Geni, filogenija i forenzika

Kutija, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:634040

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

GENI, FILOGENIJA I FORENZIKA

GENES, PHYLOGENY AND FORENSICS

SEMINARSKI RAD

Iva Kutija

Preddiplomski studij biologije

Undergraduate Study of Biology

Mentor: Prof.dr.sc. Mirjana Kalafatić

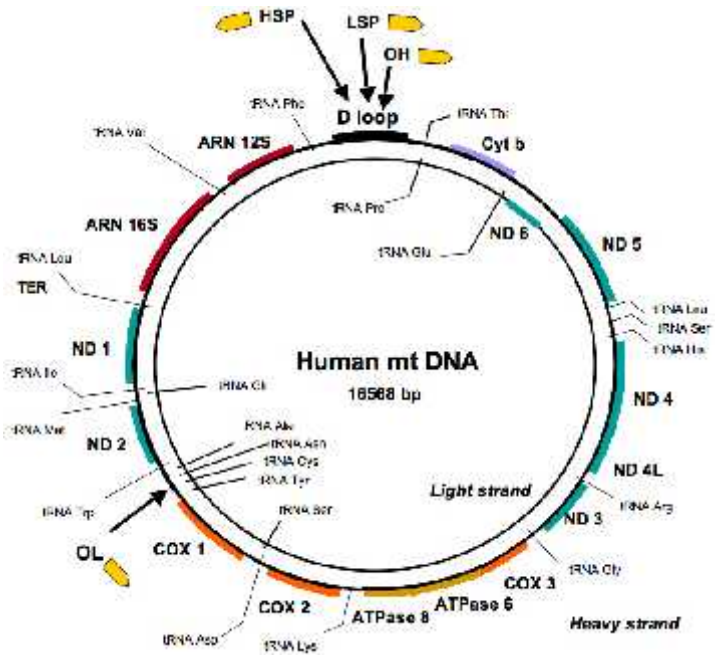
Zagreb, 2014.

Sadržaj:

1. UVOD 2
2. DREVNA DNA 4
3. ÖTZI - LEDENI ČOVJEK 6
4. TOLUNDSKI ČOVJEK 8
5. SIBIRSKA LEDENA DJEVA 10
6. PERUANSKA ZALEĐENA DJEVA 11
7. MISTERIJ CARSKE OBITELJI ROMANOV 13
8. SEDAM EVINIH KĆERI 14
9. ULOGA FORENZIKE U RATU 16
10. LITERATURA 18
11. SAŽETAK 19
12. SUMMARY 19

1. UVOD

Mitohondrijska DNA (mtDNA) je kružna dvolančana DNA molekula koja se sastoji od 15 000 do 20 000 parova baza. Haploidna je, nema introna, a nasljeđuje se od majke. Sastoji se od 37 gena, od čega 13 gena kodira za proteine koji sudjeluju u procesima transporta elektrona i oksidativne fosforilacije. Mjesto u kojem započinje replikacija i transkripcija mitohondrijskog genoma naziva se kontrolna regija. Kod kralježnjaka se u kontrolnoj regiji nalazi D-petlja, trolančana struktura, po kojoj se kontrolna regija vrlo često u literaturi i naziva. Kontrolna regija se sastoji od oko 1 000 parova baza, taj dio je nekodirajući i time nije podložan prirodnoj selekciji, što ga čini vrlo dobrim genetskim markerom u rješavanju filogenetskih pitanja. Mitohondrijska DNA podložna je brzoj evoluciji, tako da je kod sisavaca brzina evolucije mtDNA i do 10 puta veća nego kod jezgrinih gena, a u mitohondrijskoj DNA najbrže evoluira kontrolna regija i to 4-5 puta brže od ostatka molekule. Zbog toga je mtDNA dobar marker za razlučivanje promjena na nižim taksonomskim razinama, tj. između vrsta ili čak populacija (TABERLET *et al*., 1996.; PAGE i HOLMES, 1998.).



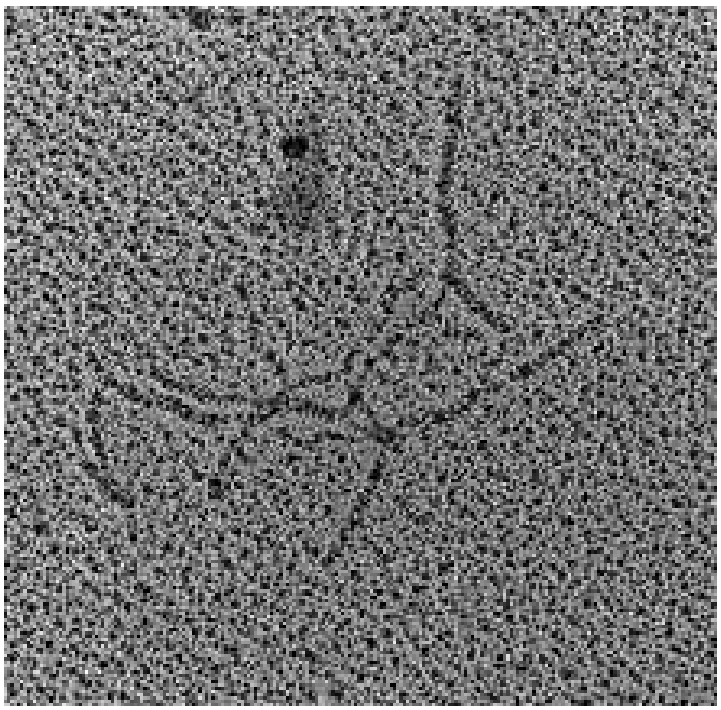
Slika 1. Ljudska mtDNA

(Izvor: www.bioscience.org)

2. DREVNA DNA

Kvalitetno očuvani fosili u svojim stanicama sadrže uglavnom raspadnutu i oštećenu DNA. Za razliku od modernih genetičkih analiza, analiza drevne DNA karakterizirana je slabom kvalitetom DNA. Zbog degradacije DNA molekula, procesa koji korelira s faktorima kao što su temperatura, vrijeme i prisutnost slobodne vode, postoje gornje granice iznad kojih DNA nije u mogućnosti opstati. Allentoft je pokušao izračunati tu granicu proučavajući propadanje mitohondrijske i jezgrine DNA iz kosti izumrle ptice *Moa*. DNA se razgrađuje u procesu s eksponencijalnim opadanjem. Prema tome modelu, mitohondrijska DNA se degradira za jedan par baze nakon 6 830 000 godina pri temperaturi -5 °C (OSKAM, ALLENTOFT, WALTER, SCOFIELD, HAILE, HOLDAWAY, BUNCE, JACOMB 2012). Jezgrina DNA se degradira najmanje dvostruko brže, nego mitohondrijska DNA. Russ Higuchi je, sa svojim kolegama na Berkeleyju, izvijestio da tragovi DNA iz muzejskih primjeraka Quagga, ne samo da su ostali u uzorcima više od 150 godina, već da se mogu i izolirati te sekvencirati. Tijekom istraživanja prirodno i umjetno mumificiranih primjeraka, Svante Pääbo je ustanovio da taj fenomen nije ograničen samo na relativno nedavne muzejske primjerke, već da se može replicirati u rasponu mumificiranih ljudskih uzoraka još od prije nekoliko tisuću godina. Ipak, u to vrijeme su postojali mukotrpni procesi kako bi se sekvencirala takva DNA. Međutim, s razvojem lančane reakcije polimeraze kasnih 80-ih, ovo područje je dobilo mogućnost za brzi napredak. Drevna DNA može sadržavati velik broj posmrtnih mutacija koje se s vremenom povećavaju. Neke regije polinukleotida su podložnije degradaciji tako da podaci sekvence mogu zaobići statističke filtere korištene za provjeru valjanosti podataka. Zbog pogreške sekvenciranja, treba primijeniti veliki oprez na interpretaciju populacijske veličine. Supstitucije koje proizlaze iz deaminacije citozinskih ostataka znatno su zastupljene u drevnim DNA sekvencama. Većina pogrešaka su zamjena citozina za timin te guanina za adenin (LINDAHL 1993). Mnoga istraživanja koristila su mumificirano tkivo kao izvor drevne ljudske DNA. Primjeri uključuju i prirodno očuvane primjerke, poput onih sačuvanih u ledu kao što je Ötzi, ledeni čovjek, ili putem brzog isušivanja kao što su visinske mumije iz Anda, ali i umjetno sačuvano tkivo poput kemijski tretiranih mumija iz drevnog Egipta. Međutim, mumificirani ostaci su ograničeni izvor te je većina istraživanja ljudske drevne DNA usmjerena na ekstrahiranje DNA iz dva izvora, a to

su zubi i kosti. Također, kada se radi o drevnom ljudskom materijalu, veliki problem i dalje ostaje kontaminacija što podrazumijeva prisutnost DNA bakterija i gljiva, ali korištenjem specifičnih početnica pri PCR-u moguće je ukloniti većinu onečišćenja.



Slika 2. Cross-linked DNA ekstrahirana iz preko 4000 godina stare jetre egipatskog svećenika Nekt-Anka

(Izvor: en.wikipedia.org)

3. ÖTZI - LEDENI ČOVJEK

Ledeni čovjek živio je prije 5 300 godina, a njegovo tijelo pronašla su dvojica alpinista u blizini Similaunskog ledenjaka u južnom Tirolu na visini od 3 200 m. Odmah nakon smrti tijelo je isušio topli vjetar, prije nego što ga je prekrio led. Tijelo je tako ostalo sačuvano u ledu preko 5 300 godina, sve dok oluja iz Sahare nije sa sobom donijela prašinu koja je prekrila površinu leda i apsorbirala Sunčevo svjetlo te je došlo do naglog topljenja leda. Ledeni čovjek je bio visok oko 165 cm, a kada je umro imao je oko 45 godina. Analizom DNA ustanovljena je povezanost s narodima sjeverne Europe. (ROLLO, ERMINI, LUCIANI, MAROTA, OLIVIERI, LUISELLI 2006). Fosil je snimljen rendgenom, a tkivo je analizirano raznim metodama. Kosti lubanje i kralješnica veoma su očuvani, a velika istrošenost zubiju ukazuje na to da je jeo žilavu hranu ili je upotrebljavao zube kao alat pri izradi užeta. Skeniranje tijela utvrdilo je da su mozak, mišićno tkivo, pluća, srce, jetra i probavni organi izvanredno sačuvani. Analizom sadržaja crijeva otkriveno je da je Ötzi jeo meso divokoze i jelena te žitarice. Na tijelu je ustanovljen niz tetovaža koje su služile u terapeutske svrhe, a radio ih je tako da je pastu s ugljenom trljao u zarezanu kožu. Bolovao je od artritisa i crijevnih parazita kao što je *Trichuris trichiura.* Također, bio je netolerantan na laktozu te je zabilježen kao jedan od najmlađih ljudi koji je imao lajmsku bolest koja nastaje kao posljedica ugriza krpelja. Postoje razne teorije o smrti Ledenog čovjeka, ali suvremena metoda računalne tomografije ustanovila je da Ötzi ima ranu na leđima što pokazuje na to da je bio pogođen strelicom. Na Ötzijevoj odjeći i oružju analizom DNA je otkriveno četiri različite ljudske krvi, te najnovija teorija govori da je Ötzi sudjelovao u bitci te da je bježao u planinu sa svojim suborcima, dok ga nije zaustavila smrtonosna strelica. Danas se Ledeni čovjek nalazi u arheološkom muzeju u gradu Bolzanu na sjeveru Italije, gdje se čuva u staklenom kovčegu u kojem su prisutni posebni uvjeti.



Slika 3. Ledeni čovjek

(Izvor: www.anthropology.net)



Slika 4. Tetovaže na leđima Ledenog čovjeka

(Izvor: www.anthropology.net)

4. TOLUNDSKI ČOVJEK

Tolundski čovjek je prirodno mumificirano tijelo čovjeka koji je živio u 4. st. pr. Kr., a pronađeno je 1950. godine u tresetištu na poluotoku Jutland u Danskoj. Tijelo je toliko dobro očuvano da se mislilo kako je riječ o nedavnom ubojstvu. Ubrzo nakon otkrića, Tolundskog čovjeka su istražili u Nacionalnom muzeju Danske u Kopenhagenu. Pregled je napravljen na isti način kao što se radi na žrtvi ubojstva. U istraživanju su bili uključeni kriminalni istraživači i forenzičari. Godinama je Tolundski čovjek prolazio kroz brojne preglede kao što su autopsija, X-zračenje, otisak prsta te CT-skeniranje. Jedino je strana tijela okrenuta prema gore u tresetištu pokazivala znakove raspadanja. Na desnoj strani tijela koja je bila okrenuta prema dolje, koža je dobro očuvana, ali i naborana zbog toga što se tijelo smanjilo jer je boravilo u močvari. Bio je viši od 161 cm, nego što se to mjerenjima odredilo za vrijeme pronalska. Njegove ruke su djelomično uništene radi treseta, ali noge su u potpunosti ostale netaknute. Pretpostavlja se da je nosio neku vrstu obuće jer su mu nožni prsti lagano stisnuti zajedno. Pregledom sadržaja želuca i crijeva, otkriveno je da je njegov zadnji obrok bila kaša od povrća.



Slika 5. Tolundski čovjek

(Izvor: www.tollundman.dk)

Nadalje, glava je ostala nevjerojatno dobro sačuvana. Zatvorene oči i usta daju licu smiren izraz. Zbog slojeva treseta koji su ga prekrivali više od 2 000 godina, njegovo se lice čini tako živim, kao da je zaspao prije nekoliko sati. Kosa je dugačka 1 cm, a crvena boja nastala je kao posljedica utjecaja močvare. Originalna boja kose nije poznata. Na glavi je imao kožnu kapu od ovčje kože, s dvije tanke kožne trake koje su se vezale ispod brade. Oko vrata je imao i kožnu omču koja je ostavila brazde na koži vrata, a takvo uže bilo je dovoljno čvrsto da izdrži težinu odraslog čovjeka. Forenzičari su lako utvrdili da je uzrok smrti Tolundskog čovjeka vješanje, a pretpostavlja se da se radilo o ritualnom žrtvovanju.



Slika 6. Lice Tolundskog čovjeka

(Izvor: www.tollundman.dk)

5. SIBIRSKA LEDENA DJEVA

Sibirska ledena djeva je mumificirano tijelo žene koja je živjela u 5. st. pr. Kr., a pronađena je 1993. godine u Ukočkoj visoravni u Sibiru. Poznata je i pod nazivom Ukočka djeva, a područje gdje je pronađena je dio euroazijske stepe u kojoj vlada oštra i suha klima te je prisutan permafrost. Bila je pokopana u kamenoj grobnici, a lijes je građen od čvrstog drva ariša koji je ukrašen kožnim figurama u obliku jelena. Grobnica je također sadržavala dva drvena stola s policama koji su inače služili za posluživanje hrane i pića. Na stolovima je bilo raspoređeno meso konja i ovce te su pronađeni i ostaci mliječnih proizvoda. Uz djevu je pokopano i šest konja sa sedlima te dva ratnika. Ratnici su je, prema tadašnjim vjerovanjima, trebali štititi u zagrobnom životu, a konji olakšati put do njega. Djeva je bila pokopana s obiteljskim dragocjenostima, u vunenoj suknji i svilenoj košulji te s draguljima u kosi što ukazuje na njezin visok društveni status. Na tijelu su vidljive tetovaže mitoloških bića i složenih uzoraka, a predstavljale su sredstvo identifikacije. Prema njima su se članovi plemena trebali prepoznati u zagrobnom životu. Imala je između 25 i 28 godina te iako je nazivaju i princezom, znanstvenici i dalje raspravljaju je li bila pjesnikinja, iscjeliteljica ili svećenica.



Slika 7. Sibirska ledena djeva

(Izvor: www.wikipedia.com)



Slika 8. Tetovaža na ramenu Ukočke djeve

(Izvor: www.wikipedia.com)

6. PERUANSKA ZALEĐENA DJEVA

Juanita, Peruanska zaleđena djeva je mumija stara oko 500 godina koju je pronašla argentinsko-peruanska ekspedicija 1999. godine u blizini vulkana Llullaillaco. Umrla je sa 14 godina te je utvrđeno da se radi o nasilnoj smrti zbog frakture i slomljene očne duplje. Svećenici Inka su svoje žrtve vodili na visoke planine i tamo ih žrtvovali. Putovanje je bilo iznimno dugo i teško, posebno za mlađe žrtve te su im davali lišće koke kako bi im poboljšali disanje i kako bi izdržali do kraja putovanja. Kada su došli do groba, djeci su davali opojna pića kako bi im smanjili bol, strah i otpor, a zatim ih ubijali, davljenjem, udarcem u glavu ili ih ostavljali da umru od ekstremne hladnoće. Organi Juanite ostali su netaknuti kao da je umrla nekoliko tjedana prije otkrića. Analizom sadržaja želuca otkriveno je da je bila podvrgnuta posebnom tretmanu ishrane koji se sastojao od kukuruza i životinjskih proteina. Na osnovi toga otkrili su da su Inke obilno hranili svoju djecu prije nego što su ih žrtvovali. Juanita je pronađena u položaju kao da se moli, a smatra se da je pripadala tadašnjoj bogatoj obitelji Cuzco. Imala je snažne kosti, dobru muskulaturu, zdrave zube i dugu crnu kosu. Međutim, otkriveno je da je prije smrti bolovala od tuberkuloze.



Slika 9. Mumija Juanita

(Izvor: www.bioscience.org)



Slika 10. Peruanska zaleđena djeva

(Izvor: www.wikipedia.com)

Izolacijom DNA ustanovljeno je da je u srodstvu s američkim domorocima, a krvni srodnici su joj Ngobe u Panami. Utvrđeno je da ima sličnosti u genetskoj strukturi sa stanovnicima Tajvana i Koreje. Time se potvrđuje hipoteza da su američki stanovnici podrijetlom iz Azije. Također je izolirana i mtDNA te su analizirane hipervarijabilne regije HV1 i HV2. HV1 sadržava haplogrupu A, jednu od četiri grupe američkih domorodaca, dok HV2 sadržava jedinstvenu sekvencu koja nije pronađena niti u jednoj bazi podataka mtDNA.

7. MISTERIJ CARSKE OBITELJI ROMANOV

Carska obitelj Romanov smaknuta je 17. srpnja 1918. godine u Ekaterinburgu po nalogu komunističkog vođe Lenjina. Nakon pada Sovjetskog Saveza, 1991. godine otkrivene su kosti cara Nikole, carice Aleksandre i tri kćeri nedaleko od Ekaterinburga i identificirane su DNA testovima. Budući da tada nije pronađena jedna kći, kao ni sin Aleksej, potaknute su sumnje i nagađanja o mogućem preživljavanju pojedinih članova obitelji. Mnoge ženske osobe su se od dvadesetih godina 20. stoljeća predstavljale kao preživjele nadvojvotkinje. Godine 1920. u Berlinu se pojavila Anna Anderson, djevojka koja je tvrdila da je carevna Anastazija, najmlađa kćerka cara Nikole II. Bila je spašena nakon pokušaja samoubojstva i najprije je uporno odbijala dati bilo kakvu informaciju o svom identitetu te je zatim smještena u psihijatrijsku kliniku. U njezinom zdravstvenom kartonu se, među ostalim, bilježi da joj je tijelo prekriveno ožiljcima koji najvjerojatnije potječu od metaka i uboda oštrim predmetom. Priča navodne Anastazije o njezinom bijegu zvučala je djelomično uvjerljivo. Ona je tvrdila da je preživjela masakr teško ranjena te da ju je spasio jedan od vojnika. Izdvajala se od niza drugih djevojaka koje su tvrdile isto po tome što je jako nalikovala Anastaziji, a ujedno je mnogo toga znala o kraljevskoj obitelji i njihovom životu na dvoru. Međutim, u ljeto 2007. istraživači su u šumi u okolici Ekaterinburga pronašli ostatke Alekseja i Anastazije koji su nedostajali. Nakon napravljene analize mtDNA objavljeno je da su pronađena tijela svih članova stradale carske obitelji. Odnosno, utvrđeno je da Anna Anderson nije Anastazija te je napokon razjašnjena sudbina carske obitelji Romanov.

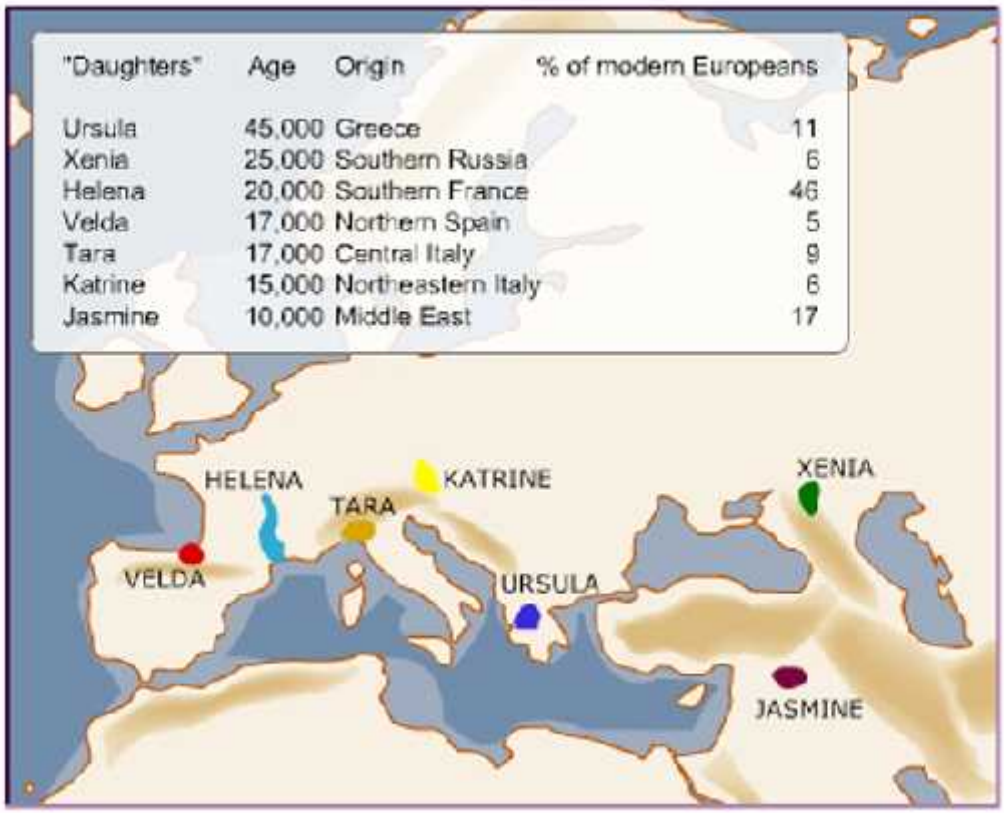


Slika 11. Carska obitelj Romanov

(Izvor: www.wikipedia.com)

8. SEDAM EVINIH KĆERI

U knjizi „Sedam Evinih kćeri“ Sykes govori o svojim istraživanjima gena koji se nepromijenjen prenosi s naraštaja na naraštaj po majčinskoj liniji i opisuje kako se njime koristi u potrazi za našim precima. Nakon što je očitao slijedove baza tisuća uzoraka DNA iz cijeloga svijeta, utvrdio je da ih se može svrstati u samo nekoliko desetaka skupina. U Europi ih je samo sedam. Na temelju 6000 uzoraka DNA zaključio je da je gotovo svaki čovjek europskog podrijetla, potomak jedne od sedam pramajki, sedam Evinih kćeri. Nadjenuo im je tradicionalna europska imena i odredio približno u kojem je dijelu Europe živjela. Njihova imena su: Ursula, Ksenija, Helena, Velda, Tara, Katarina i Jasmina (SYKES 2001).



Slika 12. Područja obitavanja Evinih kćeri

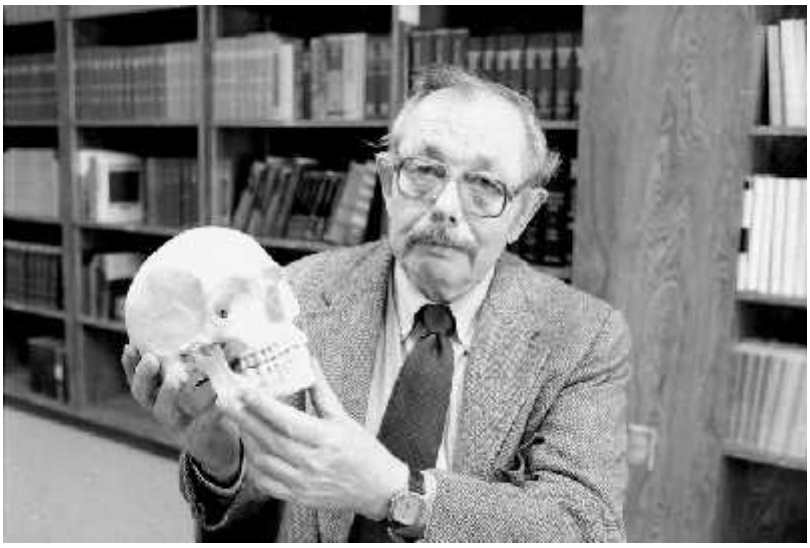
(Izvor: www.bioscience.org)

Sedam Evinih kćeri govori o teoriji ljudske genetike mitohondrija. Sykes je objasnio principe genetike i evolucije čovjeka, posebnosti mitohondrijske DNA i analize drevne DNA za genetičko povezivanje modernih ljudi s pretpovijesnim precima. Klasificirao je sve moderne Europljane u sedam grupa, mitohondrijskih haplogrupa. Svaka haplogrupa definirana je setom karakterističnih mutacija mitohondrijskog genoma, a može se pratiti uz majčinsku liniju osobe do specifične pretpovijesne žene. Sykes je takve žene nazvao „majčinski klan“, iako nisu sve živjele u isto vrijeme te sve one imaju zajedničkog majčinskog pretka, mitohondrijsku Evu.

U području humane genetike, mitohondrijska Eva se odnosi na najbližeg zajedničkog pretka modernog čovjeka po majčinskoj liniji. Drugim riječima, ona je žena od koje današnji ljudi potječu preko svoje majke. Pošto se sav mitohondrijski genom u općem slučaju prenosi s majke na potomstvo bez rekombinacije, svi mitohondrijski genomi u svakoj živoj osobi izravno potječu od mitohondijske Eve. Mitohondrijska Eva je ženska inačica Y kromosomskom Adamu, najbližem zajedničkom pretku po očevoj liniji, iako ih razdvaja razdoblje od nekoliko tisuća godina. Procjenjuje se da je mitohondrijska Eva živjela prije oko 200 000 godina, najvjerojatnije u istočnoj Africi, kada je *Homo sapiens sapiens* (suvremeni čovjek) kao podvrsta počeo razvijati od drugih podvrsta ljudi. Mitohondrijska Eva je živjela kasnije od heidelberškog čovjeka i pojave neandertalaca, ali prije migracije iz Afrike (SYKES 2003). Vremensko razdoblje u kojem je živjela Eva bilo je udarac multiregionalnoj hipotezi evolucije čovjeka, a išla je u prilog teoriji da je moderni čovjek evoluirao u Africi relativno nedavno i odatle je migrirao po cijeloj Euoraziji, zamijenivši arhaičnije vrste ljudi kao što su neandertalci.

9. ULOGA FORENZIKE U RATU

Forenzička antropologija je znanstvena disciplina koja se bavi analizom ljudskih kostura kako bi se ustanovio biološki profil – dob, spol, rasa i podrijetlo. Sposobnost odgovaranja mtDNA osoba u srodstvu te činjenica da se ne degradira jednako brzo kao jezgrina DNA, predstavljaju mtDNA kao vrijedan alat u identifikaciji posmrtnih ostataka. Radi želje za rješavanjem kršenja ljudskih prava, forenzičkim antropolozima dopušteno je putovati u inozemstvo te obavljati terenski rad i analizu, a zatim naknadno svjedočiti na domaćim i stranim sudovima koji se bave pitanjima ljudskih prava. Na temelju rada istraživača koji su se bavili proučavanjem kostiju žrtava Korejskog rata, 1979. osnovana je Američka uprava za forenzičku antropologiju. Clyde Snow, poznati forenzički antropolog, radio je u Argentini kako bi pomogao identificirati ostatke nestalih osoba tijekom Prljavog rata koji je trajao od 1976. do 1983. godine. Tisuće Argentinaca je oteto i ubijeno te su im tijela ostavljena u masovnim grobnicama. Njegov tim pronašao je 500 kostura, mnogo njih s rupama od metaka u lubanji, frakturom ruke i prstiju, te ostalih znakova brutalnog mučenja i ubojstva. Kao rezultat Clydeovog napora, 1987. osnovana je Argentinska organizacija za forenzičku antropologiju.



Slika 13. Clyde Snow s lubanjom

(Izvor: www.wikipedia.com)

Nadalje, Clyde Snow je putovao diljem svijeta s timom forenzičara. U El Salvadoru pronašli su 136 kostura dojenčadi i djece ubijenih od strane vojnih odreda. Zatim, u Hrvatskoj su ekshumirali tijela ubijenih osoba za vrijeme Domovinskog rata iz masovne grobnice Ovčare blizu Vukovara. Clyde Snow je također predstavio masovna ubojstva u Gvatemali, Etiopiji i Iračkom Kurdistanu, te je pomogao otvoriti kriminalne slučajeve protiv vojske i državne vlade koji su stajali iza zločina. Fokus forenzičke antropologije je primjena forenzičke znanosti za identifikaciju pokojnika, kako bi se utvrdile okolnosti smrti. Tradicionalno, forenzički antropolozi su bili istraživači kostiju koji su pomagali rješavanju zločina počinjenih u zajednicama, na naizgled lokalnoj razini. Međutim, nedavna zbivanja dovela su forenzičke antropologe na rad na međunarodnom području, kao istražitelje žrtava genocidnih sukoba. Rade zajedno s vladom i međunarodnim sudovima kako bi pomogli riješiti zločine protiv čovječnosti i kazniti počinitelje tih kaznenih djela, te skupiti informacije o žrtvama za sudove i obitelji samih žrtava. Krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća u svijetu se počela primjenjivati metoda analize DNA u forenzičke svrhe te je po uzoru na te laboratorije 1994. godine osnovan DNA laboratorij pri Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od tada se analiza DNA primjenjuje u forenzičkim vještačenjima sa svrhom utvrđivanja očinstva, srodstva, identifikacije i individualizacije osoba, rješavanje kriminalističkih slučajeva kao i za identifikaciju posmrtnih ostataka nestalih osoba i žrtava Domovinskog rata.



Slika 14. Argentinski tim forenzičke antropologije

(Izvor: www.wikipedia.com)

10. LITERATURA

Lindahl T., 1993. Instability and decay of the primary structure of DNA

Oskam C.L., Allentoft M.E., Walter R., Scofield R.P., Haile J., Holdaway R.N., Bunce M. and Jacomb C., 2012. Ancient DNA analyses of early archaeological sites in New Zealand reveal extreme exploitation of moa (*Aves: Dinornithiformes*) at all life stages. Quaternary Science Reviews 52: 41-48

Page R.D.M. and Holmes E.C., 1998. Molecular evolution: a Phylogenetic approach. Blackwell, Oxford

Rollo F., Ermini L., Luciani S., Marota I., Olivieri C.and Luiselli D., 2006. Fine Characterization of the Iceman's mtDNA Haplogroup, American Journal of Physical Anthropology 130 (4): 557–64

Sykes B., 2003. Mitochondrial DNA and human history. The Human Genome

Sykes B. , 2001. The Seven Daughters of Eve: The Science That Reveals Our Genetic Ancestry, W.W. Norton

Taberlet P., S. Griffin, B. Goossens, S. Questiau, V. Manceau, N. Escaravage, L.P. Waits, and J. Bouvet, 1996. Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. Nucleic Acids Research 24:3189–3194

http://www.anthropology.net/

http://www.bioscience.org/

http://www.nationalgeographic.com/

http://www.tollundman.dk/

http://www.wikipedia.com/

11. SAŽETAK

Analiza mitohondrijske DNA je veoma važan alat pri određivanju filogenetskih odnosa te je pokrenula razvoj na brojnim znanstvenim poljima, među kojima se osobito ističe forenzika. Dobiveni uzorci tijekom filogenetičke analize sekvenca ljudske mitohondrijske DNA otkrili su bogatstvo informacija u različitim poljima, kao što je na primjer evolucija čovjeka u kojoj forenzika ima značajnu ulogu.

U ovom radu opisani su slučajevi prirodno sačuvanih mumija čije su analize doprinijele razvoju forenzike i razumijevanju filogenije, te na koji način se potvrdila točnost teorije napuštanja Afrike. Također, spominju se nedavni događaji u kojima su forenzičari od velike važnosti za donošenje pravde i istine pri rješavanju zločina protiv čovječnosti.

12. SUMMARY

Mitochondrial DNA analysis is a very important tool for assessment of phylogenetic relationships, and it has initiated development on many scientific fields, in which forensics is highlighted. Patterns found through phylogenetic analysis of human mitochondrial DNA sequences have revealed a wealth of information in such disparate fields as human evolution, in which forensics plays a very important role.

This paper describes cases of natural preserved mummies which analysis have gained to development of forensics and understandings of phylogeny. It also describes how Out of Africa theory has showed true. After all, it describes recent events in which forensics has the most important role for making justice and resolving crimes against humanity.