az éghajlatnak az emberi evolúcióra kifejtett hatását taglalja. Thomas Keenentől az *An Introduction to Child Development* (Sage, London, 2002) egy nagyon fontos áttekintés ehhez a témakörhöz.

Henry Harpending és kollégáinak munkáját a mitokondriális DNS-kutatásokból levezett humán populáció expanzióról a *Human Biology*

(66: 761-775, 1994) egyik cikkében adták közre. A legtöbb információt az afrikai éghajlatváltozásokról és a közel-keleti fossziliákról Richard Klein, valamint Stringer és McKie könyvéből merítettem (lásd fent), csakúgy mint John Gowlett *Ascent to Civilisation*-jéből (Alfred A. Knopf, New York, 1984).

## 6. A fővonal

Az Y-kromoszóma markerek sorba rendezése, majd alkalmazásuk a humán migráció feltárásában, megjelenik Underhill et al. 2000-es *Nature* és *Annals of Human Genetics* folyóiratokban publikált cikkeiben. Az Y-kromoszóma vonalak elterjedéséről az eurázsiai sztyeppe öv mentén Wells et la. *Proc. Nat. Acad. Sci USA* cikkében olvashatunk. Kiváló áttekintést kaphatunk a közép-ázsiai maradványokról Dani és Masson *History of the Civilization of Central Asia*-jának első kötetében (UNESCO, Paris, 1992). Lewis Binford gondolatai a korai ember dögevő élelemszerzéséről számos publikációban olvashatók, közülük egy jó példa a *Journal of Anthropological Archeology* (4: 292-327, 1985). Cavalli-Sforzától a *The History and Geography of Human Genes* (lásd fent) tárgyalja a szerző kínai populációkon végzett kutatásait.

## 7. Vér egy darab kőből

James Riordantól a *The Sun Maiden and the Crescent Moon: Siberian Folk Tales* (Interlink Books, New York, 1989) nagyszerű bevezetés Szibéria őslakos népeinek történeteibe. Paul Bahn *Journey Through the Ice Age* könyve (Seven Dials, London, 1997) teljes áttekintést nyújt a paleolit barlangfestményekről, Jean Vertut gyönyörű fotóival illusztrálva.

Az első neandervölgyi szekvenciát Matthias Krings és munkatársai közölték le a *Cell*-ben (90: 19-30, 1997), igazi mérföldkő ez az ember származásának kutatásában. A legfontosabb nyugat-európai Y-kromoszóma vonal, az M173 datálást Semino et al. publikálta a *Science*-ben (290: 1155-1159). Ezra Zubrow modellezése a neandervölgyi ember demográfiájáról megtalálható Stringer és Mellars (szerk.) könyvében: *The Human Revolution* (Edinburgh University

Press, 1989, 212-231). Kristen Hawkes, elméletét a nagyanyaságról és a humán populációkra kifejtett hatásáról a *Proc. Nat. Acad. Sci, USA* (95: 1336-1339, 1998) hasábjain fejté ki.

Levin és Potapov a *The People of Siberia* (University of Chicago Press, 1964) című könyvében igazán lenyűgöző áttekintést ad Szibéria népeiről. Szomorú, de ma már nem nyomtatják. Thomas Jefferson elnök egyetlen publikált könyve, a *Notes on the State of Virginia* (W. W. Norton, New York, 2001) elsősorban tények és ábrák gyűjteménye Virginia államról, de antropológiai része sem elhanyagolható. Richard Klein teljes körű áttekintést nyújt az amerikai régészeti anyagairól a *The Human Career* (lásd fent) című könyvében. James Chattertől az *Ancient Encounters: Kennewick Man and the First Americans* (Simon and Schuster, New York, 2001) alaposan kielemezte ezt az archeológiai leletet.

Wallace és Torroni munkája az őslakó amerikaiak mitokondriális DNS-én és a több hullámban történt bevándorlásról a *Human Biology*-ban (64: 271-279) jelent meg, de Emöke Szathmáry is részletesen tárgyalja az *American Journal of Human Genetics*-ben (53: 793-799, 1993). Underhill et al. cikke az M3-as Y-kromoszóma markerről a *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*-ban (93: 196-200, 1996) jelent meg. Santos et al. és Karafet et al. az őslakos amerikaiak 92R7-es markeréről írt tanulmányt az *American Journal of Human Genetics*-be (64: 619-628, valamint 64: 817-831). Joseph Greenberg munkája az őshonos amerikai nyelvekről Merritt Ruhlen *A Guide to the World's Languages* I. kötetében (*Classification*) jelent meg (Stanford University Press, 1987).

## 8. A kultúra súlya

A fejezetet bevezető mottó egy teremtésmítosz módosított formája Arthur Cotterell *Encyclopedia of World Mythology* (Paragon, Path, 1999) című könyvéből.

Cook hajónaplóját tömörített formában a *The Journals of Captain Cook* (Penguin, London, 1999) alatt olvashatjuk.

Dame Kathleen Kenyon könyve, a *Digging up Jericho* (Ernst Benn, London, 1957), a szerző számvetése a közel-keleti neolitikum gyökereinek felfedezéséről. Brian Fagan hasonló témát feszegető könyve a *People of the Earth*, fentebb már szerepelt a felsorolásban. Cavalli-Sforza és munkatársainak elméleteit a „haladás hullámáról”

Ammermann és Cavalli-Sforza könyvében, a *Neolithic Transition and the Genetics of Populations in Europe*-ban (Princeton University Press, 1984) és Cavalli-Sforza egyéb, már idézett könyveiben összegzik. Martin Richard munkája, amelyben mtDNS-adatokkal támasztotta alá a neolit expanziót, az *American Journal of Human Genetics* (59: 185-203, 1995) hasábjain ismerhető meg, míg Semino hasonló célzatú kutatását az Y-kromoszómán, már fentebb idézett *Science* cikkében olvashatjuk. David Goldstein és munkatársainak eredményei az Y-kromoszóma délkelet-ázsiai terjedéséről az *American Journal of Human Genetics*-ben (68: 432-443, 2001) jelentek meg. A neolit átmenettel kapcsolatos ellenvélemények több cikkben is napvilágot láttak; Fagan (lásd fent), William McNeill: *Plagues and Peoples* (Doubleday, New York, 1976), valamint *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution* (Cambridge University Press, 1992).

Merritt Ruhlantól az *A Guide to the World's Languages* (lásd fent), és a *The Origin of Language* (John Wiley, New York, 1994), valamint Charles Barbertől a *The English Language* (Cambridge University Press, 1993) általános ismereteket nyújtanak a nyelvek osztályozásáról és a lingvisztika tudománytörténetéről. A *Cambridge Encyclopedia of Language* David Crystal szerkesztésében (Cambridge University Press, 1997) szintén kiváló referenciaanyag. Cavalli-Sforza, a genetika és nyelv kapcsolatát illető meglátásairól áttekintő képet kaphatunk a fentebb idézett *The History and Geography of Human Genes*-ből, mélyebb részleteit pedig Cavalli-Sforza és Feldman a *Cultural Transmission and Evolution: A Quantitative Approach* (Princeton University Press, 1981) című könyvéből ismerhetjük meg. Az indoeurópai őshaza kereséséről szóló kutatásokat Colin Renfrew az *Archeology and Language*-ben (Cambridge University Press, 1987), valamint Jim Mallory az *In Search of the Indo-Europeans*-ben (Thames and Hudson, London, 1989) ismerteti.

Mark Seielstad és kollégái a patrilokalitással és az Y-kromoszóma változatokkal kapcsolatos munkájukat a *Nature Genetics*-ben (20: 278-280, 1998) közzölték le. Stoneking és munkatársai az észak-thaiföldi matrilocális törzseken végzett kutatásainak eredménye szintén a *Nature Genetics* (29: 20-21, 2001) hasábjain található meg.

## 9. *A végső Nagy Bumm*

A nacionalizmusról és az egynyelvűség felemelkedéséről szükséges tudnivalókat Timothy Bancroft foglalta össze röviden a *Nationalism in Europe, 1789-1945* (Cambridge University Press, 1998) című könyvében. A nyelvek kihalását David Nettle és Suzanna Romaine mutatja be a *Vanishing Voices*-ban (Oxford University Press, 2000). Az USA népszámlálási adatai elérhetők a kormányzati honlapon (<http://www.census.gov>). Az etnikai hovatartozásról szóló statisztikát Steven Holmes *New York Times* (3 June 2001), a népszámlálásra alapuló cikkéből merítettem.



# Mutató

(Az oldalszámok az eredeti könyv szerint.)

- Ádám 84, 87, 105
- aeták 8
- Afrika 105-107
  - Hasadékvölgy 51-52, 70-71
  - éghajlat 81, 96, 101, 107, 110
  - emberszabásúak exodus 80-81
  - észak-kelet és Közel-Kelet, térkép 95
  - füves szavanna lakók 101, 107, 143, 151
  - Szahara 80, 118-120
- afrikaiak
  - szétágazó leszármazási vonalak 53-54
  - eredet 45, 52
  - folytató evolúció 54
  - mongolredő 71-72
  - mtDNS divergencia 68-69
- Agassiz, Louis 21, 24-25
- Akashi, Hiroshi 62
- alaszakai jégsapka 150
- albatrosz, pánmixis 60-61
- állatállomány, házasítás, fertőzések 165, 167
- Altáj-hegység, Szibéria 127-128, 144-145, 147-150, 152-153
- amerikai kontinensek
  - állatfajok kihalása 151
  - nyelvek 151-153
  - telepek kora 146, 150
  - lásd még* amerikai őslakók, Dél-Amerika, Egyesült Államok
- amerikai őslakók
  - alapító populáció (száma) 151
  - eredet 148-149
  - na-dene nyelvek 152-153, 171, 179-180
  - pennsylvániai lelőhely (Meadowcroft) 146
  - új-mexikói lelőhely (Clovis) 146
  - vércsoport 185
- amerind nyelvek 152-153
- aminosavak 40, 46
- Ammermann, Albert 106, 213
- Anatólia, indoeurópai őshaza 172
- Andamán-szigetek 88
- Anthropopithecus* 49
- antropológia
  - fizikai (embertan) 25-27
  - korai fejlődés 80
- Ardipithecus* 52
- Australopithecus africanus* 51-52, 101
- Australopithecus africanus* kora 51
- ausztrál őslakók (aborigének)
  - kvinkán szellemek 93
  - legkorábbi maradványok 74, 91
  - ritka 72-es mtDNS-típus 85-88
  - társadalmi vonások 75
- Ausztrália 75, 87
- Ausztrália
  - Arnhem-föld 89, 91
  - hominida fajok hiánya 49
  - kolonizáció 76-77
  - Laura, Queensland 92
  - vándorlás Afrikából 88, 107, 153
- ausztróázsiai nyelvek 187
- Ázsia
  - Dél-Ázsia, térkép 76
  - észak-déli szétválás 131
  - hegységek 123, 127, 131
  - kelet-, partvidéki leszármazási vonal 123-124, 128-129, 131, 137
  - közép- 192

- barlangfestmények  
 Franciaország 136  
 Olaszország 137
- Bellwood, Peter 88, 187, 211
- Bengston, John 179
- Beringia, földhíd Amerikában 149
- Bergmann-szabály, emlősök 108, 127
- béta-globulin gén 55
- Binford, Lewis 127, 212
- binomiális rendszer 24
- bipedalizmus 34
- Bodmer, Walter 39, 205
- Borneo, rizstermesztés 168
- bőrszín 18, 182
- Breuil, Henri 136
- Broca, Paul 26, 29
- Bryant, vércsoportok 30
- Burma, karen népek 182
- burusaszok 177, 179
- busman, *lásd* szan
- Calvin, William 120, 211
- Cann, Rebecca 44-45, 47, 200
- Cavalli-Sforza, Luca 15, 35-36, 38-39, 64, 106, 131, 139, 161-163, 170-171, 176, 178, 184
- CD4 gén 55
- chattelperroni kultúra 122, 140
- Childe, Gordon 159, 172, 174
- Coleridge, Samuel Taylor 59
- Coon, Carleton 25, 28, 47-48, 53-54, 68, 136, 146, 182, 199
- craniometria 26, 29
- crô-magnoniak 142-143, 162, 164
- családfa  
 mtDNS, diverzitás 83  
 Y-kromoszóma markerek 189
- csettintő nyelvek 71
- csukcsok 144-145
- Dart, Raymund 50-51, 101
- Darwin, Charles  
*A fajok eredete* 170, 178, 191
- Az ember származása* 20-22, 24-26, 47-48
- Beagle, utazás 20-23
- Dél-Amerika  
 brazil lelőhely (Furada) 146-147  
 Monte Verde lelőhely 146
- dene-kaukázusi nyelvek 179-181
- Diamond, Jared 97, 177, 211
- Dmanasi, Örményország, *H. erectus* maradványok 52
- DNS-szekvenálás 62-65  
 DNS-ujjlenyomat 58  
 hulladék DNS 58  
 kettős szálú DNS, mutációk 66  
 kulturális tabuk 203  
 Neandervölgy 133-135  
 tandemisméltlódések 138-139
- Dobzhansky, Theodosius 35
- Dorit, Rob 62-63, 67
- Down-kór 72
- dravida nyelvek 175-177
- Dubois, Eugene 48-49, 81, 129-130
- dzsagnob népesség, Tádzsikisztán 194-195, 197-198
- Edwards, Anthony 38-39  
 egyesülési dátum 69-70, 185-186
- Egyesült Államok  
 bevándorlási politika 26-27  
 erőszakos sterilizálás 27  
 etnikai kategóriák 200
- éhínség és járvány, földművelő társadalmak 106, 167
- elektron forgási rezonancia 79
- eljegesedések  
 az Ázsiai sivatagok keletkezése 130  
 emberi populációk feldarabolódása 141, 199  
 Riss 81
- emberi „alfajok”  
 Coon 25, 28, 31, 47-48, 53-54  
 Lewontin (elvetés) 15, 31
- emberi eredet, Afrika 51
- emberi genom 41-42, 62  
 aktív gének száma 57  
 duplikált jelleg 42  
 megtermékenyítéskor 42

- emberszabású majmok 42, 47-50, 69, 77,  
 80, 100, 135  
 afrikai exodus 81, 106  
 fosszilis leletek kora  
 emlősök, Bergmann-szabály 108, 127  
 eredet *lásd* egyesülési dátum, emberi  
 eredet  
 Észak-Amerika *lásd* amerikai őslakók;  
 Egyesült Államok  
 Északkelet-Afrika és Közel-Kelet, térkép  
 95  
 eszkimó-aleut nyelvek 152-153  
 eugenika 26-27, 182  
 Eugenics Education Society 27  
 eurázsiai Ádám (M168) 84-85, 94  
 eurázsiai Ádám (M168) *lásd* még,  
 markerek, Y-kromoszóma, M168  
 eurázsiai sztyeppeöv, térkép 114-115  
 európaiak 132-133, 136-137, 142-143  
 agrártársadalmak 159  
 az állam XIX. századi modellje 195-  
 196  
 az M173 eredete 138  
 crô-magnoniak 142-143, 162, 164  
 és az eljegesedések 158, 163  
 genetikai markerek 121, 171  
 nyelv(ek) 169-170, 172-173, 176-  
 177, 195-197, 199  
 evolúciós „geneológia” 36, 41  
 exponenciális növekedés 103-105  
 expresszvonat modell 187
- Fagan, Brian 158  
 fajok, meghatározás 24  
 fogmintázat, sinodontia 199  
 földművelő társadalmak 106, 157, 159,  
 168  
 Ázsia 177  
 éhínség és járvány 167  
 genetikai hatások 162  
 Jerikó 156-160  
 trópusi változatok 188
- Franciaország  
 barlangfestmények 136  
 nyelv 195-196  
 füves szavanna lakók 18, 82
- Galton, Francis 26-27  
 genetikai rekombináció 42  
 genetikai sodródás 34, 38, 39, 105, 129,  
 185  
 ghanai 125  
 Gilbert, Walter 62  
 Gimbutas, Marija 172, 174  
 globális klíma *lásd* paleoklíma  
 Goldstein, David 64, 165  
 Greenberg, Joseph 152-153, 178-179  
 Grimm testvérek 196-197  
 Guidon, Neide 147  
 „gyilkos holmik” 90, 97, 105
- hadza 18, 71  
 Hammer, Michael 63, 85, 148  
 Harappa 174  
 Harpending, Henry 104-105  
 hawaiiak 155-156, 187  
 Hawkes, Kristen 142  
 Hérodotosz 17, 172  
 Heyerdahl, Thor 186  
 hím közös ős (Ádám) 58, 62-63, 68, 94  
 Hirszfeld házaspár, vércsoport  
 polimorfizmusok 30-31  
 hominida fajok  
 a neandervölgyi kiszorítása a *H.*  
*sapiens* által 48, 90  
 elsők 135  
 hiányuk Ausztráliában 89  
 neandervölgyi ember 48, 50  
 többközpontúság elmélete 47
- Homo erectus*  
 Csoukoudian, Kína 49, 130  
 felfedezés 52-53  
 helyszíni folytonosság elmélete 129  
 Jáva 50  
 kiáramlás Afrikából 69  
 kihalás 52-53
- Homo ergaster* *lásd* *Homo erectus*  
*Homo sapiens*, a hominida fajok  
 kicserélődése 52-53, 130
- Hooker, Joseph 19-20  
 Hrálička, Aleš 26  
 humán genetikai változatosság  
 beltenyészet és polimorfizmus 62  
 populáción belül 32, 34  
 Huxley, T. H. 19-20, 22, 38

- India  
hindu kasztok 184  
M17 (indo-európai és sztyeppi) 175-176  
M172 163, 176  
M20 124, 175  
mtDNS és Y-kromoszóma  
leszármazási vonalak 86-87  
nyelv(ek) 173-174  
Rig Veda 174  
ritka mtDNS-típusok 86  
szórványos felső-paleolit leletek 90, 92  
indoeurópai migrációk 176  
indoeurópai nyelv(ek) 169-170, 171-179  
Indonézia  
őshonos leszármazási vonalak 187  
rizstermelő kultúra 187  
Indus-völgy 176  
Irán  
Kelet és Közel-Kelet 175-176  
központi sivatagok 125-126  
Izrael *lásd* Mediterráneum, Kelet-Olaszország
- járvány 167  
Jávai ember 50  
Jefferson, Thomas 145  
jégkorszakok *lásd* eljegesedések  
Jerikó, Tell el Sultan 156-161  
Jin, Li 64  
Jones, William 170, 172
- kálium, radioizotópos kormeghatározás 79  
kanyaróvírus 167  
Karafet, Tanya 148  
szén, radioizotópos datálás 51, 78-79, 93, 146-147, 157  
karen népek 182-185  
karibi fekete, európai leszármazási vonallal 192  
katasztrófizmus 21  
kennewicki ember 154  
Kenyon, Kathleen 157-158
- Kidd, Kenneth 59  
Kimura, Mooto 36-38  
Kína  
Csoukoudian, *Homo erectus* 49, 130  
han népesség 131  
han nyelvek 131, 171, 187  
köles- és rizstermesztés 164-165  
M122-es marker 165-166  
kivándorlás Afrikából 85-87  
legkorábbi, partvidéki leszármazási vonal 88, 90  
népességek az útvonal mentén 88  
vadászó-gyűjtögető népek 127, 160, 169  
Klein, Richard 97-98, 147  
koreaiak, M175-ös marker 165  
kormeghatározás, abszolút/relatív 112, 116-117, 120, 124, 129, 138  
kőeszközök *lásd* paleolitikum  
kölestermesztő kultúra 164  
Közel-Kelet *lásd* Mediterráneum, Kelet  
Klings, Matthias 135-136  
kromoszómák 35, 42, 44  
aktív gének száma 57  
kultúra 102-103, 122  
és rasszdefiníciók 182  
hatása az ember genetikai változatosságára 182, 186  
kurgánok 172-173, 175, 177
- L3 (eurázsiai Éva) 85-86  
Landsteiner, Karl 30, 33, 57  
Leakey, Louis 51-52  
Levante *lásd* Mediterráneum, kelet  
Lewontin, Richard 15, 31-32, 35, 62  
Linneus, Carl 24  
lovak 104, 173-174, 176  
lovasság 172, 174  
Lyell, Charles 21
- M *lásd* mtDNS, ritka típusok  
magasnyomású folyadék kromatográfia, dHPLC 66-67  
maláj-polinézek 187  
mamutok 108, 110, 127-128, 134, 146, 149, 151  
Man-sziget, nyelv 196

- markerek, Y-kromoszóma  
 92R7 marker 148  
 aktív gének száma 57  
 családfa 55, 189  
 egyesülési dátum becslése 69-70, 185-186  
 eredet (a diverzitás egybeolvadása) 73  
 leszármazási vonalak szétterjedése 190  
 M3 (amerikai) 148-149, 152  
 M9 (eurázsiai) 122  
 M17 (indo-európai és sztyeppi) 179  
 M20 (indiai) 123-124, 175  
 M45 leszármazási vonal (Közép-Ázsia) 124-125, 128-129  
 M45 migráció Nyugat-Európába és Amerikába 143, 148-149, 153, 164  
 M89 leszármazási vonal (ÉK-Afrika és Közél-Kelet) 116, 120-121  
 M119 (Kelet-Ázsia) 166  
 M122 (Kelet-Ázsia) 166  
 M130 leszármazási vonal (Ausztrália) 87-94, 116, 121, 180, 201  
 M130 vándorlás Kelet-Ázsiából 153-154  
 M130/nem M130 leszármazási vonalak 87  
 M168 (eurázsiai Ádám) 176  
 M172 (neolit migráció) 176-178  
 M173 (nyugat-európaiak) 94, 137-140, 143, 148-149, 163-164  
 M175 (Kelet-Ázsia) 129, 154, 165-166, 178  
 M242 (Szibéria), az M45 leszármazottja 149, 152-153  
 polimorfizmusok száma 46, 53, 57  
 populációs rokonság 180, 183  
 YAP marker 85
- Marqueesas-szigetek 156
- Mediterráneum  
 kihalt nyelvek 177  
 migrációk 110-111
- Mediterráneum, Kelet- és Közél-Kelet európaiak eredete 132-133  
 Kavzeh és Szkul lelőhelyek 73  
 klímaváltozás 110, 119-120, 158-159  
 M17 176
- M89 121-122  
 natufi civilizáció 158-159  
 „Termékeny Félhold” 160-161, 165  
 megtermékenyítés 42
- Melanézia, őshonos leszármazási vonalak 18, 187
- melanocortin receptor (MciR) 72
- Menzio, Paolo 161
- mérsékelt öv 108-109, 122
- mikrolit 128, 145, 149
- mikroszatellit 139, 148, 175  
 „minimális evolúció” 38
- mintavételi hibák 37  
*lásd még* genetikai sodródás
- mitokondriális Éva 45, 47, 52-55, 200  
 egyesülési dátum becslése 69, 185
- mitokondriális genom 44, 46  
*lásd még* mtDNS
- Mohenjo Daro 174
- molekuláris óra 40, 43, 78, 104
- Mongólia  
 kurgánok 172-173, 175, 177  
 partvidéki leszármazási vonal 131
- mongolredő 71-73, 88
- Mourant, Arthur 30-31
- mtDNS afrikai kivándorlás 85, 88  
 aktív gének száma 57  
 divergencia, afrikaiak 45  
 eredet (a diverzitás egybeolvadása) 62  
 európai géncsoportok tanulmányozása 137, 149; 160-161  
 forrás 40  
 kevert eloszlás 104, 107  
 M72-es csoport 86  
 méret 57, 65  
 polimorfizmus gyakoriság 36, 44-45  
 ritka típusok (M), India és Ausztrália 85, 86  
 változatosság (fa) 84
- Mungo-tó, Ausztrália 77
- mutáció(k)  
 bakteriális 103-104  
 hatása a kétszálú DNS-en 66  
 meghatározott 43  
 tandem ismétlődések 138-139
- náci atrocitások 28

na-dene nyelvek 152-153, 171, 179-180  
Nagy Ugrás 97, 99, 105, 107, 111, 112,  
128, 130, 154, 160  
nagyszülők 142  
natufi civilizáció 158-159  
neandervölgyi ember  
DNS-szekvencia 133, 136  
felfedezés 48, 50, 141  
kihalás 140  
negritók 88, 169  
neolitik átmenet 159-162  
Jerikó 159-162  
neolitik vándorlások, PIE nyelv 172-174,  
177-178  
népességexpánzió  
Afrika 106, 112  
Ázsia és Európa 160, 163  
statisztikák 106  
Nettles, Daniel 198  
női közös ős (Mitokondriális Éva) 55-56,  
71  
nukleotid bázisok 42, 57, 63-64, 66  
polimorfizmus gyakoriság 42  
szekvenálás 64  
nyelv(ek)  
Amerika 153, 180  
baszk 177, 196-197  
dene-kaukázusi nyelvek 179-180  
dravida 175-177  
európai, élő 169, 195  
európai, kihalt 169, 177  
európai, római 197  
felső paleolitikumi eredet 90, 98  
indoeurópai nyelvcsalád 170-179,  
181  
jelbeszéd (csimpánzok) 99-100  
legelterjedtebbek 197  
maláj-polinéz 186-187  
modern, kihalási ráta 198  
na-dene nyelv 152-153, 171, 179-180  
sino-tibeti 179, 188  
sumér 179  
szan !xu nyelv 70  
szintaxis, változatosság 98-99  
  
óceánok 151, 187  
Ockham borotvája 37, 68, 113  
Oefner, Peter 65-66

Olaszország  
barlangfestmények 137  
nyelv 177  
Olduvai, Tanzánia 51-52  
optikailag stimulált lumineszcencia 79  
Oroszország  
csukcsok 133, 144-145  
kurgánépítő népek 173, 175, 177  
M17 (sztyeppe) 175, 182  
  
Pääbo, Svante 133-135  
Pakisztán, burusaszok 177  
paleoklíma 81, 107  
tengerszint-ingadozások 77, 81, 91  
paleolitikum, felső (késő őskőkorszak)  
90-92, 97-98, 105-106, 110, 119-124,  
126-129, 136-137, 140-144, 153-154,  
160, 162, 164, 176  
Chattelperroni 122, 140  
Chauvet 136-137  
földművelő társadalmak, Jerikó 157-  
159, 168  
neandervölgyiek kihalása 140  
parszimónia analízis 37-38, 44  
partvidéki leszámazási vonal  
Dél-India 124  
Kelet-Ázsia 130-131  
M168 kizárólagossága 124  
nyelvek 152-153  
patrilokális 182-185  
Pauling, Linus 39, 40, 42, 46, 57, 62,  
103, 209  
Piaget, Jean 98  
Piazza, Alberto 161  
*Pithecanthropus* (jávai ember) 49-50  
lásd még *Homo erectus*  
poliginia 24  
polimerázok 138, 139  
polimorfizmusok 30, 33  
és a beltenyésztettség 55  
gyakoriság 43  
rekombináció 44-45  
Y-kromoszóma 55, 57-58  
polinézek, vándorlás 156  
populációs rokonság, Y-kromoszóma  
markerek 183  
proteinek 40  
proto-indoeurópai kultúra 172

Quintana-Murci, Lluís 205

radioizotópos kormeghatározás 78, 79,  
93, 112, 116, 117, 120, 129, 138  
rassz meghatározások és a kultúra 200  
„rátermettebb túlélése” (Spencer) 26  
Reich, David 163  
rekombináció *lásd* genetikai  
rekombináció  
Renfrew, Colin 173, 174, 176, 178  
Richards, Martin 162  
rizstermelő kultúrák 269  
rokonsági fok 29, 62  
Romaine, Suzanne 198  
rövid távú memória 100-101  
Ruhlen, Merritt 99, 179, 180, 181, 205

Sajnovics János 169, 170  
Sanger, Fred 40  
Santos, Fabricio 148, 213  
sarkvidéki tundra 108, 126, 145  
Savage-Rumbaugh, Sue 100  
Seielstad, Mark 64, 149, 184, 185, 205,  
214  
selyemút 194, 195, 197  
Semino, Ornella 162, 212, 213  
*Sinanthropus* (pekingi ember) 50  
*lásd még Homo erectus*  
Singh, Greg 93  
sinodontia 199  
Spanyolország, baszkok 176  
Spencer, Herbert, a „rátermettebb  
túlélése” 26  
Srí Lanka, Fa Hien és Batadomba Lena  
barlangok 90, 91  
Steinem, Gloria 55, 184  
sterilizálás, „szubnormál” emberek 26  
Stoneking, Mark 46, 185, 200, 209, 214  
Stringer, Christopher 106, 207, 211, 212  
sumér nyelv 179

Szahara 79, 117-118  
átjáró, M89 leszármazási vonal (ÉK-  
Afrika és Közel-Kelet) 118-119

szanok

csettintő nyelvek 70  
mongolredő 71-73  
társadalmi vonások 166  
szemangok 88  
szibériaiak  
M242 148  
Beringia földhíd Amerikába 149  
elsők 121  
és az amerikai őslakók eredete 148-  
149  
kennewicki ember 150  
szogdiak, selyemút 194  
szovjet (volt) tagköztársaságok, Közép-  
Ázsia  
sztyeppe „országút” Ázsiába 82  
szumátraiak 18

Tádzsikisztán, dzsagnob csoport 123,  
194

Tajvan

és Polinézia 179-180  
rizstermelés 156-157

Társaság-szigetek 156

Taung Baby 50, 101

*lásd még Australopithecus africanus*  
tengerparti környezet 80-82, 85, 106  
tengerszint-ingadozások 76, 80  
térképek

Dél-Ázsia 76

Északkelet-Afrika és a Közel-Kelet  
95

Eurázsia, sztyeppeöv 114-115

természetes szelekció 34, 35, 37, 42, 127,  
140, 145

sebessége és ereje 41

termolumineszcencia 92

testmagasság-változatosság 74

Thaiföld

felső paleolit maradványok kora 90  
karen népek 181

többközpontúság elmélete 47

trópusi esőerdők 108

Tűzföld, a Beagle útja 22

Tyler-Smith, Chris 148, 205, 210

Új-Guinea, felső paleolitikumi  
maradványok kora 39  
Ukrajna, M17 (sztyeppe) 174  
Underhill, Peter 63, 64, 66, 148, 210,  
211, 212, 213  
urán, radioizotópos kormeghatározás 79

vércsoport polimorfizmusok 29

Wallace, Douglas 147-148, 152, 213  
Walter, Robert 205  
Wilberforce, Samuel 19-20, 22  
Wilson, Allan 42-44, 46, 134, 200, 209  
Woods, Tiger 200, 201

X-kromoszóma 56

Y-kromoszóma 56  
családfa 184, 188  
leszármazási vonalak lokalizálása  
183  
leszármazási vonalak szétterjedése  
185, 189  
méret 56  
polimorfizmusok 61-65  
*lásd még* markerek

Zagrosz 123  
Zubrow, Ezra 141  
Zuckerlandl, Emile 209

zsidók, Talmud 27  
zsinórdíszes kultúra népei 172