

OD STOPY K PÁCHATEĽOVI

Jedným z najsledovanejších typov televíznych seriálov v televízií sú momentálne krimiseriály. CSI New York, CSI Las Vegas, Kostí či Komisár Rex. Väčšinu z nás fascinuje, ako vyšetrovatelia pomocou takmer neviditeľných stôp odhalia i ten najprezývanejší zločin. Ako to však funguje naozaj?

KEÚPZ

Ak sa odohrá nejaký trestný čin, stopy zaistené na mieste činu putujú na Kriminálny a expertízny ústav Policajného zboru (KEÚPZ) v Bratislave, Košiciach alebo Slovenskej Ľupči. Tímy odborníkov (genetikov, pyrotechnikov a iných) skúmajú stopy a vzorky, ktoré im dodajú vyšetrovatelia. Na základe žiadosti, hlavne v prípade obzvlášť závažnej trestnej činnosti, sa môže expert v prípade potreby zúčastniť ako poradca i obhliadky miesta činu. Výsledky skúmania kriminalistických stôp, zistené skutočnosti na mieste činu alebo pri psychofyziologickom vyšetrení osôb experti ústavu spracúvajú písomne hlavne formou znaleckého posudku alebo odborného vyjadrenia, v ktorom odpovedajú na otázky položené vyšetrovateľom alebo súdom.

Na KEÚPZ je viacero oddelení rozdelených podľa toho, akému odvetviu kriminalistiky sa venujú: od oddelenia daktyloskopie, v ktorom skúmajú odtlačky prstov, cez oddelenie biológie a genetickej analýzy, písomznanectva, skúmania dokumentov, toxikológie, až po oddelenie balistiky či pyrotechniky. V tomto článku si skúsime vysvetliť, čo to znamená, keď sa povie to magické „pošlite to na analýzu DNA“, teda budeme sa venovať práve genetike.

Kriminalistická genetická analýza

Kriminalistická genetická analýza je odvetvie kriminalistiky, ktoré sa zaoberá identifikáciou biologického materiálu metódami klasickej biológie, ako je antropológia či detekcia a identifikácia biologických stôp, za čím nasleduje analýza DNA. Skúma sa stopa odobratá z miesta činu, z ktorej je v laboratóriu zaistená samotná vzorka na analýzu. Z odobratej vzorky sa vytvorí takzvaný DNA profil. Keďže profil DNA má každý človek odlišný (okrem jednovaječných dvojčiat), situácia je podobná ako s otlakami prstov. Dokonca sa táto metóda niekedy nazýva *DNA fingerprinting* – DNA odtlačok alebo *DNA profilovanie*, či *genotypizácia*. Profily získané zo stôp nájdených na mieste činu sa porovnávajú s profilmi podozrivých osôb.

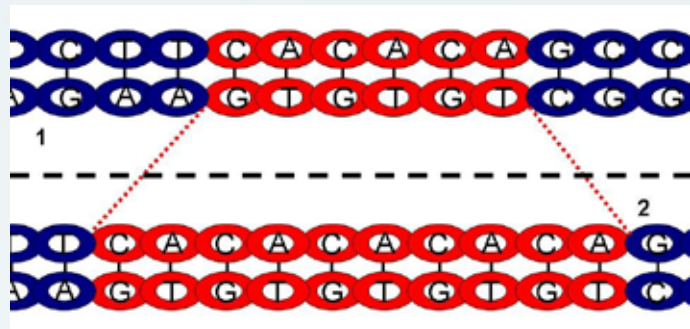
DNA odtlačky pomáhajú pri určení viny v kriminálnych prípadoch, rodičovstva, identifikácii pozostatkov, identifikácii vraha alebo násilníka pri znásilneniach, pri identifikácii chýbajúcich detí či pri zámene detí v pôrodnici. V kriminalistike sa DNA profilovanie veľmi často využíva, pretože na identifikáciu osoby, ktorá sa na mieste činu vyskytla, stačí takmer ľubovoľná biologická vzorka z tohto miesta. Zdrojom DNA môže byť takmer hocičo: kvapka krvi, sliny, spermie, časť tela ako kúsok kosti, tkaniva, zub, vlas s koreňom alebo čokoľvek biologické, obsahujúce DNA, nájdené na mieste činu. Táto metóda je lepšia ako obyčajná daktyloskopia, pretože nie je ťažké nechať otlaky prstov, na to predsa stačia obyčajné rukavice, no je veľmi ťažké odstrániť všetky biologické stopy. Neustále nám totiž vypadávajú vlasy, mihalnice, opadáva koža. Bunky s kompletnou DNA sú prítomné i v pote a nervózny človek páchajúci zločin sa iste potí viac. Na vytvorenie DNA profilu jedinca stačí jediná zachovaná bunka (6 – 10 pg DNA).

DNA profilovanie neslúži v kriminalistike len na určenie páchatel'a, ale i na určenie obete. Niekedy sa stáva, že pozostatky človeka už nie je možné identifikovať bežnými spôsobmi. Vzorka DNA zo zubu alebo kosti sa porovná so vzorkami príbuzných ľudí, napríklad rodičov, v horšom prípade súrodencov. Často sa využíva pri katastrofách, počas ktorých zahynulo mnoho obetí, napríklad po zemetraseniach, vlnách cunami alebo bombových útokoch. Používa sa aj pri zisťovaní otcovstva alebo rodinného príbuzenstva, pri riešení imigračných otázok, ale i pri riešení problémov s ochranou životného prostredia a ochrane ohrozených druhov.

História tejto techniky siaha až do roku 1984, kedy ju ako prvý popísal profesor Sir Alec Jeffreys v Leicesteri. Prvýkrát bola v kriminalistike použitá v roku 1986 a paradoxne slúžila na dokázanie nevinu. Muža obvineného z dvoch znásilnení, ktorý sa dokonca k jednému z nich priznal, oslobodili potom, ako zistili, že vzorka jeho DNA sa nezhoduje so vzorkami zo spermií nájdených u znásilnených dievčat. V súčasnosti je DNA profilovanie rozšírené po celom svete a vznikajú rozsiahle národné databázy obsahujúce profily miliónov ľudí.

Jeden ako druhý

Väčšina ľudskej DNA je úplne rovnaká u všetkých ľudí. Líšime sa len necelým jedným percentom genetickej informácie uloženej v jadre. DNA profilovanie preto využíva na identifikáciu úseky známe ako mikrosatelity, ktoré sú u každého jedinca rozdielne. Tieto úseky patria do nekódujúcej DNA, preto sa navonok nijak neprejavujú. Mikrosatelity, označované aj ako STR (Short Tandem Repeats – krátke tandemové opakovania), sú krátke sekvencie DNA dlhé 3 až 5 báz, ktoré sa v molekule opakujú desať i viackrát za sebou. Celý STR systém (sekvencia) je dlhý 85 až 450 bázových párov. Práve počet opakovaní týchto krátkych sekvencií je pre DNA odtlačok kľúčový, pretože je u rôznych ľudí rozdielny. Porovnaním počtu opakovaných sekvencií na rôznych miestach molekuly vieme určiť, či ide o DNA tej istej osoby alebo dvoch odlišných osôb. Samozrejme, na danom mieste molekuly DNA môžu mať dvaja ľudia rovnaký počet tandemových opakovaní – majú rovnakú alelu STR systému. Ak napríklad na jednom mieste mávajú ľudia obvykle 11 až 15 opakujúcich sa úsekov, je počet opakovaní rovnaký približne pre 20 % populácie. To by pri určovaní páchatel'a veľmi nepomohlo. Ak však skúmame viac takýchto opakovaní, je veľmi nepravdepodobné, že na všetkých miestach majú dvaja ľudia rovnaký počet opakovaní. Čím viac miest s opakovaniami skúmame, tým jednoznačnejšie vieme páchatel'a určiť.



Dve alely STR systému: V prvom sa základná sekvencia CA opakuje 3-krát, v druhom 5-krát. Častejšie však používame STR systémy so základnými jednotkami dlhými 4 bazy.

Väčšinou sa na vytvorenie profilu páchatel'a používa spočítanie opakovaní na trinástich miestach v ľudskom genóme. Na Slovensku ich však používame dokonca šesťnásť. Pri vytváraní databáz DNA profilov sa zapisujú práve tieto čísla. Možno sa to zdá málo, no ak si predstavíme, že na každom z týchto miest máme priemerne 20 možností opakovania sekvencií, dostávame približne 20^{16} možností. Pravdepodobnosť, že nevinný človek má náhodou taký istý profil ako páchatel', je veľmi malá.

Úseky DNA používané v DNA profilovaní dedíme po svojich rodičoch. Hoci nezdedíme všetky úseky, ktoré rodičia majú, všetky, ktoré máme my, sme po nich zdedili. To znamená, že matka nemusí mať len tie mikrosatelity, ktoré má jej dieťa, no dieťa môže mať len tie, ktoré má jeho rodič. Táto ich dedičnosť sa využíva na učenie materstva či otcovstva. Hoci existujú i iné metódy na určenie rodičovstva, DNA odtlačok má veľmi veľkú úspešnosť a minimálnu chybovosť, preto je v týchto prípadoch veľmi populárny.

Na mieste činu

Keď dorazí polícia na miesto činu, najdôležitejšie je nepoškodiť žiadne dôkazy. Odoberať vzorky DNA vôbec nie je jednoduché a na túto prácu sú školení špeciálni kriminalistickí technici. Vzorka DNA páchatel'a by sa veľmi ľahko mohla kontaminovať DNA vyšetrovateľ'a a potom by mohol byť tento nešťastník obvinený z trestného činu. Preto spolu so stopami zasielajú i vzorky DNA vyšetrovateľ'ov, technikov a ostatných osôb, ktorí prišli do kontaktu s materiálom. Keď zistíme DNA profil, môžeme ho porovnať s DNA profilmi personálu. V prípade, že stopa nie je zhodná s ich profilmi, je všetko v poriadku. Ak však bola kontaminovaná, vieme posúdiť kým, a z tohoto zmiešaného materiálu vieme podľa toho určiť pravdepodobný profil.

Na mieste činu treba najprv odobrať správnym spôsobom vzorku – buď vystrihnúť krvavý kus látky z oblečenia, alebo nájsť vlas s korienkou či urobiť ster vatovou tyčinkou. Pri identifikácii obete sa odoberajú najčastejšie kúsky stehennej kosti alebo rebra, tkanivá a zuby. Pri identifikácii násilníka sa využívajú kúsky kože alebo krvi na obeti, ak napríklad došlo k boju medzi páchatel'om a obeťou, spermie pri znásilnení, sliny, moč, ale i použité predmety – zubná kefka, žiletka, žuvačka či použitá vreckovka. I na predmetoch, ktorých sa páchatel' dotkol, sa môžu uchovať kúsky odumretej kože. Vďaka týmto objektom sú často jeho oblečenia, rukavice, či zbraň, ktorou trestný čin uskutočnil.

Pri odoberaní porovnávacej vzorky podozrivým osobám sa robí výter vatovou tyčinkou z vnútornej strany líc. Ak však túto procedúru odmietnu, stačí odobrať desať vlasov. Dôležité sú však vlasové cibulky, len tie obsahujú DNA. Po odobratí sa vzorka zabezpečí proti kontaminácii a odošle sa na izoláciu do laboratória.

V laboratóriu

V odobratej vzorke sa väčšinou nachádza len málo DNA, ktorá by sa dala použiť na vytvorenie profilu. Preto sa po izolácii dostáva na rad špeciálna metóda klonovania – zmmnoženia molekúl – PCR (Polymerase Chain Reaction), ktorá pomocou enzýmov a krátkych úsekov RNA zmnoží vložené molekuly DNA, prípadne podľa potreby len niektoré jej miesta. V prípade DNA profilovania práve miesta obsahujúce krátke tandemové opakovania. DNA fragmenty sa nanesú na gélovú hmotu, ktorá je napojená na zdroj napätia. Keďže úseky DNA sú záporné nabité, budú sa

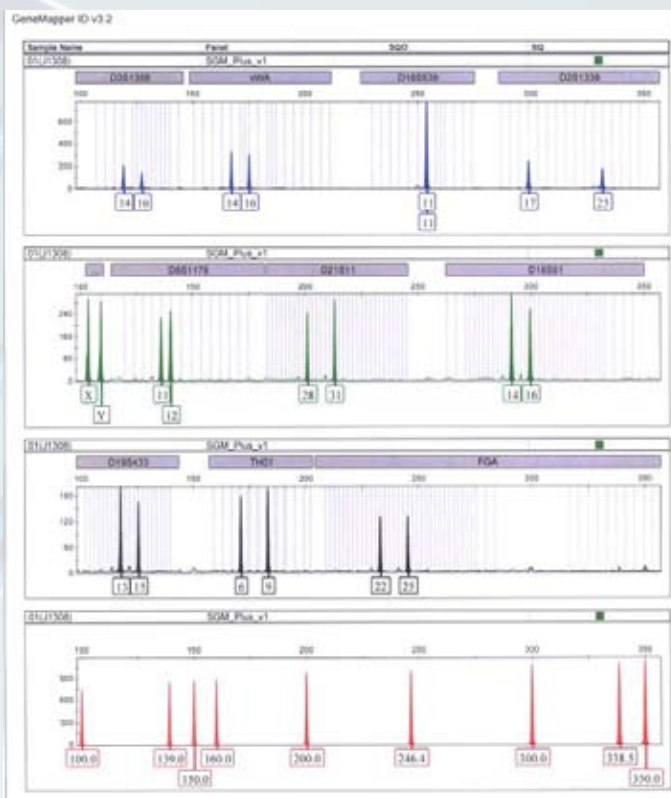
príťahovať ku kladnému pólu, a keďže malé úseky sa pohybujú v géli rýchlejšie, fragmenty sa časom rozdelia podľa veľkosti. Táto technika separácie sa nazýva *elektroforéza*.



Pracovisko KEÚPZ je špičково vybavené. V takomto prístroji môže prebiehať izolácia aj stoviek vzoriek naraz, chránená pred kontamináciou.

Úseky DNA sa v géli zviditeľnia pomocou fluorescenčných činidiel a DNA profilovanie sa môže začať. Séria DNA úsekov rozdelených podľa veľkosti v géli je charakteristická pre každého jednotlivca. Súdni experti vyhodnocujú, či je zistený DNA profil – odtlačok rovnaký pre vzorku z miesta činu a pre podozrivého.

Jednotlivé úseky DNA sú pri klonovaní fluorescenčne značené rôznymi farbami a pri odčítavaní výsledkov sa využíva CCD kamera, laser a program GeneScan. Tak sa určí, aký počet opakovaní – aké alely, má jedinec vo všetkých šestnástich STR systémoch. Súbor alel – nazvaných písmenkom a číslom – tvorí alfanumerický kód predstavujúci profil človeka.



Podľa farieb a veľkosti vieme určiť, aké alely majú jednotlivé STR systémy, a vytvoriť profil človeka

Spracované vzorky sa uložia tak, aby sa zabránilo kontaminácii, a putujú do skladu, v ktorom zotrávajú najmenej ďalších 10 rokov.

Z jedného prípadu sa môže pozbiarať až 150 stôp. Ich spracovanie je časovo i finančne náročné. Pri vážnych prípadoch pracujú experti nepretržite, cez víkendy i sviatky. Vyhodnotenie prípadu trvá pri nepretržitej práci 3 až 4 dni, predbežné výsledky sú najskôr po 24 hodinách.

DNA databázy

Podobne ako existuje databáza otláčkov prstov (volá sa AFIS a funguje celosvetovo), máme i databázu DNA profilov. Do tejto databázy sa zaznamenávajú profily usvedčených páchateľov, ale i podozrivých alebo uväznených osôb. V súvislosti s tým, koľko možno do databázy zaradiť a koľko nie, prebiehajú mnohé diskusie, pretože táto otázka je zaujímavá najmä z etického hľadiska. Je správne držať v databázach i profily nevinných? Nie je to záležitosť o súkromia? No ak by existovala databáza DNA profilov všetkých ľudí, nebolo by jednoduchšie odhaliť páchateľa? Najväčšiu DNA databázu majú momentálne Spojené štáty americké s viac než 5 miliónmi DNA profilov z 300 miliónov obyvateľov. Za nimi nasleduje Spojené Kráľovstvo Veľkej Británie a Severného Írska s podobným počtom záznamov.

V roku 1994 vytvorilo FBI databázu s názvom CODIS. CODIS (COmbined DNA Index System) je databáza slúžiaca na vyhľadávanie zhôd medzi uloženými a skúmanými profilmi. Nachádza sa v nej viacero kategórií, napríklad Index stratených detí, Index stôp, Index páchateľov a rôzne iné. Všetky DNA profily sú vytvorené analýzou 13 základných a 3 doplnkových miest krátkych tandemových opakovaní. Túto databázu používame aj my. Momentálne sa v nej nachádza okolo 15 000 záznamov.

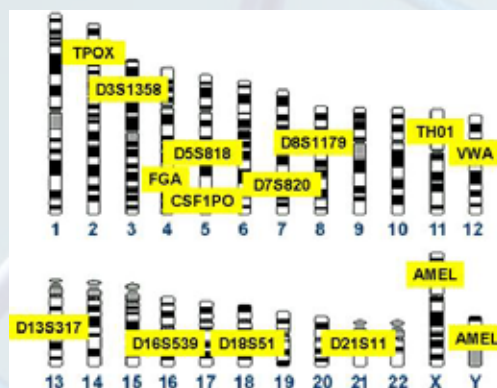
Všetky tieto indexy sú prehľadávané s veľkým dôrazom na ochranu osobných údajov. Nie je možné vyhľadávať profily ani zisťovať prítomnosť podľa mena. V CODIS-e sa nenachádzajú žiadne mená, rodné čísla a ani žiadne informácie o nevinných či obetiach. Po spracovaní vzorky z miesta činu sa do databázy ukladá len profil, kategória, trestný čin, pri akom bola stopa zaistená, kde, kedy, z čoho a ako bola spracovaná, číslo spisu, a evidenčné číslo, pod ktorým sa dá znova nájsť. No pri vkladaní profilu páchateľa sa ukladá i jeho meno, rodné číslo a ďalšie osobné údaje.

Čo sa stalo a čo nie

Thomas Jefferson: Keďže chromozóm Y môže syn zdediť iba od otca, je porovnávanie sekvencií na tomto chromozóme vhodné na určovanie otcovstva. Analýza sa vykonala i v prípade, keď bolo podozrenie, že tretí americký prezident Thomas Jefferson splodil syna s jednou zo svojich otrokyní. Podozrenie sa ukázalo byť opodstatnené – dieťa bolo skutočne jeho.

Ruská princezná: Mitochondriálna DNA je typ DNA, ktorú dedíme len po matke. Práve ona sa využila v prípade Anny Andersonovej, ktorá tvrdila, že je ruská princezná Anastázia Romanovová, ktorá utiekla do Ameriky. DNA analýza však ukázala, že Anna nemá s Romanovcami žiadny príbuzenský vzťah.

Falošná krv: V roku 1992 znásilnil Dr. John Schneeberger jednu zo svojich pacientok. Z takéhoto činu získala polícia mnoho vzoriek DNA. Keď však porovnávala tieto vzorky s jeho DNA, výsledky boli negatívne. Schneeberg poskytol ako vzorku krvi,



Základných 13 STR systémov používaných pre CODIS a ich lokalizácia na chromozómoch. Štrnásty – AMEL – slúži na určenie pohlavia. Na Slovensku používame ďalšie dva.

ktorú mu odobrali z ramena. Predtým si však do ramena nechál chirurgicky zaviesť hadičku naplnenú cudzou krvou – vzorka, ktorú odobrali z jeho tela, sa nezhodovala so žiadnymi vzorkami z miesta činu. Neskôr ho však odhalili.

Syn Márie Antoanetty: Celých 205 rokov sa historici hádali, či syn Márie Antoanetty a francúzskeho kráľa Ľudovíta XVI. zomrel ako dieťa vo väzení, alebo sa mu podarilo ujsť. Tieto spory sa vyriešili až 19. apríla 2000, keď vedci zmarili posledné nádeje kráľovských prívržencov: porovnali DNA pozostatkov dieťaťa, údajného princa, a žijúcich príslušníkov kráľovskej rodiny s kúskom DNA z vlasov Márie Antoanetty. Mŕtve dieťa bolo naozaj kráľovským synom.

Bill Clinton: Ďalší americký prezident doplatil na DNA odtlačky. Hoci dlho popieral, že by s Monicou Lewinskou mal akýkoľvek vzťah, spermie na jej šatách boli naozaj jeho.

100% spoľahlivosť?

Metóda DNA otláčkov však nie je dokonalá. Nikdy nie je isté, že špecifická bunka pochádza od páchateľa, je to len veľmi pravdepodobné. Niekedy je to také pravdepodobné, že ide takmer o istotu, no niekedy je táto pravdepodobnosť oveľa menšia. Veľký problém je aj s jednovaječnými dvojčatami. Ďalším problémom je aj to, že genetici v laboratóriu sú len ľudia, a ľudia robia chyby. Môže sa napríklad stať, že dve vzorky po elektroforéze nie sú presne rovnaké, ale len veľmi podobné. Laborantovi sa však môžu zdať rovnaké a nevinný človek bude chybné označený za páchateľa. Aby sa predišlo odsúdeniu nevinných, pri zistení zhody medzi podozrivou osobou a vzorkou z miesta činu sa pre istotu robí analýza znova.

Vyhodnocovanie vzoriek nie je jednoduché, nie vždy je jasné, čo nám výsledky hovoria. Taktiež môže kdekoľvek v procese izolácie alebo profilovania nastať chyba, ktorá zmení konečný profil, a tak sa profil preverovanej osoby sa bude líšiť od profilu nájdeného na mieste činu. V takomto prípade je zločinec označený za nevinného.

Zhoda DNA podozrivého a vzorky z miesta činu ešte neznamená, že podozrivý je naozaj páchateľom. DNA sa mohla na miesto činu dostať pri inej príležitosti, alebo podozrivý mohol byť len svedkom kriminálneho činu. Posúdenie každého prípadu je individuálne a ostáva na sudcoch. Úlohou expertov je len porovnať vzorky DNA, nie odsúdiť páchateľa.

Barbora Trubenová