ALTERNATOR
Misliti znanost.

Spomini na največje migracije človeštva so zapisani v naši DNK

15. 4. 2021

Number: 22/2021

Author:

- Marina Dermastia

Foto: Arne Hodalič

Verjetno ni nikogar, ki se ni kdaj vprašal, odkod so prišli njegovi predniki. Nekateri se s tem kot rodoslovci ljubiteljsko ali skoraj profesionalno celo ukvarjajo. Sestavljanje družinskih dreves pa je v zadnjih letih zbiranja podatkov med sorodniki ali listanja po matičnih knjigah prešlo na višjo raven. Napredek znanosti danes omogoča, da so še ne tako davno nazaj zapletena, dolgotrajna in predvsem izjemno draga sekvenciranja genomov ter nadaljnje analize postali dostopni vsakemu. Take analize zdaj ponuja kar veliko različnih podjetij za iskanje družinskih prednikov ali celo za brskanje po genih za potrebe odkrivanja mutacij, povezanih z določenimi boleznimi in posledičnim načrtovanjem t. i. *personalizirane medicine* (https://www.spandidos-publications.com/10.3892/br.2017.922) . Podatke, pridobljene z novimi tehnologijami, lahko uporabimo za rekonstrukcijo (https://www.cell.com/ajhg/pdf/S0002-9297(20)30044-6.pdf) demografske zgodovine v velikih in heterogenih populacijah. Njihova uporaba pa nam omogoča tudi vpogled v davno preteklost, prav na kraj(e) izvora naše vrste *Homo sapiens*. Še več, odkriva nam, kako smo se začeli seliti po planetu, kako smo naselili njegova najbolj negostoljubna območja razen Antarktike in kako smo ga v veliki meri uspeli tudi prenaseliti. In ne nepomembno: ob podatku, da je vsak dan na poti vsaj tri odstotke svetovne človeške populacije, nam nova vedenja postavljajo vprašanje, komu od danes živečih (https://www.worldometers.info/world-population/) približno 7.851.000.000 prebivalcev Zemlje so migracije še dovoljene.

Ko Afrika nekaterim ni bila več prijazen dom

Z odkrivanjem vedno novih paleoarheoloških najdb naših starodavnih prednikov, dopolnjenih z novimi genetskimi podatki, se spreminjajo tako razumevanje naše pradavnine kot tudi začetne točke časa in kraja izvora prvega človeka, predstavnika vrste *Homo sapiens*. Najstarejše arheološke najdbe homininov (izraz, ki pokriva široko skupino predstavnikov rodu *Homo*, ki niso *Homo sapiens*) izven Afrike so stare približno 2 milijona let, kar nakazuje, da so od skupnega prednika, ki si ga delimo s šimpanzi, do takrat vsi predniki današnjih ljudi živeli v Afriki. Izvor linije (https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(18)30117-4) , ki je vodila do naše lastne vrste, je najverjetneje v Afriki pred približno pol milijona leti, s prvimi morfološkimi lastnostmi sodobnega človeka pred približno 300.000 leti. Znani genomi, določeni iz starodavnih vzorcev, skupaj s fosilnimi najdbami za zdaj ne zagotavljajo dovolj informacij, ki bi nedvoumno kazale na eno samo izvorno geografsko točko kot na rojstni kraj človeštva. Količina informacij pa je bila dovolj za novo panafriško hipotezo (https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(18)30117-4) izvora naše vrste, ki predpostavlja, da naj ta ne bi izhajala iz enega določenega kraja, temveč naj bi se razvijala iz populacij, ki so živele po vsej afriški celini in so bile med seboj povezane z občasnim genskim tokom. Nekateri populacijski modeli, ki vključujejo cepitev predniških linij v zahodni, centralni in vzhodni Afriki, kažejo, da je bil pomemben prednik soroden vzhodnoafriškim populacijam, od koder naj bi sledila širitev po Afriki, podobno kot so se njegovi potomci razširili v Evrazijo pred približno 60.000 leti. Ne glede na pomanjkanje trdnih dokazov za katero od hipotez pa že vemo, da zgodba homininov ni enovita in da ena vrsta ni preprosto nadomestila predhodne. V resnici je zgodba zapleten mozaik, v katerem je prihajalo do časovnega prekrivanja vrst in tudi do križanja med predstavniki vrst v rodu *Homo*. Na mešanja populacij kažejo tudi genetske raziskave (https://www.nature.com/articles/325031a0) posameznikov iz različnih danes živečih afriških skupin. Te nam med drugim razkrivajo, da je genska raznolikost afriških populacij največja na planetu (https://www.nature.com/articles/s41586-021-03244-5) , čeprav se jih velikokrat obravnava kot homogeno skupino.

Zakaj so naši sorodniki v rodu *Homo*, kot tudi predniki naše lastne vrste, zapustili Afriko, lahko le ugibamo. Zgodnje migracije obsegajo tako dolgo časovno obdobje, da odgovor, zakaj so se te tako različne skupine začele seliti, ne more biti enoznačen. Nekateri so se preselili v okolja s prijaznejšim podnebjem, drugi so sledili selitvam divjih živali v iskanju virov hrane, tretji so bežali pred sovražnimi sosedi, četrte pa je morda vodila le strast do potovanj. Za dokončno razjasnitev našega izvora in začetka migracij človeštva je še prezgodaj, saj ima celotna zgodba še veliko belih lis. Zanjo bomo potrebovali številne nove paleoantropološke in genetske raziskave, povezane z drugimi znanstvenimi disciplinami, ki bodo morale biti bolj usmerjene tudi na doslej raziskovalno geografsko zapostavljena območja centralne in zahodne Afrike, Indije in jugovzhodne Azije.

Projekt Genographic je sledil migracijskim potem človeštva na osnovi genskih označevalcev od odhoda iz Afrike pred približno 67.000 leti

Društvo National geographic je leta 2005 začelo s projektom Genographic, ki se je zaključil leta 2020. Projekt je bil večplastna globalna iniciativa, ki je uporabljala genetiko kot orodje za reševanje antropoloških vprašanj na globalni ravni. Osnovna ideja projekta je bila napredna analiza vzorcev DNK iz 11 izoliranih populacij staroselcev z vseh celin, njeni rezultati pa bi pomagali odgovoriti na vprašanje, kako smo se selili iz kraja izvora naše vrste. Projekt je imel v osnovi veliko težavo. Staroselske skupnosti v Ameriki so ga namreč razumele kot politični pritisk, ki bi znanstveno dokazal, da na svojih območjih ne živijo od nekdaj. Bali so se, da bi s takim dokazom lahko izgubili pravice do svojih ozemelj, ki so si jih z muko pridobili. Na koncu je Genographic dosegel soglasje s 70.000 prostovoljci iz teh skupin in jih vključil v raziskavo. Leta 2016 se je začela druga faza projekta, ki se je iz ciljanih skupin razširila na kogarkoli. Z darovanjem lastne DNK iz vzorca sline smo prostovoljci dobili priložnost, da odigramo vlogo v zgodovinskem risanju zemljevida genetskega potovanja vseh nas. V projektu je tako sodelovalo okrog 2 milijona posameznikov iz več kot 140 držav, ki smo pomagali odkrivati vzorce svetovnih migracij v zadnjih 70.000 letih in tako prispevali k zapolnitvi vrzeli v našem poznavanju migracijske zgodovine človeštva.

V analizi darovanih DNK so znanstveniki iskali razlike v mutacijah v posameznih nukleotidih, ki se v populaciji pojavljajo v dovolj visokem deležu enega odstotka ali več (angl. *single-nucleotide polymorphism* oziroma SNP) in jih uporabili kot genske označevalce. Vse mutacije v DNK, ki so se ohranile do danes, so se zgodile v preteklosti. To pomeni, da sta dva človeka z enako mutacijo to podedovala od skupnega prednika. S primerjanjem genskih označevalcev v naši DNK z genskimi označevalci v DNK drugih ljudi lahko ocenimo, kje in kdaj se je posamezni genski označevalec prvič pojavil in s tem začel novo vejo na družinskem drevesu človeške vrste. Če takim vejam sledimo, si lahko ustvarimo sliko, kako so se majhne skupine naše vrste pred mnogimi desettisočimi leti v Afriki razdelile in se razširile po vsem svetu. Iskanje takih genskih označevalcev v DNK pa je kot iskanje igle v kopici sena. Da bi olajšali iskanje, so v analizo vključili le dva koščka DNK – mitohondrijsko DNK, ki se prenaša le po materini liniji, in DNK kromosoma Y, ki se prenaša le po očetovi liniji, s čimer so se izognili zapletom pri dedovanju, povezanim z rekombinacijo in spolnim razmnoževanjem.

Rezultati analize družinske DNK so nepričakovano pričakovani

Ker nimam kromosoma Y in ker je moj oče pokojni, je za analizo očetove linije vzorec daroval njegov brat. Kot biologinja seveda ne bi smela pričakovati kakšnih izjemnih in nenavadnih odkritij v rezultatih analize naše družinske DNK. Kljub temu pa je sodelovanje v takih velikih projektih gotovo povezano s kančkom radovednosti in kar z malo nestrpnosti sem čakala na rezultate. Analiza genskih označevalcev moje družinske mitohondrijske DNK in DNK kromosoma Y me je pričakovano pripeljala v Afriko do »mitohondrijske Eve« in »Adama kromosoma Y«, hipotetičnih ženskih in moških prednikov vseh danes živečih ljudi, ki naj bi živeli pred približno 200.000 leti. Tudi naslednja postaja na migracijski poti mojih prednikov je skupna vsem, ki so zapustili Afriko – Bližnji vzhod. Čeprav ni popolnoma jasno, po kateri poti so ga dosegli, pa na osnovi

rezultatov različnih ved lahko sklepamo o razlogu odhoda. To naj bi bila sprememba podnebja in posledično afriška ledena doba, ki se je bolj kot v mrazu odrazila v veliki suši. Črede živali, ki so jih moji predniki lovili, so se začele pomikati proti takrat bolj vlažnemu severu in čredam naj bi sledili tudi ljudje. Več tisoč let so moji predniki ostali na Bližnjem vzhodu, preden so pred približno 45.000 leti nadaljevali svojo pot najprej na vzhod in nato proti Evropi. Bili so lovci in nabiralci, ki so živeli v majhnih nomadskih skupnostih. Pri svojih selitvah v zahodno in srednjo Evropo so sledili Donavi od njenega izliva v Črno morje in se na poti srečevali tudi z neandertalci, katerih predniki so Afriko zapustili sto tisoč let prej in se že prilagodili ledenodobnim razmeram v takratni Evropi. Da je med bratranci v rodu *Homo* prišlo tudi do mešanja, je zapisano s povprečno 2 % neandertalskih genov v vseh sodobnih genomih Evropejcev oziroma 1 do 1,5 % v mojem lastnem. Šele nedavno so znanstveniki začeli odkrivati pomen teh genov za nas. Od neandertalcev naj bi pridobili prastare variante genov imunskega sistema (https://science.sciencemag.org/content/334/6052/89) . Raziskave v času pandemije bolezni COVID-19 pa so nas z našimi homininskimi sorodniki še dodatno povezale. Nedavna študija (https://www.nature.com/articles/s41586-020-2818-3) je na našem kromosomu 3 odkrila mesto za hudo tveganje odpovedi dihal po okužbi s SARS-CoV-2. Ta genomski del, ki ga nosi 50 % ljudi v južni Aziji in 16 % Evropejcev, naj bi podedovali od neandertalcev.

V času poledenitve so se moji predniki zadrževali na jugu, kjer so, glede na referenčne gene, predniki po očetovi strani ostali tudi po otoplitvi pred približno 14.500 leti. V tistem času so se predniki po materini strani začeli seliti na sever, kar naj bi se odražalo v 13 % mojih skandinavskih genov. V časovnem obdobju med 500 in 10.000 leti me sledenje moji mitohondrijski DNK v povezavi s slovenskimi populacijskimi raziskavami pripelje na Goriško, kjer je bila doma moja babica, prihod očetovih prednikov na območje Slovenije pa (za zdaj) ostaja zabrisan. Kot pričata dva odstotka genov, so v tem zadnjem selitvenem obdobju moji mitohondrijski genetski predniki prišli v stik tudi z Judi, ki so se po eksodusu znašli v vzhodnoevropski diaspori.

Vsi Evropejci smo mešanica treh glavnih genetskih linij

Analiza materine in očetove linije je povsem skladna z osnovno linijo razvoja Evropejcev (https://www.nature.com/articles/nature13673) , ki nam pokaže, kdo smo v resnici Evropejci, kdo smo v resnici Slovenci in od kod prihajamo. Rezultati vseh analiz kažejo, da je Evropa vse od zadnje ledene dobe velik talilni lonec. Vsi Evropejci smo različna mešanica treh pradavnih genetskih linij (https://www.nature.com/articles/nature13673) , ki izhajajo iz Afrike, z Bližnjega vzhoda in ruskih step, s svojimi različnimi tremi poglavitnimi načini življenja. Afriška je povezana z lovom in nabiralništvom. Neolitsko kmetovanje so v Evropo uvedli migranti z Bližnjega vzhoda pred približno 8000 leti po dveh poteh – ena je vodila čez Balkan in srednjo Evropo, druga pa je sledila mediteranskim obalam. Tretjo linijo predstavljajo migranti iz ruskih step, ki so začeli svoj pohod na konjih in s konjskimi vpregami v srednjo, severno in vzhodno Evropo pred 5000 leti. Prav konjeniki iz ruskih step so bili zadnji od prvih Evropejcev, ki so v Evropo uvedli pašništvo in temeljito premešali genske karte Evropejcev, zelo verjetno tudi njihove jezike. Kot je za National geographic dejal profesor Kristian Kristiansen (https://www.gu.se/en/research/the-rise-ii-towards-a-new-european-prehistory-integrating-adna-isotopic-investigations-language-and-archaeology-to-reinterpret-key-processes-of-change) z Univerze v Göteborgu: »Danec, Šved in Nemec sploh ne obstajajo«, saj smo »vsi Rusi, vsi Afričani«. V to skupino lahko dodamo tudi Slovence. S svojimi raziskavami profesor Kristiansen odgovarja tudi na vprašanje, kje naj bi se Slovani skrivali štiri tisoč let in potem množično zavzeli pol Evrope (https://www.sds.si/novica/teza-o-poznem-prihodu-slovanov-v-evropo-je-absurd-14336) , ki si ga postavljajo zagovorniki ideje o starodavni čisti liniji Slovencev. Odgovor bi bil lahko v novih dognanjih, da so bili stepski nomadi že stoletja okuženi z bakterijo *Yersinia pestis*, ki povzroča kugo. Bakterijo naj bi tolerirali, a bili vseeno njeni prenašalci. Tako kot je ta bakterija v 14. stoletju prepolovila prebivalstvo Evrope, bi morda podobna epidemija, povezana s prihodom stepskih konjenikov nekaj tisoč let prej, bila lahko povezana s takratnim skrivnostnim in nepojasnjenim padcem evropske populacije.

Kdo smo in kam gremo?

Rezultati analize mojega vzorca DNK so zanimivi, pritrjujejo najnovejšim znanstvenim odkritjem, a odpirajo tudi številna občečloveška vprašanja. Življenje koliščarjev (https://iza2.zrc-sazu.si/sl/publikacije/koliscarji#v) na območju Slovenije je zelo dobro dokumentirano. Toda, ali so tu živeli tudi Veneti ali Kelti noriškega kraljestva? Seveda. So bili tam od vedno? Seveda ne. A bili so MI in zamenjali so druge NAS z območja in tudi tisti, ki so prišli za njimi, so bili in so še vedno MI. Vsa pestra mavrica človeških, homininskih, primatskih, sesalskih, vretenčarskih, nevretenčarskih genov v pradavnino, vse do začetkov življenja na tem planetu in do nastanka prve molekule, ki je bila sposobna svoj spomin prenesti na svojo potomko. In še, ali je kraj, kjer živim, moja domovina, ali sem tu migrantka, ki je vdrla na to ozemlje natančno od tam, od koder prihajajo v Evropo novodobni migranti? Ali je pravica do migracij danes večja, manjša, enaka, kot je bila pred nekaj tisoč ali sto tisoč leti? Primerjava poti mojih prednikov in današnjih migrantov pokaže, da se razlogi za pot niso spremenili – migranti še vedno zapuščajo svoje domove, ker iščejo prijaznejše podnebje, hrano, boljše življenje. Podobno kot ni danes, večina teh poti tudi v preteklosti ni bila povezana s herojskimi sagami o zavojevalcih, raziskovalcih, kraljevičih. Njihove poti so zelo verjetno označevali nasilje, uničenja, masovna umiranja, genocidi, pa tudi sklepanja novih zavezništev in novih ljubezni. V resnici ne vem, kakšne težave so imeli na svoji poti moji predniki. Nekaj pa je gotovo – njihova pot ni bila omejena z birokratskimi in tehničnimi ovirami, saj so te izum prav tiste politike, ki nam vsakodnevno poskuša preurejati naša življenja tudi s poskusi spreminjanja naše zgodovine. Na srečo pa je zelo veliko spominov človeštva za vedno zapisanih v naši DNK.

* Prispevek je mnenje avtorice in ne izraža nujno stališč organizacije, kjer je zaposlena.

https://www.alternator.science/en/long/spomini-na-najvecje-migracije-clovestva-so-zapisani-v-nasi-dnk/