



FORENZIKA ZA 22. STOLETJE

Super detektivske moči genetike in DNK ▶ Nejc Jelen

DNK-prstni odtis si je zaslužen pridobil častno mesto v forenziki in kriminalnih preiskavah.

Na vidiku je nova revolucija na področju forenzike, ki jo bodo omogočila nova odkritja in tehnologije v genetiki. Analiza molekule DNK, najdene na prizorišču zločina, bi tako v prihodnosti lahko dejansko omogočila izdelavo natančne slike neznanega osumljenca, ki mu pripada DNK. Dobrodošli torej na novorojenem področju t. i. forenzičnega DNK-fenotipiziranja, ki ponuja nič manj kot določitev vizualnih značilnosti ljudi na osnovi preiskave njihovega genetskega materiala.

PREDSTAVLJAJTE SI NASLEDNJI SCENARIJ: skupina kriminalistov pozno ponoči prispe na mesto zločina. Na tleh leži mrtev moški, vendar raziskovalci ne odkrijejo ničesar, kar bi jih lahko privedlo do storilca. Vse običajne preiskovalne tehnike in policijska poizvedovanja ne dajo nobenih sledi. Edino upanje je nedolžen bris vate, ki ga je forenzični tehnik vzel z vratu umorjenega. Čez nekaj dni kriminalisti na osnovi analize vate iz specialnega DNK-forenzičnega laboratorija dobijo naslednje poročilo: *Storilec je moški bele polti, skandinavskega porekla, star od 35 do 40 let in se najverjetneje piše Angerman. Visok je 185–190 cm, ima modre oči in svetle lase. Ima krvno skupino AB in diabetes tipa 1.* Pod opisom je tudi fotorobotska slika njegovega obraza.

Na osnovi dobljenega forenzičnega poročila policisti hitro najdejo storilca, ki zločin prizna. Ime mu je Knut Angerman, ima modre oči in svetle lase. Visok je 189 cm in prihaja s Švedske. Njegov obraz je zelo podoben fotorobotski sliki iz forenzičnega poročila. Vse to je omogočil bris vate z vratu umorjenega, na katerem so bile samo 4 celice iz kože storilca, ki jih je tam pustil, ko je z golimi rokami zadavil žrtev. Iz teh celic so raziskovalci v forenzičnem laboratoriju izolirali molekulo DNK (ŽIT 2013/6, str. 60) in na njej opravili najnovije genske teste. Rezultat teh analiz je dal podroben fizičen opis storilca, vključno z njegovo sliko.

Ta trenutek je takšen scenarij še fikcija, vendar znanstveniki v zadnjih letih pospešeno razvijajo DNK-foren-

ziko v tej smeri, da bi lahko iz nje dobili tudi fizičen opis osebe. Še več, na osnovi analize DNK je nekatere od fizičnih lastnosti danes že mogoče presenetljivo natančno določiti, medtem ko so druge še na stopnji mrzličnega raziskovanja. Priča smo namreč drugi revoluciji na področju DNK-forenzike, ki bo policijsko delo verjetno spremenila tako dramatično, kot je to storila prva revolucija z uvedbo DNK-'prstnih odtisov' na začetku 90. let prejšnjega stoletja (ŽIT 2004/9, str. 40).

Molekula DNK si je v kriminalistiki in forenziki v zadnjih nekaj desetletjih trdno zagotovila častno mesto in je – podobno kot odkritje in uporaba prstnih odtisov (ŽIT 1992/7–8, str. 114) na začetku 20. stol. – povzročila pravo revolucijo v policijskih preiskavah in odkrivanju zločincev. Podobno kot prstni odtis, ki je edinstven za vsako osebo, ima vsak od nas tudi edinstven genetski zapis v molekuli DNK. V povprečju se ta zapis med dvema osebama razlikuje za 0,4 %, kar se na prvi pogled morda ne zdi veliko, vendar pa to v resnici pomeni več milijonov mest na molekuli DNK, kjer se zapis razlikuje od osebe do osebe. Ker ima torej vsak človek na našem planetu edinstven genetski zapis, je to dejstvo mogoče izkoristiti za točno in nedvoumno identifikacijo človeka na osnovi njegovega DNK-profila.

Če detektivi tako na kraju zločina najdejo krvni madež (ali kak drug biološki vzorec, ki vsebuje DNK), ki je pripadal storilcu, lahko forenziki iz njega pridobijo DNK-profil zločinca in ga nato primerjajo z DNK-profilom različnih osumljencev. Enako kot pri prstnem odtisu tudi ujemanje DNK-profilov pokaže na pravega storilca, zato se je DNK-profila ujel tudi vzdevek *DNK-prstni odtis*.

Ko je danes slavni britanski genetik sir Alec Jeffreys v 80. letih prejšnjega stoletja razvil tehniko DNK-profiliranja, je bila analiza sicer zanesljiva, vendar pa so forenziki potrebovali razmeroma velike količine biološkega materiala, preden so lahko iz njega pridobili DNK-profil. Tako je bil za analizo potreben vsaj krvni madež velikosti današnjega kovanca za 1 €. To se morda res ne zdi veliko, vendar pa storilci na mestu zločina po navadi ne puščajo veliko krvi ali drugih bioloških vzorcev, zato kriminalisti pri preiskavah zločinov pogosto niso mogli uporabiti metode DNK-profiliranja, ker niso našli zadostnih količin bioloških vzorcev ali pa je storilec na mestu zločina pustil samo las ali dva.

Znanstveniki so zato začeli izpopolnjevati Jeffreysovo tehniko in v 90. letih prejšnjega stoletja je bilo mogoče pridobiti DNK-profil iz zelo majhnih količin vzorca – za analizo je zadostovalo že, če je bila pika krvi ali sline vidna s prostim očesom. Ta napredek je omogočalo odkritje posebne biokemijske metode, ki je omogočala kopiranje molekul DNK. Ta metoda, imenovana verižna reakcija s polimerazo (PCR), je forenzikom omogočila iz zelo majhne količine DNK, najdene na mestu zločina, dobiti dovolj DNK za forenzično analizo. Najnovejši razvoj na področju

➔ Tehnologija analize DNK iz dotika; dandanes lahko forenziki pridobijo DNK-profil že na osnovi tega, ko se je nekdo samo na kratko dotaknil določenega predmeta.



občutljivosti DNK-analize, ki se je pojavil okrog leta 2005, omogoča pridobitev DNK-profila že na osnovi dotika (ko se nekdo samo dotakne kakega predmeta, npr. oblačila ali orožja). Tehnologija *DNK-profil iz dotika* je tako občutljiva, da za analizo zadostuje že samo nekaj – običajno od pet do osem – človeških celic. Vsakokrat, ko se nečesa dotaknemo z golo kožo, za seboj pustimo majhno število kožnih celic – in forenziki lahko te celice izsledijo ter analizirajo njihovo DNK. Tako je danes mogoče že samo na osnovi tega, ko je storilec prijel npr. mobilni telefon, avtomobilski volan ali roko žrtve, določiti njegov DNK-profil.

Poleg tega strokovnjaki razvijajo tudi genetske tehnike, s katerimi je mogoče določiti, kateremu tkivu oz. organu pripada najdeni biološki vzorec. Na molekuli DNK se namreč naravno nahajajo majhne kemične oznake, znane kot metilna skupina, ki imajo tkivno specifičen vzorec. Na osnovi analize teh oznak je mogoče določiti tkivo, ki mu pripada določena celica. Takšna informacija lahko veliko prispeva npr. k preiskovanju spolnih napadov, kjer je pomembno ugotoviti, ali biološki vzorec storilca izvira iz spermijev. Še več, raziskovalci se nadejajo, da bo mogoče na osnovi forenzične analize metilacijskih vzorcev na DNK določiti tudi starost storilca. Tako so genetiki z Univerze Kalifornija v Los Angelesu leta 2011 razvili tehniko, s katero so lahko z natančnostjo okrog pet let določili starost osebe na osnovi analize DNK iz sline.

Na drugi strani pa so znanstveniki pred nekaj leti odprli povsem novo področje forenzične analize na osnovi genetskega materiala. Eden od pionirjev in glavnih raziskovalcev na



tem področju, nizozemski genetik prof. dr. Manfred Kyser iz ustanove Erasmus University Medical Center v Rotterdamu, je to novo vejo forenzike poimenoval *forenzično DNK-fenotipiziranje*. Osnovna ideja te nove veje znanosti je, da se v molekuli DNK nahaja natančen načrt za izgradnjo človeškega telesa, kar pomeni, da so v njej v genetskem jeziku (po leg splošnih telesnih značilnosti, kot so, da imamo glavo, po dve roki in nogi ter notranje organe) zapisane tudi lastnosti našega telesa, kot so barva kože, oči, las, telesna višina itd., ki se med ljudmi razlikujejo. Še več, v molekuli DNK, ki jo nosimo v naših celicah, je zapisana tudi naša rodovna zgodovina, se pravi naše poreklo. To pa pomeni, da analiza DNK, ki je najdena na mestu zločina, potencialno omogoča pridobitev zelo veliko podatkov o videzu osebe, ki ji ta molekula pripada, in o tem, od kod prihaja. Profesor Kyser tako verjame, da bo v prihodnosti mogoče na osnovi analize DNK natančno določiti številne telesne lastnosti osebe – od barve kože, oči in las do telesne višine, starosti in celo potez obraza. To pa bi zagotovo sprožilo pravo revolucijo na področju forenzike in kriminalnih prei-

➤ **Genetika telesne višine; po raziskavah je telesna višina 80-% genetsko določena, zato je mogoče na osnovi DNK-analize teoretično določiti okvirno višino osebe. Vendar pa je genetika telesne višine izredno kompleksna in raziskovalci so v zadnjih letih našli več kot 180 mest na kromosomih, ki vplivajo na višino, nekateri pa menijo, da je takšnih mest več kot tisoč. Zdajšnje znanje tako še ne zadošča za to, da bi na osnovi DNK mogli določiti telesno višino osebe.**



↻ **Genetika barve kože:** čeprav je barva kože ena izmed najbolj očitnih vizualnih značilnosti našega telesa, pa je genetika v ozadju presenetljivo zapletena. Prav zato znanstveniki kljub intenzivnim raziskavam še nimajo dobrega vpogleda v genetiko barve kože.

skav, saj bi bil osupljiv scenarij, ki je bil omenjen na začetku tega članka, dejansko mogoč.

Področje genetike telesnih značilnosti je v zadnjih letih predmet intenzivnih raziskav, ki so zelo zahtevne, ker je način, kako geni določajo specifične lastnosti človeškega telesa, zelo kompleksen. Tako, recimo, na telesno višino, za katero se verjame, da jo v 80 % določa naša genetska zasnova, vpliva na stotine genov. Znanstveniki morajo tako med 3 milijardami genetskih črk v naši DNK poiskati vso množico genov, ki vplivajo na določeno telesno lastnost, nato pa določiti še to, kako majhne razlike med temi geni med različnimi ljudmi vplivajo na omenjene lastnosti. Kljub temu so raziskovalci dosegli že velik napredek na področju forenzičnega DNK-fenotipiziranja in danes je na osnovi analize DNK že mogoče z ve-

liko zanesljivo določiti nekatere telesne značilnosti. Samo vprašanje časa je, kdaj bodo te teste na splošno začele uporabljati policije v različnih državah. Čeprav je njihova uporaba za zdaj še bolj eksperimentalne narave, se je v nekaterih primerih že izkazala kot zelo uspešna.

Eden izmed takšnih primerov so bili strahoviti teroristični napadi na vlake v Madridu leta 2004. Mesec po napadu je policija vdrla v stanovanje osumljencev, ki pa so se takoj razstrelili, zato je ostalo nepojasnjeno, ali so bili storilci pripadniki baskovske teroristične skupine ETA ali teroristične mreže Al Kaida. Leta 2007 so španski forenzični genetik z Univerze Santiago de Compostela naredili kompleksno analizo DNK, ki so jo našli na zobni ščetki v stanovanju razstreljenih teroristov, in uspelo jim je ugotoviti, da je pripadala osebi s severnoafriškim poreklom – za 34 različnih mest na kromosomih je namreč značilno, da se med Evropejci in Severoafričani opazno razlikujejo. Ta forenzična raziskava je bila v pomoč pri nadaljnjem iskanju osumljencev ter

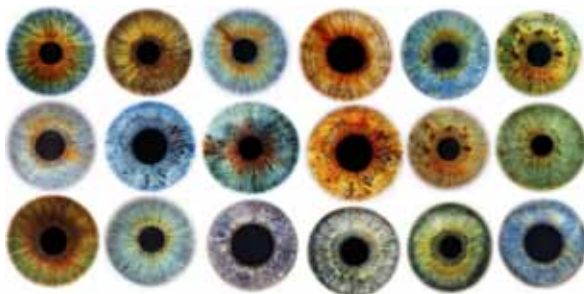
↻ **Iskanje osumljencev s pomočjo specialne analize DNK;** po terorističnih napadih na vlake v Madridu so forenziki z analizo DNK obdelali vzorec z zobne ščetke v stanovanju osumljencev in tako jim je uspelo določiti njihovo geografsko poreklo.



prijetju in obsodbi večjega števila islamskih skrajnežev, ki so bili vpleteni v omenjeni napad v Madridu.

Tako kot določanje etnično-geografskega porekla je tudi določanje telesnih značilnosti na osnovi molekule DNK zelo zahtevno, saj te lastnosti niso zapisane samo na enem genu, ampak jih določa kombinacija različnih genov, med katerimi še niso vsi znani. Tako znanstveniki za zdaj domnevajo, da je v barvo oči 'vpletenih' kar 16 različnih genov, čeprav imata najpomembnejši vpliv po dosedanjih raziskavah dva gena z imenom *HERC2* in *OCA2*, ki sta na kromosomu 15. Na osnovi analize zaporedja teh dveh genov je mogoče približno določiti barvo oči, vendar pa za 100-% zanesljivost ta dva gena nista dovolj. Zato zdaj znanstveniki neutrudno iščejo še preostale.

Na osnovi tega iskanja je raziskovalna skupina prof. Kayserja na začetku letošnjega leta predstavila zelo zanesljiv in občutljiv test za določanje barve oči in las na osnovi DNK. Njihov sistem, imenovan *HirisPlex*, omogoča 70-% zanesljivo določitev svetle barve las, 79-% rjave, 80-% rdeče in 88-% črne. Prav tako lahko z več kot 90-% zanesljivostjo določi modro ali rjavo barvo oči. Ob tem analizira 11 različnih genov, med katerimi so pri različnih ljudeh majhne razlike, kar povzroča različne barve oči in las. Za praktičen prikaz moči nove tehnologije je Kayser v sodelovanju s poljskimi znanstveniki pred nekaj meseci pokazal, da je mogoče z njegovim sistemom *HirisPlex* pravilno ugotovili barvo oči in las z analizo DNK, pridobljene iz več sto let starih kosti. Tako so raziskovalci med drugim analizirali DNK iz 800 let starih kosti poljskega generala Władysława



Sikorskega in pravilno ugotovili, da je bil svetlolas in da je imel modre oči. Skupina španskih genetikov, ki je analizirala DNK v primeru terorističnih napadov v Madridu, pa je januarja letos razvila DNK-test, ki s kar 99-% zanesljivostjo določi rjavo in modro ter z 81-% zeleno barvo oči.

Kayser je pred kratkim s prof. dr. Timom Spectorjem iz ustanove King's College v Londonu ustanovil raziskovalni konzorcij Visigen, katerega cilj je odkriti genetsko osnovo vizualnih telesnih lastnosti – npr. barvo oči in las, višino in postavo ter obliko obraza. Sredi maja so predstavili prvi večnamenski DNK-forenzični biočip *Identitas v1*, ki omogoča sočasno določitev geografskega porekla, telesnega videza, sorodnosti in spola. Ta forenzični biočip je komercialno dostopen in neposredno namenjen uporabi v uradnih policijskih preiskavah. Omogoča analizo več kot 200.000 različnih mest na naših kromosomih, ki so vpleteni v določanje omenjenih lastnosti. Eksperimentalni testi čipa na več tisoč naključno izbranih ljudeh so pokazali, da z visoko zanesljivostjo omogoča določitev spola in sorodnosti v prvem, drugem in tretjem kolenu, nadalje s 85-% točnostjo določi rjavo bravo oči in s 70-% točnostjo modro, medtem ko z 72-% zanesljivostjo ugotovi rjavo barvo las, s 63-% svetlih, z 58-% črnih in z 48-%

➡ Genetika barve oči; genetika treh osnovnih in najpogostejših barv oči (rjave, modre in zelene) je zelo dobro raziskana in jo je danes mogoče že z visoko zanesljivostjo določiti na osnovi forenzične analize DNK.

➔ Genetika barve las; raziskovalci so na zelo dobri poti do določitve barve las na osnovi analize DNK.



rdečih las. Raziskovalci verjamejo, da ta čip veliko obeta za številne praktične aplikacije, vključno s kriminalnimi preiskavami, iskanjem pogrešanih oseb in za potrebe nacionalne varnosti.

A to še ni vse. Nekateri raziskovalci, kot je prof. Kayser, verjamejo tudi, da bo mogoče z analizo DNK narediti rekonstrukcijo obraza neznanega osumljenca. Kayser je v lanski obsežni raziskavi, prvi te vrste, proučil DNK več kot 10.000 ljudi in iskal gene, ki vplivajo na obliko obraza. Odkril je pet genov, ki so povezani s širino obraza, in tako naredil prvi korak v smeri rekonstrukcije obraza s pomočjo DNK. Ker je oblika obraza zelo kompleksna fizična lastnost, v katero je verjetno vpletenih na stotine genov, bo tra-

➔ Genetika obraza; tudi poteze in oblika obraza so zelo kompleksna fizična značilnost posameznika, vendar so raziskovalci že začeli določati njene genetske komponente.



jalo še kar nekaj časa, preden bodo znanstveniki morda sposobni na osnovi analize DNK narisati obraz.

V naši DNK se skrivajo tudi številne druge informacije, kot so do- vzetnost za številne bolezni in ver- jetno tudi določena mera psihičnih značilnosti posameznika. Na osnovi analize DNK bi bilo v prihodnosti torej mogoče določiti celo tovrstne lastnosti, kar pa seveda odpira tudi določena etična in pravna vprašanja.

DNK-forenzično fenotipiziranje in drugi novi načini forenzične analize DNK so danes še na stopnji raziskav in razvoja, vendar lahko pričakujemo, da jih bo policija že v naslednjih nekaj letih začela rutinsko upora- bljati. Tako, denimo, strokovnjaki prav zdaj ugotavljajo, ali je sistem *HirisPlex* primeren za uporabo v urad- ne forenzične namene. Prav tako bodo morale vlade držav za te nove tehnike sprejeti novo zakonodajo, verjetno pa se bo odprla tudi stro- kovna in javna razprava o morebi- tnih etičnih vprašanjih teh novih tehnologij.

Ne glede na to pa že zdaj lahko re- čemo: zločinci, pazite se!

SPLETNI NASLOVI

- ▶ <http://www.forensicgenomics.nl/index.php>
nizozemski forenzični genomski konzorcij, kjer sodeluje tudi prof. dr. Manfred Kayser
- ▶ <http://www.forensicmag.com/article/forensic-phenotyping-21st-century-composite-sketch>
članek o forenzičnem DNK-fenotipiziranju v reviji *Forensic Magazine*
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=qZeYu76b0sQ>
videoposnetek z osnovno razlago DNK-forenzike

oglas 1/1