

nebo proti otcovství. Druhou je pak otázka, o jak silný důkaz jde. Bayesovská interpretace důkazu sice nedává kategorickou odpověď, nicméně značně usnadňuje rozhodování mezi více alternativami. Její využitelnost pro běžnou právníkous obec však snižuje to, že její pochopení vyžaduje nemalé znalosti. Bayesův teorém lze využít i v mnoha dalších oblastech.

## **2. Další možné analýzy jaderné DNA**

### **2.1 Analýza Y-STR polymorfismů**

Zejména v případech sexuálně motivovaných trestných činů, kde bývají často zjištěny jen smíšené biologické stopy, v nichž je podíl mužského biologického materiálu minoritní oproti ženskému, může být detekce mužského materiálu značně obtížná. Někdy lze v takových případech namnožit pouze tu část DNA, jež je lokalizovaná na Y chromozomu, tedy prokazatelně mužské části získané DNA. Na této části řetězce DNA jsou poté stanoveny délkové STR polymorfismy. Výsledek logicky není porovnatelný se standardním profilem DNA, pouze s výsledky shodných analýz Y-STR polymorfismů. Rozlišovací schopnost této analýzy nedosahuje úrovně potřebné pro individuální identifikaci, protože stejný výsledek by byl získán u více příbuzných mužů (vnuk, syn, otec, dědeček, bratr, atd.). Výsledkem je tedy vždy pouze určení skupinové příslušnosti (tzv. haplotypu). V případě nesouhlasu však může i tato analýza přinést kategorický výsledek, avšak pouze negativní. I vyloučení původně podezřelé osoby je v právu a kriminalistice důležité, proto nelze pomíjet ani tyto výsledky, jakkoli vyšetřovatelé raději slýchají o zjištěných shodách. Zjištěná shoda při této analýze může být jen důkazem podpůrným.

## **3. Identifikace na základě mitochondriální DNA**

Odlišná struktura mtDNA a skutečnost, že mtDNA není pro každou osobu jedinečná, ale je shodná pro všechny osoby v maternální linii, způsobuje, že analýza mtDNA není standardně využívána pro identifikaci osob. Přesto existují případy, kdy je její využití nezbytné. Jde zejména o ty případy, kdy zkoumaný biologický materiál neobsahuje buněčná jádra anebo nelze jadernou DNA pro vysoký stupeň degradace analyzovat. Výhodou mtDNA je její větší odolnost vůči degradaci (souvisí s menší délkou řetězce v kruhovém tvaru, který je tak méně náchylný k poškození) a také skutečnost, že se v každé buňce nachází v mnoha kopiích. Vzhledem k odlišné struktuře se nezjišťuje polymorfismus délkový, ale sekvenční (variabilita v posloupnosti bází A, C, G a T) v konkrétních oblastech mtDNA. Využívány jsou tzv. hypervariabilní úseky. Výsledek analýzy mtDNA nelze porovnat s profilem DNA získaným běžnou

metodou stanovení STR polymorfismů jaderné DNA. Vzhledem k matroklinní dědičnosti mtDNA (předává se bez ohledu na otce z matky na potomky) jde shodu interpretovat pouze v rámci dané linie. Přesto mohou výsledky této analýzy v kombinaci s dalšími kriminalistickými metodami a postupy vést k individuální identifikaci.

### Případ

Analýza mtDNA byla úspěšně využita např. v mediálně známém případě vraždy nezletilé Aničky J. z října 2010. Protože tělo oběti bylo nalezeno se značným časovým odstupem (zhruba pět měsíců po činu), nenašly se stopy obsahující jadernou DNA pachatele. U těla zemřelého byl ale nalezen trichologický materiál, který byl podroben analýze mitochondriální DNA, a analýzou byla zjištěna shoda s mtDNA pachatele. Ačkoli nejde o individuální identifikaci, lze takový výsledek v kombinaci s ostatními kriminalistickými metodami takřka jednoznačně interpretovat. Přes značnou medializaci celého případu bylo po jeho objasnění a zejména sebevraždě obviněného v médiích většinou konstatováno, že výsledky genetické expertizy nebyly jednoznačné a vykazovaly pouze druhovou shodu mezi zajištěnými stopami a osobou obviněného. Při hodnocení případu v souvislostech však i tyto výsledky jednoznačně ukazovaly, že vrahem byl skutečně pachatel označený policií.

## 3.1 Analýza SNP

Kromě polymorfních opakujících se sekvencí se v řetězci jaderné DNA mohou nacházet i drobné jednonukleotidové odchylky (*single nucleotide polymorphisms*, dále jen „SNP“). Odlišnost jednotlivých úseků v tomto případě nespočívá v délce, nejde tedy o polymorfismus délkový, ale polymorfismus sekvenční (stejně jako u mtDNA). SNP jsou roztroušeny po celém genomu s četností přibližně 1 na 100 nukleotidů. Stanovením několika desítek až stovek takových lokusů lze získat výsledek dostatečný pro individuální identifikaci jedince, který ovšem není porovnatelný s DNA profilem získaným z STR polymorfismů. SNP se v kriminalistice příliš neprosazují, jednou z nevýhod pro kriminalistiku je právě skutečnost, že pro dosažení individuální identifikace je třeba jich analyzovat velké množství.

## III. OSTATNÍ MOŽNOSTI IDENTIFIKAČNÍ GENETIKY

### 1. Určení geografického původu

Ačkoli bylo výše uvedeno, že tzv. DNA profil neobsahuje údaje, které by se odrážely do tělesné stavby jedince, vyjma informace o jeho pohlaví, nekončí možnosti molekulární genetiky u potvrzení či vyloučení shody zůstavitele dvou či více vzorků

biologického materiálu anebo stanovení pokrevní příbuznosti. Už bylo uvedeno, že významnou součástí identifikační genetiky je i správné použití statistických výpočtů zohledňujících frekvenci výskytu jednotlivých alel v populaci určitého území, a je třeba dodat, že z těchto poznatků lze čerpat i další informace. Je totiž zjevné, že znaky typické pro určitou populaci se odrážejí nejen v genetické výbavě v nejužším slova smyslu (tj. v genech ovlivňujících vzhled a další tělesné vlastnosti jedinců), ale i v nekódující oblasti DNA. To je zřejmě dáno jednak vlivem prostředí a rovněž omezeným genofondem populace v daném regionu, v jejímž rámci obvykle dochází k plození potomků.

Porovnáním standardního DNA profilu s veřejně dostupnými statistikami výskytu jednotlivých alel a jejich vzájemných kombinací lze tedy s určitou mírou pravděpodobnosti určit region, ze kterého donor biologického materiálu pochází. Ještě lépe lze k tomuto určení využít Y-STR polymorfismy (dědičné v otcovské linii jen s malými změnami) a výskyt konkrétních znaků v mitochondriální DNA. Je však třeba podotknout, že toto určení původu je a nadále bude pouze orientačním. Přesto jej lze někdy kriminalisticky využít.

### **Příklad**

Kriminalisté v Brně díky určení pravděpodobného etnogeografického původu pachatele v případě vraždy spáchané na státním příslušníkovi Vietnamské socialistické republiky mohli jako primární verzi stanovit, že vrahem je jeho krajan, a věnovat této verzi maximální péči, což vedlo k brzkému zadržení podezřelého a potvrzení původního podezření.

Proti zpřesňování odhadů místa (regionu) původu však silně působí i některé jevy moderní společnosti. Zejména jde o rostoucí mobilitu lidí a snižující se kulturní, náboženské a socioekonomické bariéry (alespoň v některých civilizačních okruzích), což vede k tomu, že plození potomků není v rámci určitého regionu, etnika či civilizačního okruhu ani zdaleka pravidlem. Tvrzení, že z každého DNA profilu lze s jistotou určit etnickou příslušnost osoby, je tak nepravdivé.

## **2. Zjištění tělesných znaků**

S narůstající znalostí lidského genomu připadá rovněž v úvahu analýza vybraných kódujících sekvencí řetězce DNA, z nichž by bylo možné určit geneticky silně determinované znaky, například přibližnou tělesnou výšku, barvu vlasů, očí atd.

Teoreticky lze stanovit i pravděpodobnou podobu obličeje ztotožňované osoby. Náklady na takovou analýzu, která logicky musí zahrnovat zkoumání úplně jiných sekvencí DNA, činí v současné době řádově statisíce amerických dolarů. Je také

třeba uvážit, že kromě podoby genů jsou veškeré funkční znaky (respektive jejich projevy) ovlivněny i prostředím, proto např. „geneticky“ stanovená výška osoby nemusí vůbec odpovídat skutečnosti.

Finanční stránka věci a nepřilíš vysoká vypovídající hodnota či jistota správnosti výsledku a tím relativně nízký přínos takových zkoumání pro kriminalistickou praxi však podle mého názoru zamezí jejich rozšíření v kriminalistice, minimálně v blízké budoucnosti. Pominout nelze ani důvody právní, neboť zkoumání kódujících sekvencí DNA by znamenalo výraznější zásah do soukromí osob.

### 3. Zjištění druhu zkoumaného biologického materiálu

Výše popsané metody zkoumání DNA vedou či mohou vést k individuální identifikaci zůstavitele biologického materiálu. V kriminalistické praxi však může velkou roli hrát i zjištění druhu a původu biologického materiálu v zajištěné stopě. Dříve, při využívání sérologických metod, byla taková zkoumání standardně prováděna. S rozvojem kriminalistické genetiky jsou požadavky na sérologická zkoumání na ústupu a dochází k jednoznačné preferenci zkoumání biologických stop metodami molekulárně genetickými. To má jistě své opodstatnění např. v případě zajištění nepatrného množství biologického materiálu, kdy sérologické zkoumání není proveditelné anebo se vylučuje se zkoumáním molekulárně genetickým. Z hlediska kriminalistické taktiky je ovšem třeba konstatovat, že nedochází ke zjištění všech informací, které zajištěná stopa poskytuje, což pochopitelně není žádoucí.

Řešením tohoto stavu může do budoucna být zkoumání další nukleové kyseliny, a sice RNA. Ta se od DNA liší zejména:

- složením – základ tvoří pětiuhlíkatý cukr ribosa, mezi báze patří adenin (A), guanin (G), cytosin (C) a uracil (U) a navíc se zde vyskytuje hydroxylová skupina,
- strukturou – řetězec bývá kratší, obvykle je jednovláknová, i když se může vyskytovat i ve dvouvláknové variantě připomínající dvoušroubovici DNA.

Oproti DNA je RNA relativně méně stálá a je citlivější k různým enzymům. Je nositelkou dědičné informace pouze u některých nebuněčných organismů, v procesu čtení a přenosu genetické informace však hraje velmi důležitou roli. Popis těchto funkcí by však byl značně rozsáhlý a velice složitý, zjednodušení v následujícím odstavci je proto řádově vyšší než v dosavadním textu.

Ke zjištění původu zkoumaného materiálu může vést tzv. profilace messenger RNA (mRNA). Zjednodušeně lze mRNA označit za určitý mezičlánek mezi genetickým kódem obsaženým v DNA a výslednou tkání, která se podle genetického kódu vytváří. RNA jsou vlastně krátké kopie DNA, vyskytující se ve větším množství než DNA, což z nich dělá stabilnější útvary stejně jako mtDNA. Protože se

mRNA v jednotlivých typech biologického materiálu navzájem liší, je možné ji využít ke stanovení typu tělní buňky, ze které pochází. Výhodou je, že profilace DNA a profilace mRNA se navzájem nevylučují, a lze tedy získat vzorky DNA i mRNA z jedné stopy.

Metoda profilace mRNA je prozatím stále předmětem výzkumu, avšak již nyní se ukazuje, že je způsobilá k identifikaci biologického materiálu běžně se vyskytujícího ve forenzní praxi (krev, menstruační krev, sliny, sperma, poševní sekrety). Čas ukáže, zda se tato metoda v budoucnu dostane do každodenní praxe.

#### 4. Výhled do budoucnosti

Přestože je při současné úrovni poznání možné ze vzorku DNA vyčíst značné množství informací, stojí před forenzní genetikou celá řada dosud nezodpovězených otázek. Další výzkumy se tak s určitostí budou zabývat zejména určením stáří biologické stopy, jakož i určením věku jejího zůstavitele. Pozornost bude nepochybně věnována co nejširšímu zjišťování poznatků o morfologických vlastnostech zůstavitele stopy, zejména morfologii obličeje, ale i jiných tělesných charakteristik, zejména těch, které jsou silně či výlučně geneticky determinované (výška, barva vlasů, očí atp.). Předmětem zájmu jistě bude i otázka určení etnogeografického původu zůstavitele stopy, jak o něm bylo pojednáno výše. Lze očekávat rozšíření analýz schopných rozlišit DNA jednovaječných dvojčat (tyto metody jsou již popsány). Trvale se pozornost upírá také k otázce vyhodnocování směsi biologických materiálů pocházejících od více osob.

Rovněž lze předpokládat rozšíření zájmu forenzní genetiky i na jiný biologický materiál vedle lidského. Zkoumání DNA zvířat může napomoci při objasňování širokého spektra trestné činnosti od podvodů při soutěžích přes podvodný prodej jedinců s deklarovaným původem až po nelegální obchod se vzácnými a chráněnými druhy. V boji s takovou kriminalitou se uplatní i genetika rostlin, která je dále využitelná i při odhalování výroby drog rostlinného původu, nelegálního zacházení s tabákem apod. V zahraniční literatuře je pak popsán i případ zjištění stop vzácně endemického druhu tam, kde se nevyskytuje, svědčících tak o skutečném místě činu odlišném od místa zajištění, anebo usvědčení pachatele díky nálezu srsti jeho domácího mazlíčka, kterou na místo činu pachatel přenesl. Není proto vyloučeno, že se dočkáme i zkoumání DNA rostlin či živočichů za tímto účelem.

Předmětem zájmu kriminalistiky však dozajista nebude jen DNA živých organismů. Současné laboratorní techniky a postupy umožňují výrobu látky, kterou lze s nadsázkou označit jako „syntetickou DNA“. Tu lze vyrobit v takřka nekonečném množství variací. Takto vyrobenou „DNA“ (jde o zavádějící název, neboť nejde o skutečnou DNA, která by mj. podléhala biologické degradaci, což by snižovalo

její uplatnitelnost) je možné použít k neviditelnému značení předmětů. Díky nepatrné velikosti molekuly takové látky ji lze užít k označení i velmi malých, ale cenných předmětů (umělecká díla, drahokamy apod.) Bude-li „syntetická DNA“ umístěna na vhodném nosiči, který ulpí na těle či oděvu pachatele, bude jej následně zcela nepochybně spojovat s konkrétním místem činu.

## **IV. DNA JAKO OBJEKT KRIMINALISTICKÉ IDENTIFIKACE**

Kriminalistická identifikace stojí na předpokladu individuálnosti a relativní stálosti (neměnnosti) objektů identifikace. Již bylo uvedeno, že lidská DNA tyto požadavky za normálních okolností splňuje zcela beze zbytku, proto je k identifikaci způsobilá. Přesto existují určité okolnosti, které mohou interpretaci jejích výsledků zkomplikovat či přímo znemožnit. Jde nejen o případy související s podstatou samotné DNA a s přírodními zákonitostmi, ale i o případy způsobené osobami, které se na kriminalistické identifikaci na základě DNA podílejí.

### **1. Problematika kontaminace biologických stop**

Kontaminací kriminalistické stopy obecně rozumíme „znečištění“ stopy biologickým materiálem osoby, která je odlišná od zůstavitele stopy. Protože je genetická informace obsažena (takřka) v každé tělní buňce, může ke kontaminaci dojít velmi snadno, aniž se uskutečnil přímý kontakt (dotyk) se stopou (např. přirozeným uvolněním odumřelých tělních buněk z pokožky, kýchnutím osoby na místě činu atp.). Riziko kontaminace biologických stop narůstá se schopností analyzovat stále menší množství biologického materiálu (forenzní laboratoře Policie ČR jsou schopny detekovat a podrobit analýze DNA i méně než 10 buněk!).

V praxi se běžně vyskytují vzorky, které obsahují biologický materiál více osob, nejčastěji pachatele a oběti, ale i dalších osob. Ke smísení biologického materiálu většinou dojde před zajištěním stopy (obvykle už při samotném skutku). Jak už jsme opakovaně zmínili výše, kriminalističtí experti se již řadu let věnují vyřešení otázky, jak výsledky analýz takového biologického materiálu správně interpretovat. Jedná se o složitou problematiku, která vyžaduje hluboké znalosti genetiky i laboratorních postupů. Jde tedy o otázky mimo rozsah každodenní kriminalistické praxe.

Naopak o riziku kontaminace stop v době od počátku ohledání místa, respektive od zjištění kriminalisticky relevantní události po laboratorní analýzu musejí být obeznámeny všechny osoby, které do styku s biologickými stopami určenými pro molekulárně genetická zkoumání při své činnosti přicházejí. Zároveň musejí tyto osoby znát opatření, která kontaminaci stop zabraňují anebo umožňují její odhalení.

Základním protikontaminačním opatřením je používání ochranných pomůcek při veškeré manipulaci se stopou a při pohybu na místě činu vůbec. Nejde jen o práci s čistými nástroji a obaly pro zajišťování stop, ale také o užívání osobních ochranných pomůcek, jako jsou rukavice, roušky a ochranné obleky.

Přes veškerá protikontaminační opatření nelze kontaminaci stopy zcela vyloučit. Aby se omezilo riziko nesprávných výsledků, zejména falešných shod, je třeba, aby součástí databáze DNA byla i eliminační sbírka profilů osob, které se stopami přicházejí do styku od místa zajištění až po forenzní laboratoř.

## 2. Degradace DNA

Ačkoli je molekula DNA relativně stabilní a v ideálních podmínkách může přežít velmi dlouhou dobu, fyzikální či chemické vlivy působící na DNA v kriminalistických stopách mohou následnou analýzu DNA značně ztížit či znemožnit. V této souvislosti hovoříme o tzv. degradaci DNA, tedy rozpadu řetězce DNA na menší fragmenty. Jde o přirozený proces, kterému nejde zabránit; lze jej toliko zpomalit. Uchování neporušené DNA ve stopě tak závisí zejména na prostředí, v němž se biologická stopa nachází. Z fyzikálních vlivů se negativně projevuje déle trvající UV záření a vysoká teplota (např. déletrvající intenzivní sluneční záření), dále pak vlhkost, která obecně vede ke hnilobným procesům či tlení. Po zajištění stopy je třeba degradaci DNA omezit zejména správným postupem zajištění, balení, skladování a zasílání k expertize.

Degradace řetězce DNA neprobíhá rovnoměrně, odolnost jednotlivých sekvencí vůči degradaci je nepřímo úměrná jejich délce – delší sekvence se rozpadají dříve než kratší. Proto se v některých vzorcích nemusí v závislosti na stupni degradace podařit stanovit všechny polymorfismy.

Degradace DNA je zcela přirozený proces. Již tato okolnost napovídá, že zkoumání biologických stop s větším odstupem času je více než problematické, ba až nemožné. Zejména to platí u směsných stop, kde je obsažena DNA více osob. Požadavky na opětovné zkoumání stop, které by mělo prokázat chyby dřívějších analýz po mnoha letech, jsou tak od samého počátku zatíženy problémy, neboť v některých případech je pravděpodobnost, že výsledek nového zkoumání stopy přinese odlišné výsledky, skutečně vysoká. Takový odlišný výsledek však nemusí nutně znamenat dřívější pochybení.

## 3. Více jedinců se stejnou DNA a jedinci s více různými DNA

Jak bylo uvedeno, za normálních okolností se DNA v průběhu života nemění. Je shodná ve všech tělesných buňkách obsahujících jádro a je individuální pro každého

jedince. Výjimku z této individuálnosti představují jednovaječná (monozygotní) dvojčata, která vznikají po oplodnění jednoho vajíčka jednou spermií, následném rozdělení zygoty a samostatném vývoji dvou (či více) jedinců. Protože výsledná genetická informace vznikajícího jedince je dána v okamžiku vzniku zygoty, genetická informace obou jedinců se zcela shoduje. Výsledek genetické analýzy v důkazním řízení pak musí být posuzován obezřetně v kontextu dalších důkazů.

### **Poznámka**

Ačkoli prozatím se v běžné kriminalistické praxi neužívají metody, které by dokázaly jednovaječná dvojčata odlišit podle DNA (byly však již publikovány vědecké texty o metodě, která toto rozlišení umožňuje), je to možné například na základě daktyloskopie, neboť papírní linie vznikají až v pozdější fázi nitroděložního vývoje, a shodné tak nejsou ani u dvojčat.

V průběhu nitroděložního vývoje jedince se mohou uskutečnit i jiné procesy, v jejichž důsledku dojde k vybočení z pravidla, že jeden jedinec má jedinou DNA, která je individuální. Nejznámější z těchto „chyb“ je tzv. chimérismus. Organismus je v takovém případě tvořen alespoň dvěma (či více) buněčnými liniemi s odlišnou genetickou informací, která pochází z různých jedinců. O chimérismu obvykle hovoříme tehdy, když po oplození vzniknou dvě zygoty (stav, který by za normálních okolností vedl k porodu tzv. dvojevaječných – heterozygotních – dvojčat), které však v rané fázi vývoje opět splynou. Obdobným jevem je tzv. maternální engraftment, ke kterému dochází, když se do vznikajícího jedince začlení buňky matky, které se dále vyvíjejí v jeho rámci.

Takto vzniklý jedinec pak má některé orgány, které nesou odlišnou genetickou informaci než zbylá část organismu. To se může negativně projevit na výsledku DNA analýzy, pokud zajištěná stopa pochází z orgánu-chiméry, který nese odlišnou genetickou informaci od srovnávacího vzorku. Takový postup může přirozeně vést buď k označení nesprávné osoby jako pachatele, nebo naopak k vyloučení skutečného pachatele z okruhu podezřelých.

V české kriminalistice nebyl dosud případ chimérismu, který by vedl k nesprávné identifikaci, popsan, nicméně v zahraničí jsou takové případy známy.

### **Případ**

V roce 2002 došlo v USA k obvinění jisté Lydie Fairchild z pokusu o podvodné vylákání sociálních dávek, o které požádala. Po povinných testech DNA byl totiž potvrzen jako otec dětí její bývalý partner, dotyčná žena však podle testů DNA nebyla jejich matkou. Šťastím