

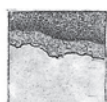
SEDAM EVINIH KĆERI



Maksimalna
rasprostranjenost
ledenog pokrivača



Oblasti u kojima
je živelo sedam kćeri



Obala pri najnižem nivou
mora tokom poslednjeg
ledenog doba pre otprilike
18 000-20 000 godina

800 KILOMETARA
500 MILJA



Sedam rajskih vrtova:
zemlje naših predaka



SEDAM EVINI KĆERI

Genetička istorija Evropljana

BRAJAN SAJKS

Prevod:
Katarina Ješić



Mojoj majci

Naslov originala

Bryan Sykes:

THE SEVEN DAUGHTERS OF EVE

Copyright © 2001 by Bryan Sykes

Copyright © 2012 za srpsko izdanje, Heliks

Izdavač

Heliks

Za izdavača

Brankica Stojanović

Redaktor

Aleksandra Dragosavljević

Lektura i stilizovanje teksta

Vesna Đukić

Štampa

Newpress, Smederevo

Tiraž

1000 primeraka

Prvo izdanje

Knjiga je složena

tipografskim pismima

Adobe Text Pro i Adobe Clean

ISBN: 978-86-86059-24-6

Smederevo, 2012.

www.heliks.rs

Sadržaj

<i>Izjave zahvalnosti</i>	ix
<i>Prolog</i>	1
1. U Dorsetu pronađena rođaka ledenog čoveka	3
2. Pa, šta je DNK i šta čemu služi?	15
3. Od krvnih grupa do gena	21
4. Specijalni glasnik	33
5. Car i ja	40
6. Pacifički rebus	50
7. Veliki moreplovci	61
8. Prvi Evropljani	68
9. Poslednji neandertalci	73
10. Lovci i poljodelci	82
11. Niste nas zainteresovali	92
12. Oglasio se Čedarski čovek	105
13. Pridružio nam se Adam	115
14. Sedam kćeri	121
15. Ursula	126
16. Ksenija	132
17. Helena	137
18. Velda	144

19. Tara	149
20. Katarina	154
21. Jasmina	159
22. Svet	165
23. Svest o nama	175
 <i>Indeks</i>	 183
<i>O autoru</i>	187

Izjave zahvalnosti

Mnogima dugujem zahvalnost za nastanak ove knjige. Ni na trenutak nemojte pomisliti da sam samo ja zaslužan za ono što je otkriveno u mojoj laboratoriji, a što sam u knjizi zabeležio. Moderna nauka oslanja se na timski rad. Imao sam sreću tokom godina da u svojoj istraživačkoj grupi sarađujem s vrlo nadarenim ljudima. Svako je na svoj način doprineo stvaranju ove priče. Posebno se zahvaljujem Martinu Ričardsu, Vinsentu Makoliju, Kejt Bendal, Kejt Smoli, Džil Bejli, Izabel Kolson, Ajlin Hiki, Emils Vega, Ketrin Irvin, Lindi Ferguson, Endruu Libofu, Džejkobu Laubiru i Krisu Tomkinsu. U Oksfordu se moram zahvaliti Robertu Hedžisu iz Odeljenja akceleratorске jedinice s radioaktivnim ugljenikom koji me je naveo da se upustim u ovaj istraživački rad, zatim Vilijamu Džejmsu, u svoje vreme naučnom saradniku većine fakulteta na Univerzitetu Oksford, od koga sam dobijao mnoge podsticajne sugestije. U Londonu se zahvaljujem Krisu Stringeru iz Prirodnačkog muzeja što mi je dozvolio da bušim rupe u fosilima o kojima se starao. Vrlo sam zahvalan i Klajvu Gemblu koji me je uputio u pradačnu istoriju sveta. Izrazio bih naročitu zahvalnost profesoru Dejvidu Vederolu. Na svom Institutu za molekularnu medicinu u Oksfordu profesor Vederol nije samo tolerisao nego je i podsticao sprovođenje uistinu čudnih i naizgled besmislenih istraživanja.

Da ne steknete utisak kako je moja istraživačka grupa jedina u svetu koja se bavi ovim poslom, odmah ću vam reći da nije tako. Ništa od onoga što objašnjavam i pripovedam u knjizi ne bi bilo moguće bez pionirskoga rada, među ostalima, Luke Kavali-Sforce, Alberta Pjace, Voltera Bodmera, pokojnog Alana Vilsona, Svante Paba, Marka Stounkinga, Rebeke Kan, Daglasa Volasa, Antonija Toronija, Marka Džoblinga i Pitera Anderhila. Videćete i sami da naši stavovi nisu nužno uvek usaglašeni, ali bez njih, i mnogih drugih naučnika, moje putešestvije bilo bi znatno napornije i nikako tako zanimljivo.

Četiri osobe bih naročito izdvojio zbog njihove pomoći da svoju priču uobičajim u knjigu. Na rad su me neprestano podsticali urednica Sali Gaminara svojim nenametljivim profesionalizmom i moj agent Luidi Bonomi svojim zaraznim

entuzijazmom. Njima se pridružila pedantna lektorka Džilijan Bromli i Džuli Šepard koja je prekucavala moje nečitljive beleške. Tek retki pisci mogli bi se pohvaliti tako kvalitetnim saradnicima.

Zahvalnost dugujem i hiljadama dobrovoljaca koji su dali uzorke svoje DNK i tako mi omogućili da zavirim u tajne njihove genetičke prošlosti. Bez njih ne bi bilo ove priče. Nekima sam promenio imena kako bih zaštitio njihovu anonimnost. Posebno se zahvaljujem vladi i žiteljima Rarotonge na svesrdnoj pomoći, kao i Malkolmu Lakston-Blinkhornu na izuzetnoj gostoljubivosti dok sam u više navrata boravio na tom divnom ostrvu. I, napokon, hvala Dženis, Džeju, Sju i mom sinu Ričardu, iako je u to vreme bio tek embrion, što su ovaj put prešli sa mnom.

B.S.

SEDAM EVINIH KĆERI

Prolog

ODAKLE DOLAZIM?

Koliko često ste razmišljali o tome? Većina nas zna svoje roditelje i njihove roditelje i možda samo toliko – odatle se tragovi gube u izmaglici. Ali baš svaki čovek u svakoj ćeliji svog organizma nosi poruku predaka. Ona je u našoj DNK, genetičkom materijalu koji se prenosi s generacije na generaciju. U DNK su upisane ne samo naše lične pripovesti nego i celokupna istorija ljudske rase. Zahvaljujući najnovijim dostignućima u oblasti genetičke tehnologije, ta istorija se sada otkriva. Možemo barem početi da dešifrujemo poruke iz prošlosti. Naša DNK ne bledi poput drevnog pergamenta; ne rđa u zemlji kao mač davno poginulog ratnika. Ne strada od vetra i kiše, ne propada u požarima i zemljotresima. Ona je putnica iz davnina koja živi u svima nama.

Ovo je knjiga o istoriji sveta kakvu nam otkriva genetika. Čitaoci će doznati da je istorija naše vrste, *Homo sapiens*, zapisana u genima koji potiču iz drevne prošlosti, i starija je od pisanih beležaka ili zapisa u kamenu. Ti geni pripovedaju o događajima što su se odigravali pre više od stotinu hiljada godina, a najnovija poglavlja te pripovesti skrivena su u ćelijama svih nas.

To je i moja lična priča. Budući naučnik, imao sam mnogo sreće. Našao sam se na pravom mestu i u pravo vreme pa sam aktivno učestvovao u tom čudesnom putovanju u prošlost koje nam savremena genetika danas omogućava. U skeletima starim više hiljada godina našao sam istovetnu DNK kao kod mojih prijatelja. Nisam se malo zaprepastio kad sam otkrio da smo svi mi po majčinoj liniji povezani samo s nekoliko žena koje su živele pre više desetina hiljada godina.

Na narednim stranama prikazaću vam kakva sam uzbuđenja doživeo i kroz kakve sam se prepreke probijao tokom istraživanja koja su dovela do ovih otkrića. Videćete šta se zbiva u genetičkoj laboratoriji. Kao sve životne pojave, nauka ima uspone i padove, svoje heroje i zlikovce.

1

U Dorsetu pronađena rođaka ledenog čoveka

U ČETVRTAK, 19. SEPTEMBRA 1991. GODINE, Erika i Helmut Simon, dvoje iskusnih planinara iz Nirnberga, okončavali su planinarske šetnje u italijanskim Alpima. Prethodne noći su se neplanirano zadržali u planinskoj kolibi pa su rešili da ujutro otpešače do automobila. Kako je granulo sunce i dan zablistao u punom sjaju, promenili su plan i odlučili da se popnu na Finajlšpice visok 3516 metara. Vraćajući se u kolibu po stvari, skrenuli su s obeležene staze i sišli u jarugu delimično ispunjenu ledom koji se topio. Iz leda je štrčao leš nagog muškarca.

Takva otkrića su uvek zastrašujuća, ali u visokim Alpima nisu sasvim neuobičajena, pa su Erika i Helmut pretpostavili da su našli leš alpiniste koji je upao u ledeni procep pre kojih deset-dvadeset godina. Sutradan su na to mesto došla još dva planinara. Ugledali su neobičan, vrlo starinski capin i zbunili su se – po tome sudeći, ova planinarska nesreća desila se veoma davno. Obavestili su policiju i oni su proverili podatke o nestalim planinarima. Najpre su pretpostavili da je nađeno telo Karla Kapsonija, profesora muzičkog iz Verone; on je 1941. godine nestao u tom kraju. A onda je posle nekoliko dana svima počelo da svanjava: to ne može biti mrtvac iz modernog doba. Oruđe nađeno kraj tela nije bilo ni nalik savremenom capinu. Mnogo je više ličilo na preistorijsku sekiru. Uz njega je nađena i kutija od brezove kore. Polako ali sve izvesnije postajalo je očigledno da to telo nije staro desetine godina, čak ni više stotina, već više hiljada godina. Slučaj je postao arheološko otkriće od međunarodnog značaja.

Pronađeni je ubrzo dobio ime, nazvan je Ledeni čovek. Njegovi sparušeni ostaci odneseni su u Institut za forenzičku medicinu u Inzbruku i stavljeni na led da sačekaju dok se ne okupi međunarodni tim naučnika i detaljno ispita to jedinstveno otkriće. Pošto je moj istraživački tim s Oksforda prvi u svetu izdvojio DNK iz prastarih ljudskih kostiju, pozvali su me da vidimo možemo li dobiti DNK Ledenog čoveka. Nisam odoleo tako primamljivoj prilici da uzmem učešća u proučavanju tog uzbudljivog otkrića i skrenuo sam sa svog utrvenog puta

– karijere klasičnog medicinskog genetičara – u ovu potpuno novu naučnu oblast. Neke moje kolege smatrale su takav potez čudnim i ekscentričnim zastranjenjem bez ikakve shvatljive koristi ili značaja.

Do tada je već bila određena starost sićušnih ostataka prirodno radioaktivnih atoma ugljenika iz ostataka tela i utvrđeno je kako je Ledeni čovek star između 5000 i 5350 godina. Premda su ovi ostaci ljudskog tela bili znatno stariji od svih na kojima sam do tada radio, vrlo optimistično sam predviđao da će istraživanje biti uspešno jer je telo počivalo duboko u ledu i bilo zaštićeno od destruktivnog dejstva vode i kiseonika koji doduše polako, ali sigurno, uništavaju DNK. Materijal na kome je trebalo da radimo, nalik na sivu kašu, nalazio se u običnoj, čvrsto zatvorenoj tegli, od onih u kojima se drže uzorci za patološku analizu. Moj tadašnji asistent Martin Ričards i ja otvorili smo teglu i forcepsima čačkali po njoj: sadržaj nam se učinio kao mešavina kože i delića kostiju. Naizgled nije imalo mnogo šta da se vidi ali nije bilo ni uočljivih znakova da je počeo proces raspadanja, pa smo se optimistično i prilježno bacili na posao. Vratili smo se u našu laboratoriju u Oksfordu, podvrgli komadiće kostiju procesu ekstrakcije kojim smo već uspešno ispitivali razne drevne uzorke i nadosmo pregršt DNK.

Ubrzo potom objavili smo nalaze u časopisu *Science*, vodećem naučnom časopisu u Sjedinjenim Državama. Pravo da vam kažem, nije bilo najznačajnije to što smo izdvojili DNK, to je tada već bila rutinska procedura, nego to što smo dobili potpuno istovetan DNK iz Ledenog čoveka kao i nezavisni istraživački tim iz Minhena. DNK je nedvosmisleno bio evropski, to smo potvrdili, jer smo identičan niz pronašli u uzorcima DNK živih Evropljana. Možda ćete pomisliti da to i nije naročito iznenađenje, ali lako se moglo desiti da je čitava epizoda velika prevara, to jest da je neko helikopterom dovezao mumiju iz Južne Amerike i podmetnuo je. U pustinji Atakama, koja zahvata južni Peru i severni Čile, vazduh je leden i izuzetno suv te je tamo čak i u plitkim grobovima opstalo na stotine neraspadnutih leševa – stoga bi se odlučni prevarant bez po muke dokopao nekog. Klima je u Evropi mnogo vlažnija i od tela vrlo brzo ostaje samo kostur, pa bi, da je to bila obmana, telo moralo biti doneseno odnekud, najverovatnije iz Južne Amerike. Ovo možda zvuči nategnuto, ali već je bivalo dobro izvedenih prevara. Setite se piltdaunskog čoveka. Taj falsifikovani fosil je „otkriven“ 1912. u Saseksu, na mestu gde se kopao šljunak. Imao je donju vilicu nalik majmunskoj, a lobanju više nalik ljudskoj i proglašen je za dugo traženu kariku koja nedostaje između ljudi i velikih primata – gorila, šimpanza i orangutana. Prevara je razotkrivena tek 1953. godine, kada je pomoću metode radioaktivnog ugljenika, iste one kojom je utvrđena starost Ledenog čoveka, dokazano da je lobanja piltdaunskog čoveka nesumnjivo iz našeg doba. Nikad se nije doznalo ko je to spojio donju vilicu orangutana s delom ljudske lobanje u kome je mozak, hemijski ih obradio i načinio mrlje zbog kojih su izgledali stariji nego što jesu. Dugačka senka sumnje koja se vuče

od prevare s piltdaunskim čovekom proteže se do današnjih dana, pa je skoro svima odmah pala na pamet ideja da bi i Ledeni čovek mogao biti prevara.

Nakon objavljivanja našeg naučnog rada o Ledenom čoveku usledili su brojni novinarski pozivi i našao sam se u situaciji da objašnjavam kako smo dokazali njegovo evropsko poreklo. DNK bi pokazala da je u pitanju podvala. Nalazi bi u tom slučaju ukazivali na najveću sličnost s Južnoamerikancima, a ne s Evropljanima. Lois Rodžers iz lista *Sunday Times* postavila je krucijalno pitanje.

„Kažete da ste identičnu DNK pronašli kod savremenih Evropljana. Pa, ko su oni?“, izrekla je tonom kojim mi je jasno pokazala kako očekuje da imam spreman odgovor.

„Ne razumem šta me pitate. Uzorci su iz naše baze DNK uzoraka iz cele Evrope“.

„Da, ali od koga su uzeti?“, uporno će Lois.

„Pojma nemam. Identitet davalaca uzoraka držimo u zasebnoj datoteci i uzorci se u svakom slučaju uvek uzimaju uz uslov da podaci o davaocima ostanu strogo poverljivi.“

Istog časa kad sam završio razgovor s Lois uključio sam kompjuter i pogledao koji su se uzorci poklapali s rezultatima ispitivanja ostataka Ledenog čoveka. Jedan je bio označen kao LAB 2803, a serija s prefiksom LAB znači da su uzorci uzeti ili od nekog ko radi u laboratoriji ili od nečijeg posetioca ili prijatelja. Proverio sam broj u bazi s imenima dobrovoljnih davalaca i gotovo da nisam mogao poverovati kakva je to sreća bila. Uzorak LAB 2803, koji ima potpuno identičan DNK s DNK Ledenog čoveka, dala je Mari Mozli. To je moglo da znači samo jedno – Mari je rođaka Ledenog čoveka. To je značilo da postoji neprekinuta genetska veza između Mari i majke Ledenog čoveka, koja se pruža unazad preko pet hiljada godina i verodostojno je zapisana u njihovoj DNK. Ovu izjavu detaljno ću argumentovati u narednim poglavljima.

Mari mi je prijateljica, Irkinja. Ona je savetnica za poslove uprave i živi blizu Bornmauta u Dorsetu na jugu Engleske. Premda nije naučnica, genetika je izuzetno zanima i zato je dve godine unazad donirala pramen svoje duge riđe kose u naučne svrhe. Pošto je pričljiva, otvorena i vrlo duhovita, bio sam siguran da će se lako nositi sa svakojakim publicitetom. Pozvao sam je i pitao bi li joj smetalo da otkrijem njeno ime *Sunday Timesu*. Istog časa je pristala. U sledećem izdanju je izašao članak o njoj pod naslovom „U Dorsetu pronađena rođaka Ledenog čoveka“.

Mari je za nekoliko nedelja stekla međunarodnu slavu. Od svih naslova koji su usledili najviše mi se dopao jedan iz *Irish Timesa*. Njihov reporter je pitao Mari da li joj je slavni predak nešto ostavio. Otkrila mu je šokantnu istinu: nije. Storija se pojavila pod naslovom „Ledeni čovek nije ostavio jednoj našoj iz Bornmauta ni crno ispod nokta“.

Ovu priču iznosim zato što je već na njenom početku neočekivano iskrsnulo nešto čudno: Mari je počela da gaji osećanja prema Ledenom čoveku. Gledala

je na fotografijama s glečera do zamrzivača pa u salu za obdukcije, kako ga okreću i obrću i bockaju, razrezuju, odsecaju mu deliće tela. On za nju nije više bio samo anonimni kuriozitet čije slike izlaze po novinama i na televiziji. Počela je da ga doživljava kao stvarnu osobu i rođaka, a to jeste bio.

Ganulo me je to Marino vezivanje za Ledenog čoveka. Kao da mi je svanulo: ako Mari može biti genetski povezana sa osobom koja je odavno umrla, na hiljade godina pre bilo kakvih zapisa, onda bi svi to mogli biti. Možda je dovoljno da se osvrnemo oko sebe i pogledamo savremene ljude pa ćemo skinuti veo s davnašnjih tajanstvenih događaja. Većini mojih prijatelja arheologa ta zamisao bila je potpuno strana. Oni su naučeni da veruju kako se prošlost može pojmiti samo ako se proučava prošlost i zato misle da su naši savremenici potpuno nezanimljivi za takvo proučavanje. Ali meni je bilo jasno: ako se hiljadama godina identična, nepromenjena DNK nasleđivanjem prenosi kroz generacije, kao što sam pokazao s vezom između Mari i Ledenog čoveka, onda su živi ljudi verodostojni svedoci o prošlosti jednako kao bronzani bodež ili komad grnčarije.

Činilo mi se apsolutno suštinski važno da proširim istraživanje i obuhvatim njime i savremene ljude. Tek pošto se znatno više dozna o DNK živih ljudi, imaću prava da se ponadam kako ću rezultate analiza ljudskih fosilnih ostataka moći da smestim u kontekst. Zato sam se latio posla da otkrijem što više o DNK današnjih Evropljana i ljudi iz mnogih drugih delova sveta, znajući da će nam, šta god da otkrijem, to saznanje biti prosleđeno direktno od predaka. Prošlost je u svima nama.

Istraživanju sam posvetio više od decenije. Uvidelo se da se gotovo kod svakog Evropljanina može utvrditi neprekinuta genetska veza koja vodi do jedne od samo sedam žena iz pradaвне prošlosti, ista kao ona koja povezuje Mari i Ledenog čoveka. Tih sedam žena su neposredne pretkinje po majčinoj liniji maltene svih 650 miliona savremenih Evropljana. Kako sam ih imenovao, tako su namah oživele. Nazvao sam ih Ursula, Ksenija, Helena, Velda, Tara, Katarina i Jasmina. Ovo je priповest o tome kako sam došao do tako neverovatnog zaključka i šta sve znamo o životu tih sedam žena.

Znam da sam Tarin potomak i želim da saznam više o njoj i njenom životu. Osećam da s njom imam nešto zajedničko, više nego sa ostalima. Metodama koje ću kasnije objasniti, procenio sam koliko su davno živele te žene i otprilike gde su obitavale. Tara je živela u severnoj Italiji pre oko 17.000 godina, tako sam zaključio. Zatrpama snegom, Evropa je proživljavala poslednje ledeno doba, a ljudi su mogli da opstanu samo na krajnjem jugu kontinenta. Tada su toskanski brežuljci izgledali mnogo drugačije. Nisu se po njima prostirali vinogradi niti je bilo seoskih kuća ukrašenih bugenvilijama. Padine su pokrivali gusti borici i brezovici. U potocima je bilo malih pastrmki i rakova – njima je Tara hranila porodicu u gladno doba, kada muškarci iz plemena ne uspeju da ulove jelena ili divljeg vepa. Kako je studeni stisak ledenog doba popuštao, Tarina deca su krenula

obalom, stigla do Francuske i pridružila se velikoj lovačkoj družini. Sledili su krupnu divljač širom tundre koja je pokrivala tadašnju severnu Evropu. Na kraju su Tarina deca prešla i tadašnje kopno koje će postati kanal Lamanš i stigla do Irske, iz čijeg drevnog keltskog kraljevstva potiče ime Tarinog klana.

Tek što su rezultati mog istraživanja objavljeni, odmah su novine i televizije po celom svetu raznele vesti o sedam pramajki. Pisci i urednici puštali su mašti na volju i pronalazili savremene analogije: Brižit Bardo je postala reinkarnacija Helene; Marija Kalas je bila Ursula; manekenka Jasmin Le Bon, pogodićete, povezana je s Jasminom; Dženifer Lopez je postala Velda. Neprestano su nas zvali ljudi željni da doznaju s kojom od njih su u rodu, pa smo napravili posebnu internet stranicu kako bismo izašli na kraj sa stotinama pitanja. Dakle, naleteli smo na nešto izuzetno bitno i tek smo počeli da naziremo šta je to.

Priča na stranicama ove knjige leži iza tih otkrića i upoznaje nas s implikacijama koje ona imaju po sve nas, ne samo Evropljane nego i stanovnike celog sveta. To je pripovest o našem zajedničkom nasleđu i zajedničkim precima. Vodi nas od Balkana za Prvog svetskog rata do dalekih ostrva Južnog Pacifika. Vodi nas iz sadašnjosti do početaka poljoprivredne delatnosti i još dalje u prošlost, sve do naših predaka koji su lovili s neandertalcima. Zanimljiva je činjenica da svi mi ovu istoriju nosimo u genima kao obrasce DNK koje smo nasledili gotovo nepromenjene od davnih predaka. A naši preci više nisu tek apstraktni pojmovi već su realni ljudi. Oni su živeli u uslovima bitno drukčijim od onih u kojima mi danas uživamo, a ipak su i preživeli i odgajili potomstvo. Od njih su naši geni. Hiljadama godina su putovali do nas. Hodili su kopnom i morem, planinama i šumama. Svi mi, od najmoćnijih do najslabijih, od basnoslovno bogatih do najsiromašnijih, nosimo u svojim ćelijama gene koji su preživeli ta čudesna putešestvija. Trebalo bi da se ponosimo njima.

Ja stižem u ovu priču s Instituta za molekularnu medicinu na Oksfordu, gde predajem genetiku. Institut je u okviru Oksfordskog univerziteta, iako je i prostorno i po karakteru udaljen od tajanstvenog sveta univerzitetskih hodnika. Pun je lekara i naučnika koji rade na primeni novih tehnologija u oblasti genetike i molekularne biologije na polju medicine. Tu su imunolozi koji pokušavaju da naprave vakcinu protiv side, onkolozi koji istražuju kako da ubiju tumore presecajući im dotok krvi, hematolozi koji osmišljavaju izlečenje naslednih anemija od kojih svake godine obole ili umru milioni ljudi u zemljama u razvoju, mikrobiolozi koji razotkrivaju tajne meningitisa i mnogi drugi. Uzbudljivo je raditi na tom mestu. Ja sam se na Institutu bavio naslednim bolestima kostiju, posebno osteogenezom imperfekta, užasnim oboljenjem poznatijim kao bolest staklenih kostiju. Novorođenčad s najtežim oblikom ove bolesti ponekad imaju tako krte kosti da im se, tek što udahnu, polome rebra pa se uguše. Istraživali smo uzrok te tragične bolesti i ustanovili da nastaje zbog skoro neprimetnih promena u genima za kolagen. Kolagen je najvažniji i najzastupljeniji protein u kostima, on ih učvršćuje otprilike onako kao što čelične armature ojačavaju

beton. Blisko je pameti pretpostaviti da kosti postaju lomljive kad im usled genskog poremećaja nestane kolagena. U ovom istraživanju valjalo je mnogo izučavati varijacije kolagena i njegovih gena kod opšte populacije. Baveći se time, godine 1986. upoznao sam Roberta Hedžisa.

Robert na Oksfordu upravlja laboratorijom za datiranje arheoloških uzoraka pomoću ugljenika. Razmišlja o tome kako da dozna više informacija iz kostiju koje mu prolaze kroz laboratoriju, a ne samo podatke o starosti koje saznaje primenjujući metodu radioaktivnog datiranja. Kolagen je glavni protein u kostima i živih i preminulih ljudi, a starost kostiju se utvrđuje upravo preko ugljenika u preostalom kolagenu. Robert se pitao da li u tim fragmentima fosilnog kolagena ima nekih genetičkih informacija. Zbog toga smo nas dvojica zajedno osmislili nov istraživački projekat. Pošto je kolagen protein, čine ga jedinice zvane amino-kiseline koje su poređane u specifičnom nizu. U sledećem poglavlju videćemo da je niz amino-kiselina u kolagenu, kao uostalom i u svim drugim proteinima, određen sekvencom DNK u genima. Gajili smo nadu da ćemo indirektno otkriti sekvencu DNK drevnih gena za kolagen preko utvrđivanja redosleda niza amino-kiselina u fragmentima proteina preživelih u tim prastarim kostima. Nekoliko puta smo bezuspešno raspisivali konkurs za asistenta istraživanja. Za uobičajen genetički projekat očekivali bismo lavinu prijava, pa smo tu nezainteresovanost pripisali neobičnosti projekta. Tek nekoliko naučnika od onih koji počinju karijeru hoće da se upusti u istraživanja mimo glavnih tokova genetike – to je razočaravajuća činjenica. Kako nije bilo zainteresovanih, morali smo da odložimo početak projekta za godinu dana. Iako nas je takvo odlaganje tada prilično nerviralo, pokazalo se da je bilo pravi blagoslov, pošto su pre početka projekta stigle vesti o novom izumu. Keri Malis, američki naučnik iz Kalifornije, smislio je način da se minimalna količina DNK pri idealnim uslovima poveća, čak i ako u epruveti imamo samo jedan jedini molekul.

Godine 1983, jednog toplog petka uveče, Malis se vozio auto-putem 101 kraj okeana. „Noć je odisala vlagom i mirisom kestena u cvatu“, pripovedao je kasnije. Svojoj prijateljici i saputnici govorio je o nekim idejama koje će primeniti na posao kojim se bavio u lokalnoj biotehnološkoj kompaniji. Malis je replikovao DNK u epruvetama, kao i svi drugi koji su se bavili genetičkim inženjeringom. To je bio spor proces, pošto je molekule trebalo replikovati jedan po jedan. DNK je poput dugog lanca i replikovanje se započinje na jednom kraju a završava na drugom. A onda za novu kopiju opet počinjete iz početka. Naglas je razmišljao o tome i odjednom shvatio da bi se svojevrsna održiva lančana reakcija izazvala ako se umesto samo s jednog kraja, replikovanje počne s oba kraja. Više ne bismo pravili samo kopije originala, već i kopije kopija, udvajajući ih pri svakom ciklusu. Tako bi umesto dve kopije posle dva ciklusa i tri posle tri ciklusa, posle svakog ciklusa duplirali broj, proizvodeći tokom šest ciklusa prvo dve, pa četiri, pa osam, pa šesnaest, pa trideset dve i na kraju šezdeset četiri kopije, što znači da se ne bi dobijala prvo jedna, pa potom dve, tri, četiri, pet i na kraju šest

kopija. Posle dvadeset ciklusa ne bismo imali pukih dvadeset kopija nego čitav milion. Bio je to pravi čas da se uzvikne eureka! Pogledao je devojkicu da vidi njenu reakciju. Ona je spavala.

Za ovaj izum Keri Malis je 1993. godine zaslužen dobio Nobelovu nagradu za hemiju; on je pokrenuo pravu revoluciju u genetičkoj praksi. Zahvaljujući njemu, od najsitnijeg komadića tkiva mogle su se dobiti neograničene količine DNK za rad. Da biste proizveli koliko god poželite DNK, dovoljna vam je jedna jedina dlaka ili čak jedna jedina ćelija. Malisovo genijalno otkriće me je navelo da zaboravim na rad na kolagenskom proteinu, koji bi bio vrlo težak, i primenim novootkrivenu lančanu reakciju za umnožavanje eventualnih ostataka DNK u drevnim kostima. Ako bi to upalilo, dobili bismo kudikamo više informacija iz DNK nego što bismo mogli izvući iz kolagena. Tako bismo direktno tražili lanac DNK, umesto da ga izvodimo iz niza amino-kiselina. Što je još važnije, bili bismo u stanju da izučavamo svaki gen, ne samo one koji kontrolišu kolagen.

Konačno se neko javio na naš oglas za asistenta istraživanja i timu se pridružila Erika Hagelberg. Bilo je očigledno da nam se neće javiti osoba sa iskustvom u radu s fosilnom DNK, pošto to nikada nije rađeno, ali Erika je diplomirala na biohemiji i bavila se istraživačkim radom u oblasti homeopatije i istorije medicine, što je ukazivalo na solidno naučno obrazovanje i širinu interesovanja, a to je bilo sasvim u skladu s našim projektom. Osim toga, jedino se ona javila na oglas. Sada su nam još bile potrebne vrlo stare kosti.

Dobre vesti stižu 1988, iz Abingdona, na nekoliko kilometara južno od Oksforda. Tamo se gradio novi supermarket pa su prilikom nivelisanja terena bageri naišli na srednjovekovno groblje. Gradnja je prekinuta na dva meseca – za to vreme će mesna arheološka služba vršiti iskopavanja – potom se vraćaju građevinski preduzimači. Kada smo Erika i ja stigli na lice mesta, sve je već vrvelo od aktivnosti. Bio je vruć i vedar sunčan dan, pa su posvuda po nalazištu bili raštrkani brojni terenski asistenti, razodeveni maltene do gole kože, koji su strugali zemlju špahtlama, čeprkali po jamama ili gacali po rovovima ispunjenim vodom. Pod unakrsno postavljenim trakama koje su označavale mrežu referentnih tačaka, ležalo je nekoliko poluiskopanih kostura prekrivenih narandžastosmeđom zemljom. Na prvi pogled, činilo nam se da su nam izgledi slabi. Radeći već nekoliko godina s DNK, naučio sam da se prema njoj ophodim s poštovanjem. Uzorci DNK su uvek čuvani zaleđeni na temperaturi od 70 stepeni Celzijusa ispod nule i bili smo naučeni da svaki uzorak izvađen iz zamrzivača držimo u kanti s ledom. Zaboravimo li to pravilo pa se led koji je pokrivao uzorak otopi, obavezno smo ga bacali jer je, kao što smo svi pretpostavljali, propao i postao neupotrebljiv. Nismo ni pomišljali da bi uzorak mogao stajati na laboratorijskom pultu na sobnoj temperaturi duže od koji minut i nije nam bilo ni na kraj pameti da bi se mogao očuvati u zemlji stotinama ili čak hiljadama godina.

Ipak, vredelo je uložiti trud. Dozvolili su nam da s mesta iskopavanja pone-
semo tri butne kosti. Potom nam je valjalo doneti dve odluke: kako da izdvojimo
DNK i koji segment DNK da odaberemo za hemijsku reakciju amplifikacije. S
prvom je bilo lako. Znali smo da ćemo DNK, ako je uopšte bude u kostima,
verovatno naći vezanu uz koštani mineral. Taj oblik kalcijuma je korišćen za
apsorpciju DNK tokom procesa pročišćavanja, pa je delovalo prilično vero-
vatno da će DNK u starim kostima ostati vezana za koštani mineral. Ukoliko se
to potvrdi, morali bismo da smislimo kako da odvojimo DNK od kalcijuma.

Testerom smo razrezali kosti na deliće, zamrzli ih u tečnom azotu, zdro-
bili u prah i potopili ga u hemijsku supstancu koja izdvaja kalcijum lagano, u
nekoliko dana. Pošto je sav kalcijum uklonjen, na našu radost ugledali smo na
dnu epruvete sivkasti mulj. Prepostavili smo da su to ostaci kolagena i drugih
proteina, delići ćelija, možda nešto masnoća i, nadali smo se, i nekoliko mole-
kula DNK. Rešili smo da se proteina otarasimo pomoću enzima. Enzimi su
biološki katalizatori koji znatno ubrzavaju određene procese. Uzeli smo enzim
koji će razgraditi protein, vrlo sličan onima u biološkim deterdžentima za veš
koji po istom principu ispiraju krv i druge vrste fleka. Masnoće smo se otara-
sili pomoću hloroforma. Ostatak smo očistili fenolom, odvratnom tečnošću
koja se koristi kao osnova za karbolni sapun. Fenol i hloroform su agresivne
supstance, ali znali smo da neće oštetiti DNK. Posle svega, preostala je kafena
kašičica bledosmeđe tečnosti koja bi, bar teorijski, trebalo da sadrži DNK. Tu
smo, u najboljem slučaju, mogli naći samo nekoliko molekula i zato smo naj-
pre morali da ponovimo amplifikaciju DNK.

Sušтина te reakcije jeste podešavanje sistema za replikaciju DNK koji koriste
ćelije. U epruvetu se stavljaju sirovine za pravljenje DNK. Prvo jedan enzim.
Mi smo stavili polimerazu, enzim koji se koristi za replikaciju DNK – po njemu
je ova reakcija i dobila stručno ime: lančana reakcija polimeraze ili skraćeno
PCR (engl. *polimerase chain reaction*). Zatim nekoliko kratkih fragmenata DNK,
kako bi se enzim polimeraze usmerio na segment originalne DNK koji treba
amplifikovati, a sve ostalo ignorisao. Te sirovine koje tvore nukleotidnu bazu
za pravljenje novih molekula DNK pomešali smo s još nekim sastojcima, na
primer s magnezijumom, koji potpomažu reakciju. Uz to se, naravno, doda i
ono što želite da amplifikujete, pa smo ubacili ekstrakt dobijen iz abingdon-
skih kostiju koji, kako smo se nadali, sadrži bar nekoliko molekula veoma
stare DNK.

Onda smo morali da odlučimo koji gen da amplifikujemo. Ukoliko u ekstraktu
kosti uopšte i bude DNK, znali smo da je neće biti mnogo, pa smo rešili da
maksimalno uvećamo šanse za uspeh i odabrali smo mitohondrijalnu DNK.
Za nju smo se odlučili zato što je u ćelijama ima preko sto puta više nego ijed-
nog drugog gena. Kasnije smo uočili da mitohondrijalna DNK ima određene
osobine zbog kojih je apsolutno idealna za rekonstrukciju prošlosti; isprva
je izbor pao na nju zato što je ima mnogo više od bilo kog drugog tipa DNK.

Najveće su nam šanse bile da nađemo DNK u kostima iz Abingdona ukoliko se usmerimo na traženje mitohondrijalne DNK.

Dakle, pomešali smo sve sastojke potrebne za reakciju amplifikacije mitohondrijalne DNK i nekoliko kapljica dragocenog ekstrakta kostiju. Da bi se reakcija pokrenula, epruvetu valja da grejete do ključanja, zatim je rashladite pa na nekoliko minuta opet ugrijete a onda neka sadržaj opet provri i tako je hladite, podgrevajte, grejete do ključanja i ponavljate taj ciklus barem dvadeset puta. Savremene genetičke laboratorije pune su mašina za automatsko izvođenje ove reakcije. U ono vreme nije ih bilo. Osamdesetih godina mogla se nabaviti samo jedna vrsta takve mašine, i to preskupa, a u našem budžetu za to nije bilo novca. Reakcija je mogla da se izvede samo ovako: u jednu kadicu se naspe ključala voda, u drugu hladna, a u treću mlaka, sedne se kraj njih sa štopericom i epruveta se na svaka tri minuta ručno premešta iz kadice u kadicu. I tako tri i po sata. Ja sam to probao samo jednom. Umorio sam se, a kako reakcija nije uspeła uz to sam se i razočarao. Mora da postoji bolji način. A da upotrebimo električni čajnik? Čitave tri nedelje bavio sam se žicama, tajmerima, termostatima, relejima, bakarnim cevima, ventilom od veš-mašine i mojim kućnim čajnikom – i napravio sam aparat koji radi sve što treba. Kuva. Vrlo brzo hladi kada se otvori ventil s veš-mašine i hladna voda iz česme pusti u navoje bakarnih cevi. I greje. I upalilo je.

Mašina je dobila nadimak genska pomoćnica, po imenu naprave za spravljanje čaja koju ljudi određenih godina smatraju neophodnom stvarčicom za spavaću sobu.* Ne samo što smo u njoj sproveli reakciju amplifikacije u kontrolnom eksperimentu u kome je korišćena savremena DNK, već smo postigli i vrlo slabu reakciju pri korišćenju ekstrakta kostiju iz Abingdona. Uporedili smo dobijeni niz s onima objavljenim u naučnim radovima i začas dokazali da je zaista reč o ljudskoj DNK. Zaista smo uspeli! Tu, pred našim očima, nalažila se DNK osobe umrle pre više stotina godina, u pravom smislu reči DNK vaskrsła iz groba.

Kad se danas osvrnem unazad, prosto ne mogu da poverujem do koliko se bitnih zaključaka o istoriji i suštini naše vrste stiglo na osnovu otkrića DNK u onim trošnim kostima s abingdonskog groblja, kostima koje uopšte nisu obećavale kada sam ih prvi put video onako poluiskopane. U nastavku moje priče videćete da se ovo naše istraživanje nije razlikovalo od većine naučnih istraživanja – ni ono nije pravolinijski išlo ka svom dobro definisanom cilju. Više je nalikovalo nizu malih skokova, koji su jednako motivisani dobrim prilikama, ličnim vezama, finansijskom nužnošću, čak i fizičkim povredama, koliko i

* U originalu *Genesmaid* – inače nazvana po *Teasmaid*, vrsti električnog čajnika popularnog šezdesetih i sedamdesetih godina 20. veka (kao što se često dešava, to je prvobitno bio naziv određene marke proizvoda, a postao je opšteprihvaćen za sve proizvode te vrste). Otud igra rečima: čajna pomoćnica – genska pomoćnica. (*Prim. prev.*)

bilo kakvom racionalnom strategijom. Ka otkriću sedam Evinih kćeri nismo išli unapred utvrđenim putem. Istraživanje se odvijalo korak po korak, uglavnom unapred. Do svakog sledećeg cilja, naziranog kroz maglu, napredovali smo na osnovu informacija o svemu što se do tada zbivalo, ali bez saznanja o onome što nas očekuje.

Čudo jedno! Bili smo postigli trijumfalne rezultate, ali to nismo uviđali. Rekao bih da smo Erika i ja bili isuviše zaokupljeni svim pojedinostima pa nismo pojмили značaj postignutog. Na stranu to što se nas dvoje u tom periodu uopšte nismo dobro slagali. Napetost između mene i Erike bujala je već nedeljama, pošto iz nekog razloga naš zajednički rad nije dobro funkcionisao. Tek mnogo kasnije sam počeo da shvatam šta bi naše otkriće moglo da znači, ne samo za nauku već i za popularnu istoriju. Ali to uviđanje će uslediti kasnije; u tom trenutku morali smo da se bavimo nužnijim temama. Nezvanično sam naučio da i drugi istraživački timovi pokušavaju da izdvoje DNK iz starih kostiju. Dakle, morali smo najhitnije da objavimo naše rezultate, inače trud uzalud. U nauci se ne računa ko je prvi obavio eksperiment, već ko prvi objavi rezultate. Da je neko štampao rad samo dan pre nas, on bi polagao pravo na priznanje. Imali smo sreće: ubedili smo urednika naučnog časopisa *Nature* da u rekordnom roku objavi naš rad i on je štampan uoči Božića 1989. godine.

Uopšte nisam očekivao šta će se zbiti. Doduše, o mom prethodnom istraživanju bolesti staklenih kostiju povremeno su pisale lokalne novine, a dva-triput se oglasila i nacionalna štampa, ali ne može se reći da su bilo kakvi pređašnji novi rezultati izazvali veliko medijsko zanimanje. Sutradan sam doživeo sasvim novo iskustvo: kako sam stupio u laboratoriju telefon je krenuo da zvoni bez prestanka, stalno su zvali novinari i raspitivali se. Koju godinu pre toga učestvovao sam u dobro zamišljenom programu stipendija Kraljevskog društva kojim je trebalo premostiti jaz između nauke i medija pa sam kao reporter radio u ITN-u, londonskoj agenciji koja vodi televizijsku informativnu službu za glavne komercijalne zemaljske kanale u Velikoj Britaniji. Primamila me je izdašna suma – nadao sam se da ću pokriti minuse u banci. Na kraju sam se uvalio u još grđe dugove, najpre zato što sam silno vreme provodio u barovima i restoranima s imućnim profesionalcima. Na primer, onako neiskusan, jedne večeri sam ponudio piće poznatom komentatoru. „Hvala, momak. Ja ću flašu bolindžera“, uzvratilo je taj veliki čovek. Šta sam drugo mogao nego da ga uslišim? U tih nekoliko meseci jesam zapao u finansijsku katastrofu ogromnih razmera, ali sam naučio mnogo toga o medijskom izveštavanju, pa i to kako da svedem odgovore na novinarska pitanja na najjednostavnije formulacije kakve znam da žele da čuju.

Celo-celato jutro sam odgovarao na novinarska pitanja o našem naučnom radu i već mi je dodijalo da stalno iznova u jednoj rečenici objašnjavam šta je DNK. Kada je pozvao dopisnik *Observera*, bio sam već umoran od takvih pitanja. Nakon što je prošao kroz standardna pitanja, upitao me je

kakve mogućnosti otvara to što sada možemo da izdvojimo DNK iz arheoloških nalaza. Naveo sam jednu mogućnost: možda ćemo konačno doznati da li su neandertalci izumrli. Sasvim razuman odgovor i, kao što se ispostavilo, tačno predviđanje. A onda sam dodao: „Naravno, bićemo u stanju da razrešimo zagonetke na koje naučnici vekovima traže odgovor, recimo da li je Ramzes II bio muško ili žensko“. Koliko ja znam, nijedan naučnik se ni na trenutak nije bavio tim pitanjem. Niko uopšte nije sumnjao da je veliki faraon bio muškarac. Međutim, u sledećem nedeljnom izdanju osvanula je slika faraona ispod koje je pisalo: „Ramzes II – kralj ili kraljica“.

Mnogo godina kasnije bio sam počastvovan pozivom na otvaranje nove egipatske galerije u londonskom Britanskom muzeju. Tim povodom je organizovana svečana večera u veličanstvenoj galeriji egipatskih skulptura. Odredili su mi mesto tačno naspram velike granitne Ramzesove statue. S visine je gledao pravo u mene tim uznemirujuće blagim i sveznajućim pogledom. Znao sam da je čuo kako sam se našalio na njegov račun i bilo mi je jasno da ću se u zagrobnom životu naći u gadnoj neprilici.

Prilikom izdvajanja DNK iz starih kostiju nastaje poveliki problem: ukoliko niste neverovatno predostrožni, u stvari ćete amplifikovati modernu DNK, uključujući svoju sopstvenu. Stara DNK je, čak i kada je ima, prilično oštećena. Hemijske promene, uglavnom uzrokovane dejstvom kiseonika, postepeno menjaju strukturu DNK i sve više je usitnjavaju. Desi li se da i najsitnija čestica današnje DNK dospe u reakciju, polimerazni enzimi za replikaciju neće shvatiti vašu nameru da amplifikujete trošne deliće drevne DNK, pa će se usredsrediti na prisutnu modernu DNK i shodno tome proizvesti milione njenih kopija. Uzmete kap ekstrakta fosilnih kostiju i dobijete obilje DNK, a tek posle detaljnije analize uvidite da to uopšte nije DNK iz fosila već vaša sopstvena.

Premda smo bili prilično sigurni da se s abingdonskim kostima to nije desilo, razmišljali smo kako da to pouzdano utvrdimo i smislili smo jedan način: izdvojicemo DNK iz starih životinjskih kostiju. Tako bi bilo lako razlučiti jesmo li zaista amplifikovali pravu stvar, životinjsku DNK ili ljudsku kojom je uzorak kontaminiran. Najbolji izvor dovoljno starih životinjskih kostiju koga smo se setili bila je olupina broda Meri Rouz. Taj veličanstveni jedrenjak je potopljen kod Portsmauta, tokom invazije francuske flote 1545, i preživelo je malo mornara. Duže od četiri veka olupina je ležala u mulju, 14 metara ispod površine mora. Izvađena je 1982. godine, izložena u muzeju u luci u Portsmautu i tamo je još uvek natapaju rastvorom vode i antifrizu kako bi sprečili deformisanje drveta od koga je sagrađena. Iz olupine je, pored kostura nesrećnih mornara, izvučeno i stotine životinjskih i ribljih kostiju. Kad je brod potopljen na njemu je bilo bogatih zaliha hrane, između ostalog goveđih i svinjskih butova i buradi usoljenog bakalara. Ubedili smo kustosa muzeja da nam za potrebe istraživanja da svinjsko rebro. Rebro je bilo u veoma dobrom stanju jer je najveći deo

vremena (naravno, pošto su svinju zaklali) bilo potopljeno na dnu Solentskog kanala i neizloženo dejstvu kiseonika. Bez mnogo muke iz njega smo dobili obilje DNK. Analizirali smo dobijenu DNK i nesumnjivo utvrdili da potiče od svinje, a ne od čoveka.

Poenta cele ove priče nije da vas provedem kroz jedan po jedan eksperiment koji smo izveli, već da vam objasnim reakciju na objavljivanje naših rezultata. Usledilo je još telefonskih poziva i još naslova, od kojih mi je omiljeni jedan iz nedeljnog izdanja *Independenta*: „Krme zaslužno što smo se omrsili s DNK“. Ovo će biti zabavno.

2

Pa, šta je DNK i šta čemu služi?

POZNATO NAM JE DA DECA ČESTO LIČE na roditelje i da rođenje bebe usledi devet meseci posle seksualnog odnosa u kom je začeta, a ljudi to pouzdano znaju već hiljade godina. Duskora je mehanizam nasleđivanja predstavljao misteriju, ali ljude to nije sprečavalo da smišljaju svakoake teorije. U književnosti klasične Grčke često se pominju porodične sličnosti i mozganje o razlogu tih sličnosti bila je česta razbibriga starih filozofa. Aristotel je, u zapisima iz otprilike 335. godine p. n. e, pretpostavljao kako otac nerođenom detetu daje obličje, a majčin doprinos je ograničen: ona samo gaji dete – i dok je u materici i posle rođenja. U ondašnjoj zapadnoj civilizaciji, patrijarhalnoj po ustrojstvu, takva ideja je delovala sasvim logično. Budući da su od oca zavisili i blagostanje i status porodice, on se smatrao za kreatora obličja i naravi svoje dece. Naravno, nije se potcenjivala važnost izbora supruge. Na kraju krajeva, seme uvek bolje uspeva ako se posadi u vrlo rodnu zemlju. Međutim, postojao je tu jedan problem, i to problem koji će još dugo zadavati muke ženama.

Ukoliko se deca rađaju prema očevom naumu, otkud to muškarci imaju kćerke? Aristotela su upravo to pitali i evo šta je odgovorio: sve bebe će u svakom pogledu, pa i po tome kog su pola, biti iste kao njihovi očevi osim kada nastanu nekakva „uplitanja“ u materici. Ta uplitanja mogu biti relativno omanja pa stvaraju trivialne varijacije, recimo, crnos otac dobije dete riđe kose. A mogu biti i ozbiljnija pa se rodi deformisano dete ili žensko. Ozbiljne posledice su se izrodile iz ovog stanovišta: mnoge žene koje nisu rađale sinove muževi su ostavljali ili su dovodili inoče. Iz ove antičke teorije razvilo se verovanje u postojanje homunkulusa, sićušnog, već formiranog bića koje tokom seksualnog odnosa biva ubrizgano u ženu. Čak i početkom 18. veka, pionir mikroskopije Antoni van Levenhuk zamišljao je da u glavama spermatozoida vidi sićušne skrupčane homunkuluse.

Hipokrat, kome se odaje priznanje u zakletvi koju su nekada polagali svršeni doktori (a neki je još uvek polažu), bio je u svom stavu manje ekstreman

od Aristotela i priznavao je ženama izvesnu ulogu. Verovao je da i muškarci i žene proizvode semenu tečnost i da osobine bebe zavise od toga čija će tečnost prevagnuti nakon što se posle snošaja pomešaju. Stoga će, kao rezultat tog procesa, dete imati očeve oči ili majčin nos. Ukoliko za specifičnu odliku tečnost ni jednog ni drugog roditelja ne prevagne, dete će ispasti nešto između pa će mu, na primer, boja kose biti nijanse između majčine i očeve.

Ova teorija je imala mnogo više veze sa stvarnim iskustvima većine ljudi. Po celom svetu se milion puta dnevno čuje: „Pljunuti otac“ ili „baš se smeška kao majka“. Sve do kraja 19. veka među naučnicima je prevladavala ideja da se roditeljske karakteristike nekako pomešaju kod potomaka. Ni Darwin sigurno nije znao ništa više o tome i upravo zato nije uspeo da formuliše odgovarajući mehanizam na osnovu kog bi objasnio svoju teoriju prirodne selekcije; jer, po tadašnjoj logici, u procesu mešanja sve novo i usavršenije stalno se i u svakoj generaciji razvodnjavalo. Premda se savremeni genetičari čudom čude kako su im to prethodnici odbacivali toliko očigledne činjenice, odmah bih smeo da se kladim da je teorija o mešanju i dan-danas za većinu ljudi savršeno odgovarajuće objašnjenje za ono što vide sopstvenim očima.

Dva naučna dostignuća iz 19. veka postala su ključna za objašnjenje šta se tu zaista dešava: prvo, otkriće novih hemijskih boja za primenu u tekstilnoj industriji i drugo, povećanje efikasnosti mikroskopskih sočiva usled novog načina brušenja. Uz bolje uveličavanje lako su se mogle videti pojedinačne ćelije, a kad su bivale obojene novim supstancama videla se i njihova unutrašnja građa. Postalo je moguće posmatrati proces oplodnje, spajanje jedne velike jajne ćelije s jednim malim, odlučnim spermatozoidom. Kada se ćelije podele, uočavalo se kako se obrazuju neobične končaste strukture, a potom se i one dele na dva jednaka dela, na dve nove ćelije. Pošto su pod dejstvom tih novih supstanci poprimale vrlo jarke boje, ove neobične strukture nazvane su *hromozomi* (od grčke reči koja doslovno znači „obojena tela“), mnogo godina pre nego što je iko shvatio šta one rade.

Primećeno je da tokom oplodnje jedna grupa tih neobičnih končića dolazi od očeve sperme, a druga od majčine jajne ćelije. Upravo to je predvideo otac genetike Gregor Mendel, monah iz Brna. On je šezdesetih godina 19. veka postavio temelje celokupne genetike i to na osnovu eksperimentalnog uzgajanja graška u manastirskoj gradini. Zaključio je sledeće: čime god su nasledne osobine određene, to se podjednako prenosi na potomstvo od oba roditelja. Mendel jeste bio u pravu ali je, nažalost, preminuo pre nego što je video hromozom. Specifični genetički kodovi koji se pojavljuju u hromozomima nasleđuju se podjednako po obema roditeljskim linijama, s tim što je bitno naglasiti da se izuzimaju mitohondrijalne DNK (o čemu ćemo detaljnije kasnije) i hromozomi koji određuju pol. Ključna uloga hromozoma u nasleđivanju i činjenica da se u njima moraju kriti tajne nasleđivanja, bila je dobro znana već

1903. godine. Međutim, prošlo je pedeset godina dok nije otkriveno od čega su hromozomi napravljeni i kako to igraju ulogu fizičkih posrednika u prenošenju naslednih osobina.

Dva mlada naučnika s Kembridža, Džejms D. Votson i Frensis Krik, 1953. godine otkrivaju molekularnu strukturu supstance koja je već dugo bila poznata i za koju se uglavnom mislilo da je nezanimljiva i nebitna. Dodelili su joj predugačko ime, koje kao da naglašava koliko je smatrana nebitnom: dezoksiribonukleinska kiselina; danas se, srećom, koristi skraćenica DNK. Iako je bilo istraživanja u kojima se implicirala uloga DNK u mehanizmu nasleđivanja, i dalje su se proteini smatrali za ključne prenosiocce naslednog materijala. Proteini su složeni, sofisticirani, sadrže dvadeset različitih komponenata (amino-kiselina) i ima ih više miliona različitih oblika. Naučnici su, sasvim logično, mislili da tako monumentalan zadatak kao što je programiranje jajne ćelije da izraste u potpuno uobličeno i funkcionalno ljudsko biće, može izvesti samo nešto zaista komplikovano. Nema šanse da to čini taj DNK s njegove puke četiri komponente. Istina, nalazi se na pravom mestu – u ćelijskom jedru – no verovatno ima tričavu, više sporednu funkciju, recimo, apsorbovanje vode.

Premda se njihovi savremenici nisu zanimali za ovu supstancu, Votson i Krik su bili sigurni da se u njoj nalazi objašnjenje hemijskog mehanizma nasleđivanja. Stoga su se rešili da odgonetnu njenu molekularnu strukturu pomoću tehnike koja je već korišćena za otkrivanje strukture onih znatno glamuroznijih proteina. U tu svrhu su morali da naprave dugačka kristalna vlakna pročišćene DNK i potom ih bombarduju rendgenskim zracima. Većina rendgenskih zraka koji su ušli u DNK samo su prošli i izašli na drugu stranu. Pa ipak, nekoliko zraka se sudarilo s atomima u molekularnoj strukturi i odskočilo u stranu, i to je zabeleženo na rendgenskom snimku na istoj onoj vrsti filma kojom rendgenski tehničari u bolnicama i danas snimaju frakturu kostiju. Promenjena putanja tih rendgenskih zraka na filmu se vidi kao uvek isti obrazac tačkica čije su tačne lokacije iskorišćene za utvrđivanje pozicija atoma u DNK.

Votson i Krik su nedeljama pravili modele strukture atoma unutar DNK od štapića te od kartonskih i metalnih tabli i odjednom uvideše da su načinili jedan model koji je u svakom pogledu odgovarao uzorku na rendgenskom filmu. Struktura tog jednostavnog, a istovremeno apsolutno veličanstvenog modela, odmah je ukazivala kako može da obavlja funkciju genetičkog materijala. U naučnom radu u kome su objavili otkriće s mnogo samopouzdanja su izjavili: „Našem zapažanju nije promaklo da specifična parna struktura koju smo utvrdili direktno ukazuje na moguć mehanizam kopiranja (replikacije) genetičkog materijala“. Bili su potpuno u pravu. Za to otkriće 1962. godine dodeljena im je Nobelova nagrada za medicinu i fiziologiju.

Jedno od suštinskih svojstava genetičkog materijala mora biti mogućnost da iznova i iznova daje svoje verne kopije, odnosno da obe nove ćelije nastale

nakon ćelijske deobe, takozvane kćerke ćelije, u jedru imaju podjednak deo hromozoma. Genetički materijal u hromozomima brzo bi se potrošio ukoliko pri svakoj podeli ćelije ne bi bilo moguće kopiranje genetičkog materijala. Kopiranje takođe mora biti visokokvalitetno inače ćelije ne bi funkcionisale. Votson i Krik su otkrili da se svaki molekul DNK sastoji od dva vrlo dugačka lanca, uvijena jedan oko drugog poput para prepletenih spiralnih lestvica. U trenutku kopiranja ta dva spiralna lanca se razdvajaju. DNK se sastoji od samo četiri ključne komponente, koje se obično označavaju početnim slovima svojih hemijskih naziva: A – adenin, C – citozin, G – guanin i T – timin. Stručni termin za sve ove komponente glasi nukleotidne baze ili, skraćeno, samo baze. Slobodno zaboravite hemijske nazive i zapamtite samo četiri simbola: A, C, G i T.

Struktura DNK potpuno je pojmljena kad su Votson i Krik uvideli da su ta dva spiralno uvijena lanca ispravno spojena samo kad je svako A jednog lanca povezano s T tačno naspram njega u drugom lancu. Baš poput delića slagalice, A se savršeno uklapa sa T, ali ne i sa G ili C, niti sa A iz drugog lanca. Potpuno je isto sa C i G naspramnih lanaca: mogu se uklopiti samo jedno s drugim, ne ni sa A ni sa T. Tako oba lanca zadržavaju komplementarne nizove odgovarajućeg redosleda. Na primer, niz ATTCAG u jednom lancu mora da se poklopi s nizom TAAGTC u drugom lancu. Kada se ovako spiralno prepleteni lanci raspletu, ćelijska mašinerija nasuprot starom lancu ATTCAG konstruiše novi niz TAAGTC, a naspram starog niza TAAGTC gradi novi niz ATTCAG. Rezultat su dve nove duple zavojnice identične s originalom. Svaki put nastaju dve savršene kopije. Redosled četiri hemijskih slova ne menja se tokom procesa replikacije. A šta znači taj redosled? On predstavlja informacije. Sama DNK ne radi ništa. Ne pomaže vam da dišete ili varite hranu. Ona o tome daje instrukcije drugima. Kako se ispostavilo, proteini su ćelijski posrednici koji primaju te instrukcije i obavljaju posao. Uz to što deluju sofisticirano, oni i jesu takvi; svejedno, oni delaju po striktnim instrukcijama predsednika upravnog odbora, a to je DNK glavom i bradom.

Složenost ćelija, tkiva i celog organizma naprosto oduzima dah, ali tek nas potpuno zaprepasti činjenica da je zapis osnovnih DNK instrukcija neverovatno jednostavan. Kao i u poznatijim instrukcionim sistemima kao što su jezik, brojevi ili računarski binarni kôd, nisu toliko važni sami simboli – ključan je njihov redosled. Anagrami, na primer, *repa* i *pera*, sadrže ista slova ali različito raspoređena pa su reči koje ta slova sačinjavaju različitog značenja. Isto tako, 476.021 i 104.762 jesu različiti brojevi koji sadrže iste cifre poredane drugačijim redosledom. Takođe, 001010 i 100100 u binarnom kodu imaju potpuno drugačija značenja. Jednako tako redosled četiri hemijska simbola u DNK oličava određenu poruku. ACGGTA i GACAGT jesu DNK anagrami koji ćeliji prenose potpuno različite poruke, baš kao što nama reči *repa* i *pera* nose različita značenja.

Dakle, kako se te poruke pišu i čitaju? DNK je vezana za hromosome koji su uvek, isključivo, u jedru ćelije. Proteini, kao svojevrsni izvršni organi, obavljaju sav posao. Oni su enzimi koji vare hranu i regulišu metabolizam; oni su hormoni koji upravljaju zbivanjima u različitim delovima našeg organizma. Oni su kolageni u koži i kostima, te hemoglobini u krvi. Oni su antitela koja se bore s infekcijama. Ukratko – oni rade sve. Neki su ogromni molekuli, neki su sićušni. Svi proteini su jednako građeni: sačinjeni su od lanca podjedinica, amino-kiselina, čiji redosled definiše njihovu funkciju. Amino-kiseline s jednog dela lanca privlače amino-kiseline s drugog dela i do tada izduženi, linearni lanac uvija se u klupko vrlo specifičnog oblika. Ono omogućava proteinima da vrše svoje funkcije: ako je reč o enzimima, da budu katalizatori bioloških reakcija; ako su u pitanju mišićni proteini, da grade mišiće; ako su antitela, da hvataju nadiruće bakterije i tako dalje. Amino-kiselina je dvadeset. Neke su relativno poznate, recimo lizin ili fenilalanin (jedan od sastojaka zaslađivača aspartama), a za neke, primera radi za cistein ili tirozin, većina ljudi nije čula. Redosled tih amino-kiselina u proteinu određuje njegov konačni oblik i funkciju, te je za stvaranje proteina potreban samo jedan skup DNK instrukcija koje određuju taj redosled. Kodirane informacije koje sadrži DNK moraju biti prenesene mašineriji za proizvodnju proteina u drugom delu ćelije.

Ne budite škrti – iščupajte jednu dlaku s glave. Poluprovodno zadebljanje na kraju je koren dlake ili folikul. Svaki folikul sadrži otprilike milion ćelija čija jedina životna svrha jeste da prave vlasi, koje se pretežno sastoje od proteina keratina. Dok ste čupali dlaku, te ćelije su još uvek radile. Zamislite da ste u jednoj. Svaka vredno radi proizvodi keratin, ali otkud znaju kako to da rade? Za proizvodnju bilo kog proteina, uključujući i keratin, presudno je da amino-kiseline budu poređane određenim redosledom. Koji je ispravan? Pogledajte u DNK koja se nalazi u hromozomima u jedru ćelije. Ćelija kose, kao i svaka ćelija našeg organizma, ima kompletan skup DNK instrukcija, ali vi samo hoćete da znate kako se pravi keratin. Ćelije kose ne zanima kako se prave kosti ili krv i zato su svi ti delovi DNK isključeni. Ali gen keratina, koji nosi instrukcije za keratin, nije isključen. Taj redosled amino-kiselina u keratinu određen je redosledom DNK simbola.

DNK niz u genu keratina počinje ovako: ATGACCTCCTTC... (itd., itd.) Pošto nismo naučili da čitamo takve kodove, ovo napisano deluje nam kao nasumičan niz četiri DNK simbola. Premda je nama nerazumljivo, ćeliji kose nije. To je mali deo koda za pravljenje keratina i lako se prevodi. Ćelije prvo iščitavaju kôd deleći ga na troslovne skupove. Tako ATGACCTCCTTC postaje ATG-ACC-TCC-TTC. Svaki taj skup od tri simbola nazvan je triplet i označava određenu amino-kiselinu. Prvi triplet, ATG, predstavlja kôd za amino-kiselinu metionin, ACC za treonin, TCC za serin, TTC za fenilalanin i tako dalje. Ove genetičke kodove koriste svi geni u jedrima ćelija svih biljaka i životinja.

Ćelija pravi privremenu kopiju ovog koda, što je nalik na fotokopiranje nekoliko stranica knjige, a potom je odašilje mašineriji za pravljenje proteina u drugom delu ćelije. Kako kopija stigne, pokreće se pogon za proizvodnju. On iščitava prvi triplet i dekodira ga kao amino-kiselinu metionin. Uzima s police molekul metionina. Zatim čita drugi triplet koji predstavlja amino-kiselinu treonin, pa uzima molekul treonina i pridružuje ga metioninu. Treći triplet znači serin, pa na niz iza treonina dodaje molekul serina. Četvrti triplet označava fenilalanin, pa jedan njegov molekul dodaje iza serina. Sada imamo četiri amino-kiseline čiji je redosled određen redosledom nukleotidnih baza DNK gena keratina: metionin-treonin-serin-fenilalanin. Potom čita sledeći triplet i dodaje petu amino-kiselinu i tako redom. Ovaj proces čitanja, dekodiranja i dodavanja amino-kiselina po ispravnom redosledu nastavlja se sve dok se ne iščita celokupna instrukcija. Tako se dobija novi molekul keratina koji se pušta na slobodu i odlazi da se pridruži stotinama miliona drugih, s kojima formira deo jedne od dlaka koje vam rastu na glavi. To jest, upravo bi to učinio da je niste iščupali.

3

Od krvnih grupa do gena

KOSA JE JEDNA OD NAJUPADLJIVIJIH odlika izgleda osobe. Prvo se o njoj raspitujemo kad nas zanima izgled novorođene bebe, nepoznate osobe ili kriminalca s poternice. Tamna ili plava, kovrdžava ili ravna, gusta ili proređena: sve ove odrednice odmah doprinose stvaranju predstave o nekom čoveku, čak i da ga nismo videli. Svakako, mi znamo kako da doteramo kosu po svojoj želji. Frizerski saloni su puni ljudi koji plaćaju da im se kosa skрати ili oblikuje. Rafovi po prodavnicama krcati su proizvodima za posvetljavanje, potamnjenje, ispravljanje i uvijanje kose. Svi dajemo sve od sebe da što bolje sredimo kosu s kojom smo rođeni, ali taj sirovi materijal na kome radimo zavisi od gena. Razliku između prirodne ridokose i prirodne plavuše određuje DNK. Unutar gena za keratin i mnogih drugih gena uključenih u proces rasta kose, postoje male razlike u DNK nizu. One su odgovorne za drukčije boje i teksture kose. Većina tih gena još nije istražena. Ipak, sasvim je sigurno da se nasleđuju i od majke i od oca. Pošto se ne moraju nasleđivati direktno i pravolinijski, često se dešava da beba nema ni majčinu ni očevu boju kose.

Kosa je vrlo upadljivo znamenje po kome raspoznavamo ljude, ali apsolutno najveće nasleđene razlike među nama ne vide se i ostaju nepoznate dok nam nešto ne skrene pažnju na njih. Od tih razlika najpre su otkrivene krvne grupe. Na osnovu nečijeg izgleda ne možete reći koja mu je krvna grupa. To nije moguće utvrditi ni pogledom na kap krvi dotične osobe. Sve krvi izgledaju manje-više isto. Tek kada pokušate da pomešate krv dve osobe zapazite razlike; pošto za to pre izuma transfuzije krvi nije bilo nikakvog razloga, nije se znalo da postoje krvne grupe.

Prve transfuzije za koje se zna izvedene su u Italiji 1628. godine. Budući da su mnogi umirali od ozbiljnih reakcija, ta praksa je zabranjena u Italiji a i u Francuskoj i Engleskoj. Iako se eksperimentisalo i s korišćenjem jagnjeće krvi, što je pre svega pokušavao engleski lekar Ričard Lauer šezdesetih godina 17. veka, rezultati nisu bili ništa bolji. Ideja o transfuziji krvi ostala je skrajnuta nekoliko vekova i ponovo je uvedena u praksu sredinom 19. veka, u borbi protiv često

smrtonosnih krvarenja posle porođaja – do 1875. je zabeleženo 347 izvedenih transfuzija. Ipak, posledice loše reakcije organizma na transfuziju kod mnogih pacijenata i dalje su bile fatalne.

Naučnici u to vreme spoznaju da su uzrok problema različite krvne grupe. Francuski lekar Leonar Lalua je 1875. mešao krv različitih vrsta životinja i otkrio kako jedna krvna grupa reaguje na drugu. Primetio je da se krvna zrnca grudvavaju i često pucaju. Ali tek 1900. biolog Karl Landštajner uviđa šta se tu zaišta dešava i uspostavlja prvi sistem krvnih grupa kod ljudi zvani ABO sistem, koji obuhvata grupe A, B, AB i O. Kada se krvne grupe davaoca i primaoca poklapaju, nema neželjene reakcije; ali ako se ne poklapaju, zrnca se zgrušavaju i pucaju, i eto opasne reakcije. Ima dokaza da su Inke uspešno izvodili transfuzije krvi. S obzirom na to da sad znamo da većina starosedelaca Južne Amerike ima istu krvnu grupu (grupu O), jasno je zašto su ti zahvati bili bitno manje opasni od evropskih pokušaja transfuzije, naime postojale su odlične šanse da i davalac i primalac krvi imaju istu krvnu grupu i stoga budu savršeno kompatibilni.

Za razliku od komplikovanih genetskih mehanizama nasleđivanja kose, koji nam još uvek nisu sasvim jasni, ispostavilo se da su pravila nasleđivanja ABO krvnih grupa odista vrlo jednostavna. Pošto je genetički mehanizam tu tako pravolinijski i direktan i lako ga je slediti, krvne grupe su naširoko korišćene u slučajevima utvrđivanja očinstva. Tek nedavno je uvedena kudikamo preciznija metoda genetičkih otisaka prstiju. Krvne grupe su značajne za našu priču zato što se zahvaljujući njima genetika pojavila na svetskoj pozornici ljudske evolucije. Prisetimo se tih početaka. U doba Prvog svetskog rata, 5. juna 1918. godine, Solunskom lekarskom društvu dostavljen je jedan naučni rad. Iduće godine je preveden i objavljen u vodećem britanskom medicinskom časopisu *Lancet*, pod naslovom „Serološke razlike krvi različitih rasa: rezultati istraživanja na makedonskom frontu“. Hajde da vam dočaram šta je u ono vreme izlazilo u *Lancetu*: članak je štampan između teksta eminentnog hirurga ser Džona Blend-Satona o trećem kapku kod reptila i objave Ratnog kabineta da će bolničarke imenovane u depešama povodom angažmana u Egiptu i Francuskoj uskoro dobiti zahvalnice od kralja.

Pomenuti rad o krvnim grupama napisali su Ludvik i Hanka Heršfeld, muž i žena. Oni su radili u centralnoj laboratoriji za testiranje krvnih grupa Vojske kraljevine Srbije, zemlje saveznice u borbi protiv Nemaca. Zbog vojnih operacija u Prvom svetskom ratu znatno je napredovao razvoj transfuzije krvi ka savremenim standardima. Pre rata je bilo uobičajeno da lekar čijem pacijentu treba transfuzija, testira krvne grupe njegovih prijatelja i rođaka dok ne pronađe odgovarajuću, i onda je, neposredno nakon uzimanja, da pacijentu. Na evropskim ratištima stalno je trebalo krvi i morao se pronaći način da se donirana krv čuva u bankama krvi i bude spremna za upotrebu kada zatreba. Svim vojnicima je određivana i upisivana krvna grupa, kako bi, u slučaju potrebe

za hitnom transfuzijom u cilju lečenja ozbiljnih povreda, odmah mogli dobiti krv odgovarajuće grupe iz banke krvi.

Ludvik Heršfeld već je pokazao da za krvne grupe A i B važe Mendelova osnovna pravila genetike. Nije bio siguran za grupu O, pa se njome nije bavio. Kako je kasnije dokazano, i ona podleže istim pravilima. Heršfeld je video kako mu rat pruža priliku za nova otkrića o krvnim grupama, posebno za poređenje krvnih grupa u različitim krajevima sveta. Budući da je u armijama savezničkih sila bilo vojnika iz mnogih zemalja, Heršfeldovi su se dali na upoređivanje krvnih grupa vojnika iz što više zemalja. Taj pozamašan posao bilo je lakše izvesti tokom rata nego posle rata, kada bi se zarad istraživanja, kako su to oni formulisali, „moralo godinama putovati“. Pošto su Nemci bili na suprotnoj strani, očigledno je zašto nisu raspolagali nemačkim podacima, pa su brojke objavljene u časopisu *Lancet* „navedene po sećanju“.

Upoređujući prikupljene rezultate, Heršfeldovi utvrđuju vrlo različitu učestalost krvnih grupa A i B među vojnicima različitih „rasa“, kako su ih oni nazivali. Proporcija među Evropljanima je bila 15 posto krvne grupe B i 40 procenata krvne grupe A. Muškaraca s krvnom grupom B bilo je više u trupama poslatim iz Afrike i Rusije, a u indijskim jedinicama u okviru britanskih snaga procenat se penjao čak na 50. Porast udela krvne grupe B pratio je odgovarajući pad udela krvne grupe A. Tumačeći značenje dobijenih rezultata, Heršfeldovi se nisu ustezali od donošenja velikih zaključaka.

Ustanovili su da čovečanstvo čine dve „biohemijske rase“, različitog porekla: rasa A, krvne grupe A i rasa B, krvne grupe B. Pošto je među Indijcima krvna grupa B najčešća, zaključili su da bi „Indiju trebalo da smatramo kolevkom dela čovečanstva“. O širenju krvnih grupa i stanovništva rekli su: „Velike grupe Indijaca su se širile ka Indokini na istoku ali i na zapad, osipajući se kako su dalje odmicale, i konačno su ušle u zapadnu Evropu“. Nisu bili sigurni odakle potiče rasa A pa su pretpostavljali kako vodi poreklo iz severne ili središnje Evrope. Premda danas znamo da su ti zaključci totalne besmislice, oni su dobra ilustracija pojave da genetičari, i tada i danas, uopšte ne zaziru od grandioznih spekulacija.

U pozadini evolutivnih zaključaka što su ih Heršfeldovi doneli na osnovu rezultata krvnih grupa, našlo se sledeće osnovno načelo: zajedničko poreklo verovatnije imaju „rase“ ili „populacije“ kod kojih su slične proporcije krvnih grupa nego one kod kojih se udeli krvnih grupa znatnije razlikuju. To već nije besmislica i čini se kao razumno objašnjenje utvrđenih sličnosti među vojnicima iz evropskih armija. Ali bilo je i iznenađenja. Na primer, srazmera krvnih grupa kod vojnika s Madagaskara i iz Rusije je bila gotovo identična. Ma, zar su to Heršfeldovi otkrili genetske dokaze za prдавnu, u istoriji nezabeležen, rusku invaziju na Madagaskar ili za malgašku kolonizaciju Rusije? Ili uzmimo za primer Senegalce iz Zapadne Afrike, koji su po zastupljenosti krvnih grupa slični Rusima (Englezi su slični Grcima). Čudno, zar ne? U stvari,

kako su se Heršfeldovi oslanjali na jedini genetički sistem koji im je tada bio dostupan, došli su do naizgled vrlo razumnih poređenja, a i do drugih koja deluju potpuno čudnovato.

Posle Prvog svetskog rata američki lekar Vilijam Bojd preuzima zadatak da prikuplja informacije o krvnim grupama iz centara za transfuziju širom sveta. Često i prečesto je nailazio na nekonzistentnosti tipa Madagaskar i Rusija iz izveštaja bračnog para Heršfeld. Stoga je krenuo da ubeđuje antropologe da uopšte ne obraćaju pažnju na krvne grupe. Bojd citira rečenicu iz prepiske s jednim frustriranim korespondentom: „Pokušao sam da ustanovim šta će mi krvne grupe otkriti o preistorijskom čoveku i dobio vrlo razočaravajuće rezultate“. Uprkos svemu tome, slobodoumni Bojd je video i dobru stranu neuspešnih pokušaja objašnjenja ljudskog porekla na osnovu krvnih grupa. „U određenim krajevima sveta pojedinca će smatrati inferiornim ako, recimo, ima tamnu put, ali nigde ga neće isključiti iz društva, pa bilo najviše, ukoliko ima gen za krvnu grupu A“, napisao je Bojd.

Posle Drugog svetskog rata Vilijam Bojd predaje štafetu prikupljača podataka o krvnim grupama širom sveta Englezu Arturu Murantu. On je bio rođen u Džersiju, na Kanalskim ostrvima. Prvo je završio geologiju, ali od toga nije napravio karijeru. Striktno metodističko vaspitanje donelo mu je veliko emotivno nezadovoljstvo, s kojim je odlučio da se izbori tako što će postati psihoanalitičar. Najpre je morao da studira medicinu pa se relativno kasno, u trideset četvrtoj godini, upisao na Medicinski fakultet Sveti Vartolomej u Londonu, i to 1939. godine, u osvit Drugog svetskog rata. Nemci su često bombardovali London te je fakultet premešten u Kembridž i upravo tamo Murant upoznaje R. A. Fišera, najuticajnijeg genetičara toga vremena. Fišer se bavio istraživanjem novootkrivene podele krvnih grupa, a naročito ga je fasciniralo komplikovano nasleđivanje rezus krvne grupe (Rh faktora). Za otkriće tih novih grupa zaslužni su dvojica kolega, Karl Landštajner i Aleksander Viner. Doznali su za njih 1940. godine kada su pomešali ljudsku krv i krv zečeva kojima su ubrizgane ćelije rezus majmuna (otud naziv). Fišer je osmislio komplikovanu teoriju o nasleđivanju podvrsta rezus grupe, koju je Viner žestoko kritikovao iznoseći mnogo jednostavnije objašnjenje. Možete li pretpostaviti koliko se Fišer ushitio kada je dobio dokaze za svoju teoriju: novopristigli Artur Murant našao je veliku porodicu s dvanaestoro potomaka koja je potkrepljivala upravo Fišerovu teoriju. Fišer ga je odmah zaposlio i temeljni Murant je čitav svoj vek sakupljao i tumačio najdetaljnije mape distribucije učestalosti krvnih grupa. Nikad nije postao psihoanalitičar.

Osim što su uposile Artura Muranta, rezus krvne grupe će odigrati i ključnu ulogu u poimanju porekla modernih Evropljana i u utvrđivanju genetski najuticajnije populacije evropskog kontinenta, a to su strasni borci za nezavisnost, Baski, koji naseljavaju severozapadnu Španiju i jugozapadnu Francusku. Baske ujedinjuje zajednički jezik, euskara, jedinstven u Evropi a osoben

i po tome što nema nikakvih lingvističkih veza s bilo kojim živim jezikom. Dovoljno je pomenuti činjenicu da taj jezik opstaje uprkos modernim rivalima: kastiljanskom španskom i francuskom jeziku. Pre dve hiljade godina nije ga zadesila sudba izumrlog iberijskog jezika koji se govorio u istočnoj Španiji i jugoistočnoj Francuskoj, naime samo zbog propusta rimske administracije koja je imala problema u tom delu carstva nije ga potisnuo latinski. Baski su obezbedili neprocenjivo vredan doprinos razumevanju genetičke istorije celokupne Evrope – a o tome ćemo docnije detaljnije – ali specifičnost njihovog genetičkog statusa počinje se uviđati tek zahvaljujući Murantovim detaljnim istraživanjima rezus krvnih grupa.

Narodu su rezus faktori krvne grupe uglavnom poznati po sindromu modre bebe ili, kako glasi pun medicinski naziv, hemolitičkoj bolesti novorođenčeta. Ovaj ozbiljan i često fatalan poremećaj nastaje u drugoj ili nekoj od narednih trudnoća majki s negativnim rezus-faktorom, to jest majki koje na površini crvenih krvnih zrnca nemaju rezus antigen. Evo šta se dešava: ako rh-negativna majka nosi dete rh-pozitivnog oca (čija crvena krvna zrnca poseduju rh-antigen), postoji velika verovatnoća da će fetus biti rh-pozitivan. To s prvim detetom ne predstavlja problem; ali pri porođaju nekoliko njegovih crvenih krvnih zrnaca može da dospe u majčin krvotok. Njen imuni sistem ova zrnca, koja imaju rezus antigen, doživljava kao strana i počinje da proizvodi antitela protiv njih ali to ne ugrožava ženin organizam; nevolje nastaju kad ponovo zatrudni. Ako i u narednoj trudnoći fetus bude rh-pozitivan, majčina anti-rezus antitela će prodrati kroz placentu i napasti ga. Novorođenčad pogođena ovim sindromom, modra usled nedostatka kiseonika u krvi, mogla su ponekad biti spasena ako prime transfuziju, ali uz značajan rizik. Na sreću, sindrom modre bebe više ne predstavlja ozbiljan klinički problem. Danas se svim rh-negativnim majkama daje injekcija antitela protiv rezus pozitivnih krvnih zrnaca, pa će i ona koja tokom prve trudnoće eventualno dospeju u ženin krvotok biti eliminisana pre nego što njen imuni sistem stigne da ih locira i krene da proizvodi antitela.

To što je Murant shvatio da postojanje dve rezus krvne grupe u jednoj populaciji nema nikakvog evolutivnog smisla, izuzetno je značajno za tumačenje evropske preistorije. Najprostija računica pokazuje da gubitak tako velikog broja beba ne doprinosi postojanosti populacije. Da svi imaju isti rh-faktor ne bi bilo nikakvih problema. Bez obzira na to da li je rezus faktor pozitivan ili negativan, sve bi bilo u redu da je u svih isti. Ozbiljni problemi nastaju kad decu začinju parovi s različitim rh-faktorima. Mora da su u prošlosti, pre transfuzija i terapije antitelima za rezus negativne majke, mnoge bebe umirale od hemolitičke bolesti. To je veoma ozbiljno breme za proces evolucije. Očekivalo bi se da zbog toga jedna rezus krvna grupa iščezne i baš se to desilo – svuda osim u Evropi. Evropa se izdvaja po približno jednakoj učestalosti oba tipa; ostatak sveta je pretežno rh-pozitivan. Murant je po tome zaključio da

su Evropljani mešavina koja se nije slegla pa zato još nije eliminisan jedan rezus tip. Kako je pretpostavljao, današnja evropska populacija je relativno mlada hibridna mešavina rezus pozitivnih pridošlica s Bliskog istoka, verovatno onih koji su pre oko osam hiljada godina doneli u Evropu zemljoradnju, i potomaka negdašnjih rezus negativnih lovaca i sakupljača. Samo, ko su bili ti rezus negativni?

Murant je naleteo na rad francuskog antropologa A. V. Valua koji je, opisujući osobine skeleta savremenih Baska, zaključio da su sličniji fosilnim ljudskim ostacima od pre dvadesetak hiljada godina nego savremenici iz drugih delova Evrope. Kad se Murant upoznao s tim radom, takva poređenja već nisu bila validna ali svakako su ga inspirisala. Bilo je već poznato da je, od svih evropskih naroda, kod Baska ubedljivo najmanja učestalost krvne grupe B. Jesu li onda oni bili taj drevni rezervoar negativnog rezus faktora? Murant se 1947. sastao s dvojicom Baska. Oni su u Londonu pokušavali da formiraju privremenu vladu i bili su vrlo radi da prihvate bilo šta što bi moglo dokazati njihovu genetičku jedinstvenost. Poput mnogih Baska, i oni su podržavali francuski pokret otpora i žestoko se protivili Frankovom fašističkom režimu u Španiji. Obojica su dali krv i obojica su bili rh-negativni. Preko tog poznanstva Murant je nabavio veći broj uzoraka krvi Baska iz Francuske i Španije. Ispostavilo se, kao što se i nadao, da je učestalost rh-negativnog faktora vrlo visoka, u stvari najviša u svetu. Murant je na osnovu toga zaključio da su Baski potomci prvobitnih stanovnika Evrope, dok su svi drugi Evropljani nastali mešanjem tih starosedelaca i pridošlica, a pridošlice su, kako je smatrao, bili prvi poljodelci stigli s Bliskog istoka.

Od tada pa sve do današnjih dana prema Baskima su se procenjivale sve teorije o evropskoj genetičkoj preistoriji. Taj njihov status potkrepile su dve činjenice o njihovom jeziku: potpuno je jedinstven i ne pripada grupi indoevropskih jezika u koju spadaju svi drugi zapadnoevropski jezici.

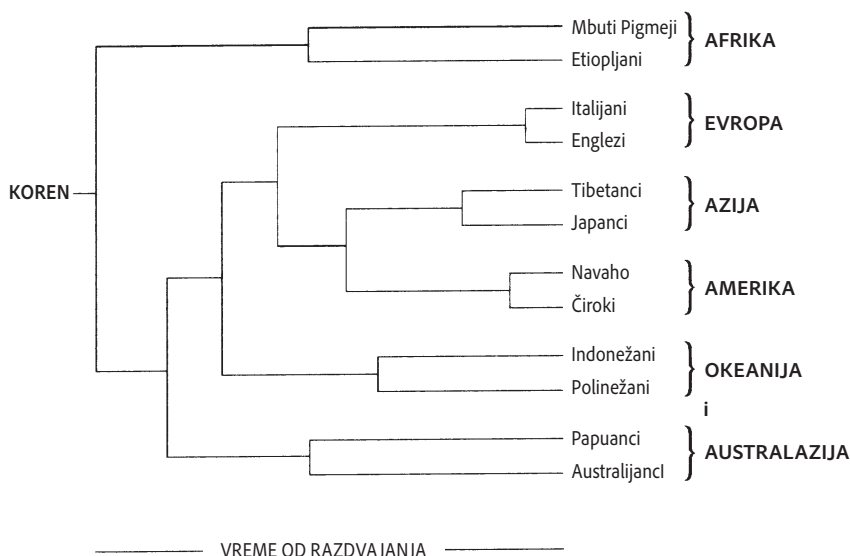
Potom se krenulo napred: objavljeni su rezultati obrade ogromnog broja podataka koji su decenijama skupljani u različitim istraživanjima pojedinačnih sistema, na primer sistema različitih krvnih grupa. To je uradio Luidi Luka Kavali-Sforca, čovek koji u tom području dominira već tridesetak godina. Kasnije ćemo ponovo nabasati na njega. Kavali-Sforca i Entoni Edvards, statističar s Kembridža, služeći se (sad odavno zastarelim) računarom s bušenim karticama, obradili su sve dostupne podatke. Budući da su uporedo obrađivali nekoliko genetičkih sistema, uspeali su da opovrgnu većinu bizarnih zaključaka, suprotnih logičkom razmišljanju, zbog kojih se u antropologiji nije pridavala važnost krvnim grupama – oni potiču iz vremena kada su se krvne grupe još obrađivale jedna po jedna. Metoda primenjivanja samo jednog sistema manjkava je jer se, sasvim slučajno, može pokazati da je u dve populacije, na primer kod Rusa i Malagasa, učestalost nekog gena veoma slična. I eto nam pogrešnog zaključka da su te dve nacije zajedničkog porekla. Takva rezonovanja su

mnogo manje verovatna kad se istovremeno upoređuje nekoliko različitih gena – u tom slučaju tačni rezultati potiru potencijalno pogrešan zaključak. Kraj priče o ruskoj invaziji na Madagaskar. Ipak, osnovno načelo se nije promenilo. Evolucionisti su i dalje smatrali kako je verovatnije da su bliske one populacije koje imaju slične genske frekvencije nego one koje se u toj frekvenciji bitno razlikuju.

Entoni Edwards je svoje stavove izložio u genijalnom članku objavljenom 1965. u *New Scientistu*. Pisao je o izmišljenom plemenu koje ima štap s nanižanih sto crnih i belih diskova. Jednom godišnje nasumice odaberu disk i promene mu boju. Onda se pleme podeli u dve grupe i svaka odnese po jednu kopiju štapa s diskovima, poređanim kao što su stajali kad su se saplemenici razdvojili. Sledeće godine svaka novoformljena grupa opet promeni boju jednog slučajno izabranog diska, godinu dana potom uradi to isto i tako svake godine. Pošto su ta menjanja boja i dalje slučajna, rasporedi diskova na dva štapa s godinama bivaju sve različitiji. Posmatramo li štapove koje nose dva plemena, na osnovu razlika u rasporedu crnih i belih diskova mogli bismo da izračunamo kad se prvobitno pleme razdvojilo. Na osnovu isključivog proučavanja podataka o genskoj frekvenciji teško se dolazilo do apsolutnog datuma, ali komparativno odvajanje dva plemena, takozvana *genetička udaljenost*, bila je korisna metoda u određivanju njihovog zajedničkog porekla. Što je genetička udaljenost veća, to su upoređivani primerci već duže odvojeni.

Bio je to veoma inteligentan prikaz procesa genetičke promene koja se zove *genetički drift*; ta promena nastaje kada geni, prilikom prenosa s jedne generacije na drugu, slučajno preživljavaju i izumiru. S vremenom, u tom procesu nastaju sve veće i veće razlike u učestalostima gena. Kao što Edvardsova priča pokazuje, na osnovu podataka o genskoj frekvenciji može se odrediti kad su se dve posmatrane dve grupe ljudi razdvojile. Analizirane grupe mogu biti sela, plemena ili ukupno stanovništvo određene zemlje i njihov broj nije ograničen. Ukoliko se proučava ceo svet, rezultat će biti grafikon kao sa slike 1.

Na desnoj strani grafikona je nekoliko populacija (uzeo sam po dva primera za svaki kontinent), a na dnu osa koja označava genetičku udaljenost/vreme. Ovakav prikaz naziva se *populacijsko stablo*; linijama sleva nadesno beleži se procena redosleda po kome su se populacije razvijale i međusobno razdvajale, što je rekonstruisano na osnovu frekvencija mnogo različitih gena. Na prvi pogled većina grupa izgleda logično. Dva evropska naroda, Englezi i Italijani, blizu su jedan drugom i zauzimaju dve kratke grane stabla. Dva američka indijanska plemena povezana su sa svojim najbližim rođacima u Aziji, i upravo to bismo očekivali – prvi Amerikanci su iz Sibira prešli preko Beringovog moreuza na Aljasku. Grana na kojoj su dva afrička naroda odvojena je od ostatka sveta, što ispravno potcrtava veliku starost tog kontinenta kao kolevke ljudskog roda. Ovakvo stablo umnogome je logičnije od onoga koje bi se moglo načiniti prema istraživanjima krvnih grupa u Prvom svetskom ratu. U tim



Slika 1

istraživanjima je sasvim zanemareno koliko je Afrika važna (na stranu pomenuta povezanost Rusije i Madagaskara). Već sam pomenuo da se to desilo zato što se neobični rezultati dobijeni slučajno preko samo jednog sistema, kao što je ABO sistem krvnih grupa, „doteruju“ objedinjavanjem rezultata dobijenih analizom nekoliko različitih gena. Ovakve greške mogu uspešno da se isprave ukoliko se objedine rezultati uporednih istraživanja više različitih gena.

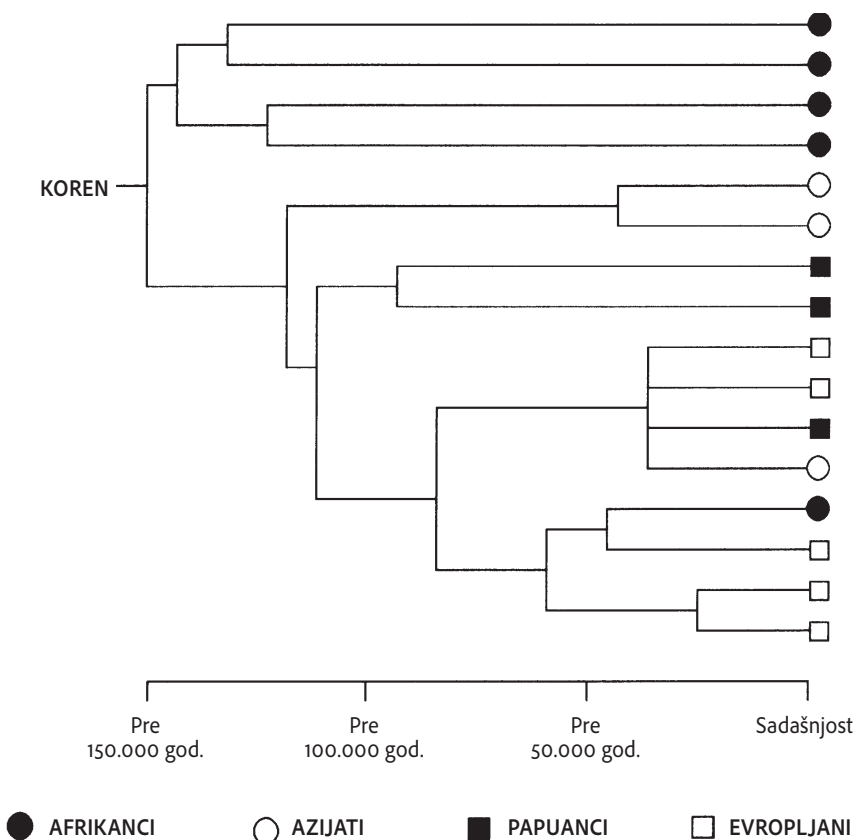
Edwards je shvatao da „ovako nastala evolucionna stabla svakako nisu poslednja reč u razmatranju ljudske evolucije“, te je smatrao da njegovi dijagrami samo nude način da se genetičke informacije predoče u razumljivom obliku. Populacijska stabla isprva su crtana s hvale vrednim i skromnim namerama, ali je njihovo značenje nažalost počelo da se preuveličava i iz toga su se izrodile razne nesuglasice. Zbrku je, primera radi, izazivao njihov izgled. Čini se da je reč o stvarnim evolucijskim stablima i često su upravo tako prikazivana. Međutim, ona bi bila istinska evolucionna stabla samo onda kad bi evolucija čoveka zaista bila tek uzastopno deljenje populacija koje Edwards objašnjava u svojoj metafori o plemenima i njihovim štapovima i diskovima. Jedino u tom slučaju bi čvorovi – tačke na stablu u kojima se razdvajaju dve linije – označavali prave protopopulacije, to jest populacije koje su postojale pre razdvajanja. Da li se ljudska evolucija zbilja tako odvijala? Uzmimo za primer prvobitnu britansko-italijansku populaciju na evropskom delu stabla. Je li ona stvarno postojala, da li se u jednom trenutku razdvojila i nikad više se nije spojila, pa su nastali savremeni stanovnici Engleske i Italije? Bilo bi to tačno da su od Engleza i Italijana, odmah posle razdvajanja, postale dve različite vrste koje

više nikada nisu mogle da se mešaju. Ali one to jesu mogle, one su to činile i dan-danas čine. U sledećim poglavljima videćemo da se čovečanstvo nije tako razvijalo.

Verovatno je najozbiljnija mana tih stabala to što se pri njihovom konstruisanju mora objektivno definisati ono što im je na kraju, odnosno populacija. Sam po sebi, ovaj proces ljude razvrstava u grupe tako da se argumentuje rasna podela. On daje nekakav uopšteni genetički broj nečemu što u stvarnosti ne postoji. Izvesno je da postoje ljudi koji žive i u Japanu i na Tibetu, ali gledano u celini, nema nikakvog genetičkog značenja koje važi za populaciju na Tibetu ili onu u Japanu. Ova knjiga pokazaće da ne postoje objektivno definisane rase. Artur Murant je bio svestan te činjenice. Pre pola veka napisao je: „Pre će biti da rezultati istraživanja krvnih grupa ukazuju na heterogenost najponosnijeg naroda i podupiru stajalište da su današnje rase tek privremene integracije u stalnom procesu... mešanja koji odlikuje sve žive vrste.“ Primamljivost ideje da se ljudi podele u neobjektivno zasnovane kategorije neizbežna je i žalosna posledica pridavanja prevelikog značaja sistemu genske frekvencije. Godinama su istraživači ljudske genetike ostajali zaglibljeni u mestu, izvođeci sve detaljnije podele ljudi, nažalost intelektualno besmislene i moralno opasne.

Srećom, pokazao se izlaz iz tog ćorsokaka. Januara 1987. Alan Vilson, pokojni veteran američke evolucijske biohemije, i njegovi studenti Rebecka Kan i Mark Stouning objavili su u naučnom časopisu *Nature* rad naslovljen „Mitochondrijalna DNK i evolucija čoveka“. Središnji deo članka bio je grafikon, na prvi pogled isti kao stabla koja sam upravo podvrgao kritici. Na slici 2 na strani 30 prikazao sam mali deo tog grafikona; od 134 pojedinca iz rada prikazano je samo 16.

I to je evoluciono stablo, ali je smisleno. Na desnoj strani stabla, oznake na završecima grana ne odnose se na populacije – Afrikance, Azijce, Evropljane i Papuance iz Nove Gvineje. One se odnose na šesnaest *pojedina*ca, koje sam izdvojio da bih objasnio suštinu, na pojedince iz četiri različita dela sveta. Ovo stablo je bolje: za razliku od populacija, prikazanih na prethodnim stablima, ovde nema sporenja oko toga postoje li *ljudi* ili ne postoje. Postoje – svima je jasno. Sledeća vrlina je to što su čvorovi stabla stvarni ljudi, a ne hipotetički pojam kakav je protopopulacija. Čvorovi prikazuju poslednje zajedničke pretke dvoje ljudi koji se u toj tački granaju. Linije koje spajaju šesnaest ljudi na grafikonu iscrtane su tako da odražavaju njihove međusobne razlike u jednom vrlo specifičnom genu koji se zove *mitochondrijalna DNK*; uskoro o njegovim neobičnim i korisnim svojstvima. U sledećem poglavlju razjasniću zašto su dvoje ljudi s veoma sličnim mitochondrijalnim DNK bliži srodnici nego dvoje ljudi s vrlo različitim mitochondrijalnim DNK. Njihov zajednički predak živio je u bližoj prošlosti, stoga su na grafikonu spojeni kraćim granama. Predak ljudi sa izrazito različitim mitochondrijalnim DNK živio je odavno pa ih povezuju duže grane.



Slika 2

Da bismo objasnili kako to funkcioniše, opet se pozivamo na priču o plemenu sa štapom na koji su nataknuti crni i beli diskovi samo što je sada štap iz metafore mitohondrijalna DNK, a pleme koje se deli u dve grupe – osoba koja ima dvoje dece. Deca nasleđuju istu mitohondrijalnu DNK; ona je genetički ekvivalent jednakog rasporeda po kom su nanizani diskovi na motki. Ta deca će mitohondrijalnu DNK preneti na svoju decu i tako se nasleđivanje prosleđuje od jedne generacije sledećoj. U mitohondrijalnoj DNK javljaju se, doduše izuzetno retko, slučajne promene koje nazivamo *mutacijama*, a koje je svaki put neznatno izmene. One nastaju sasvim slučajno, dok se replikuje DNK prilikom deobe ćelija. Vreme prolazi, slučajne mutacije se gomilaju, DNK ih zadržava i prenosi na naredne generacije. Pošto je sve više slučajnih mutacija, u sporom procesu menja se mitohondrijalna DNK i ona kod potomaka biva sve različitija od mitohondrijalne DNK zajedničkog pretka.

Linije na stablu sa slike 2 pokazuju odnose između tih šesnaest osoba, ustanovljene preko razlika u njihovoj mitohondrijalnoj DNK, čiju prirodu ćemo

uskoro ispitati. Pogledajte na časak samo stablo. Pri završecima velikog debla na vrhu grafikona stoje četiri Afrikanca, dok drugo veliko deblo obuhvata predstavnike iz ostalog dela sveta i još jednog Afrikanca. Zajedničke grane s debla na kome je ostatak sveta, povezuju ljude iz istoga dela sveta, na primer Azijce i Papuanca na vrhu ili Evropljane u dnu grafikona. Neke povezuju pojedince iz različitih delova sveta – onom otprilike u sredini grafikona Papuanac je povezan s Azijcem i dva Evropljanina. Šta je to prikazano ovim grafikonom? Potvrđen je Murantov stav da „upravo mešanje obeležava istoriju svake žive vrste“ a to se najbolje vidi po dubokom rascepu između isključivo afričkog debla i ostatka sveta. Nikakvo čudo što je grafikon doveo u pitanje ispravnost sudova zaljubljenika u stabla populacije. Njime je pokazano da genetički bliski pojedinci iskaču na sve strane, da iskrsavaju u potpuno pogrešnim grupacijama. Ukoliko najbliži rođaci pojedinaca iz jedne populacije pripadaju drugoj populaciji, pada u vodu osnovna ideja da je populacija zasebna biološka i genetička celina.

Kasnije ću objasniti kako se na osnovu upravo opisanog procesa mutacija može proceniti kojom se brzinom mitohondrijalna DNK menja u vremenu, što znači da možemo izračunati vremenske razmake. Pošto obavimo proračun, vidimo da se sve grane i debla stoje u jednu jedinu tačku – u koren stabla – od nas odmaknutu oko 150.000 godina. Mora biti da je ljudska vrsta, suprotno verovanju mnogih, kudikamo mlađa i međusobno povezaniya.

Reakcije na članak „Mitohondrijalna DNK i evolucija čoveka“ bile su istinski dramatične. Lepo je legao jednoj strani u sukobu zbog osnovnog tumačenja ljudske evolucije. Godinama su se vodile žestoke rasprave o poreklu savremenog čoveka zasnovane na različitim tumačenjima fosilnih kostura, pre svega lobanje. Obe strane su se slagale da savremeni *Homo sapiens*, vrsta kojoj svi pripadamo, vodi poreklo iz Afrike. Takođe su se složile da je jedna starija ljudska vrsta, *Homo erectus*, evolutivni prelazni oblik između mnogo starijih fosila sličnijih čovekolikim majmunima i nas. *Homo erectus* se prvo pojavio u Africi, pre otprilike dva miliona godina, a milion godina kasnije, čak i pre, već ga je bilo po toplijim delovima Starog sveta. Fosili *Homo erectusa* pronađeni su na raznim područjima od Evrope do Kine i Indonezije.

Obe strane su se slagale i još uvek se slažu u svemu što je navedeno.

Nikako da se složje po pitanju da li jeste ili nije bilo širenja savremenog čoveka iz Afrike koje se odigralo u nama mnogo bližoj prošlosti. Škola Moja Afrika, nazovimo je tako, smatra da se to zbivalo pre oko 100.000 godina, i da su ti novi ljudi, upravo naš *Homo sapiens*, na celom području potpuno potisnuli *Homo erectusa*. Suprotna škola mišljenja, multiregionalisti, po fosilima zaključuje da je *Homo sapiens* evoluirao direktno od pripadnika njihovog lokalnog *Homo erectusa*. Po tome su, na primer, savremeni Kinezi direktni potomci kineskih *Homo erectusa* a savremeni Evropljani evropskih *Homo erectusa* – to jest, nisu potomci *Homo sapiensa* iz Afrike. Prema multiregionalnom tumačenju,

poslednji zajednički predak savremenog Evropljanina i savremenog Kineza živeo je pre najmanje milion godina, a prema zagovornicima škole Moja Afrika to se dešavalo u mnogo bližoj prošlosti.

U jednačinu je po prvi put uvedeno objektivno merenje vremenskih raspona, i to upravo na osnovu stabla mitohondrijalnog gena. Ovo stablo je nedvosmisleno pokazalo da je zajednički mitohondrijalni predak *svih* savremenih ljudi živeo pre samo oko 150.000 godina. Stoga se odlično uklopilo u teoriju škole Moja Afrika i njene pristalice su ga oberučke prihvatile. Ali istovremeno je porazno delovalo na multiregionaliste. Ukoliko svi ljudi jesu nastali od zajedničkog pretka, koji je živeo pre samo 150.000 godina, onda nikako nisu mogli da evoluiraju u različitim delovima sveta iz lokalnih populacija *Homo erectusa* koji su do tada tamo boravili već više od milion godina. Multiregionalisti, i sami pravi moderni ljudi, nisu se predali. Ipak, stablo mitohondrijalnog gena žestoko je narušilo njihovu teoriju i ona se još nije oporavila.

Sjajna vest za nas! Plod tih raspri bila je pojava da je mitohondrijalna DNK zauzela mesto glavnog molekularnog tumača ljudske prošlosti. Po laboratorijama u čitavom svetu krenula su istraživanja i eto nama gomila podataka s kojima ćemo upoređivati sopstvene rezultate. Ako smo želeli – a jesmo – da uklopimo rezultate istraživanja fosilnih kostiju u savremeni kontekst, nismo mogli naći bolji način od primene mitohondrijalne DNK.