Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie

Individuální lidský pach jako kriminalistická stopa v trestním řízení, vytvořená kontaktním nebo bezkontaktním přenosem, a jeho odolnost vůči fyzikálním vlivům

Individual human odor as a forensic trail in criminal proceeding made by contact or contactless transmission and its resistance to physical agents

Doktorská disertační práce

Doktorand: Ing. Milena Santariová

Školitel: prof. Ing. Luděk Bartoš, DrSc

Konzultant: Ing. Ludvík Pinc, Ph.D.

Praha 2016

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci na téma Individuální lidský pach jako kriminalistická stopa v trestním řízení, vytvořená kontaktním nebo bezkontaktním přenosem, a jeho odolnost vůči fyzikálním vlivům, vypracovala samostatně a použila jsem pouze pramenů, které cituji a uvádím v přiloženém seznamu literatury.

Poděkování:

Je mojí milou povinností poděkovat všem kolegům a přátelům, kteří se podíleli na realizaci experimentů, které jsou součástí této práce. Jmenovitě bych ráda poděkovala panu Ing. Ludvíku Pincovi, Ph.D., který mě provázel celým magisterským a posléze doktorským studiem a pod jehož vedením vznikaly všechny uvedené studie. Dále děkuji vedoucímu práce panu prof. Ing. Luďku Bartošovi, DrSc za cenné rady a připomínky a zejména za pomoc s publikační činností. A velký dík na závěr patří rodině a manželovi za jeho porozumění a podporu, během celého mého studia.

Obsah

1 Přehled o současném stavu poznání 2
1.1 Úvod 2
1.2 Kůže 4
1.3 Kožní žlázy 4
1.3.1 Ekrinní žlázy 4
1.3.2 Apokrinní žlázy 5
1.3.3 Sebaceální žlázy 6
1.4 Kožní lipidy 8
1.5 Složení lidského pachu 10
1.6 Genetický základ lidského pachu 14
1.6.1 Major histokompatibilní komplex 15
1.7 Odolnost lidského pachu 16
2 Publikace 19
2.1 Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody 19
2.2 Schopnost psů ztotožnit lidský pach vystavený parní sterilizaci 20
2.3 Resistance of human odors to extremely high temperatures as revealed by trained dogs 21
2.4 Individual human odor fallout as detected by trained canines 22
3 Výsledky a diskuse 58
4 Závěry a doporučení 61
5 Seznam literatury 63

1 Přehled o současném stavu poznání

1.1 Úvod

Tato doktorská disertační práce je tvořena čtyřmi vědeckými publikacemi, které jsou součástí 2. kapitoly. Všechny publikace se zabývají tématy týkající se vlastností lidského pachu a schopností speciálně vycvičených psů lidské pachy ztotožňovat. První tři práce se zaměřují na odolnost pachové stopy vůči fyzikálním vlivům, čtvrtá publikace je věnována tématu vzniku pachové stopy bezkontaktním způsobem.

Schopnost psů rozlišovat jednotlivé osoby na základě jejich individuálního pachu byla popsána v odborné literatuře již před více než sto lety (Romanes, 1887). Jedním z nejstarších způsobů využití této schopnosti bylo uvedení psa na pachovou stopu s cílem tuto stopu sledovat a dostihnout pachatele. Z této metody se následně vyvinuly všechny metody kriminalistické olfaktoriky a následně i metoda pachové identifikace osob, kdy pes porovnává pach zajištěný z místa činu s pachem podezřelé osoby (Straus, 2010). Metoda pachové identifikace je aktivně využívána v řadě evropských států. Jedná se například o Polsko (Tomaszewski a Girdwoyn, 2006), Holandsko (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002), Českou republiku (Vyplelova et al., 2014), Rusko (Straus, 2010), Maďarsko (Szinak, 1985) nebo Dánsko (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002). Výsledky pachových prací jsou akceptovány i soudy Spojených států amerických (U.S.A. vs. Joshua Alan Wade in the U.S. District, 2009). Metoda pachové identifikace je poměrně mladý obor, který vychází z předpokladu, že tělesný pach člověka je individuální (Penn et al., 2007) a po dobu života více méně neměnný (Penn a Potts, 1998).

V současné době existují objektivní a subjektivní metody identifikace lidského pachu (Straus, 2010). Objektivní metoda, nazývaná též olfaktronika, je založena na analýze pachových molekul. Pomocí laboratorní techniky je zjišťováno složení pachu, celkový počet látek přítomných ve vzorku a jejich relativní koncentrace (Niessen, 2001; Newton, 2007) Velmi dobrých výsledků při pachové identifikaci osob je dosahováno spojením plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií označované zkratkou SPME GC/MS. V nedávné době se již podařilo získat pomocí přístrojových metod pachové profily jednotlivých osob a porovnat je mezi sebou (Curran et al., 2010b). Výhodou této metody je sice její objektivnost,

nicméně zatím ani metoda SPME GC/MS nedosahuje takové citlivosti jako čichové ústrojí psa (Kurz et al., 1994; Charvátová et al., 2002). Vzhledem k tomuto faktu zůstává zatím subjektivní metoda využívající speciálně vycvičené psy jedinou možnou metodou, kterou lze v praxi pachovou identifikaci realizovat.

Česká kriminalistika, na rozdíl od německé, ruské nebo polské, vlastní aplikovaný vědecký výzkum zahájila teprve v nedávné době. Cílem tohoto vědeckého výzkumu je ověření spolehlivosti a zvýšení efektivnosti a využitelnosti metody pachové identifikace. Z tohoto důvodu je nutné získávat a prohlubovat poznatky jak v oblasti etologie psa, respektive jeho olfaktorických schopností, tak i v oblasti fyziologie lidského pachu. Tato práce se zaměřuje na získání nových poznatků v otázkách týkajících se vlivu fyzikálních podmínek na zánik pachové stopy a možnosti zajišťování pachových stop vytvořených bezkontaktním přenosem.

1.2 Kůže

Kůže je nejvýznamnějším zdrojem pachových stop, které člověk zanechává při kontaktu se svým okolím na všech místech svého pobytu (Curran et al., 2010b; Straus, 2010). Tato rozsáhlá hraniční vrstva mezi tělem a vnějším prostředím má řadu funkcí, které zahrnují regulaci tělesné teploty, hospodaření s vodou, ochranu organismu, smyslové vnímání, exkreční funkci, imunitu, rezervoár krve a syntézu vitaminu D (Chuong et al., 2002). Z morfologického hlediska představuje samostatnou orgánovou soustavu, kde hlavními složkami jsou kůže a pokožkové útvary (Stoddart, 1999b).

Kůže je tvořena dvěma základními vrstvami, pokožkou (epidermis) a škárou (corium) (Sokolov, 1974; Schoon, A., Haak, R., 2002). Pokožka tvoří primární ochranu proti mechanickému poškození, vyschnutí a průniku mikrobů do organismu. Pod ní uložená škára (corium) dodává kůži mechanickou pevnost, ohebnost a tažnost. Kromě toho obsahuje řadu specializovaných exkrečních a více než pět milionů sekrečních žláz. Povrch kůže dospělého člověka měří cca 1,6 – 2 m^2, její tloušťka se pohybuje okolo 1,5 – 4 mm a hmotnost kolem 3 kg. Dohromady s tukovou tkání může vážit až 20 kg (Trojan et al., 2003).

1.3 Kožní žlázy

Za sekreci kožních sekretů jsou zodpovědné tři typy kožních žláz. Jedná se o žlázy sebaceální, apokrinní a ekrinní (Nicolaides, 1974; Stoddart, 1999b; Syrotuck, 2000; Trojan et al., 2003). Produkce kožních sekretů výrazně přispívá ke vzniku tělesného pachu (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002). Z kriminalistického hlediska je velmi důležitý především pach rukou (Straus, 2010), ten vzniká pravděpodobně činností ekrinních žláz. Sekret apokrinních žláz, který ovlivňuje vznik pachu axilárních oblastí, se na vzniku pachu rukou nepodílí. Fyziologické změny v těle člověka jako je například nástup puberty, onemocnění, menstruační cyklus mohou mít vliv na činnost apokrinních žláz. Činnost ekrinních a sebaceálních žláz však není těmito změnami příliš zasažena. Vzhledem k tomu se usuzuje na větší stabilitu pachu generovaného jejich činností (Curran et al., 2010b).

1.3.1 Ekrinní žlázy

Ekrinní neboli pravé potní žlázy se nacházejí téměř na všech místech lidského těla (Nicolaides, 1974; Stoddart, 1999b) s výjimkou nehtového lůžka, rtů, předkožky a ušního bubínku (Stoddart, 1999a). Nejvyšší hustoty dosahují v oblasti čela, chodidel a dlaní. Zejména

dlaně jsou z hlediska olfaktoriky velice důležité, neboť rukama přichází člověk do kontaktu se svým okolím nejčastěji (Straus, 2010). Svojí stavbou představují jednoduchý tubulární typ žláz s vyústěním přímo na povrch pokožky (Stoddart, 1999b; Trojan et al., 2003). Ekrinní žlázy hrají důležitou roli v regulaci tělesné teploty organismu (Nicolaides, 1974), (Stoddart, 1999b). Stimulem pro jejich sekreční aktivitu je kromě tepla i emoční stres nebo konzumace kořeněných pokrmů. Sekretem ekrinních žláz je pot, vodnatý čirý slabě slaný roztok, obsahující dusíkaté látky, proteiny a enzymy.

Složení potu (Ramotowski, 2001):

- Anorganické látky: sodík, draslík, vápník, železo, chloridy, fluoridy, bromidy, jodidy, bikarbonáty, fosfáty, sulfáty, amoniak.
- Organické látky: aminokyseliny, proteiny, glukóza, laktát, močovina, pyruvát, kreatin, kreatinin, glykogen, kyselina močová, vitamíny.
- Lipidy: mastné kyseliny, steroly.
- Další látky: enzymy, imunoglobuliny (Ramotowski, 2001).

1.3.2 Apokrinní žlázy

Apokrinní žlázy se nacházejí pouze ve specifických oblastech zejména v tzv. axilárních oblastech (Nicolaides, 1974), dále pak v oblasti prsních bradavek, pupku, genitálií a řitního otvoru (Syrotuck, 2000; Kreyden et al., 2002). To ale neznamená, že by přispívaly ke vzniku tělesného pachu menší mírou. Naopak, axilární orgány jsou hlavním zdrojem tělesného pachu, kterým je zdravý člověk obdařen (Stoddart, 1999b). Fylogeneticky jsou tyto žlázy starší než ekrinní a produkují chemické pachové signály (Trojan et al., 2003). Apokrinní žlázy jsou tubuloalveolární žlázy, skládající se z těla a přímého exkrečního kanálku (Krstič, 1997). Tělo žláz je tvořeno menším či větším počtem stočených kanálků (Kreyden et al., 2002). Přímý kanálek probíhá paralelně s přiléhajícím chlupovým váčkem, do něhož ústí nad sebaceální žlázou (Evans, 2013). Apokrinní žlázy jsou zdánlivě podobné ekrinním žlázám, avšak liší se v několika významných rysech. Jejich sekreční kanálky jsou rozvětvené a epitel, který je vystýlá, je jednoduchý (Stoddart, 1999b). Po narození jsou apokrinní žlázy již dobře vyvinuté a nacházejí se ve výše zmíněných oblastech těla, nicméně aktivní začínají být až v období puberty (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002). U novorozenců jsou apokrinní žlázy jen málo stočené a nerozvětvené. Během dospívání se větví do slepých kapes a bočních ramen. V dospělosti se stávají tyto žlázy masivním orgánem, který může měřit na délku až 50 mm a

na šířku 20 mm (Woollard, 1930), (Stoddart, 1999b). Jejich vývoj je závislý na pohlavních hormonech, další činnost již na těchto hormonech nezávisí a přetrvává bez ohledu na jejich přítomnost (Montagna, 1974), (Craigmyle, 1984, Montagna et Parakal, 1974). Apokrinní sekret je hustá olejová substance mající bílou někdy i šedou až načervenalou barvu (Stoddart, 1999b). Provedení detailní analýzy sekretu apokrinních žláz je velmi obtížné, neboť bývá kontaminován sekrety ekrinních a mazových žláz. Jedna z mála studií, zabývající se analýzou apokrinního sekretu, uvádí, že hlavními složkami jsou proteiny, sacharidy, cholesterol a železo (Knowles et al., 1978). Každá žláza vyprodukuje během jedné hodiny kolem 0,01 cm^3 exsudátu (Stoddart, 1999b). Sekrety žláz nemají zpočátku žádný zápach, na povrchu těla podléhají bakteriální dekompozici, která generuje potenciální pachové látky charakteristického pachu (Kohl et al., 2001). U živočichů produkují feromonové signály důležité pro sociální vazby, parentální a teritoriální chování (Kreyden, 2002). Při sexuálním vzrušení produkují apokrinní žlázy malé množství mléčné tekutiny, která obsahuje mastné kyseliny, bílkoviny a steroidy (Lundstorm, 2005).

Ve velikosti a četnosti apokrinních žláz existují mezi jednotlivými etniky výrazné rozdíly (Baker, 1974; Syrotuck, 2000). U černochů a Evropanů jsou tyto žlázy větší, hustě složené, s tím souvisí i jejich větší sekreční aktivita. Tělesný pach těchto etnických skupin je označován jako velmi silný až nepříjemný. Zejména pro příslušníky orientálních národů mají Evropané a černoši silný obecně nepříjemný pach (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002). Mongoloidní etnikum má naopak axilární žlázy vyvinuty slabě. Žlázy Korejců jsou řídce rozptýlené a nedotýkají se jedna druhé, u poloviny populace nejsou přítomny v axilárních oblastech žádné apokrinní žlázy. Pouhá dvě nebo tři procenta Korejců mají tzv. axilární pach (Baker, 1974).

1.3.3 Sebaceální žlázy

Druhou velkou skupinou sekrečních žláz jsou žlázy sebaceální. Vyskytují se po celém těle člověka s výjimkou dlaní a chodidel (Nicolaides, 1974; Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002). Nejvyšší hustoty dosahují v oblasti obličeje a pod vlasy a to 400 až 800 žláz na cm^3 (Nikkari, 1974; Botek a Lookingbill, 2001). Přestože mají tyto žlázy ve všech částech těla podobnou stavbu, liší se svým tvarem a svou velikostí (Sokolov, 1974). Sebaceální žlázy jsou asociovány s vlasovým váčkem, do kterého vyúsťují (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002; Trojan et al., 2003). Na rozdíl od ekrinních žláz, které ústí přímo na povrch pokožky, maz produkovaný mazovými žlázami ústí nejprve do folikulárního kanálu a až poté na povrch

pokožky (Nikkari, 1974). Většinou bývají vázány na folikuly vlasů nebo chlupů, do kterých současně ústí (Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002; Trojan et al., 2003). Mazové žlázy očních víček, horního rtu, sliznici rtů, na prsních bradavkách, nejsou nikdy spojeny s vlasovým folikulem a jsou nazývány jako volné žlázy (Stoddart, 1999b). Pro některé žlázy existuje zvláštní nomenklatura, která vychází z jejich umístění na těle. Fordyceho skvrny se nacházejí na rtu a sliznici dutiny ústní (Nicolaides, 1974), Meibomianovy žlázy a žlázy Zeissovy na očních víčkách, Montgomeryho areolární hrbolky v oblasti prsních bradavek (Nicolaides, 1974; Smith a Thiboutot, 2008), a Tyssonovy žlázy na předkožce (Sokolov, 1974). Lipidy jsou produkovány holokrinním mechanismem, sekreční buňky se rozkládají a vyprazdňují svůj obsah prostřednictvím sebaceálního kanálu na povrch pokožky (Nikkari, 1974). Tyto žlázy se vyvíjejí během fetálního vývoje během 13-15 týdne a dosahují plné velikosti v době narození (Pochi a Strauss, 1974). Žlázy jsou plně vyvinuté a funkční před narozením, pravděpodobně působením maternálních hormonů (Greene et al., 1970). Činnost mazových žláz musí být řízena poněkud složitějším procesem. Zdá se, že v mezimozku stimuluje dopamin přední a střední laloky hypofýzy k uvolňování hormonů cestou dalších žláz jako je štítná žláza nadledvinky nebo pohlavní žlázy (Shuster a Thody, 1974). Na druhou stranu tyto žlázy vylučují další hormony, které stimulují tvorbu kožního mazu. Bylo zjištěno, že tvorbu kožního mazu stimuluje několik hormonů ze skupiny androgenů (Ebling, 1974). Zejména testosteron je silný stimulátor produkce mazu u lidí. Uvádí se, že u kastrovaných mužů byla intenzita produkce kožního mazu nižší než u nekastrovaných mužů. Podáváním testosteronu kastrovaným mužům došlo ke zvýšení činnosti mazových žláz (Hamilton a Mestler, 1963).

Produkce kožního mazu vzrůstá s věkem. Největší skok nastává mezi dvanáctým a třináctým rokem věku jak u chlapců, tak i u děvčat (Kellum a Strangfeld, 1970). Vrcholu pak dosahuje mezi třicátým až čtyřicátým rokem věku. Studie uvádí, že sekrece kožního mazu dosahuje u dospělých mužů úrovně 4,47 mg na 10 cm^3 za tři hodiny (Strauss, 1961). V pozdějším věku pak klesá až na prepubertální úroveň (Ramotowski, 2001).

Kožní maz obsahuje glyceridy, směs mastných kyselin s rovným jednoduchým i rozvětveným řetězcem, estery cholesterolu, cholesterol a squalen. Jeho složení je ovlivňováno řadou faktorů včetně genetiky a stravy (Nicolaides, 1974).

1.4 Kožní lipidy

Lidskou pokožku pokrývá kontinuální film kožních lipidů tzv. Skin Surface Lipids dále jen SSL, který vytváří rozhraní mezi epidermální vrstvou a vnějším prostředím (De Luca a Valacchi, 2010). Jedná se o unikátní směs sebaceálních a epidermálních lipidů, jejichž složení je v porovnání s lipidovými frakcemi séra nebo vnitřních tkáních velmi odlišné (Tiffany, 1985).

Tato specifičnost je způsobena přítomností kožního mazu, který je produktem sebaceálních žláz. Lidský maz obsahuje squalen, estery mastných kyselin a triglyceridy (Saint-Leger, 2003). Celkově jsou SSL poměrně chudé na polynenasycené mastné kyseliny. Typická je pro ně přítomnost mastných většinou nenasycených nebo mono nasycených kyselin s dlouhým lineárním či rozvětveným řetězcem (Haahti a Horning, 1963; Westerberg et al., 2004). Ty jsou přítomny částečně ve volné formě a jsou zodpovědné za antimykotické a antibakteriální vlastnosti kůže (Miller et al., 1988). Z větší části jsou tyto specializované mastné kyseliny esterifikovány s cholesterolem nebo s mastnými alkoholy, tak aby formovaly frakci mastných mono a diesterů zásadních pro izolaci kůže (Nicolaides, 1974). V nedávné době bylo identifikováno více než 160 různých mastných esterů s počtem uhlíků od 24 do 42 a 73 typů ceramidů (Masukawa et al., 2006; Fitzgerald a Murphy, 2007).

Nejspecifičtější látkou SSL je squalen, prekurzor pro biosyntézu cholesterolu (Downing et al., 1969). Squalen se v ostatních tělních tkáních vyskytuje pouze v zanedbatelném množství. Ochrana před vlivy oxidace je zabezpečována vitaminem E, který člověk přijímá ve stravě. Ten je aktivně secernován sebaceálními žlázami pravděpodobně společně se squalenem a koenzymem Q 10 a vytváří tak nezbytnou antioxidativní ochranu lipidového kožního filmu (Thiele et al., 1999).

Součástí SSL jsou dále i membránové fosfolipidy keratinocytů (hlavních kožních buněk) (Lee et al., 2006). Jedná se o tzv. ceramidy, lipidy složené ze sfingosinu a mastné kyseliny, které udržují v epidermálních vrstvách optimální obsah vody a vytváří bariéru zajišťující nepropustnost povrchových vrstev pokožky pro faktory působící na kůži z vnějšího prostředí (Záhejský, 2013). Z celkového zastoupení povrchových kožních lipidů zaujímají 50% ceramidy, 25% cholesterol a 15% volné mastné kyseliny (Feingold, 2007).

Povrchové kožní lipidy mají dvě naprosto nezbytné funkce pro život. Podílí se na tvorbě permeabilní bariéry znemožňující průnik vody a elektrolytů kůží a dále představují ochranu

proti invazivním a toxickým mikroorganismům (Feingold, 2007). Je dobře známo, že různé přírodní lipidy, jako jsou mastné alkoholy, volné mastné kyseliny a monoglyceridy, vykazují silnou antimikrobiální aktivitu proti obaleným virům, gram-pozitivním, gram-negativním bakteriím a houbám (Drake et al., 2008).

Složení a relativní množství skupin lipidů se u jednotlivých osob výrazně liší (Archer a Biggs, 1947; Nicolaides, 1974; Norlen et al., 1999). Koncentrace kožních lipidů v průběhu času značně kolísá. Perioda, se kterou koncentrace pravidelně fluktuuje, je cca dva měsíce a tyto výkyvy v koncentraci dosahují i více než 100% (Norlen et al., 1999). Povrchové kožní lipidy se zdají být důležitým kandidátem pro vznik individuálního tělesného pachu (Nicolaides, 1974; Ramotowski, 2001; Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002).

Mikroflóra kůže

Sekrety kožních žláz vytváří vhodné prostředí pro existenci saprofytické reziduální kožní mikroflóry. (De Luca a Valacchi, 2010). Ta je nejčastěji složena z následujících druhů bakterií: micrococcadeae, staphylococci, corinebacterium acnes, pytirosporum ovale, pytirosporum acne, pytirosporum granulosum a propionibacteria (Leyden et al., 1975).

Hustota osídlení pokožky lidského těla bakteriemi se liší v závislosti na místě výskytu. Největší množství bakterií se nachází na obličeji a pod vlasy. Uvádí se, že jejich četnost zde dosahuje hodnoty až 10^6 organismů na cm^2, pro srovnání hodnota četnosti bakterií v oblasti lýtek nebo paží, je jen 10^2 (McGinley et al., 1978). Distribuce bakterií na kožním povrchu je ovlivněna několika dalšími faktory. Zásadní roli hraje věk hostitele, stejně jako jeho zdravotní stav (De Luca a Valacchi, 2010). Množství bakterií je dále závislé na intenzitě sekrece kožního mazu a na působení vnějších vlivů prostředí jako je teplota a vlhkost (McGinley et al., 1978; Elsner, 2006).

Důležitou roli v ekologii baterií hraje již zmiňovaný kožní maz. Výsledky studií potvrzují existenci paralely mezi četností sebaceálních žláz a výskytem bakterií. Tomu odpovídá i fakt, že množství bakterií Propionibacterium acnes dramaticky roste v období puberty, kdy začínají mazové žlázy produkovat mnohem větší množství mazu (Leyden et al., 1975).

Axilární pach je výrazný pach dospělých lidí obecně nazývaný jako tělesný pach. Zdrojem axilárního pachu je apokrinní sekret, který je bezprostředně po vyloučení žlázou sterilní a bez zápachu. Intenzivní pach je generován rezidentními bakteriemi, konkrétně se jedná o jejich interakce s apokrinním sekretem (Shelley et al., 1953). Za produkci volných mastných kyselin

na pokožce je zodpovědná lipáza bakterií a kvasinek. Kyslík a mikroorganismy transformují kožní maz a hydrolyzují triacylglyceroly na volné mastné kyseliny. Tato mikrobiální funkce je nezbytným faktorem pro udržení homeostázy kolonií kožních bakterií a změny ve složení sebaceálních mastných kyselin jsou hlavní příčinou mikrobiálních změn na nemocné kůži (Wille a Kydonieus, 2003; Takigawa et al., 2005).

Dlouhou dobu se předpokládalo, že kožní mikroorganismy mají hlavní podíl na formování tělesného pachu člověka (Shelley a Hurley, 1953). Výsledky mnoha studií dokazují spojitost mezi specifickými odoranty, které jsou produkovány axilární oblastí a přítomností určité mikroflóry v těchto místech (Taylor et al., 2003; James et al., 2004). Činnost kožních bakterií bývá často také vysvětlením interindividuálních rozdílů tělesného pachu jednotlivých osob (Penn et al., 2007). Stejně tak je dáván do souvislosti vznik charakteristických regionálních pachů lidského těla a přítomnost určité mikrobiální fauny (Natsch et al., 2006; Barzantny et al., 2012).

1.5 Složení lidského pachu

Vznik lidského pachu, ani jeho kompletní složení není v současné době zcela známo. Pravděpodobně se jedná o výsledek kombinace tělesného metabolismu, sekretů kožních žláz, hormonálního systému a interakcí reziduálních kožních bakterií (Kusano et al., 2011). Uvádí se, že s pokožky se neustále šíří do okolí odumřelé epiteliální buňky. Povrch kůže obsahuje asi bilión buněk, z nichž se denně uvolní 1/30 odumřelých buněk (cca 667 buněk/s). Průměrná doba života epiteliální buňky je 36 hodin. Mrtvé epiteliální buňky bývají někdy označovány jako spad. Tyto částice jsou velké okolo 14 μm a jejich hmotnost je v průměru 0,07 μg. Částice spadu se skládá z jedné nebo více epiteliálních buněk pokryté sekretem kožních žláz. Na jejich povrchu jsou kromě sekretu všudypřítomné kožní bakterie. Každá taková částice je obklopena oblakem par, který je pravděpodobně produktem bakteriální aktivity (Syrotuck, 2000). Výzkum vedený v National Institute for Medical Research v Londýně ukázal, že lidské tělo obklopuje vrstva teplého vzduchu, která proudí rychlostí 38m za minutu (Doyle, 1970). Analýza vzduchového proudu odhalila 4 až 5 krát větší počet bakterií než vzduch okolního prostřední. Během života může být tělesný pach ovlivňován řadou faktorů. V závislosti na vlivu těchto faktorů je zastoupení některých složek pachu stálé, naopak zastoupení jiných se mění s měnícími se podmínkami vnějšího prostředí a vnitřního prostředí organismu (Syrotuck, 2000). Na základě této skutečnosti vytvořil Curran, Rabin a Furton (2005) terminologii, kterou rozlišuje tělesný pach na pach primární, sekundární a terciární.

„Pach primární“: Jeho složení je v průběhu času stálé bez ohledu na přijímaný typ stravy, změny vnitřního prostředí organismu nebo vlivy přicházející z vnějšího prostředí. Jedná se o složky pachu, které jsou ovlivněny geneticky. Pravděpodobně zde hraje roli i pohlaví nebo příslušnost k danému etniku (Baker, 1974; Syrotuck, 2000).

„Sekundární pach“: Složení tohoto pachu je ovlivněné jak faktory vnitřního prostředí organismu, oslabení imunitního systému, onemocnění (Pavlou a Turner, 2000), psychický stav či stádium menstruačního cyklu, tak i faktory vnějšího prostředí, což může být změna teploty vzduchu, typ stravy (Havlicek a Lenochova, 2006; Lefevre et al., 2010), požívání tabáku, alkoholu, léků nebo drog (Drábek, 2010).

„Terciární pach“: Složky tohoto pachu pocházejí pouze z vnějších zdrojů. Na povrch lidského těla se dostávají používáním hygienických a kosmetických přípravků, či fyzickým kontaktem s okolním prostředím (Curran, Rabin, Prada, et al., 2005; Drábek, 2010).

Otázka chemického složení lidského pachu vzbuzuje velký zájem vědců nejrůznějších vědních oborů. V první řadě je nutné zmínit oblast medicíny, kde mohou být těkavé organické látky využívány jako diagnostický ukazatel řady onemocnění (Weetjens et al., 2009; Poling et al., 2010). Znalost odorantů lidského těla může mít ale i komerční význam. Například v kosmetickém průmyslu hraje důležitou roli při tvorbě designu parfémů nebo deodorantů. V neposlední řadě se nabízí možnost využití znalosti pachového profilu jednotlivce jako identifikačního prostředku v oblasti kriminalistiky (Dormont et al., 2013).

V dosud publikovaných vědeckých studiích byly analýzám podrobeny vzorky pachu kůže, potu (Labows et al., 1979; Zeng et al., 1991; 1996; Phillips et al., 1999), krve a moči (Kusano et al., 2013). Přes variabilitu výsledků se prokázalo, že pachy tělesných tkání a sekretů tvoří těkavé organické látky, které můžeme na základě jejich funkčních skupin zařadit mezi aldehydy, ketony, estery, kyseliny, alkoholy, alkany a aminy (Curran, Rabin a Furton, 2005; Curran et al., 2007; 2010b). Nejvyšší procentuální zastoupení z těchto analyzovaných látek dosahovaly aldehydy, které jsou výsledkem oxidativní degradace jednosytných mastných kyselin a následně pak estery (Wobst et al., 1998; Curran et al., 2007).

V řadě vědeckých výzkumů zabývajících se lidským pachem se autoři zaměřili na analýzy pachu potu axilárních oblastí (Zeng et al., 1991; 1996; Curran, Rabin, Prada, et al., 2005; Penn et al., 2007). Tyto oblasti jsou považovány za důležitý zdroj velkého množství těkavých organických látek. Ve vysoké koncentraci se zde nachází apokrinní, ekrinní i sebaceální žlázy

společně s velkým množstvím nejrůznějších kmenů bakterií, které se svojí činností pravděpodobně podílí na uvolňování těkavých látek výrazného pachu (Penn et al., 2007). Pomocí preparativní plynové chromatografie byly izolovány a identifikovány látky přítomné v axilárních sekretech mužů (Zeng et al., 1991) a žen (Zeng et al., 1996). Jednalo se o C6 – C10 nenasycené kyseliny s rovným řetězcem. Nenasycené kyseliny 2 metyl $C_6 – C_{10}$ a 4-etyl $C_5 – C_{11}$ kyseliny spolu s (E) -3-methyl-2-kyselinou hexenovou byly označeny jako hlavní látky zodpovědné za lidský pach. Složení vzorků pachu mužů a žen vykazovalo kvalitativní podobnost ale malé kvantitativní rozdíly (Zeng et al., 1991; 1996). Kyseliny s krátkým řetězcem byly extrahovány i ze vzorků potu chodidel, ve výrazně větším množství se vyskytovaly u osob se silnějším zápachem nohou (Kanda et al., 1990). Další výzkum směřoval k možnosti stanovení individuálního pachového profilu a identifikace osob na základě rozdílů ve složení tělesného pachu (Curran, Rabin a Furton, 2005; Penn et al., 2007). Za použití metod GC/MS (Penn et al., 2007) a SPME GC/MS (Curran, Rabin a Furton, 2005) se podařilo extrahovat, separovat a analyzovat těkavé organické látky přítomné v pachu axilárního potu různých osob. Na základě výsledků autoři uvádí, že lidský pach je tvořen velkým množstvím VOC a jejich kvalitativní a kvantitativní zastoupení může vést k unikátnosti lidského pachu. Kromě toho poukazují na efektivnost metody SPME GC/MS při identifikaci VOC přítomných ve vzorcích lidského pachu (Curran, Rabin a Furton, 2005).

Možnost stanovení pachového profilu každého jednice potvrdily i další studie. Autoři zde již neanalyzovali pach potu axilárních oblastí, ale pach zajištěný z dlaní (Curran et al., 2007; Hudson et al., 2009; Curran et al., 2010b). Z hlediska kriminalistiky je otázka složení pachu rukou nesmírně důležitá, neboť vysoké procento pachových stop je na místě činu snímáno z předmětů, které přišly do kontaktu s rukama pachatele (Curran et al., 2006). Jedním z prvních kroků při ověřování možnosti využití lidského pachu jako biometrické míry je studium frekvence výskytu těkavých organických látek v rámci velké populace. Existuje rozsáhlá studie, v rámci které byly zajištěny vzorky pachu od 60 osob. Metodou SPME GC/MS se podařilo identifikovat 63 těkavých organických látek, z nichž v největším množství se jak u mužů, tak i u žen vyskytovaly látky, 2-furancarboxaldehyd, 2 furan metanol, fenol, nonanal, dekanal a undekanal, dimetylester kyseliny hexandiové, dimetyl ester kyseliny propanové, dimetyl ester kyseliny oktanové. Ve středním množství byly nalezeny látky dimetyl ester kyseliny propanové, 6-metyl-hepten-2-on, dimetyl ester kyseliny oktanové, dodekan, undekan, 6,10-dimetyl-5,9-undekadien-2-on a tetradekan (Curran et al., 2007).

Na předchozí výzkum, který úspěšně demonstroval možnost rozlišit pachové profily osob, získané na základě analýz vzorků pachu z rukou a axilárních oblastí, navázala studie ověřující, zda to samé platí pro další biologické vzorky, jako je bukální stěr, dech, krev a moč. Výsledky, kterých bylo dosaženo, jsou v souladu s dosud publikovanými studiemi. Za použití SPME GC/MS je možné rozlišit profily těkavých organických látek jednotlivých osob v rámci stejného biologického materiálu. Nicméně profily z různých biologických vzorků jedné osoby se ukázaly být příliš odlišné na to, aby mohly být využity pro účely pachové identifikace (Kusano et al., 2013).

Chemická látka	**Teplota varu [°C]**	**Rozpustnost ve vodě [mg/l]**
Aldehydy		
2 furan karboxaldehyd	161,7	0,083
Dekanal	207 – 209	0,00156
Nonanal	195	96
Ketony		
6,10 – Dimetyl – 5,9 – undekadien – 2 – on	254 – 258	Nerozpustný
Alkoholy		
Furanmetanol	170	Nerozpustný
Fenol	40	83g/100ml
Alifatické/ aromatické uhlovodíky		
Dodekan	216	0,0037
Heptadekan	302	Nerozpustný
Tetradekan	253 – 257	0,0022
Tridekan	234	0,0047
Estery kyselin		
Metyl ester kyseliny dodekanové	267	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny dekanové	224	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny hexadekanové	417	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny noniové	213 – 214	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny tetradekanové	295	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny tridekanové	185	Nerozpustný
Metyl ester kyseliny oktanové	192,2	Nerozpustný

Tabulka 1: Vybrané chemické látky, vyskytující se v lidském pachu.

V současné době bylo ze vzorků lidského pachu izolováno a identifikováno přes 400 těkavých organických látek. Avšak studie, ve kterých bylo použito headspace metody pro analýzu VOC vylučovaných kůží při teplotě lidského těla, uvádí výskyt pouze 20 – 90 látek. Tyto látky jsou považovány za primární složku pachu (Dormont et al., 2013).

Zajímavou otázkou je, zda lze mezi VOC vysledovat biomarkery vzrůstajícího věku. V jedné z prvních studií, zabývající se touto problematikou, byly pomocí GC/MS analyzovány vzorky lidského pachu zajištěného z triček. Výsledky práce potvrdily rozdíly v zastoupení některých VOC u mladších a starších lidí. Autoři uvádí, že kožní sekrety lidí vyššího věku obsahují zejména větší množství aldehydu 2 - nonenal. Jedná se o produkt oxidativní degradace monosaturovaných mastných kyselin, jako je kyselina palmitová nebo vacenová. Aldehyd 2 – nonenal byl označen za odorant zodpovědný za nepříjemný tělesný pach starých lidí (Haze, 2001). I další studie potvrdila přítomnost 2 – nonenalu jako biomarkeru vzrůstajícího věku a navíc uvedla i jiné látky jako benzothiazol nebo dimetylsulfon (Gallagher et al., 2008). V rozporu s tím stojí práce Curran et al. (2005), kde byla tato látka analyzována ve všech pachových vzorcích lidí a to i lidí mladších než 40 let. Autoři specifičnost této látky pro pach lidí vyššího věku vyloučili.

V současné době je snaha využívat lidský pach jako biometrickou míru pro kriminalistické účely. Z těchto důvodů je výzkum zaměřen na identifikaci co největšího množství VOC vyskytujících se ve vzorcích lidského pachu (Curran et al., 2007; 2010b).
Existuje celá řada studií zabývajících se objasněním složení tělesného pachu (Zeng et al., 1991; 1996; Curran, Rabin a Furton, 2005; Curran et al., 2007; Gallagher et al., 2008; Curran et al., 2010b). Ukazuje se, že se zastoupení těkavých organických látek analyzovaných z tělesného pachu ve výsledcích jednotlivých studií výrazně liší. Vysvětlením může být použití různých analytických metod a současně i typ biologického vzorku, ze kterého byl pach zajištěn (Dormont et al., 2013).

1.6 Genetický základ lidského pachu

Pachová identifikace, ať už olfaktorická či olfaktronická, se opírá o teorii, že složení pachu nebo alespoň některých jeho složek je geneticky podmíněné (Curran et al., 2010b). Tato teorie je mimo jiné podporována studiemi zabývajícími se schopností psů rozlišit monozygotická dvojčata na základě jejich tělesného pachu. Ukázalo se, že psi byli mnohem méně úspěšní při

identifikaci pachu monozygotických dvojčat než při identifikaci nepříbuzných jedinců (Hepper, 1988; Sommerville et al., 1990; Harvey et al., 2006).

1.6.1 Major histokompatibilní komplex

Hlavní histokompatibilní komplex (Major histocompatibility complex, dále MHC) je velmi často spojován s existencí individuálního tělesného pachu. (Yamazaki et al. 1976, 1978**,** 1988; Egid and Brown 1989; Potts et al. 1991). Jedná se o polymorfní komplex genů, který se u lidí nachází na krátkém raménku 6. chromozomu a je označován zkratkou HLA. Jeho zásadní úlohou je rozpoznávání cizorodých struktur v těle organismu. Děje se tak prostřednictvím transmembránových glykoproteinů, které jsou schopny vázat polypeptidy na svoji specializovanou část (Eggert et al., 1998). Imunitní systém následně rozpoznává, zda jde o peptid tělu vlastní či cizí, vzniklý například štěpením viru. V tom případě Tc lymfocy aktivují mechanismy, které buňku zničí.

Pozoruhodná je již zmiňovaná vysoká genetická diverzita MHC. Jedná se o geny s největší variabilitou, se kterou se v genomu obratlovců setkáváme (Wedekind a Penn, 2000).

Existuje celá řada funkčně ekvivalentních lokusů a na každém lokusu je pozoruhodný alelický polymorfismus (Eggert et al., 1998). Díky tomu je téměř nemožné, že by se v populaci setkali dva nepříbuzní jedinci se stejným MHC (Yamazaki et al., 1994).

Genetická diverzita MHC je hlavním kandidátem pro genetický základ individuálního pachu. Studie prováděné na myši domácích *(Mus musculus domesticus)* a na lidech dokazují, že MHC má pravděpodobně velký vliv na vznik individuálního tělesného pachu a na preferenci při výběru sexuálního partnera (Penn a Potts, 1998; Yamazaki a Beauchamp, 2005). Jedinci při výběru sexuálního partnera preferují protějšky s odlišnými MHC geny (Yamazaki et al., 1990; Wedekind et al., 1995; Penn a Potts, 1998; Wedekind a Penn, 2000), což má za funkci zabránit inbreedingu tzv. „inbreeding avoidance hypothesis“ a zajišťovat tak co nejvyšší heterozygotnost MHC u potomků (Potts et al., 1994). V současné době není známa cesta, jakou MHC ovlivňuje lidský pach. Jedna z hypotéz uvádí, že určitou úlohu v produkci pachů hrají rozpustné molekuly I. třídy, které jsou spojené s MHC (Wedekind a Penn, 2000). Rozpustné MHC molekuly a jejich fragmenty dosahují povrchu těla, jsou však příliš velké, než aby se mohly těkavě uvolňovat z pokožky (Drábek, 2010). Další možností je, že proteiny vázané na molekuly MHC vylučované potem na povrch těla podléhají rozkladné činnosti

bakteriální mikroflóry kůže, čímž dochází ke vzniku těkavých látek zodpovědných za tělesný pach (Kwak et al., 2010).

1.7 Odolnost lidského pachu

Člověk zanechává pachovou stopu na všech místech svého pobytu. Jde o spad pachových částic, který bezděčně doprovází každou jeho činnost, pohyb či pozici (Straus, 2010). Takto vzniklé pachové stopy jsou předmětem zájmu kriminalistů, kteří se zabývají metodou pachové identifikace pomocí speciálně vycvičených psů. Donedávna nebylo zcela jasné, zda jde vytvořit pachovou stopu, kterou by byli psi schopni detekovat bezkontaktním přenosem. Předchozí výzkumy byly v otázkách vytvoření pachové stopy pouze pachovým spadem spíše neúspěšné. Psi takto vytvořenou stopu v terénu nebyli schopni sledovat. V roce 1920 Von K. Most a G. H. Brückner (Most a Brückner, 1936) uskutečnili vědecké pokusy týkající se čichových schopností policejních psů, kteří byli pro účely těchto experimentů vycvičení běžným způsobem pro vyhledání a sledování pachové stopy vytvořené člověkem na základě kontaktu se zemí. Hlavním cílem bylo zjistit, čím se řídí psi při sledování pachové stopy a jaké jsou jejich schopnosti. Předpoklad byl, že se psi řídí individuálním pachem člověka. Pokus byl uskutečněn na základě pozorování cvičených psů při sledování pachové stopy vytvořené kladečem tradičním způsobem, kladečem na chůdách, stopovým kolem bez příměsi lidského pachu a kladečem na vysutém sedadle. Na základě výsledků těchto pozorování bylo zjištěno několik překvapivých skutečností. Policejní psi byli schopni sledovat pachovou stopu vytvořenou kladečem na chůdách i stopu vytvořenou stopovým kolem bez příměsi lidského pachu. Pachový spad z těla člověka nebyl schopen zaznamenat žádný pes.

Uvedenými experimenty byla zjištěna skutečnost, že stopy obsahují různé pachové součásti, které jsou psi schopni sledovat i přesto, že tyto stopy neobsahují příměsi lidského pachu. Dále bylo zjištěno, že pes není schopen zachytit spad pachu z těla člověka, neboť každý pes přerušil sledování lidské stopy v místě, kde kladeč nasedal na visuté sedadlo a poté byl vláčen těsně nad zemí (Most a Brückner, 1936).

Existuje zatím jen několik málo studií zabývajících se stabilitou tělesného pachu a jeho odolností vůči vnějším podmínkám (Stockham et al., 2004; Hudson et al., 2009; Curran et al., 2010a). Jednou z nich je studie, jejímž cílem bylo mimo jiné zjistit, jaké podmínky jsou ideální pro skladování vzorků tělesného pachu určeného pro kriminalistické účely. Pach z oblasti dlaní byl skladován po dobu sedmi týdnů při běžné pokojové teplotě, při teplotě −80°C, v úplné tmě a za působení UVA/UVB záření. Těkavé organické sloučeniny z těchto

vzorků byly analyzovány metodou SPME – GC/MS. Výsledky studie prokázaly, že pachový profil prochází v průběhu času kvantitativními změnami, přičemž nejvíce změn probíhá v prvním až třetím týdnu od skladování. Dále se ukázalo, že UVA/UVB záření způsobuje kromě kvalitativních změn i změny kvantitativní. Konkrétně byl zaznamenán výskyt většího množství metylesterů a aldehydů, které se na počátku skladování v pachovém vzorku nevyskytovaly. Tento způsob skladování pachových vzorků se tedy jeví z uvedených možností jako nejméně vhodný. Prověření schopnosti psů ztotožňovat vzorky, které byly vystaveny těmto podmínkám, nebylo součástí této studie (Hudson et al., 2009).

Za zmínku stojí studie věnující se odolnosti lidského pachu na střepinách po výbuchu nástražných výbušných systémů. Pokus byl proveden na dvou typech výbušnin. První výbušninou byla směs, skládající se z 54% z peroxidu vodíku H_2O_2 o koncentraci 70% a 46% tekutého nitrometanu, s celkovou hmotností 5 kg. Výbušnina byla umístěna ve voze na zemi předního spolujezdce, včetně dálkového odpalovacího zařízení. Po výbuchu byly pachové vzorky sejmuty z volantu, dveří řidiče a plátěné tašky použité pro přenos výbušnin. Druhou výbušninu představovaly dvě 60 mm dělostřelecké miny. Miny byly zakopány 10 cm pod zem a umístěny cca 5 metrů vpravo od místa spolujezdce. Odpálení bylo provedeno pomocí improvizovaného dálkového ovládání. Povýbuchové fragmenty byly po výbuchu uměle kontaminovány pachem 25 lidí, křížově procházejícími místem výbuchu a z těchto fragmentů střepin byly následně sejmuty pachové stopy. Zajištěné pachové vzorky byly uchovávány ve skleněných nádobách. Před vlastním výbuchem byly výbušné systémy přenášeny v plátěných vacích s poutky, a to vždy dvěma osobami, simulujícími hledané pachatele. Při dohledání byly použity pachy člověka, který připravoval a přepravoval výbušný systém, řidiče a náhodný cizí pach. Cílové pachy byly následně ztotožňovány v Y-testech (lidé šli část cesty společně, po několika metrech se pak rozdělili a pokračovali ve tvaru písmene Y). Pes se měl vydat po stopě člověka, jehož pach dostal načichat.

Psi speciálně vycvičení k provádění pachové identifikace prokázali schopnost detekce a lokalizace pachatelů, kteří byli v kontaktu s výbušninou s průměrnou úspěšností 82,2%. Studie prokázala, psi jsou schopni sledovat lidský pach i za nepříznivých klimatických podmínek, jako je aridní klima, silný vítr nebo v oblastech s vysokou kontaminací cizími pachy (simulace náhodných chodců). Výsledky naznačují, že lidský pach je schopen přetrvat extrémní mechanické a tepelné podmínky doprovázející výbuch nástražných výbušných systémů (Curran et al., 2010a).

Odolnost lidského pachu vůči extrémním teplotním vlivům potvrzují další tři studie, které jsou součástí této disertační práce.

2 Publikace

2.1 Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody

Autoři: Santariová M., Písaříková A., Kloubek M., Vyplelová P., Pinc L.

Zdroj: Bezpečnostní teorie a praxe, zvláštní vydání, díl II.

Cíl: Ověřit perzistenci pachové stopy na předmětu vystaveného vlivu proudící vody

Hypotéza: Psi budou schopni identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody

Materiál a metody: Pachový vzorek osoby byl odebírán z dlaní osob na kovovou trubičku. Délka odběru byla 1 minuta. Trubičky byly odhozeny do vody, kde byly ponechány 60 minut. Pachová stopa byla zajištěna na pachový snímač (speciální textilie) a po sedmi dnech proběhla komparace s pachovými vzorky osob pomocí speciálně vycvičených psů.

Výsledky: Experimentu se účastnilo pět fen. Čtyři feny ztotožnily pachové vzorky 3x bezchybně, pátá fena provedla správné ztotožnění dvakrát a jednou cílový vzorek přešla bez reakce (Znaménkový test $P<0,05$).

Diskuse a závěr: Výsledky experimentu potvrdily stanovenou hypotézu. Tělesný pach, vystavený účinkům proudící vody po dobu jedné hodiny, je stále způsobilý k pachové identifikaci pomocí speciálně vycvičených psů.

2.2 Schopnost psů ztotožnit lidský pach vystavený parní sterilizaci

Autoři: Kloubek M., Pinc L., Santariová M., Vyplelová P., Čapková Z.

Zdroj: Kriminalistika

Cíl: Ověřit účinnost procesu parní sterilizace při odstraňování pachové stopy.

Hypotéza: Psi nebudou schopni ztotožnit pachový vzorek ošetřený parní sterilizací.

Materiál a metody: Pachové vzorky, odebrané z oblasti trupu experimentálních osob, byly vystaveny procesu parní sterilizace. O několik dní později byla realizována pachová komparace, při které speciálně vycvičení psi ztotožňovali pachové vzorky vystavené procesu sterilizace s pachovými vzorky, které procesu sterilizace vystaveny nebyly.

Výsledky: Pachovou komparaci provedly čtyři feny, z 24 pokusů bylo 16 úspěšných a 8 neúspěšných (Bernoulliho pravděpodobnost $P < 0,5$).

Diskuse a závěr: Výsledky pokusu potvrdily, že psi jsou schopni ztotožnit pach prošlý procesem parní sterilizace.

2.3 Resistance of human odors to extremely high temperatures as revealed by trained dogs

Autoři: Santariová M., Pinc L., Bartoš L., Vyplelová P., Gerneš J., Sekyrová V.

Zdroj: Czech Journal of Animal Sciences

Cíl: Stanovení teploty, která degraduje lidský pach natolik, že nebude způsobilý k pachové komparaci pomocí speciálně vycvičených psů.

Hypotéza: Psi nebudou schopni ztotožnit pach vystavený teplotě vyšší než 400 °C.

Materiál a metody: Pach osob, sejmutý z dlaní na ocelové trubičky, byl vystaven v jednotlivých případech teplotě 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 a 1000°C. Při pachové komparaci sloužily tyto vzorky jako načichávací. Psi je ztotožňovali s pachovými vzorky odebranými s oblasti trupu, které účinkům vysokých teplot vystaveny nebyly.

Výsledky: Psi byli schopni bez problémů ztotožnit pach vystavený teplotě až 800°C, při ztotožňování pachu vystaveného teplotě 900°C již řada psů chybovala a pach vystavený teplotě 1000°C nebyl schopen ztotožnit žádný pes.

Diskuse a závěr: Výsledky experimentu prokazují pozoruhodnou odolnost lidského pachu vůči vysokým teplotám. Jde o velmi překvapivé zjištění, které není v souladu s hypotézou a vlastnostmi chemických látek analyzovaných z lidského pachu.

2.4 Individual human odor fallout as detected by trained canines

Autoři: Vyplelová P., Vokálek V., Ludvík P., Pacáková Z., Bartoš L., Santariová M., Čapková Z.

Zdroj: Forensic Science International

Cíl: Ověřit možnost vytvoření pachové stopy bezkontaktním způsobem.

Hypotéza: Množství uvolněného pachu s ruky držené nad textilním pachovým nosičem bude dostatečné pro následnou komparaci pomocí speciálně vycvičených psů.

Materiál a metody: Tělesný pach byl odebírán z těla a rukou sedmi osob. Levá ruka sloužila jako kontrolní pach, pravá ruka jako pach cílový. Po dobu třech minut měla každá osoba levou ruku položenou na textilii a pravou ruku držela 5 cm nad textilií. Speciálně vycvičení psi během pachové komparace ztotožňovali pach zajištěný s těla osob s pachem odebraným s rukou.

Výsledky: Dvě feny provedly čtrnáct ztotožnění a ve všech případech správně označily cílový pach binomický test, n = 28, P = 0,000000007).

Diskuse a závěr: Výsledky experimentu potvrdily hypotézu, že pachový spad z ruky se uvolňuje v dostatečném množství pro to, aby ho byli speciálně vycvičení psi schopni ztotožnit, a že pachovou stopu lze vytvořit bezkontaktním způsobem.

Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody

Ing. Milena Santariová
Bc. Andrea Písaříková
Česká zemědělská univerzita v Praze
JUDr. Martin Kloubek Ph.D.
Policejní akademie ČR v Praze
Ing. Petra Vyplelová
Ing. Ludvík Pinc
Česká zemědělská univerzita v Praze

Úvod

Úvodem je nutno uvést, že kriminalistická olfaktorika je v současnosti jako důkazní prostředek[1] nejmladším oborem kriminalistické techniky. Využívání policejních psů ke speciálním pachovým pracím má, z hlediska moderní vědecké kriminalistiky, sice již více než stoletou tradici, avšak do relativně nedávné doby byla olfaktorika využívána pouze jako operativně pátrací prostředek k vyhledávání kriminalistických důkazů a v důsledku toho náležela do oboru kriminalistické taktiky. Emancipace kriminalistické olfaktoriky jako důkazního prostředku má historii mnohem kratší, trvá necelých dvacet let. Historii využívání kriminalistické olfaktoriky jako důkazního prostředku na našem území lze de facto datovat odtajněním služebního předpisu, kterým byla směrnice Federálního ministerstva vnitra ČSSR..[2]

Kriminalistická olfaktorika je aktivně využívána většinou evropských států. Národní kriminalistiky jednotlivých států se však dosud liší v metodice jejího provádění. Rovněž stupeň věrohodnosti z hlediska justičních orgánů různých států je posuzován různě. Na relativně nejvyšší úrovni je podle názoru autorů kriminalistická olfaktorika ruská. Britská justice je v tomto ohledu naopak velmi konzervativní a jako jediná v Evropě kriminalistickou olfaktoriku stále vnímá pouze jako operativně pátrací prostředek, což je předmětem kritiky britských kriminalistů.

[1] viz například nálezy Ústavního soudu I. ÚS 394/97 a II. ÚS 418/99
[2] viz č.j. VB/F 021/R-77 Směrnice pro využívání pachových konzerv ve Sboru národní bezpečnosti

Před dalším výkladem považujeme za nutné uvést, že kriminalistická olfaktorika, jako relativně nový obor, postupně konstituuje svůj odborný pojmový aparát. Policejní praxe dosud používá pojem metoda pachové identifikace, zkratkou MPI. Z hlediska vědeckého vyjadřování je však tento pojem nepřípustně zjednodušující. Správně by měl být použit pojem: Kriminalistická komparativní metoda individuální pachové identifikace osob prostřednictvím speciálně vycvičeného psa. Používání takovéhoto popisného pojmu by bylo zjevně nepraktické. V české i zahraniční odborné literatuře je proto používán pojem složený z latinského základu, kterým je kriminalistická olfaktorika.[3]

Aktuálně je kriminalistická olfaktorika definována takto.

Kriminalistická olfaktorika je metodou kriminalistické techniky sloužící k individuální identifikaci konkrétní osoby mající vztah k události, která je předmětem trestního řízení, a to prostřednictvím touto osobou vytvořené pachové stopy. Každý člověk zanechává svojí pachovou stopu jako hmotný odraz své činnosti na místech svého doteku, pohybu nebo pobytu vždy, a to nezávisle na své vůli. Olfaktorická metoda pachové identifikace je založena na poznání, že každý člověk je nositelem individuálního pachu, který je geneticky podmíněn a je stálým projevem jeho životních funkcí. Zjišťování toho, zda má konkrétní osoba vztah k události, jež je předmětem trestního řízení, provádí se porovnáváním pachových stop a vzorků pachu prověřovaných osob, které jsou fixovány v pachových konzervách. Olfaktorické porovnávání pachů provádí se s využitím čichových vlastností speciálně vycvičeného psa.

Mnohé orgány činné v trestním řízení, zejména pak řada soudců, staví se dosud k využívání kriminalistické olfaktoriky s určitou nedůvěrou. Nejde pouze o tradiční rigidně konzervativní přístup justice k novým kriminalistickým metodám, ale významnou roli hraje také skutečnost, že se v českých poměrech kriminalistická olfaktorika po určitou dobu opírala převážně o poznatky sice prověřené, ale pouze empirické. Ověřovací pokusy byly zpočátku prováděny jenom v rámci policejní kynologie a nebyly používány standardní metody aplikovaného vědeckého výzkumu. Určitý obrat nastal před dvěma lety, kdy byly Centrem pro výzkum chování psů České zemědělské univerzity v Praze ve spolupráci s Policejním prezidiem ČR a Policejní akademií ČR v Praze zahájeny jak výzkumné, tak ověřovací pokusy aplikovaného vědeckého výzkumu. V tomto článku bychom chtěli zveřejnit výsledky jednoho z těchto pokusů.

[3] olfacio = čichám, faktor = činitel nebo zprostředkovatel (působící v procesu - ději)

Předmětem dílčího výzkumného úkolu bylo zjistit, zda a za jakým podmínek může přetrvat pachová stopa na předmětu umístěném do proudící vody. Je známo, že se pachatelé doličné předměty, zejména zbraně a nástroje používané k vloupání snaží ukrýt jejich vhozením do vodního toku.
Otázka je stále aktuální. Jeden z autorů se s takovou otázkou nedávno setkal v postavení soudního znalce. K tomu viz následující kasuistiku.

J. S. měl ve smyslu obžaloby dne 25. 2. 2011, na katastru obce H. v okrese Uherské Hradiště, svého strýce P. U. udeřit do hlavy cihlou, v důsledku čehož P. U. dne 16. 3. 2011 v nemocnici na ARO zemřel. Policejní výjezdová skupina při ohledání místa činu našla poblíž místa činu v Hradčovickém potoce doličný předmět, kterým byla cihla použitá k brachiálnímu útoku. Při ohledání místa činu byl z cihly sejmut otisk pachové stopy. Při pachové komparaci bylo zjištěno, že se jedná o pachovou stopu obsahující individuální pach obžalovaného J. S. Mezi důležité otázky obhajoby náležel také dotaz, zda, a jak dlouho se pachová stopa může udržet na doličném předmětu ponořeném v proudící vodě. Zde nestačí, aby se znalec odkázal na vlastnosti pachové stopy, mezi které náleží to, že odoranty jsou málo polární a lipofilní, ale aby se mohl odkázat rovněž na výsledky konkrétního pokusu.
A právě výsledky dále popsaného pokusu přispěly k tomu, že znalec mohl své závěry opřít o konkrétní fakta, nikoli pouze o empirické poznatky policejní kynologie.

Každé lidské tělo je zcela jedinečným zdrojem specifického pachu. Přesto že vznik lidského pachu není stále zcela objasněn, má se za to, že jde o výsledek metabolických a hormonálních procesů, sekreční činnosti podkožních žláz a mikrobiální degradací kožních sekretů [4]

Na složení individuálního tělesného pachu působí řada faktorů. Určitá složka pachu zůstává během života neměnná, další složky mohou být ovlivňovány podmínkami vnějšího a vnitřního prostředí organismu. Na základě této skutečnosti používá Curran[5] terminologii, kterou diferencuje lidský pach na tzv. primární, sekundární a terciární.

"Primární pach" obsahuje složky, které jsou v průběhu času stabilní bez ohledu na změny vnitřního nebo vnějšího prostředí. Jedná se o geneticky ovlivněné složky pachu. Primární pach souvisí do značné míry také s pohlavím a plemennou příslušností člověka. Ženy mají

[4] KUSANO M, MENDEZ E , FURTON KG. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2011, 400: 1817-1826..
[5] CURRAN AM, RABIN SI , FURTON KG. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Communications*, 2005, 7: 1-10.

například méně potních žláz a každá z nich vyprodukuje méně potu než potní žláza mužů. Rozdíly v intenzitě pachu byly dále zjištěny mezi černochy, Asiaty a Evropany [6][7]

"Sekundární pach" obsahuje složky, které jsou ovlivněné:

- Změnami vnějšího prostředí - změny teploty vzduchu, typ stravy, profesní nebo místní expozice, požívání tabáku, alkoholu, léků, drog a další.
- Změnami vnitřního prostředí - oslabení imunitního systému, nemoc, psychický a emoční stav, stádium menstruačního cyklu[8].

"Terciární pach" obsahuje složky, které na rozdíl od předchozích zmíněných nejsou endogenního původu, ale pochází z vnějších zdrojů. Mohou to být nejrůznější hygienické a kosmetické přípravky, (parfémy, mýdla, prášky na praní atd.)[5], pachy okolního prostředí, či pachy jiných osob[8].

Významným zdrojem pachových stop, které člověk zanechává při kontaktu se svým okolím, je kůže[9]. V kůži nalézáme tři typy kožních žláz, jejichž sekrety významně přispívají ke vzniku lidského pachu. Jedná se o žlázy ekrinní, apokrinní a sebaceální[10].

Ekrinní žlázy se nacházejí na celém těle člověka[11],[12] Největší hustoty dosahují v podpaží, na čele, chodidlech a na dlaních[710], což je z hlediska olfaktoriky velice důležité neboť rukama přichází člověk do kontaktu se svým okolím[9]. Jejich sekretem je pot, čistý vodnatý roztok, hrající hlavní v roli v procesu termoregulace[7].

Apokrinní žlázy se vyskytují pouze v některých oblastech, zejména v tzv. axilárních oblastech[11], dále pak v oblasti prsních bradavek, pupku, genitálií a řitního otvoru[7]. Tyto žlázy začínají být aktivní až v období puberty a jejich funkce pak dále přetrvává bez ohledu na přítomnost pohlavních hormonů. Apokrinní sekret je hustá olejová substance bílé až šedé barvy[12].

---

[6] BAKER JR. *Races*, Oxford: Oxford University Press, 1974. 978-0-936396-04-0
[7] SYROTUCK WG. *Scent and Scenting Dog*, Pensilvanina, 2000. 0-9700494-2-0
[8] DRÁBEK J. Genetický základ lidského pachu *Pokroky v kriminalistice*. Policejní akademie Čr v Praze, 2010.+
[9] STRAUS J, KLOUBEK, M. *Kriminalistická odorologie*: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. 8073802384
[10] RAMOTOWSKI RS. *Composition of latent print residue.*, Boca Raton, Florida: CRC, 2001. 63-104 s.
[11] NICOLAIDES N. Skin lipids: Their biochemical uniqueness. *Science* 1974, 186: 19-26.
[12] STODDART DM. *The scented ape*, Cambridge, 1999. O 521037511 8

Sebaceální žlázy můžeme najít kromě dlaní a chodidel na všech místech lidského těla[710]. Většinou bývají vázány na folikuly vlasů a chlupů, do kterých současně ústí. Jejich sekretem je hustý olejnatý maz obsahující glyceridy, volné mastné kyseliny, estery a cholesterol[10].

Nejsvrchnější vrstvu kůže tvoří pokožka (epidermis). Z jejího povrchu se neustále uvolňují odumřelé epiteliální buňky do okolního prostředí tzv. kožní spad. Velikost částice spadu kůže je přibližně 14 mikrometrů a hmotnost 0,07 mikrogramů. Částice spadu je složena z jedné nebo více mrtvých epidermálních buněk, určitého množství kožního sekretu a několika bakterií. Degradační činností těchto bakterií vzniká oblak par, který částice spadu obklopuje[7].

Složení lidského pachu

Velmi podrobné výsledky analýzy lidského pachu přinesly studie Curran et al.[131415]. Analýza chemických látek byla prováděna SPME GC/MS, které se ukázaly být vhodnými metodami pro extrakci, separaci a identifikaci těkavých organických komponent ze vzorků lidského pachu[13 14 15]. Těkavé organické komponenty, byly nejčastěji extrahované ze vzorků pachu zajištěného z axil [5 13] nebo dlaní[14 15]. Na základě funkčních skupin je lze řadit mezi aldehydy, ketony, estery, kyseliny, alkoholy, alkany [13 14 15] aminy, amidy[14]. Curran[14] ve své studii uvádí, že nejvyšší procentuální zastoupení z celkového počtu 63 analyzovaných látek dosahovaly zejména aldehydy, které jsou výsledkem oxidativní degradace jednosytných mastných kyselin[16], a dále pak estery. Nejčetnějšími identifikovanými látkami byly: 2-furankarboxaldehyd, 2-furanmetanol, dekanal, nonanal, fenol a dimetyl ester hexandiové kyseliny.

Ve středním množství byly nalezeny látky: dimetyl ester propandiové kyseliny, 6-methyl-5-hepten-2-on, metyl ester oktanové kyseliny, dodekan, undekanal, 6,10 dimetyl-5,9-undekadien-2-on, tetradekan[14].

Další přítomné látky, vyskytující se v nízkém množství, však též přispívají ke vzniku individuálního lidského pachu[13]. Přehled vlastností nejčetnějších těkavých organických látek viz tab. 2.

---

[13] CURRAN AM, RABIN SI, PRADA PA , FURTON KG. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. *Journal of chemical ecology*, 2005, 31: 1607-1619.
[14] CURRAN AM, RAMIREZ CF, SCHOON AA , FURTON KG. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. *Journal of chromatography B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences*, 2007, 846: 86-97.
[15] CURRAN AM, PRADA PA , FURTON KG. The differentiation of the volatile organic signatures of individuals through SPME-GC/MS of characteristic human scent compounds. *Journal Forensic Science*, 2010, 55: 50-57.
[16] HAZE S, GOZU, Y., NAKAMURA, S., KOHNO, Y., SAWANO, K., HIDEAKI, O., YAMAZAKI, K.,. 2-Nonenal Newly Found in Human Body Odor Tends to Increase with Aging. *Journal of Investigatve Dermatology*, 2001, 116: 520-524.

Ve vzorcích pachu z různých částí těla jedné osoby byly zaznamenány výrazné rozdíly zastoupení VOC. Tyto rozdíly mohou být spojeny lišícím se počtem a typem kožních žláz různých částech těla, a stejně tak s existencí odlišných kmenů bakterií v těchto místech[17].

Výsledky publikovaných studií naznačují, že lidský pach je tvořen velkým množstv těkavých organických komponent a jeho unikátnost pro každého člověka je dá kvalitativními a kvantitativními rozdíly v zastoupení těchto látek[15].

I přes nepopiratelný pokrok, kterého bylo při zkoumání lidského pachu dosaženo, není zcela zřejmé, které sloučeniny se podílejí na vytváření tzv. aktivní pachové signatury, neboli té čá lidského pachu, kterou se řídí psi při pachové identifikaci. Objasněn dosud není ani mechanismus, který psům umožňuje rozlišit od sebe jednotlivé individuální lidské pachy ve směsích.

Tabulka 1:Vlastnosti vybraných chemických látek analyzovaných z lidského pachu

Organická látka	Vzorec	Rozpustnost ve vodě
dimethyl ester kyseliny hexadiové	$C_8 H_{14} O_4$	-
dimethyl ester kyseliny propandiové	$C_5 H_8 O_4$	-
6, 10 dimethyl- 5, 9- undekadien- 2- on	$C_{13}H_{22}O_1$	-
Decanal	$C_{10} H_{20} O$	-
Dodekan	$C_{12} H_{26}$	-
Fenol	$C_6 H_6 O$	+
2 – furankarboxaldehyd	$C_5 H_4 O_2$	-
2 – Furanmethanol	$C_5 H_6 O_2$	+
methyl ester kyseliny oktanové	$C_9 H_{18} O$	-
6- methyl- 5- hepten- 2- on	$C_8H_{14}O_1$	+
Nonanal	$C_9 H_{18} O$	-
Oktanal	$C_8 H_{16} O$	-
Tetradekan	$C_{14} H_3 O$	-
Undekanal	$C_{11} H_{22} O$	-

[17] GALLAGHER M, WYSOCKI, C.J., LEYDEN, SPIELMAN A.L., SUN X, PRETI G. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *The British Journal of Dermatology* 2008, 159: 780-791.

Chemická látka je (+) rozpustná ve vodě, chemická látka není (-) rozpustná ve vodě.

Vlastnosti vody

Voda H_2O je nejrozšířenější sloučeninou kyslíku a současně nejrozšířenější látkou vůbec. Za běžné teploty je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá. Její hustota je při 4 °C = 1,0g.cm $^{-3}$ [18].

Voda je jedním z nejvýznamnějších rozpouštědel. Molekuly vody mají díky svému tvaru a polaritě vazeb mezi kyslíkem a vodíkem silně polární charakter. Voda proto velmi dobře rozpouští látky složené z iontů. Jako rozpouštědlo označujeme látku se schopností rozpouštět (rovnoměrně v sobě rozptýlit částice jiných látek) pevné i kapalné látky, přičemž vznikají homogenní směsi – roztoky [19]. Hlavním úkolem rozpouštědel je vytvořit jednotné chemické a fyzikální vlastnosti v celém svém objemu. Podle polarity lze rozpouštědla dělit na:

a) polární – dobře rozpouští soli nebo jiné polární látky (voda)

b) nepolární – dobře rozpouští nepolární látky (benzen, hexen, dichlormethan)[20].

Mezi dobře rozpustné sloučeniny ve vodě řadíme např.: soli alkalických kovů a amonné soli, cukry, ethanol, dusičnany, octany a chloridy. Naopak mezi málo rozpustné sloučeniny patři křemičitany, uhličitany, fosforečnany a sulfidy[20].

Materiál a metody

K odběru pachu byly použity speciální bavlněné textilie o rozměrech 30x30 cm (obchodní značky ARATEX™). Tato tkanina je používaná v běžné kriminalistické praxi pro odběr pachových stop z místa činu a z těla podezřelých osob.

Tělesný pach, určený k vystavení účinkům proudící vody, byl odebírán na kovové nosiče. Jednalo se o nerezové trubičky délky 100 mm, průměru 12mm a tloušťce stěny 2 mm, které byly omyty silným saponátem v ultrazvukové čističce, opláchnuty a sterilizovány obdobně jako použité nástroje.

Zajištěné pachové vzorky osob byly uchovávány ve sterilních sklenicích uzavřených šroubovacím uzávěrem. Sklenice byly opatřeny identifikačními štítky. S pachovými snímači a sklenicemi bylo manipulováno pouze sterilními kovovými nástroji. Osoby manipulovaly se

[18] HRÁDEK F, KUŘÍK, P. *Hydrologie*, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí, 2008. 280 s. 80-213-0950-4

[19] KRAVČÍK M. *Water for the recovery of the climate*, Praha, 2008. 978-80-89089-71-0.

[20] KLIKORKA J. HB, VOTINSKÝ J., . *Obecná a anorganická chemie*, Praha: SNTL, 1989.

sterilními předměty vždy v bezpudrových latexových rukavicích. Sklenice, víčka a kovové nástroje byly před sterilizací umyty v lázni vody a saponátu. Sterilizace peánů, víček a Aratexů probíhala v autoklávu po dobu hodiny a půl při teplotě 120°C. Sklenice, trubičky i nástroje byly sušeny ve sterilizátoru po dobu 35 min při teplotě 180 °C.

Testované osoby

Do experimentu bylo zapojeno pět experimentálních osob. Jednalo se o muže i ženy ve věku 20 – 25 let. Během experimentu spolu osoby nepřišly do kontaktu a nemohlo tedy dojít ke vzájemné kontaminaci jednotlivých pachových vzorků.

Psi použití v experimentu

K detekci lidského pachu byli použiti psi speciálně vycvičení na metodu pachové identifikace. Vybráno bylo pět fen plemene německý ovčák ve věku 2-5 let. Tři feny pocházely z Centra pro výzkum chování psů (CVCHP), dvě feny od Policie České republiky (PČR) viz

Tabulka 1

Tabulka 2: Psi použití v experimentu

Pes	Věk	Psovod
Goja (CVCHP)	2 roky	Milena Santariová
Helga (CVCHP)	2,5 roku	Petra Vyplelová
Freny (CVCHP)	3 roky	Petra Vyplelová
Netty (PČR)	4 roky	Josef Gerneš
Gája (PČR)	5 let	Václav Vokálek

Vodní prostředí: Jako vhodné prostředí pro účely experimentu byl zvolen Lysolajský potok. Jedná se o 2,1 km dlouhý vodní tok, pramenící v dolní části rokle Housle. Experiment byl uskutečněn v místech, kde se hloubka toku pohybuje okolo 5-6 cm a rychlost proudění vody dosahuje 1,1 l/s. Teplota vody byla přibližně 8 °C.

Postup:

Odběr tělesného pachu

Experimentální vzorek – načichávací

Tělesný pach, který byl později vystaven účinkům proudící vody, byl odebírán na kovové trubičky. K odběru pachu docházelo v terénu u vodního toku. Asistent otevřel skleněnou nádobu, ve které byla umístěna kovová trubička. Experimentální osoba tuto trubičku vyjmula a pevně ji svírala v dlani po dobu jedné minuty. Po uplynutí dané doby osoba odhodila trubičku do potoka. Asistent po 60 minutách vyjmul sterilním peánem trubičku z vodního prostředí a umístil ji do nové skleněné nádoby se speciální textilií (dále jen ARATEX). Trubičku při vkládání několikrát o ARATEX otřel a skleněnou nádobu bezprostředně poté uzavřel šroubovacím uzávěrem. Vzorek pachu byl ve skleněné nádobě uchován po dobu čtyřiceti minut. Poté asistent odšrouboval uzávěr, sterilním peánem vyjmul ARATEX a zavěsil ho do čisté, vydesinfikované, větrané místnosti, kde byl ARATEX po dobu 24 hodin ponechán volně oschnout.

Srovnávací - Cílový vzorek v řadě

Srovnávací pachový vzorek byl odebírán vždy sedm dní po odběru cílového vzorku. Tento interval byl určen z důvodu co největšího přiblížení se praxi Policie České republiky, kdy od sejmutí pachové stopy z předmětu po odebrání pachového vzorku z těla osoby uplyne obvykle nejméně několik dní. Rovněž v tomto případě byl k odběru pachu použit ARATEX. Osoba byla nejprve poučena o manipulaci se sterilními nástroji a o metodice odběru pachu. Během odběru tělesného pachu bylo nutné zabránit možné kontaminaci vzorku pachem jiné osoby, proto byla experimentální osoba ponechána v místnosti o samotě. Odběr byl prováděn v domácím prostředí osoby, aby nemohlo dojít k pachové spojitosti experimentálního a cílového vzorku způsobenou pachy prostředí. Experimentální soba si sterilním peánem vložila textilii pod oblečení v oblasti trupu. Po uplynutí dvaceti minut si tkaninu peánem vyjmula a vložila do sklenice, kterou ihned uzavřena šroubovacím uzávěrem.

Doplňkové vzorky

Doplňkové pachové vzorky slouží k doplnění pachové řady, ve které pes vyhledává cílový vzorek. Tyto pachy by měli být podobného charakteru jako pach cílový. Vzhledem k tomu byl odběr pachu zajišťován stejným způsobem jako odběr cílového pachu. Pachové vzorky byly zajišťovány od osob podobného věku, pohybujících se v podobném prostředí jako experimentální osoby.

Všechny sklenice byly po odběru označeny štítky pouze čísly, aby psovodi provádějící srovnání, nebyli schopni sami identifikovat, které pachy k sobě patří. Zajištěné pachy byly

následně převezeny do středisek MPI, kde probíhalo ověření schopnosti psů detekovat pach vystavený účinkům proudící vody.

Ztotožňování pachů:

Realizace experimentu – různá pracoviště MPI

Experiment byl zrealizován na třech různých pracovištích (Výcvikové středisko sl. psů Policejního prezídia v Plzni, Středisko pachové identifikace v Brně a Centrum pro výzkum chování psů při České zemědělské univerzitě v Praze).

1) Náhodná zajímavost

Před samotným experimentem byl proveden tzv. „test náhodné zajímavosti" pachových vzorků. K testu se přistupuje vždy a jeho účelem je zjistit, zda není experimentální vzorek sám o sobě pro psa zajímavý a pes jej proto nebude označovat. Pes nejprve porovná pachové vzorky nesouvisející s případem. Ztotožňovaný pachový vzorek je v řadě vzorků umístěn až za vzorek experimentální. Pes má provést bezchybné ztotožnění vzorků, aniž by zareagoval na experimentální vzorek. Tímto testem se navíc ověřují identifikační schopnosti psa.

K experimentu byli připuštěni pouze ti psi, kteří test náhodné zajímavosti splnili.

Vlastní experiment

Po úspěšně provedeném testu náhodné zajímavosti dostal pes načichat pach, který byl vystaven účinkům proudící vody tj. experimentální vzorek. Srovnávací neboli cílový vzorek byl umístěn do řady dalších šesti klamných pachů. Psi označovali cílový vzorek naučeným způsobem, což bylo v našem případě sednutí nebo lehnutí. Podle dosavadního způsobu výcviku pracovali někteří psi na volno a někteří na vodítku. Každý pes provedl ztotožnění pachových vzorků třikrát po sobě. Po každém pokusu byla pozice srovnávacího vzorku změněna. Pozice byla náhodně volena a psovodi o ní nebyli předem informováni. Eliminovala se tak možnost, že by psovod ovlivnil práci psa a výsledek experimentu.

Výsledky

V experimentu bylo použito 5 fen. Čtyři feny ve všech třech pokusech bezchybně ztotožnily načichávaný pach s pachem cílovým. Pátá fena správně označila cílový vzorek pouze dvakrát a jednou vzorek přešla.

Tabulka 3: Výsledky ztotožňování pachů

	1. pokus	2. pokus	3. pokus
Freny	+	+	+
Helga	+	+	+
Goja	+	+	-
Netty	+	+	+
Gája	+	+	+

Pes cílový pach označil +. Pes cílový pach neoznačil -.

Vzhledem ke skutečnosti, že v každém testování bylo možno dosáhnout pouze výsledku + / - (viz Tabulka 3), byl k vyhodnocení vybrán pomocný binominální znaménkový test. Pro výpočet byl použit GraphPad Software od GraphPad Software Inc. (http://www.graphpad.com/quickcalcs).

Celkový počet pokusů – 15

Počet úspěšných pokusů – 14

Počet neúspěšných pokusů – 1

Výsledky nevykazovaly variabilitu na hladině významnosti $P < 0,01$.

Závěr

Důležitou roli v úspěšném použití metody pachové identifikace hraje znalost chemických vlastností lidského pachu a dále znalost vlivů, které mohou kvalitativní a kvantitativní charakter pachových stop negativně ovlivnit.

Již dřívější studie naznačují, že lidský pach je neobyčejně odolný vůči fyzikálním a chemickým vlivům [21] [22] [23]. Bylo prokázáno, že psi dokáží detekovat lidský pach, vystavený takovým extrémním mechanickým a tepelným podmínkám, jako je výbuch improvizovaných výbušin. Výsledky dosud nepublikovaného experimentu naznačují, že lidský pach vystavený

[21] Curran AM, Prada PA , Furton KG. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. Forensic Science International, 2010, 199: 103-108.
[22] Santariová M. Schopnost psů, speciálně vycvičených na metodu pachové identifikace, detekovat individuální lidské pachy, poté co byly vystaveny vysokým teplotám Diplomová práce. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011.
[23] Schoon GAA, Haak, R. K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line - Ups, Canada: National Library of Canada in Publication Data, 2002. 1-55059-233-5

teplotě 800 °C po dobu 30 min je stále ještě způsobilý k individuální identifikaci pomocí speciálně vycvičených psů.

V otázce odolnosti lidského pachu účinkům vody je nutné vycházet z chemické podstaty látek, které byly doposud analyzovány ze vzorků získaných z axilárních oblastí a dlaní. Jedná se zpravidla o slabě polární částice, které jsou dobře rozpustné v tucích, ale jen špatně ve vodě viz

Tabulka 1. Ukázalo se, že odstranit lidský pach, je vzhledem k povaze těchto částic možné použitím prostředků rozpouštějící tuky, ale ne pouhou vodou.

Závěry této studie jsou rovněž v souladu s poznatky psovodů, kteří pracují na Střediscích pachové identifikace. V minulosti již bylo zajišťování pachů z předmětů vytažených z vody prováděno, avšak reliabilita následné pachové identifikace nebyla ověřena kontrolovaným experimentem.

Autoři jsou si vědomi toho, že z kriminalistického hlediska by bylo vhodnější nejdříve trubičku usušit a posléze sejmout pachový vzorek. Při postupu, kdy je trubička otřena Aratexem, který je následně sušen, dochází ke zničení důležitých kriminalistických stop, jako jsou například otisky prstů. Tento experiment však neměl být návodem pro kriminalistické techniky, jak správně snímat pachové vzorky z předmětů vytažených z vody. Jeho cílem bylo pouze prokázat odolnost lidského pachu proti účinkům proudící vody.

Literatura

BAKER JR. *Races*, Oxford: Oxford University Press, 1974. ISBN: 978-0-936396-04-0

CURRAN AM, PRADA PA , FURTON KG. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. *Forensic science international*, 2010, 199: 103-108.

CURRAN AM, PRADA PA , FURTON KG. The differentiation of the volatile organic signatures of individuals through SPME-GC/MS of characteristic human scent compounds. *Journal Forensic Science*, 2010, 55: 50-57.

CURRAN AM, RABIN SI , FURTON KG. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Communications*, 2005, 7: 1-10.

CURRAN AM, RABIN SI, PRADA PA , FURTON KG. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. *Journal of chemical ecology*, 2005, 31: 1607-1619.

CURRAN AM, RAMIREZ CF, SCHOON AA , FURTON KG. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. *Journal of chromatography B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences*, 2007, 846: 86-97.

DRÁBEK J. Genetický základ lidského pachu *Pokroky v kriminalistice*. Policejní akademie Čr v Praze, 2010.

GALLAGHER M, WYSOCKI, C.J., LEYDEN, SPIELMAN A.L., SUN X, PRETI G. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *The British Journal of Dermatology*. 2008, 159: 780-791.

HAZE S, GOZU, Y., NAKAMURA, S., KOHNO, Y., SAWANO, K., HIDEAKI, O., YAMAZAKI, K.,. 2-Nonenal Newly Found in Human Body Odor Tends to Increase with Aging. *Journal of Investigatve Dermatology*, 2001, 116: 520-524.

HRÁDEK F, KUŘÍK, P. *Hydrologie*, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí, 2008. 280 s. 80-213-0950-4

KLIKORKA J. HB, VOTINSKÝ J., . *Obecná a anorganická chemie*, Praha: SNTL, 1989.

KRAVČÍK M. *Water for the recovery of the climate*, Praha, 2008. ISBN: 978-80-89089-71-0.

KUSANO M, MENDEZ E , FURTON KG. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2011, 400: 1817-1826.

NICOLAIDES N. Skin lipids: Their biochemical uniqueness. *Science* 1974, 186: 19-26.

RAMOTOWSKI RS. *Composition of latent print residue.*, Boca Raton, Florida: CRC, 2001. 63-104 s.

SANTARIOVÁ M. Schopnost psů, speciálně vycvičených na metodu pachové identifikace, detekovat individuální lidské pachy, poté co byly vystaveny vysokým teplotám *Diplomová práce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011.

SCHOON GAA, HAAK, R. *K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line - Ups*, Canada: National Library of canada in Publication Data, 2002. ISBN: 1-55059-233-5

STODDART DM. *The scented ape*, Cambridge, 1999. ISBN: 0 521037511 8

STRAUS J, KLOUBEK, M. *Kriminalistická odorologie*: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. 8073802384

SYROTUCK WG. *Scent and Scenting Dog*, Pensilvanina, 2000. ISBN: 0-9700494-2-0

R E S U M É

V policejní praxi se často vyskytují případy, kdy je nutno zajistit doličné předměty z vody. Článek se zabývá možností sejmout z takových předmětů pachovou stopu a schopností speciálně vycvičených psů, takový pach později porovnat s pachem zajištěným z těla podezřelé osoby. V průběhu kontrolovaného experimentu bylo potvrzeno, že pach na předmětech odhozených do vody může přetrvat a být později použit k pachové identifikaci.

Klíčová slova: pachová identifikace, voda, předmět doličný, lidský pach

S U M M A R Y

The need to recover evidence from water is quite common in criminal investigation. The article deals with the possibility to collect human scent from such objects and with the ability of specially trained canines to match such scent samples with scent samples collected from detained suspects. During an experiment, designed as a blind one, it has been proved, that human scent can survive on submerged objects and can be later used for scent identification.

Key words: scent identification, water, evidence, human scent

Schopnost psů ztotožnit lidský pach vystavený parní sterilizaci

doc. JUDr. Martin Kloubek, Ph.D.
Fakulta bezpečnostně právní Policejní akademie ČR v Praze
Katedra kriminální policie

Ing. Ludvík Pinc, Ph.D.
Ing. Milena Santariová
Ing. Petra Vyplelová, Ph.D.
Ing. Zuzana Čapková, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra obecné zootechniky a etologie
Centrum pro výzkum chování psů

abstrakt

Pachová identifikace osob s využitím speciálně vycvičených psů je policejně-kriminalistickou praxí označována pojmem metoda pachové identifikace, (zkratka MPI) a vědeckou kriminalistikou pojmem kriminalistická olfaktorika. Tato identifikační metoda vychází z předpokladu, že každý člověk je nositelem relativně stálého individuálního tělesného pachu. Speciálně vycvičení psi porovnávají pach odebraný z místa činu, nebo z jinak získaného doličného předmětu s pachem prověřované osoby v řadě doplňujících[1] pachových konzerv. K odběru pachových stop je u Policie ČR běžně využívána speciální textilie s obchodním názvem ARATEX®. Před použitím je textilie vždy ošetřena procesem parní sterilizace a po použití bývá zlikvidována. Cílem této studie bylo ověřit, zda je parní sterilizace dostatečně účinným procesem pro odstranění pachu, který již difúzně pronikl do struktury pachového snímače. Tedy, zda by bylo možno použít ARATEX po sterilizaci k snímání otisků pachových stop (zkratka OPS) a k odebírání pachových vzorků osob (zkratka PVO) opakovaně. V průběhu experimentu byly pokusným osobám PVO odebírány z oblasti trupu. Nejprve byly odebrány PVO určené k parní sterilizaci, a ty

[1] pachová konzerva doplňující je pachová konzerva, která neobsahuje pach související s porovnávaným případem

pak sloužily jako pach načichávací. O několik dní později byly odebrány PVO, které neprocházely procesem sterilizace a ty pak sloužily jako pachy cílové. Pachová komparace byla uskutečněna se čtyřmi speciálně vycvičenými fenami plemene německý ovčák. Z 24 pokusů bylo 16 úspěšných a 8 neúspěšných. Pro statistické vyhodnocení byla použita Bernoulliho pravděpodobnost. Výsledky potvrdily, že psi jsou schopni ztotožnit pach prošlý procesem parní sterilizace.

Scent identification line-ups, performed by specially trained dogs is a forensic method used in the process of criminal investigation to match odor samples collected at the crime scene, or from the Corpus Delicti, with an odor collected from the detained suspect. The method is based on the presumption that every human being has relatively stable individual odor. During the intrinsic scent identification dogs sniff to the starting odor which can be either the crime scene odor or the sample collected from the suspect and are supposed to match it with the corresponding odor placed in the line-ups comprising the target odor as well as complementary odors of similar character. To collect odors the Czech Republic Police use special fabric sorbents manufactured under the registered mark ARATEX®. Before use the fabric sorbent is treated by water vapor sterilization. After the scent identification the sorbent is destroyed. The goal of our study was to verify if the vapor sterilization is effective enough to remove human scent that has already penetrated into the sorbent structure or in other words if the sorbent can be exposed to vapor sterilization and then used again. In the experiment odor samples were collected from the trunks of experimental subjects. The samples used later as starting odors were collected first and then treated by vapor sterilization. After couple a days the complementary odors as well as the target odors were collected using the same scenario as used in starting odors however without the exposure to vapor sterilization. Four specially trained female German Shepherds were later used to match starting odors with target odors in the line-ups. The dogs performed 24 matches in total. Out of 24 trials the dogs alerted correctly 16 times while 8 times they passed the target odor without any response. The results evaluated statistically by Bernoulli probability show that dogs are able to correctly match human odors even after they have being exposed to vapor sterilization.

ÚVOD

Řada studií potvrzuje, že psi díky svým vynikajícím čichovým schopnostem dovedou rozlišit jednotlivé osoby na základě jejich individuálního pachu (Kalmus et al., 1955, Schoon et al., 1994, 1998, Vyplelová et al, 2014). Vznik lidského pachu, ani jeho kompletní složení není v současné době zcela známo. Pravděpodobně se jedná o výsledek kombinace tělesného metabolismu, sekretů kožních žláz, hormonálního systému a interakcí reziduálních kožních bakterií (Kusano et al., 2011). Z lidského těla se uvolňuje velké množství těkavých organických sloučenin (zkratka VOC)[2]. Tyto sloučeniny lze na základě funkčních skupin rozdělit na alkany, organické kyseliny, aldehydy, ketony, alkoholy a estery mastných kyselin (Curran et al., 2005, Curran et al., 2007, Curran et al., 2010).

Chemické složení lidského pachu již delší dobu vzbuzuje intenzivní zájem vědců různých vědních oborů. V první řadě je nutno zmínit oblast medicíny, kde mohou být těkavé organické sloučeniny využívány jako diagnostický ukazatel řady onemocnění (Dallinga, 2009). Znalost odorantů lidského těla může mít ale i komerční význam. V kosmetickém průmyslu hraje například důležitou roli při tvorbě designu parfémů nebo deodorantů (Behan, 1996). V neposlední řadě se nabízí možnost využívat znalost pachového profilu člověka jako identifikačního prostředku v oblasti kriminalistiky (Dormont, 2013).

Tématu složení lidského pachu je v poslední době věnována značná pozornost (Bernier, 2000, Curran et al., 2005, Curran et al., 2007, Gallagher, 2008, Curran et al., 2010). Chemickým analýzám byl podroben například pach kůže různých částí lidského těla (Zeng et al., 1991, Zeng et al., 1996, Curran et al., 2005, Gallagher, 2008), pach dechu (Phillips, 1999), nebo také pach moči a krve (Kusano, 2013). Z hlediska kriminalistiky jsou zajímavé studie, při kterých byl analyzován pach vylučovaný z dlaní, neboť právě rukama přichází člověk nejčastěji do kontaktu s okolním prostředím (Straus et Kloubek, 2010). V mnoha případech se vědci zaměřili přímo na stanovení pachového profilu jednotlivce (Curran, et al., 2005, Penn et al. 2007). Jako nejvhodnější metoda pro separaci a identifikaci VOC se ukázala být SPME – GC/MS. V současné době bylo ze vzorků lidského pachu izolováno a

[2] Z anglického volatile organic compounds – těkavé organické sloučeniny

identifikováno přes 400 VOC, avšak studie, ve kterých bylo použito headspace metody pro analýzu VOC vylučovaných kůží při teplotě lidského těla, uvádí výskyt pouze 20 – 90 látek, které jsou považovány za primární složku pachu (Dormont, 2013). Na základě výsledků chemických analýz víme, že existují kvantitativní i kvalitativní odlišnosti u jednotlivých osob (Curran et al., 2005, Penn, 2007). Lze tedy tvrdit, že každý člověk má specifický pachový profil, který je v oboru fyzikálně chemickém označován jako pachová signatura (Penn et al., 2007).

Na základě více než stoleté empirie a výsledků dosavadních pokusů se předpokládá, že individuální tělesný pach je geneticky determinován. Výsledky studií potvrdily, že rozlišit jednovaječná dvojčata je pro psy mnohem obtížnější než rozlišit nepříbuzné jedince (Sommerville et al., 1990, Harvey et al., 2006). Někteří autoři uvažují o vztahu mezi individuálním tělesným pachem a polymorfním komplexem genů MHC – major histocompatibility komplex (Wedekind et al., 1995, Penn et Potts, 1998). Jedná se o několik typů transmembránových glykoproteinových komplexů nacházející se na vnější straně plazmatické membrány, které jsou základem pro rozpoznání vlastních a cizích protilátek pomocí imunitního systému (Kubišta, 1998). Studie prováděné na myších prokázaly, že jedinci při výběru sexuálního partnera preferují protějšky s odlišnými MHC geny[3] (Yamazaki et al., 1990, Wedekind et al., 1995, Penn et Pott 1998 b, Wedekind et Penn, 2000).

Člověk zanechává pachovou stopu na všech místech svého pobytu. Primárně jde o pachovou stopu vytvořenou kontaktně, nebo vytvořenou sekundárně spadem mikrostop z těla člověka, které se stávají zdrojem odorantů. Člověk zanechává svoji pachovou stopu jako hmotný odraz své činnosti nezávisle na svojí vůli. (Straus et Kloubek, 2010). Takto vzniklé pachové stopy jsou předmětem zájmu kriminalistů, kteří se zabývají metodou pachové identifikace pomocí speciálně vycvičených psů. Důležitou roli v úspěšném použití této metody hraje jednak znalost fyzikálně chemických vlastností pachových stop, konkrétně jejich stabilita, a dále i znalost vlivů, které mohou pachové stopy změnit, nebo zcela zničit. V otázce odolnosti lidského pachu je nutno vycházet z chemické podstaty látek, které byly doposud analyzovány ze vzorků lidského pachu. Jedná se zpravidla o slabě polární částice,

[3] Struktury MHC komplexů jsou geneticky podmíněné. U člověka jsou geny pro MHC označované jako HLA a nachází se na krátkém raménku chromozomu 6. Jedná se o rozsáhlou část DNA čítající okolo čtyř milionů párů bází, která obsahuje přes 200 kódujících míst.

které jsou lipofilní (dobře rozpustné v tucích), ale jen špatně ve vodě. To potvrdila studie realizovaná v Centru pro výzkum chování psů při České zemědělské univerzitě v Praze, jejímž cílem bylo ověřit odolnost lidského pachu vůči proudící vodě.

Schopnost psů rozlišovat pachy lidí byla dokumentována před více než sto lety (Romanes, 1887). Počátky metody pachové identifikace spadají do 30. let 19. století. V té době se pachová identifikace prováděla následovně: Věc, kterou podle předpokladu policie nebo četnictva pachatel ztratil, odhodil nebo uschoval, byla předložena k načichání psovi, který pak podle načichaného pachu hledal osobu v řadě mezi figuranty. Později byly drobnější předměty vkládány na doporučení jednoho z otců moderní kriminalistiky profesora Hanse Grosse do skleněných lahví, a ještě později byly do skleněných lahví konzervovány také pachy osob. Pes měl značit osobu štěkáním, pokud ztotožnil načichaný pach, přičemž psovod věděl, kdo je podezřelý (Schoon et Haak, 2002). Gross, byl pravděpodobně první, kdo navrhl zajišťování pachu z místa činu a jeho uchovávání ve vzduchotěsných skleněných lahvích ve své knize: "Handbuch fur Untersuchungsrichter als der Kriminalist" (1893).

Od způsobu pachové identifikace“ in natura“ bylo postupně upuštěno, neboť existoval předpoklad, že pes reaguje nejen na individuální pach člověka, ale i na změny ve fyziologických procesech, kterými osoby reagovaly na stresovou situaci. Ve čtyřicátých letech pes in natura, mezi různými předměty od několika osob, identifikoval doličný předmět, u kterého existoval předpoklad, že může pocházet z majetku podezřelého. Takovým předmětem byly zpravidla boty, oděv, kapesníky a podobně (Schoon et Haak, 2002). V 60. letech 20. století byly při odorologických pokusech předměty nahrazeny hliníkovými trubkami, které sloužily jako nosiče pachové stopy. V té době již psovod nevěděl, kde je umístěn pachový vzorek podezřelého a tím pádem nemohl ovlivnit výkon psa. Později byly hliníkové trubky vyměněny za odolnější trubky ocelové s leštěným povrchem, které jsou v policejně kriminalistické praxi některých zemí používány do současnosti. (Schoon, 2002). V některých zemích, mimo jiné i v České republice, se místo trubek dosud používá jako pachový snímač speciální textilie. V policejně-kriminalistické praxi Police ČR se

podle závazného pokynu[4] dosud používá textilie s obchodním názvem ARATEX® pro jednorázové snímání OPS i jednorázový odběr PVO. Před použitím textilní snímač prochází procesem parní sterilizace. Z hlediska úspory se proto nabízí otázka, zda by bylo možné tuto textilii používat opakovaně a omezit finanční výdaje spojené s opakovaným nákupem nových textilních snímačů.

METODIKA PROVEDENÍ POKUSU

Materiál

Tělesný pach byl odebírán pomocí speciální textilie obchodní značky ARATEX®. Jedná se o běžně využívaný snímač pachových částic v policejně kriminalistické praxi. Tato textilie je tvořena ze 75% bavlnou a z 25% viskózou. Pro účely pokusu byly použity čtverce o rozměrech 30x30 cm standardně využívané v kriminalisticko-policejní praxi.

Textilní snímače byly skladovány ve sterilních sklenicích uzavíratelných šroubovacím víčkem a manipulováno s nimi bylo pomocí peánů a pinzet. Osoby, které manipulovaly se vzorky, vždy používaly nitrilové rukavice.

Proces parní sterilizace probíhal v autoklávu WiseClave^{R}WAC od firmy Wind „Daihan“. Jedná se o plně automatický sterilizátor s parním kondenzačním mechanizmem, dvěma drátěnými koši, s provozní teplotou do 132°C, max. 2Kgf/cm^2, objemový typ WAC-60 lit. Rozměry: vnitřní průměr 350xh650 mm, vnější 680x470x900 mm.

Zvířata

Pokus byl realizován se čtyřmi fenami plemene německý ovčák z Centra pro výzkum chování psů při České zemědělské univerzitě v Praze. Věk fen se pohyboval od dvou do šesti let a na metodu pachové identifikace byly využívány po dobu jednoho roku až pěti let.

Odběr pachových vzorků

Odběr pachových vzorků probíhal ve dvou etapách. V první etapě byly odebrány PVO určené k parní sterilizaci. Tyto vzorky pak sloužily při pachové

[4] Pokyn č. 9 ze dne 1. července 2009 ředitele Ředitelství služby pořádkové policie Policejního prezidia České republiky, kterým se stanoví postup policistů na úseku činnosti služební kynologie.

komparaci jako pach porovnávací. Odběr probíhal ve speciální místnosti určené pro odběr pachů. Asistent vyjmul pomocí peánu textilii ze sklenice a vložil jí pokusné osobě pod oděv na holou kůži v oblasti hrudníku. Po dvaceti minutách vyjmul asistent textilii pokusné osobě zpod oděvu a vložil ji zpět do sklenice. Sklenici bezprostředně poté uzavřel.

Během procesu parní sterilizace byly dodržovány stejné postupy jako v kriminalistické praxi. Asistent vyjmul textilie a vložil je do nerezových sterilizačních kontejnerů. Ty následně umístil do autoklávu. Proces parní sterilizace probíhal po dobu 30 min, teplotě 128 °C a tlaku 0,15 MPa. Po skončení procesu parní sterilizace byly kontejnery s vlhkými textiliemi umístěny do horkovzdušných sterilizátorů k dosušení. Tento proces sušení trval 18h při atmosférickém tlaku a teplotě 55 °C. Po vysušení byly textilie vloženy do čistých sklenic. Takto zajištěné pachové vzorky sloužily jako vzorky porovnávací.

V druhé etapě byly odebrány PVO, které následně neprošly procesem parní sterilizace a sloužily jako porovnávané pachy v pachové řadě. Odběr těchto PVO byl uskutečněn sedm dní po odběru porovnávacích vzorků. Stejným osobám byly odebrány pachové vzorky z oblasti boku, přičemž doba odběru byla 20 minut. Do pachové řady byly na volná místa vloženy pachové konzervy s doplňkovým pachem. Způsob odběru byl stejný jako v případě porovnávaných pachů, odběr však prováděla jiná osoba než v případě porovnávacích vzorků.

Test náhodné zajímavosti

Před vlastním pokusem byl každý pes podroben testu náhodné zajímavosti. Jeho účelem bylo prověřit, zdali není porovnávaný pach pro psa sám o sobě zajímavý a zda pes bude správně pracovat. Test náhodné zajímavosti je založen na tom, že pes ztotožňuje dvojici pachů nesouvisející s pokusem. Experimentální pach je postaven v řadě pachů před pach, který má pes v tomto testu označit. Prověrka validity dalšího výkonu psa spočívá v tom, že pes musí zájmový pach minout bez jakékoliv reakce.

Vlastní pokus

Po úspěšně provedeném testu náhodné zajímavosti bylo možné přistoupit k vlastnímu pokusu. Psovod dal psovi načichat pachový vzorek. Jednalo se o pach, který prošel procesem parní sterilizace. Po načichání pes vyhledával cílový pach

umístěný buď v pachové řadě čítající šest postů, nebo na karuselu čítajícím osm postů. Cílový vzorek psi označovali naučeným způsobem a to přilehnutím nebo přisednutím. Každý pes měl tři pokusy ke zjištění shody mezi pachem porovnávaným[5] a porovnávacím.[6] Pozice porovnávaného pachu byla náhodně měněna po každém pokusu psa. Psovod nebyl o pozici cílového pachu informován.

Výsledky

Při pokusu byly použity čtyři feny plemene německý ovčák. Tři z fen vyhledávaly porovnávaný pach v řadě sestavené ze šesti postů, jedna fena vyhledávala porovnávaný pach v kruhu sestaveném z osmi postů. Každá fena měla tři pokusy pro ztotožnění pachu, který prošel procesem parní sterilizace s pachem, který tomuto procesu vystaven nebyl. Fena Freny ztotožňovala pachy tří osob, feny Helga a Ivka dvou osob a fena Skathi ztotožňovala pachy jedné osoby. Výsledky ztotožňování pachů jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 1 Výsledky čichání

Jméno feny	Osoba 1 Pokus č.			Osoba 2 Pokus č.			Osoba 3 Pokus č.			Osoba 4 Pokus č.			Osoba 5 Pokus č.			Osoba 6 Pokus č.			Z/N
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Freny	+	+	+	+	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	+	6/3
Helga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	+	-	+	+	+	4/2
Ivka	0	0	0	0	0	0	+	+	-	-	+	+	0	0	0	0	0	0	4/2
Skathi	-	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2/1
Celkem																			16/8

\+ … pes cílový pach označil

\- … pes cílový pach přešel bez reakce

0 … pes pach dané osoby nečichal

Z … ztotožněno

N … neztotožněno

Z 24 pokusů bylo 16 úspěšných a 8 neúspěšných. Při neúspěšných pokusech feny přešly cílový pach, aniž by na něho zareagovaly. Ani v jednom případě nedošlo k falešnému značení jiného pachu v řadě. Kombinovaná pravděpodobnost řady a karuselu $P < 2.38449412047268 \times {}^{10\text{-}5}$. Pro zpracování výsledků byla použita Bernouliho pravděpodobnost, která popisuje četnost výskytu náhodného jevu v *n*

[5] Porovnávaný pach je zařazován mezi pachové konzervy doplňující.

[6] Porovnávací pach je předložen k načichání speciálně vycvičenému psovi.

nezávislých pokusech, v nichž má jev stále stejnou pravděpodobnost. Pokud je zjištěná pravděpodobnost (hladina významnosti) menší než 0,05 ($P < 0,05$), pak jsou výsledky ztotožnění považovány za statisticky významně odlišné od náhody, zde od náhodného ztotožnění.

Výsledky pokusu potvrdily, že psi jsou schopni ztotožnit pach prošlý procesem parní sterilizace.

DISKUSE

Netkaná textilie ARATEX® je běžně používaný materiál pro zajišťování pachových stop v policejně-kriminalistické praxi. Jeho jednorázové používání však v policejně-kriminalistické praxi značně zvyšuje náklady. Řešením toho problému by bezpochyby byla znalost způsobu, kterým by bylo možno pachovou stopu z nosiče dokonale odstranit. Proto nás dále zajímá chemické složení lidského pachu a jeho vlastnosti, zejména odolnost vůči fyzikálním a chemickým vlivům. V dnešní době se výzkum týkající se složení individuálního lidského pachu dostává stále více do popředí a danou problematikou se zabývá řada autorů (Starkenmann et al., 2005; Gallagher et al., 2008, Curran et al., 2010). Kromě složení je podstatná i otázka jeho rezistence vůči vnějším vlivům. Pomocí přístrojových analýz se podařilo identifikovat několik desítek chemických látek. Jedná se o organické těkavé sloučeniny, z nichž je velké množství špatně rozpustných ve vodě. Na základě těchto znalostí lze vytvářet hypotézy ohledně vlastností a rezistence pachové stopy. Pokusy zabývající se odolností lidského pachu prokázaly jeho značnou rezistentnost proti vnějším vlivům. Testovány byly například účinky proudící vody nebo mechanické a termické účinky doprovázející proces explose (Schoon et Haak, 2002; Curran, 2010b, Santariova et al., 2012).

Cílem tohoto pokusu bylo zjištění, zda je možno fyzikálním procesem parní sterilizace odstranit lidský pach z textilie, a tak využívat tuto metodu v policejně-kriminalistické praxi v rámci čistícího procesu absorbentu na pachu prostou látku.

V rámci pokusu bylo realizováno celkem 24 jednotlivých experimentů na principu pachové komparace, přičemž v 16 případech došlo k pozitivnímu ztotožnění. Zajímavé zjištění je, že každá fena byla schopná minimálně jednou správně ztotožnit cílové pachy vystavené procesu parní sterilizace s kontrolními pachy u každé osoby. Na základě statistického vyhodnocení lze tvrdit, že parní sterilizace s danými

parametry: teplota 125°C a tlak 2Kgf/cm^2 a čas 30 minut, není dostačující proces pro degradaci individuálního lidského pachu a je třeba počítat s tímto zjištěním při provádění metody pachové identifikace (MPI).

ZÁVĚR

Pro snímání otisků pachových stop (OPS) a odběr pachových vzorků osob (PVO) je v policejně kriminalistické praxi standardně využívána netkaná textilie obchodní značky ARATEX. Vzhledem k nedostatečným informacím ohledně odolnosti lidského pachu vůči fyzikálně chemickým vlivům je tato textilie po jednorázovém použití likvidována. Před každým použitím je navíc čištěna procesem parní sterilizace, a to s cílem eliminace vždy přítomného pachového pozadí, které by mohlo způsobit pachovou kontaminaci během výroby nebo transportu. Výsledky provedených pokusů však nepotvrdily, že by parní sterilizace byla dostatečně účinná pro odstranění lidského pachu, kterým mohl být ARATEX kontaminován během výroby nebo transportu.

Výsledky provedených pokusů aplikovaného výzkumu jasně prokázaly teoretickou možnost pachového přenosu způsobeného kontaminací pachových snímačů ARATEX. Z hlediska české vědecké kriminalistiky tak byla zásadním způsobem potvrzena akutní nutnost změny metodiky odběru PVO prostřednictvím textilního snímače. Při pokusech základního výzkumu, k odhalení fyzikálně chemické podstaty pachové signatury odorantů, jsou již v Ústavu analytické chemie Vysoké školy chemicko-technologické v Praze namísto textilního snímače ARATEX® využívány skleněné kuličky nebo keramické válečky. U materiálů, které nemají difúzní charakter jako textil, například sklo, porcelán, povrchově upravený kov a další, lze za použití detergentů a parní sterilizace kontaminaci nežádoucími pachy zcela vyloučit, takže takové pachové snímače je možno použít opakovaně. K podobným závěrům již dříve dospěla například německá kriminalistika, která po mnoho let využívá k odebírání PVO kovových trubiček. V České republice jsou aktuálně prováděny pokusy, například na Českém vysokém učení technickém, k prověření možnosti využívat namísto ARATEXU textilní snímače s vhodnějšími vlastnostmi, a to na bázi nanovláken.

Uvedený pokus byl proveden v rámci výzkumného programu Bezpečnostního výzkumu ministerstva vnitra pro potřeby státu v letech 2010 – 2015 č. 62 (BV II/1 – VZ), k ověření a zdokonalení metody pachové identifikace v prováděných v Centru pro výzkum chování psů při České zemědělské univerzitě ve spolupráci s Policejním prezidiem ČR.

Seznam literatury

Behan, J. M., Macmaster, A. P., Pering, K. D., Tuck, K. M. 1996. Insight into how skin changes perfume. International. Journal of cosmetic. Cosmetic. Science. 18:237–246.

Bernier, U. R., Kline, D. L., Barnard, D. R., Schreck, C. E., and Yost, R. A. 2000. Analysis of human skin emanations by gaschromatography/mass spectrometry. 2. Identification of volatilecompounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito Aedes aegypti. Anal. Chem. 72:747–756.

Curran, A. M., Rabin, S. I., Prada, P. A. 2005. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. Journal of chemical ecology. 31(7).

Curran A., Stockham, R., Warren, Eckenrode, B. 2006. Human scent evidence: scientific support of canine operations and teaching an old dog new tricks, in: Research Partnership Program of 34th Annual Symposium on Crime Laboratory Development,

Curran, A.M., Ramirez, C. F., Schoon, A. A., Furton, K. G., 2007. The Frequency of Occurrence and Discriminatory Power of Compounds Found in Human Scent Across a Population Determined by SPME-Gems. Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life, Sciences. 846, 86-97.

Curran, A. M., Prada, Kenneth, P.A., Furton, G. 2010a. The Differentiation of the Volaile Organic Signatureof Individuals Through SPME-GC/MS of Characteristic Human Scent Compounds. J Forensic Sci. 55(1).

Curran, A. M., Prada, P. A., Furton, G., 2010b. Canine Human scent indentifications with post-blast debris collected from explosive devices. Forensic Science International. 199. 103-108.

Dallinga, J.W., Robroeks, C.M.H.H.T., Van Berkl, J.J.B.N., Moonen, E.J.C., Godschalk, R.W.L., Jöbsis, Dompeling, E., Wouters, E.F.M., Van Schooten, F.J. 2009. Volatile organic compounds in exhaled breath as a diagnostic tool for asthma in children. Clinical and Experimantal Allergy. 40 (1) 68-76

Dormont, L., Bessiére, J., Cohuet, A. 2013. Human Skin Volatiles, Journal Chemical Ecology. 39. 569 – 578.

Kalmus H. 1955. The Discrimination by the nose of the dog of individual human odout and in particular of the odors of twins. Br J Anim Behav. 25-31.

Kubišta, V., 1998. Buněčné základy životních dějů, Scientia, ISBN: 80-7183-109-3

Penn DJ, Oberzaucher E, Grammer K, Fisher G, Soini HA, Wiesler D, et al. Individual and gender fingerprints in human body odour. J R Soc Interface 2007;4:331–40.

Penn, D. J., Potts, W. K.,1998. How Do Major Histocompatibility Complex Genes Influence Odor and Mating Preferences?, Advances in Immunoogy 69, 411-436.

Phillips M., Herrera J., Krishnan S., Zain M., Greenberg J., Cataneo R.N.1999. Variation in volatile compounds in the breath of normal humus, J Chromatgor B Biomed Sci Appl. 729(1-2). 75-88.

Romanes, G.J. 1887. Experiments on the sense of smell in dogs. Nature. July 21. 273–274.

Santariová, M., Písaříková, A., Kloubek, M., Vyplelová, P., Pinc, L. 2012. Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody. Bezpečnostní teorie a praxe, zvláštní dílo.

Schoon, G. A. A., Debruin, J. C. 1994. The Ability of Dogs to Recognize and Cross-Match Human Odors. Forensic Science International. 69. 111-118.

Schoon GAA. A first assessment of the reliability of an improved identification lineup. J Forensic Sci 1998;43:70–5.

Schoon, G. A. A., Haak, R., 2002. K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line - Ups. National Library of canada in Publication Data, Canada. ISBN 1-55059-233-5

Sommervile B, Settle R, Darling F, Broom D. 1993. The use of trained dogs to discriminate human scent. Anim Behav. 46. 189/90.

Starkenmann, C., Niclass, Y., Troccaz, M., Clark, A. J. 2005. Identification of the precursor of (S)-3-methyl-3-sulfanyhexan-1-ol, the sulfury malodor of human asilla sweat. Chem biodivers 2 (6). 705-16., US National Libreary of Medicine, National Institut of Health, PMID: 17192014. PubMed

Straus, J., Kloubek, M. 2010. Kriminalistická odorologie. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 8073802384.

Vyplelová, P., Vokálek, V., Pinc, L., Pacáková, Z., Bartoš, L., Santariová, M., Čapková, Z. 2014. Individual human odor fallout as detected by trained canines. Forensic Science International. 234. 13-15.

Wedekind, C., Penn, D., 2000. *MHC* genes, body odours, and odour preferences. Nephrology Dialysis Transplantation 15, 1269-1271.

Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., Paepke, A. J., 1995. *MHC-Dependent Mate Preferences in Humans*. Proceedings: Biological Sciences 260, 245-249.

Yamazaki, K., Beauchamp, G. K., 2005. Chemosensory Recognition of Olfactory Individuality. Chemical Senses 30, I142-i143

Zeng, X. N., Leyden, J. J., Lawley, H. J., Sawano, K., Nohara, I., Preti, G. 1991. Analysis of characteristic odors from human male axillae. Journal of Chemical Ecology 17. 1469-1492.

Zeng, X. N., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Preti, G.,1996. Analysis of characteristic human female axillary odors: Qualitative comparison to males. Journal of chemical ecology 22. 237-257.

doi: 10.17221/8848-CJAS

Resistance of human odours to extremely high temperature as revealed by trained dogs

M. Santariová[1], L. Pinc[1], L. Bartoš[1,2], P. Vyplelová[1], J. Gerneš[3], V. Sekyrová[4]

[1]Canine Behavior Research Center, Department of Animal Science and Ethology, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic
[2]Department of Ethology, Institute of Animal Science Prague-Uhříněves, Czech Republic
[3]Police Canine Training Centre, Czech Republic Police Presidium, Plzeň-Bílá Hora, Czech Republic
[4]Institute of Criminalistics, Prague, Czech Republic

ABSTRACT: Human scent is a complex combination of many chemical substances. Skin is supposed to be one of sources of scent traces. The values of the boiling points of human scent compounds were supposed to be lower than 300°C. The purpose of the study was to determine the temperature at which the human scent is degraded so that a dog would not be able to identify it. In contrast to expectations, eight dogs used in the experiment almost flawlessly identified human scents from five scent donors exposed to temperatures of 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, and 800°C. Only two of the dogs were able to identify 5 of 15 scent samples exposed to 900°C. No dog identified a scent exposed to 1000°C. Our study verified heat survivability of human scent far beyond existing expectations. There may be an extremely heat resistant, previously undetected, compound of human scent, unsusceptible to heat which exceeds standard temperatures used for sterilization. We anticipate our results to be a starting point for cardinal change of our view of factors affecting the vulnerability of human scent, resulting in the need to alter the approach of forensic methodology dealing with identification of human scent.

Keywords: human scent; scent identification; scent heat resistance; vulnerability of human scent; evidence in law of court

INTRODUCTION

Human scent is individually specific and distinguishable for trained dogs (Kalmus 1955; Schoon and Debruin 1994; Schoon 1998; Penn et al. 2007). Skin is supposed to be a significant source of scent traces (Prada et al. 2011). Human scent is a complex combination of volatile organic compounds (VOC) such as acids, alcohols, aldehydes, hydrocarbons, esters, and ketones that secret fluids onto the human skin where they interact with skin bacteria (Labows et al. 1982; Stoddart 1999; Syrotuck 2000; Curran et al. 2005, 2007, 2010a). Production of VOCs is managed mainly by the secretion of three types of glands: eccrine, sebaceous, and apocrine (Curran et al. 2007). Using solid phase micro-extraction gas chromatography/mass spectrometry has shown that human scent consists of a great amount of compounds that differ qualitatively and quantitatively from person to person (Curran et al. 2005; Penn et al. 2007). Each person thus has a specific odour profile termed "odour signature" or "odourprint" (Penn et al. 2007).

Supported by the Ministry of the Interior (Project No. VF20102015011), the Ministry of Agriculture (Project No. MZeRO0716), and the Ministry of Education, Youth and Sports (Project No. MŠMT 1321/213206) of the Czech Republic.

doi: 10.17221/8848-CJAS

Overwhelming evidence shows the individual human odour has a genetic base (Syrotuck 2000; Kwak et al. 2008). It is assumed that part of human scent is genetically determined suggesting a strong link between body odour and highly polymorphic major histocompatibility complex (MHC) (Wedekind et al. 1995; Penn and Potts 1999).

The ability of canines to discriminate human scents was reported more than hundred years ago (Romanes 1887). Therefore, human scent is of interest to the forensic community. Its individual character is a useful mean for the scent identification method.

The principle of this method is that dogs match odour of perpetrator, collected on the crime objects with the odour of suspect person. The results of scent identification method are admitted in some countries as evidence in law of court (Brisbin et al. 2000).

The important question for the successful use of scent identification method is which internal and external factors can affect the human odour. For forensic purpose the hand odour is very interesting, because the perpetrator usually touches the object at the crime scene with hands (Curran et al. 2007).

The current study verified that human scent can survive extreme mechanical and thermal conditions associated with an explosion and burning through the ability of canines to correctly identify individuals using scent collected from exploded pipe bomb fragments (Stockham et al. 2004; Curran et al. 2010b). Although these studies have shown that the specially trained dogs can locate and identify individuals, who had been in contact with improvised explosive devices, on the basis of the scent samples collected from items recovered at a post-blast scene (Curran et al. 2010b), it remained to be elucidated which temperature is critical for human scent survival, how long such a temperature has to be in effect, etc. Thus the purpose of the study was to determine the temperature ceiling, which degrades the human scent so that the dog would not be able to identify it. The values of the boiling points of suggested human scent compounds (Curran et al. 2005) are lower than 300°C (Anslyn and Dougherty 2006). Thus the hypothesis was the dogs will be unable to identify individually human scent after exposure of the scent to the heat of 300°C.

MATERIAL AND METHODS

The scent samples of the current study were exposed initially to 100°C and 600°C. We expected the dogs will not identify the scent at 600°C. Heating temperature would be then gradually decreased to reach the point the dog would identify the scent. In case some of the dogs could still identify the scent after heating of the sample at 600°C, the plan was to increase the temperature by increments of 100°C until the dogs would fail to identify the scent.

Method of scent identification. The method, regularly used by the Police in criminal investigations for scent identification in accordance with the Code of Criminal Procedures, Act No. 141/1961 Coll., was applied. The target scent was collected repeatedly from the body of one 20- (n = 25 of different samples collected) and two 25-year-old women (n = 3 each), and 23- (n = 3) and 40-year-old men (n = 3). Other complementary scents, the distractors non-target scents in the line-ups, to supplement the series of seven posts, were collected from the body of 250 female and male students of similar age as the experimental persons, of which we chose at random 230 and applied them in the testing. Each sample was used only once, none being used in training before the experiment.

Animals. Three male and four female German Shepherds, aged between 3 and 6 years, certified by the Police of the Czech Republic for scent identification, and also three 3-year-old females trained at the Czech University of Life Sciences Prague were used in the experiment.

Ethics statement. Data were collected in accordance with the Guide for the Care and Use of Animals of the Czech University of Life Sciences Prague and all experimental protocols were approved by the Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources Licensing Committee (Permit number: MZE 17214, 58176/2013, 16OZ13147/2013-1721).

Materials. The scent for the experiment was collected on stainless steel tubes 100 mm long, 12 mm in diameter, and 2 mm in wall thickness. These tubes were stored in glass jars with twist off lids. Before the human scent collection, all glass jars and tubes were treated by dishwashing detergents and warm water, which appeared to remove the human scent (unpublished). Then they were dried at a temperature of 180°C. All scent samples were absorbed into sterile cotton absorbent ARATEX™ (CHLUM-TEX, s.r.o., Rovensko pod Troskami, Czech Republic) squares, size 30 × 30 cm. These cotton squares were also stored in glass jars with twist off lids.

Collection of human scents. Scent samples, to be exposed to radiant heat, were collected from

doi: 10.17221/8848-CJAS

the palm region of the experimental person. The experimental person removed a steel tube from a glass jar and scented it by holding for 1 min. Then the person put the metal tube back into the glass jar. The assistant opened and then sealed the glass jar wearing latex gloves and using sterile tools. Twenty-five scent samples were transported to the Institute of Criminalistics of Prague, where the tubes were removed from the jars by clean tongs and placed into an electric furnace. Each tube was exposed to one of these temperatures: 100°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, and 1000°C for 30 min. When the procedure reached levels beyond the original presumption, to increase control of the heat process, twelve additional scent samples were then heated for 30 min at temperatures of 200°C, 300°C, 500°C, and 700°C in a furnace at the Czech University of Life Sciences Prague. After the exposure process, the assistant removed the metal tube from the furnace to an aluminium foil to cool down for about 15 min. He always used new tongs washed in detergents. Then he inserted the tube into a clean glass jar containing a cotton absorbent square. He rubbed the tube against the cotton absorbent and closed the tube in the jar to transfer the scent from the tube to the absorbent over the next 24 h. Then the tube was removed from the jar. The scented textile in the jar was used as a smeller scent sample. After each experimental sample heating, the furnace was switched to the highest temperature (1200°C) for 30 min in order to get rid of any possible remnants from the experimental heating. Samples of the same person match even if they are collected from different parts of body (Schoon and Debruin 1994). Hence, the comparative odour, which was not exposed to heat, was taken from the belly region of the experimental person. Another assistant (different from the one in the first procedure) opened the glass jar, removed the cotton square, and placed it on the naked skin of the belly region of the experimental person. After 20 min, the assistant returned the cotton square to the glass jar and sealed it with the lid. Distractor samples were collected separately from the collection of the scent of the experimental person to prevent impairment of any sample. All scents were transported to one of the two scent identification police facilities in two cities (Plzeň/Pilsen and Prague) and to the Czech University of Life Sciences Prague, in which the verification of the ability of the dogs to identify odour samples was carried out.

Scent identification. The procedure was described in details in the previous study (Pinc et al. 2011). In brief, glass jars with scent samples were opened and then the experimenter placed them into a line-up (video https://www.youtube.com/watch?v=Vd1M7oyImNA). The line-up contained one scent sample of the experimental person (the scent not exposed to heat), one control scent sample, and six scent samples used as distractors. Distractors were collected from the belly region of human bodies which had not been exposed to heat. Prior to an intrinsic matching procedure, every handler tested "attractiveness" of an experimental person's scent to a dog. The goal of this procedure was to disqualify the possibility that the matching odour itself was not attractive to the dog. The control scents were obtained from the body of persons with no physical contact to the experimental person in the study. One control scent sample was placed in the line-up behind the experimental person scent. A second identical scent sample was given to a dog as a target scent. Each handler stood in front of the line-up with his dog and motioned the dog to sniff the scented cotton squares. The dog then searched for the control scent sample in the line. Next, the dog had to match the target scent sample with the control scent sample without any response to the experimental person scent. After the test of attractiveness, the dog was to sniff at the heated scent of an experimental person and then it was sent to search for the target scent (the scent of the same person, which had not been heated). The heated scent was thus used in all tests as that sniffed by the testing dog before searching for the control scent sample in the line. (In a line-up, there were exclusively the samples not exposed to heat.) The control scent previously used was left in the line-up. The position of the target scent was random and blind to the handlers. After each procedure the positions of scent samples were rearranged at random. Each dog had to go through three different line-ups (trials) for matching each scent exposed to heating with the scent of the same person, which had not been exposed to heating.

Statistical analysis. The data were analyzed using the SAS software (Statistical Analysis System, Version 9.4, 2015). We applied the Generalized Linear Mixed Model (GLMM, PROC GLIMMIX for binary distribution) modelling the probability that the sample will be matched. To account for

doi: 10.17221/8848-CJAS

repeated measures, the mixed model was performed using individual dog's and individual donor's ID as a random effect. Fixed effects were Temperature (100, 200, 300, 500, 600, 700, 800, 900, and 1000°C), Trial (1 to 3), Sex of the scent donor (male or female), Scent donor, Sex of the scent donor, Age of the scent donor, Scent identification facility (Police in Prague or in Plzeň/Pilsen, and the Czech University of Life Sciences Prague), and Furnace (Police or the Czech University of Life Sciences Prague).

RESULTS

All dogs used in the experiment almost flawlessly identified a sample scent exposed to temperatures of 100°C, 600°C, 700°C, and 800°C. The dog, who failed in the initial trial with the temperature of 100°C, correctly matched the level samples during the following two trials and matched all trials with 700°C, 800°C, and 900°C. Only two of the dogs (one male and one female) were able to identify scents exposed to 900°C, the female matching all three trials and the male 2 of 3 trials. No dog identified a scent exposed to 1000°C. The GLMM revealed that the probability for a dog to match a heated scent was affected by the temperature only ($F_{(1, 91)} = 20.06$, $P < 0.001$) (Figure 1), with no other fixed effect significant.

DISCUSSION

Our study verified heat survivability of human scent far beyond existing expectations. Scent samples exposed to the heat of 900°C were still detectable by trained dogs. This suggests there may be an extremely heat resistant, previously undetected, compound of human scent, unsusceptible to heat which exceeds standard temperatures used for sterilization. At this stage, we can only speculate on possible alternatives. However, there is also evidence that organic compounds may resist high temperatures on space bodies during atmosphere deceleration depending on factors such as nature and altitude of the heating, ablation, chemical composition of the space body and of the atmosphere (Jenniskens et al. 1998; Basiuk and Douda 1999), fluid inclusions (Jenniskens et al. 1998; Basiuk and Douda 1999; Wycherley et al. 2004; Zak et al. 2012), hypervelocity (Bowden et al. 2008), etc. Recently Thiel et al. (2014) have shown up to 35% of DNA retained its full biological function on a rocket exterior after being exposed to temperatures of more than 1000°C during the passage through Earth's atmosphere and re-entry. It suggests an existence of not yet fully understood mechanisms which could probably explain our results in the future.

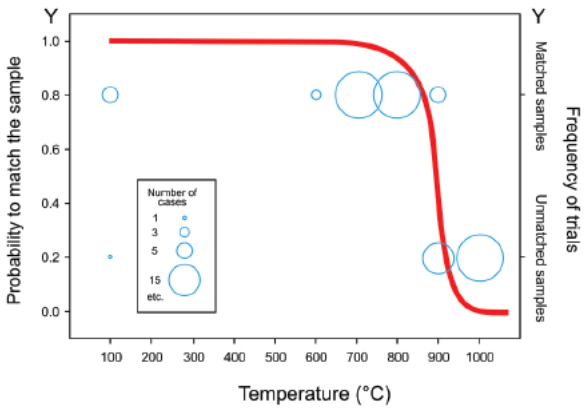

Figure 1. Predicted probability to match the human scent sample plotted against temperature to which the scent sample was exposed for 30 min (left Y axis) and frequency of trials with either matched or unmatched samples (right Y axis)

CONCLUSION

The results of the study change our view of factors affecting the vulnerability of human scent, resulting in the need to alter the approach of forensic methodology dealing with identification of human scent. These findings can be a useful asset in investigating and collecting samples from fires or even bombings, and thus in the war on terror and organized crime.

Acknowledgement. We wish to express our gratitude to the management of the Canine and Mounted Police Section of the Czech Republic Police Presidium for their consent with the use of their police canine teams and to the Police Canine Academy in Plzeň-Bílá Hora and the Scent Identification Canine Unit of the Prague Police Headquarters for their cooperation during the experiment. We would also like to highly acknowledge Hynek Burda, who inspired us to seek supportive evidence to our results in the area of astrobiology.

REFERENCES

Anslyn E.V., Dougherty D.A. (2006): Modern Physical Organic Chemistry. University Science Books, Saualito, USA.

Basiuk V.A., Douda J. (1999): Pyrolysis of simple amino acids and nucleobases: survivability limits and implica-

doi: 10.17221/8848-CJAS

tions for extra-terrestrial delivery. Planetary and Space Science, 47, 577–584.

Bowden S.A., Court R.W., Milner D., Baldwin E.C., Lindgren P., Crawford I.A., Parnell J., Burchell M.J. (2008): The thermal alteration by pyrolysis of the organic component of small projectiles of mudrock during capture at hypervelocity. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 82, 312–314.

Brisbin I.L., Austad S., Jacobson S.K. (2000): Canine detectives: the nose knows – or does it? Science, 290, 1093.

Curran A.M., Rabin S.I., Prada P.A., Furton K.G. (2005): Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. Journal of Chemical Ecology, 31, 1607–1619.

Curran A.M., Ramirez C.F., Schoon A.A., Furton K.G. (2007): The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. Journal of Chromatography B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 846, 86–97.

Curran A.M., Prada P.A., Furton K.G. (2010a): Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. Forensic Science International, 199, 103–108.

Curran A.M., Prada P.A., Furton K.G. (2010b): The differentiation of the volatile organic signatures of individuals through SPME-GC/MS of characteristic human scent compounds. Journal of Forensic Sciences, 55, 50–57.

Jenniskens P., Wilson M.A., Packan D., Laux C.O., Kruger C.H., Boyd I.D., Popova O.P., Fonda M. (1998): Meteors: a delivery mechanism of organic matter to the early Earth. Earth Moon and Planets, 82–3, 57–70.

Kalmus H. (1955): The discrimination by the nose of the dog of individual human odours and in praticular of the odours of twins. British Journal of Animal Behaviour, 3, 25–31.

Kwak J., Willse A., Matsumura K., Opiekun M.C., Yi W.G., Preti G., Yamazaki K., Beauchamp G.K. (2008): Genetically-based olfactory signatures persist despite dietary variation. PLoS ONE, 3, e3591.

Labows J.N., McGinley K.J., Kligman A.M. (1982): Perspectives on axillary odor. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, 33, 193–202.

Penn D.J., Potts W.K. (1999): The evolution of mating preferences and major histocompatibility complex genes. American Naturalist, 153, 145–164.

Penn D.J., Oberzaucher E., Grammer K., Fischer G., Soini H.A., Wiesler D., Novotny M.V., Dixon S.J., Xu Y., Brereton R.G. (2007): Individual and gender fingerprints in human body odour. Journal of the Royal Society Interface, 4, 331–340.

Pinc L., Bartos L., Reslova A., Kotrba R. (2011): Dogs discriminate identical twins. PLoS ONE, 6, e20704.

Prada P.A., Curran A.M., Furton K.G. (2011): The evaluation of human hand odor volatiles on various textiles: A comparison between contact and noncontact sampling methods. Journal of Forensic Sciences, 56, 866–881.

Romanes G.J. (1887): Experiments on the sense of smell in dogs. Nature, 36, 273–274.

Schoon G.A. (1998): A first assessment of the reliability of an improved scent identification line-up. Journal of Forensic Sciences, 43, 70–75.

Schoon G.A.A., Debruin J.C. (1994): The ability of dogs to recognize and cross-match human odors. Forensic Science International, 69, 111–118.

Stockham R.A., Slavin D.L., Kift W. (2004): Survivability of human scent. Forensic Science Communications, 6. Available from https://www2.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/oct2004/research/2004_10_research03.htm (accessed Oct 2004).

Stoddart R.A. (1999): The Scented Ape: The Biology and Culture of Human Odour. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Syrotuck W.G. (2000): Scent and Scenting Dog. Barkleigh Productions, Pensylvania, USA.

Thiel C.S., Tauber S., Schutte A., Schmitz B., Nuesse H., Moeller R., Ullrich O. (2014): Functional activity of plasmid DNA after entry into the atmosphere of Earth investigated by a new biomarker stability assay for ballistic spaceflight experiments. PLoS ONE, 9, e112979.

Wedekind C., Seebeck T., Bettens F., Paepke A.J. (1995): MHC-dependent mate preferences in humans. Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences, 260, 245–249.

Wycherley H.L., Parnell J., Baron M.L. (2004): Survival of organic matter after high temperature events (meteorite impacts, igneous intrusions). In: Proc. 35th Lunar and Planetary Science Conference, League City, USA, 1149.

Zak K., Skala R., Randa Z., Mizera J. (2012): A review of volatile compounds in tektites, and carbon content and isotopic composition of moldavite glass. Meteoritics and Planetary Science, 47, 1010–1028.

Received: 2015–11–01
Accepted after corrections: 2015–12–18

Corresponding Author

Prof. Ing. Luděk Bartoš, DrSc., Institute of Animal Science, Department of Ethology, Přátelství 815, 104 00 Prague 10-Uhříněves, Czech Republic
Phone: +420 731 650 801, e-mail: bartos@vuzv.cz

Contents lists available at ScienceDirect

Forensic Science International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forsciint

Individual human odor fallout as detected by trained canines

Petra Vyplelová [a,*], Václav Vokálek [b], Ludvík Pinc [a], Zuzana Pacáková [c], Luděk Bartoš [a,d], Milena Santariová [a], Zuzana Čapková [a]

[a] Canine Behavior Research Center, Department of Animal Science and Ethology, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 1 65 21 Praha, Czech Republic
[b] Regional Headquarters of the South Moravian Region, Police of the Czech Republic, Zámecká 416, 664 42 Brno-venkov, Modřice, Czech Republic
[c] Department of Statistics, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 21 Praha, Czech Republic
[d] Department of Ethology, Institute of Animal Science, Přátelství 815, 104 00 Praha Uhříněves, Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12 June 2013
Received in revised form 7 October 2013
Accepted 8 October 2013
Available online 21 October 2013

Keywords:
Odor fallout
Canine
Scent identification line-up

ABSTRACT

We tested the hypothesis that if odor fallout (the release of a human's odor onto an untouched object) in human subjects exists, then holding a hand above an absorbent will produce a detectable scent which will be subsequently matched in a detection test by trained canines. Scents were collected from seven males to sterile cotton absorbent squares. The left hand was used to get the control scent and the right hand served as the target scent. Each experimental subject was sitting; his left hand was laid down on a cotton square for 3 min. The right hand was held 5 cm above another cotton square for 3 min. The scent identification was done by two specially trained police German shepherds. These canines had routinely performed scent identification line-ups as part of criminal investigation procedures. Both canines performed 14 line-ups and correctly matched the collected scents of all test subjects. The results suggest the existence of human odor fallout, whereby a human scent trace is left by humans even if they do not touch an object.

© 2013 The Authors. Published by Elsevier Ireland Ltd. Open access under CC BY-NC-SA license.

1. Introduction

The uniqueness and persistence of human scent and its usability for criminal evidence has been previously investigated [1–3]. Trained canines (*Canis familiaris*) have been used to track people and numerous studies have indicated that canines are able to differentiate humans by their scent [4–8]. This ability is the main reason why the usage of canines to match human scents collected from a crime scene, has reached widespread acceptance [1].

The source of human scent is the body. Historically, it was thought that human odor comes from dead skin cells alone [9]. However more recently, it has been shown that human odor is based also on various other complex components [1,10,11] such as heredity, environment, experience, diet and other lifestyle habits and genetic attributes [9,10].

The usage of human scent identification implies the assumption that every individual person has a specific individual scent [9,12,13], which is constant over time [14]. Curran et al. [1] suggested that the human scent consists of three types of odors. The combination of these three parts contributes to the individuality and uniqueness of human scent. This finding is likewise inclusive of identical twins individual scents [15].

The scent identification line-up is a method widely used in European countries [16] such as, Hungary, the Czech Republic [18], and Russia [19] for more than 100 years [17,20]. Canines are trained to match the perpetrator's scent left on an object related to a crime [16,17]. A number of studies have shown that canines are even able to match human scents from different parts of the body [4,6,10,21]. Moreover, canines can recognize and match a given scent from objects with a person who had previously touched them [17,22,23]. However, there has been no study dealing with the investigation of natural scent fallout. Some authors have concluded that canines might be able to detect the presence of a human even in absence of a "track" [9], while still being able to trace human-laid trails [24]. Most and Brückner [25] made an attempt to check if canines are able to additionally follow trails made by humans walking on stilts. As the canines did not have a problem correctly following such trails, the authors hypothesized it was due to the presence of human odor falling out onto the trail. In their design, the authors subsequently used a constructed tracking wheel. Even when the trail did not contain any human scent, canines were still able to follow prints made by this wheel. The last

* Corresponding author. Tel.: +420 723 019 303.
E-mail addresses: vyplelova@af.czu.cz, vyplelovap@centrum.cz (P. Vyplelová), vokalek.v@volny.cz (V. Vokálek).

0379-0738© 2013 The Authors. Published by Elsevier Ireland Ltd. Open access under CC BY-NC-SA license.
http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.10.018

test in their design was the creation of a trail from just the odor fallout of a human subject. The subject walked through a landscape to a special trapeze. He sat down on the trapeze and moved himself above the ground. The canines were able to track the scent on the ground of the walking subject, but could not continue tracking beyond the point from where the human subject remained above ground. The authors thus concluded that canines are not able to follow humans by their odor fall.

In our design, we tested the hypothesis that if odor fallout exists, then holding a washed hand above a cotton absorbent with no physical contact, will produce enough scent to be matched by a trained canine in the same way as when the absorbent was touched by the second hand of the same subject.

2. Materials and methods

Scents in this study were collected from seven male subjects 15–60 years old. Subjects were instructed to wash their hands under pouring water using the same fragrance-free soap (Bioderma Laboratoire Dermatologique) without any conserving substances. They let their hand dry freely without contact with any object or person.

Scents were collected onto sterile cotton absorbent squares (ARATEX™, Chlumtex) sized 30 cm × 30 cm, which are normally used for criminal investigations in the Czech Republic [19]. The cotton squares were stored in new sterile glass jars with twist off lids. Samples were collected in the same room, time of day and by the same assistant. All experimental subjects opened the glass jar, pulled out the ARATEX™ cotton square and put it on the naked skin in the belly region for 20 min. Then the experimental subject washed his hands again and waited for them to dry off naturally. When the hands were dry, the scent from his hands was collected. The cotton square was laid down on a piece of foil to avoid its contamination. The left hand was used to get a control scent. The right hand was used as the target scent. Each experimental subject was instructed to sit with his left hand laid down on top of the cotton square for 3 min. His right hand was held 5 cm above the cotton square for 3 min. A total of 21 scent samples were collected from 7 subjects and divided into 3 groups by their origin (left hand – control; right hand – target; body – smeller).

The glass jars with collected scents samples were stored according to the procedure routinely used by police officers when collecting scent samples from suspects: i.e., the samples were stored in glass jars with carefully tightened twist-off lids. All glass jars were labeled with codes. They were stored at the police canine facilities in room temperature, with stable atmospheric moisture.

The scent identification was done by a pair of female German Shepherds handled by two police canine officers. Both of them were professionally trained police canines, certified as scent identification canines, which had passed their annual certification procedure. The canines had routinely performed scent identification line-ups as part of criminal investigation procedures at the regional police headquarters in Hradec Králové. During a scent identification procedure in police work, the canines sniff at a starting scent named "smeller" and search the line-up of odors for the control or target scent [15]. The two canines had been trained previously to match only the last scents they were let to sniff and pass those scents that were previously targets. Due to this design, there was no need for distracting scents, as every scent in the line-ups was sooner or later either the target or control scent.

During the scent identification procedure, the seven glass jars without lids, containing individually either the control or target scents, were put in a line-up. In the first part of the experiment, canines performed a matching task on the control scents. The canine sniffed a smeller scent and was sent to match it with the scent from the left hand of the same subject. This was done seven times, using smellers from different subject, until all samples (C1–C7) were identified in the matching procedure.

In the second part of the experiment, the canine handlers made a line-up of the target scents (T1–T7). The matching procedure was the same as in the line-up with control scents. During all scent identification procedures, the handlers were blind to the position of each control and target scent in the line-up and expected results. Canine handlers were asked to write an official report on the outcome of the scent identification line-ups as they would with a real police investigation.

2.1. Ethics statement

This study was carried out in strict accordance with the recommendations in the Guide for the Care and Use of Animals of the Czech University of Live Sciences Prague and was conducted in accordance with Czech Central Committee for Protection of Animals number (MŠMT 26663/2010-30, 7/2010).

3. Results

The two female German Shepherd canines performed 14 line-ups and correctly matched the scents of all tested persons (Binomial exact test, $n = 28$, $P = 0.000000007$). A statistical analysis could not be made for the comparison of matched scents between the left and right hands because there was no variation between them.

4. Discussion

The findings of our study show a statistically significant support of the hypothesis that odor fallout from humans exists and is individually recognized by trained canines. It was shown that human contact with a given object is not necessary in subsequent detection of that incidental scent left behind; it seems human sent is identifiable even if the source of the scent is above that object. Although the amount of odor that would enable detection has yet to be specified, these results demonstrate that human scent is able to be distributed on objects 5 cm away without any physical contact with the object and still be accurately matched by trained canines. The results could bring new possibilities in the collection of criminal evidence of human scent traces with further research needed to determine the full extent of this phenomenon.

As shown previously, a well trained canine which is made to detect a scent sample is crucial in these types of studies [15]. In the other known study dealing with this phenomenon which suggested that canines could not follow tracks created solely by individual human fall-out [25], was most likely realized with canines that had been trained to follow any and all human tracks laid down by humans walking in a terrain. Thus, these types of canines were not trained to solely follow individual human scent, but rather a mixture of individual human scent, odor of shoe soles, crushed vegetation, etc. In contrast, the canines in our study were trained and routinely used in scent identification line-ups for law enforcement duty. Further research would need to determine the exact height of the hand held above the cotton square as the threshold for canine identification ability, together with the duration necessary of a human subject's presence to activate scent fall-out and subsequent identification.

Acknowledgment

The authors wish to express their gratitude to the police canine officers of the regional scent identification unit in Hradec Králové for participating in the experiment.

References

[1] A.M. Curran, S.I. Rabin, K.G. Furton, Analysis of the uniqueness and persistence of human scent, Forensic Sci. Commun. 7 (2005) 1–20.
[2] A.M. Curran, C.F. Ramirez, A.A. Schoon, K.G. Furton, The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by Spme-Gems, J. Chromatogr. B-Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. 846 (2007) 86–97.
[3] A.M. Curran, P.A. Prada, K.G. Furton, Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices, Forensic Sci. Int. 199 (2010) 103–108.
[4] H. Kalmus, The discrimination by the nose of the dog of individual human odours and in particular of the odours of twins, Br. J. Anim. Behav. III (1955) 25–31.
[5] J. Szinak, Identification of Odours, International Criminal Police Review, 1985.
[6] P.G. Hepper, The discrimination of human odor by the dog, Perception 17 (1988) 549–554.
[7] J. Kaldenbach, K9 Scent Detection, My favorite Judge Lives in a Kennel, Detseling Enterprises Ltd., Calgary, Alberta, Canada, 1998.
[8] L.M. Harvey, J.W. Harvey, Reliability of bloodhounds in criminal investigations, J. Forensic Sci. 48 (2003) 811–816.
[9] W.G. Syrotuck, Scent and the Scenting Dog, Barkleigh Productions, Pennsylvania, 2000.
[10] N. Nicolaides, Skin lipids: their biochemical uniqueness, Science 186 (1974) 19–26.
[11] R.A. Stockham, D.L. Slavin, W. Kift, Specialized use of human scent in criminal investigations, Forensic Sci. Commun. 6 (2004).
[12] I.L. Brisbin, S.N. Austad, Testing the individual odor theory of canine olfaction, Anim. Behav. 42 (1991) 63–69.

[13] C.F. Brey, L.F. Reed, R.A. Caras, The New Complete Bloodhound, Howell Book House, New York, 1995.
[14] G.A.A. Schoon, Scent identification lineups by dogs (*Canis familiaris*): experimental design and forensic application, Appl. Anim. Behav. Sci. 49 (1996) 257–267.
[15] L. Pinc, L. Bartoš, A. Reslová, R. Kotrba, Dogs discriminate identical twins, PLoS ONE 6 (2011).
[16] J.C. de Bruin, The Detection Dog and Science. Report from Dog Section, Rotterdam Municipal Police, 1989.
[17] G.A.A. Schoon, R. Haak, K9 Suspect Discrimination, Detseling Enterprises Ltd., Calgary, Alberta, 2002.
[18] J. Teryngel, Pes a pachová stopa v trestním řízení, Trestní právo 11 (2002) 9–14.
[19] J. Straus, M. Kloubek, Kriminalistická odorologie, Aleš Čeněk, Plzeň, 2010.
[20] G.J. Romanes, Experiments on the sense of smell in dogs, Nature 36 (1887) 273–274.
[21] R.H. Settle, B.A. Sommerville, J. Mccormick, D.M. Broom, Human scent matching using specially trained dogs, Anim. Behav. 48 (1994) 1443–1448.
[22] B.A. Sommerville, R.H. Settle, F.M.C. Darling, D.M. Broom, The use of trained dogs to discriminate human scent, Anim. Behav. 46 (1993) 189–190.
[23] G.A.A. Schoon, J.C. de Bruin, The ability of dogs to recognize and cross-match human odors, Forensic Sci. Int. 69 (1994) 111–118.
[24] D.L. Wells, P.G. Hepper, Directional tracking in the domestic dog, *Canis familiaris*, Appl. Anim. Behav. Sci. 84 (2003) 297–305.
[25] K. Most, G.H. Brückner, Über Voraussetzungen und den derzeitigen Stand der Nasenleistungen von Hunden, Zetischrift für Hundeforschung 12 (1936) 9–30.

3 Výsledky a diskuse

Pro úspěšné využití metody pachové identifikace v kriminalistické praxi je nezbytná znalost povahy lidského pachu stejně jako znalost fyzikálních či chemických vlivů, které mohou pachovou stopu změnit, či zcela odstranit. Již některé předchozí studie potvrdily, že lidský pach je schopen odolávat značnému tepelnému a mechanickému působení (Stockham et al., 2004; Curran et al., 2010a). Psi jsou schopni detekovat pach i po expozici dalším nepříznivým podmínkám jako je nízká vlhkost, silný vítr nebo v prostředí kontaminovaném dalšími pachy osob (Curran et al., 2010a). Výsledky prvních třech experimentů publikovaných v této práci potvrzují pozoruhodnou odolnost lidského pachu a to vůči působení vody, horké páry a sálavého tepla.

Experiment č.1

Výsledky tohoto experimentu jsou plně v souladu s uvedenou hypotézou. Psi byli schopni ztotožnit pach odebraný z dlaně experimentální osoby, vystavený účinkům proudící vody, s pachem, odebraným z těla téže osoby, který těmto účinkům vystaven nebyl. Z pěti použitých fen čtyři feny třikrát bezchybně označily cílový vzorek, pátá fena správně označila cílový vzorek dvakrát, jedenkrát ho přešla bez reakce.

Tyto výsledky potvrzují i zkušenosti psovodů Policie ČR, kteří v minulosti provedli úspěšné srovnání pachových stop z předmětů zajištěných z vody. Nejednalo se však o kontrolovaný experiment, nebyla známa doba, po kterou bylo manipulováno s předmětem, ani doba, po kterou byl předmět ponořen ve vodě. Navíc pachová komparace neprobíhala tzv. "na slepo", tj. psovod byl informován o pozici cílového pachu v pachové řadě.

Řada chemických sloučenin, které jsou známé z výsledků analýz lidského pachu, je ve vodě velmi špatně rozpustná viz Tabulka 1. Jedná se například o látky jako nonanal, dekanal či ester kyseliny propandiové. Vzhledem k chemické povaze těchto látek, lze usuzovat, že lidský pach může ve vodě po určitou dobu přetrvávat. Otázkou v tomto experimentu však bylo i to, zda nedojde ve vodním proudu k mechanickému odstranění pachových částic z hladkého kovového předmětu. Ani tento vliv nedokázal odstranit pachové částice tak, aby psi nebyli schopni pachový vzorek ztotožnit. Možnou námitkou k metodice experimentu by mohlo být, že kovové nosiče byly vystaveny vlivu proudící vody poměrně krátkou dobu tj. 60 minut. Další výzkum v této oblasti by se měl proto zaměřit na prodlužování doby expozice pachového vzorku těmto podmínkám.

Experiment č.2

V kriminalistické praxi je parní sterilizace rutinně využívaný proces pro čištění netkaných textilií ARATEX®. Ty slouží jako nosiče lidského pachu při provádění metody pachové identifikace. Textilie se tímto způsobem čistí vždy před použitím s cílem odstranit pachové pozadí vzniklé během výroby a transportu. Vzhledem k nedostatečným informacím o odolnosti lidského pachu těmto podmínkám se textilie po použití likvidují. Jednorázové používání těchto pachových nosičů však značně zvedá finanční náklady na provádění metody pachové identifikace, proto by bylo řešením problému najít vhodný způsob, kterým by bylo možné pachovou stopu dokonale odstranit.

Cílem experimentu č. 2 bylo ověřit schopnost psů ztotožnit lidský pach vystavený parní sterilizaci. Ukázalo se, že speciálně cvičení psi byli schopni ztotožnit pachový vzorek, který byl vystaven procesu parní sterilizace s pachovým vzorkem téže osoby, který tomuto procesu vystaven nebyl. Z 24 pokusů bylo 18 pokusů úspěšných a osm neúspěšných, přičemž experimentu se zúčastnily čtyři feny. Získané výsledky naznačují, že parní sterilizace s danými parametry: teplota 125 °C, tlak 2Kgf/cm2 a čas 30 minut není dostatečným způsobem, jak odstranit lidský pach, kterým byl Aratex kontaminován.

Experiment č. 3

Cílem experimentu bylo zjistit, jak vysoká teplota je potřeba k degradaci lidského pachu natolik, že ho již nebudou speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace ztotožňovat. Vzhledem k teplotě varu těkavých organických sloučenin, které byly doposud analyzovány ve vzorcích lidského pachu, jsme stanovili hypotetický interval teplot 100 až 600°C. Předpokládali jsme, že námi hledaná teplota se bude nalézat někde v tomto intervalu. Psi však velmi snadno ztotožňovali i vzorky pachu vystaveného teplotě 600°C. Postupně byla teplota zvyšována po stech stupních až na teplotu 1000°C. Doba, po kterou byl pach dané teplotě vystaven, zůstala ve všech případech stejná, tedy 30 min. Vzorky vystavené teplotě 900°C byli někteří psi, ještě stále schopni ztotožnit, vzorky vystavené teplotě 1000°C nikoliv.

Výsledky této studie jsou zcela překvapivé, neboť teplota varu žádné organické látky není vyšší než 400°C viz Tabulka 1. Dlouhodobým zvýšením okolní teploty by mělo dojít k postupnému odpaření vzorku.

Tento experiment není možné porovnat s žádnou z doposud publikovaných prací. Ač se to zdá překvapivé, tématu odolnosti lidského pachu se věnuje poměrně málo studií. Jediná studie,

která se zabývala extrémními mechanickými a termickými vlivy na lidský pach, sledovala schopnost psů ztotožňovat lidský pach zajištěný ze střepin nástražného výbušného zařízení po výbuchu (Curran et al., 2010a). Při výbuchu je však pachový vzorek vystaven celkově jiným fyzikálním podmínkám, než v námi realizovaném experimentu. Do dnešní doby nebyla publikována jediná studie, která by jakýmkoliv způsobem stanovila přesnější hodnotu teploty, která by degradovala lidský pach natolik, aby ho již nebylo možné použít pro pachovou identifikaci osob. Nám se v této studii podařilo stanovit teplotní interval, ve kterém se s vysokou pravděpodobností tato zlomová teplota nachází. Otázkou zůstává, jak je možné, že lidský pach odolává tak extrémním teplotám, jakých bylo v tomto experimentu použito.

Experiment č. 4

Poslední experiment se zabýval možností vytvoření pachové stopy bezkontaktním způsobem. Ne vždy musí pachatel zanechat na místě činu pachovou stopu vytvořenou kontaktem svého těla. Cílem bylo otestovat, zda se s ruky držené nad vysterilizovanou textilií uvolní tolik pachového spadu, aby ho byli speciálně vycvičení psi schopni ztotožnit.

Předchozí výzkum schopnost psů detekovat pachovou stopu vytvořenou tímto způsobem nepotvrdil. Psi byli schopni sledovat pachovou stopu vytvořenou člověkem na chůdách i pachovou stopu vytvořenou člověkem jedoucím na jízdním kole. Pachovou stopu člověka na visutém sedadle nebyl schopen žádný pes zaznamenat. Jednalo se však o psy, vycvičené ke sledování pachové stopy v terénu, kdy vodítkem není jen lidský pach, ale i pach bot kladeče stopy a pach rozrušeného terénu (Most a Brückner, 1936).

V našem experimentu byli použiti psi vycvičení na metodu pachové identifikace, kteří se orientují pouze podle individuálního lidského pachu. Pachové vzorky byly získány tak, že osoba držela dlaň nad vysterilizovanou textilií ve výšce 5 cm po dobu 3 minut. Pachová komparace byla realizována se dvěma fenami. Obě feny správně ztotožnily sedm různých pachových vzorků odebraných bezkontaktním způsobem se vzorky odebranými standardním způsobem s oblasti trupu. Výsledky experimentu přináší nové možnosti v zajišťování pachových stop jako důkazu v trestním řízení.

4 Závěry a doporučení

Výsledky uvedených experimentů jsou poměrně významným objevem spadajícím do oblasti fyziologie lidského pachu, stejně tak jako do oblasti forenzních věd. Získané poznatky, jsou přínosem zejména pro kriminalistickou praxi. Metoda pachové identifikace je v České republice praktikována již od sedmdesátých let, přesto zde nebyl až do roku 2010 na toto téma realizován žádný vědecký výzkum. Řada postupů policejních psovodů vycházela pouze ze svých zkušeností či nekontrolovaných experimentů a neopírala se o žádné vědecké poznatky. Zvláště otázky, týkající se odolnosti lidského pachu vůči působení vnějších vlivů, nebyly a nejsou zcela uspokojivě zodpovězeny, a to i přes to, že znalost této problematiky je pro praktické využívání metody zcela klíčová. Velmi často se například stává, že se pachatel zbavuje vražedné zbraně či jiného předmětu souvisejícího se spáchaným trestným činem tak, že jej odhodí do vody. Kriminalističtí technici řeší následně, zda s takového předmětu odebírat pachovou stopu a jakým způsobem. Experiment č. 1, který se zabýval touto problematikou, sice neposkytuje informaci o tom, jak dlouho vydrží lidský pach na povrchu předmětu ve vodním prostředí, prokazuje však, že po dobu jedné hodiny pachová stopa zachována zůstává a speciálně cvičení psi ji dokážou ztotožnit. Další experimenty, které budou věnovány tomuto tématu, by měly být zaměřeny na postupné prodlužování doby, po kterou bude předmět vystaven působení vody, ať už stojaté nebo proudící. Další problematikou, která je velmi důležitá pro praktikování metody pachové identifikace je znalost toho, jak dokonale odstranit lidský pach z nástrojů a pachových nosičů, se kterými technici pracují při zajišťování pachových stop. Tomuto tématu se věnoval experiment č. 2. Cílem bylo zjistit, zda se pomocí parní sterilizace odstraní pachové pozadí s textilie ARATEX® před tím, než je použit pro snímání pachové stopy. I v tomto experimentu se potvrdila značná odolnost lidského pachu a nedostatečná účinnost tohoto procesu. Toto zjištění je alarmující a potvrzuje nutnost změny metodiky odběru pachových stop pomocí textilního snímače Aratexu. S ohledem na odolnost lidského pachu, nejpřekvapivější výsledky přináší experiment č. 3. Ukazuje na až extrémní odolnost lidského pachu vůči vysokým teplotám. Pachové stopy na kovových nosičích byly vystaveny teplotám 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C a 1000°C. Psi byli schopni ještě stále ztotožnit pachový vzorek vystavený teplotě 900°C. Vzhledem k nejvyšším možným teplotám varu těkavých organických sloučenin, kterými je tvořen lidský pach, jsou tyto výsledky opravdu pozoruhodné a my je stále neumíme uspokojivě vysvětlit. Výsledky zmíněných

experimentů mají, jak už bylo zmíněno, přínos i pro oblast fyziologie. Kompletní složení lidského pachu v současné době není stále zcela známo, o to méně je známa tzv. aktivní pachová signatura, což je soubor látek, jimiž je pes schopen se řídit při pachové identifikaci. Zmíněné experimenty mohou být tudíž vodítkem pro analytické chemiky zabývající se danou problematikou. Ze zkušenosti policejních i sportovních kynologů se již dávno uvažuje o existenci pachového spadu. Nicméně v předchozích studiích nebylo zcela jasně prokázáno, zda lze bezkontaktním přenosem vytvořit dostatečně silnou pachovou stopu tak, aby byla způsobilá k pachové identifikaci. Výsledky experimentu č. 4 prokázaly, že bezkontaktním způsobem takto silnou pachovou stopu vytvořit lze.

5 Seznam literatury

Archer N. E., Biggs R. 1947. Measles and giant-cell pneumonia. Med Off. 78 (22). 231-234.

Baker J. R. 1974. Races. Oxford University Press. Oxford. s. 978-0-936396-04-0: 978-0-936396-04-0.

Barzantny H., Brune I., Tauch A. 2012. Molecular basis of human body odour formation: insights deduced from corynebacterial genome sequences. Int J Cosmet Sci. 34 (1). 2-11.

Botek A. A., Lookingbill D. P. 2001. The Biology of the Skin. The Parthenon Publishing Group. New York. s. 1-85070-006-0: 1-85070-006-0.

Curran A. M., Prada P. A., Furton K. G. 2010a. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. Forensic Sci Int. 199 (1-3). 103-108.

Curran A. M., Prada P. A., Furton K. G. 2010b. The differentiation of the volatile organic signatures of individuals through SPME-GC/MS of characteristic human scent compounds. Journal Forensic Science. 55 (1). 50-57.

Curran A. M., Rabin S. I., Furton K. G. 2005. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. Forensic Science Communications. 7 (2). 1-10.

Curran A. M., Rabin S. I., Prada P. A., Furton K. G. 2005. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. J Chem Ecol. 31 (7). 1607-1619.

Curran A. M., Ramirez C. F., Schoon A. A., Furton K. G. 2007. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 846 (1-2). 86-97.

Curran A. M., Stockham R. A., Warren W., Eckenrode B., 2006. Human Scent Evidence: Scientific Support of Canine Operations and Teaching an Old Dog New Tricks (Poster and Video Display). Research Partnership Program of 34th Annual Symposium on Crime Laboratory Development. Atlanta GA.

De Luca C., Valacchi G. 2010. Surface lipids as multifunctional mediators of skin responses to environmental stimuli. Mediators Inflamm. 2010. 321494.

Dormont L., Bessiere J. M., Cohuet A. 2013. Human skin volatiles: a review. J Chem Ecol. 39 (5). 569-578.

Downing D. T., Strauss J. S., Pochi P. E. 1969. Variability in the chemical composition of human skin surface lipids. J Invest Dermatol. 53 (5). 322-327.

Doyle C. 1970. Secret cloud that surrounds us. Family Health. 32 - 35.

Drábek J. (2010) 'Genetický základ lidského pachu, Pokroky v kriminalistice.' Policejní akademie Čr v Praze.

Drake D. R., Brogden K. A., Dawson D. V., Wertz P. W. 2008. Thematic review series: skin lipids. Antimicrobial lipids at the skin surface. J Lipid Res. 49 (1). 4-11.

Ebling F. J. 1974. Hormonal control and methods of measuring sebaceous gland activity. J Invest Dermatol. 62 (3). 161-171.

Eggert F., Muller-Ruchholtz W., Ferstl R. 1998. Olfactory cues associated with the major histocompatibility complex. Genetica. 104 (3). 191-197.

Elsner P. 2006. Antimicrobials and the skin physiological and pathological flora. Curr Probl Dermatol. 33. 35-41.

Evans H. E. 2013. Miller's atomy fo the dog. Duncan. L. Missouri. s. 978-0-7216-3200-1: 978-0-7216-3200-1.

Feingold K. R. 2007. Thematic review series: skin lipids. The role of epidermal lipids in cutaneous permeability barrier homeostasis. J Lipid Res. 48 (12). 2531-2546.
Fitzgerald M., Murphy R. C. 2007. Electrospray mass spectrometry of human hair wax esters. J Lipid Res. 48 (5). 1231-1246.
Gallagher M., Wysocki C. J., Leyden J. J., Spielman A. I., Sun X., Preti G. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. The British journal of dermatology. 159 (4). 780-791.
Greene R. S., Downing D. T., Pochi P. E., Strauss J. S. 1970. Anatomical variation in the amount and composition of human skin surface lipid. J Invest Dermatol. 54 (3). 240-247.
Haahti E., Horning E. C. 1963. Isolation and characterization of saturated and unsaturated fatty acids and alcohols of human skin surface lipids. Scand J Clin Lab Invest. 15. 73-78.
Hamilton J. B., Mestler G. E. 1963. Low values for sebum in eunuchs and oophorectomized women. Proc Soc Exp Biol Med. 112. 374-378.
Harvey L. M., Harvey S. J., Hom M., Perna A., Salib J. 2006. The use of bloodhounds in determining the impact of genetics and the environment on the expression of human odortype. Journal of Forensic Science. 51 (5). 1109-1114.
Havlicek J., Lenochova P. 2006. The effect of meat consumption on body odor attractiveness. Chem Senses. 31 (8). 747-752.
Haze S., Gozu, Y., Nakamura, S., Kohno, Y., Sawano, K., Hideaki, O., Yamazaki, K.,. 2001. 2-Nonenal Newly Found in Human Body Odor Tends to Increase with Aging. Journal of Investigatve Dermatology. 116. 520-524.
Hepper P. G. 1988. The discrimination of human odour by the dog. Perception. 17 (4). 549-554.
Hudson D. T., Curran A. M., Furton K. G. 2009. The stability of collected human scent under various environmental conditions. Journal of Forensic Science. 54 (6). 1270-1277.
Charvátová V., Dvořák V., Masařík I. 2002. Využití SPME a GC/MS ke zjišťování hořlavých kapalin ve vzorcích z požářiště pro potřebu PTE. Požární ochrana 2002, Sborník přednášek, Ostrava. 130-139.
Chuong C. M., Nickoloff B. J., Elias P. M., Goldsmith L. A., Macher E., Maderson P. A., Sundberg J. P., Tagami H., Plonka P. M., Thestrup-Pederson K., Bernard B. A., Schroder J. M., Dotto P., Chang C. M., Williams M. L., Feingold K. R., King L. E., Kligman A. M., Rees J. L., Christophers E. 2002. What is the 'true' function of skin? Exp Dermatol. 11 (2). 159-187.
James A. G., Hyliands D., Johnston H. 2004. Generation of volatile fatty acids by axillary bacteria. Int J Cosmet Sci. 26 (3). 149-156.
Kanda F., Yagi E., Fukuda M., Nakajima K., Ohta T., Nakata O. 1990. Elucidation of chemical compounds responsible for foot malodour. Br J Dermatol. 122 (6). 771-776.
Kellum R. E., Strangfeld K. 1970. Acne vulgaris. Studies in pathogenesis: fatty acids of corynebacterium acnes. Arch Dermatol. 101 (3). 337-339.
Knowles A. M., Lee D., Wilson D. 1978. Development of latent fingerprints on patterned papers and papers subjected to wetting. Technical Memorandum. 5 (78)
Kohl J. V., Atzmueller M., Fink B., Grammer K. 2001. Human pheromones: integrating neuroendocrinology and ethology. Neuro Endocrinol Lett. 22 (5). 309-321.
Kreyden O. P., Boni R., Burg G. 2002. Hyperhidrosis and Botulinum Toxin in Dermatology. Karger Medical and Scientific Publisher. Zurich. s. 978-3-8055-7306-1 978-3-8055-7306-1
Krstič R. V. 1997. Human Microscopic Anatomy. Springer – Verlag. Berlin. s. 3-540-53666-3: 3-540-53666-3.

Kurz M. E., Billard M., Rettig M., Augustiniak J., Lange J., Larsen M., Warrick R., Mohns T., Bora R., Broadus K. 1994. Evaluation of canines for accelerant detection at fire scenes. Journal of Forensic Science. 39 (6). 1528-1536.

Kusano M., Mendez E., Furton K. G. 2011. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. Anal Bioanal Chem. 400 (7). 1817-1826.

Kusano M., Mendez E., Furton K. G. 2013. Comparison of the Volatile Organic Compounds from Different Biological Specimens for Profiling Potential. Journal of Forensic Sciences. 58 (1). 29-39.

Kwak J., Willse A., Preti G., Yamazaki K., Beauchamp G. K. 2010. In search of the chemical basis for MHC odourtypes. Proc Biol Sci. 277 (1693). 2417-2425.

Labows J., Preti G., Hoelzle E., Leyden J., Kligman A. 1979. Analysis of human axillary volatiles: compounds of exogenous origin. J Chromatogr. 163 (3). 294-299.

Lee S. H., Jeong S. K., Ahn S. K. 2006. An update of the defensive barrier function of skin. Yonsei Med J. 47 (3). 293-306.

Lefevre T., Gouagna L. C., Dabire K. R., Elguero E., Fontenille D., Renaud F., Costantini C., Thomas F. 2010. Beer consumption increases human attractiveness to malaria mosquitoes. PLoS One. 5 (3). e9546.

Leyden J. J., McGinley K. J., Mills O. H., Kligman A. M. 1975. Age-related changes in the resident bacterial flora of the human face. J Invest Dermatol. 65 (4). 379-381.

Lundstorm J. N., 2005. Human pheromones. Uppsala Universitet Ph.D.:

Masukawa Y., Tsujimura H., Narita H. 2006. Liquid chromatography-mass spectrometry for comprehensive profiling of ceramide molecules in human hair. J Lipid Res. 47 (7). 1559-1571.

McGinley K. J., Webster G. F., Leyden J. J. 1978. Regional variations of cutaneous propionibacteria. Appl Environ Microbiol. 35 (1). 62-66.

Miller S. J., Aly R., Shinefeld H. R., Elias P. M. 1988. In vitro and in vivo antistaphylococcal activity of human stratum corneum lipids. Arch Dermatol. 124 (2). 209-215.

Montagna W. 1974. An introduction to sebaceous glands. J Invest Dermatol. 62 (3). 120-123.

Most K., Brückner G. H. 1936. Über Voraussetzungen und den derzeitigen Stand der Nasenleistungen von Hunden. Schöps. 12. 9 - 30.

Natsch A., Derrer S., Flachsmann F., Schmid J. 2006. A broad diversity of volatile carboxylic acids, released by a bacterial aminoacylase from axilla secretions, as candidate molecules for the determination of human-body odor type. Chem Biodivers. 3 (1). 1-20.

Newton D. E. 2007. Forensic CHemistry. Fact on File, Inc. An Imprint of Infoase Publishing. New York. s. 0-8160-5275-1: 0-8160-5275-1.

Nicolaides N. 1974. Skin lipids: Their biochemical uniqueness. Science 186 (4185). 19-26.

Niessen W. M. A. 2001. Current Practice of Gass Chromatography - Mass Spectropmetry. Marcel Dekker, Inc. New York. s. 0-8247-0473-8: 0-8247-0473-8.

Nikkari T. 1974. Comparative chemistry of sebum. J Invest Dermatol. 62 (3). 257-267.

Norlen L., Nicander I., Lundh Rozell B., Ollmar S., Forslind B. 1999. Inter- and intra-individual differences in human stratum corneum lipid content related to physical parameters of skin barrier function in vivo. J Invest Dermatol. 112 (1). 72-77.

Pavlou A. K., Turner A. P. 2000. Sniffing out the truth: clinical diagnosis using the electronic nose. Clin Chem Lab Med. 38 (2). 99-112.

Penn D., Potts W. 1998. How do major histocompatibility complex genes

influence odor and mating preferences? Advances in Immunology. 69. 411-436.

Penn D. J., Oberzaucher E., Grammer K., Fischer G., Soini H. A., Wiesler D., Novotny M. V., Dixon S. J., Xu Y., Brereton R. G. 2007. Individual and gender fingerprints in human body odour. J R Soc Interface. 4 (13). 331-340.

Phillips M., Herrera J., Krishnan S., Zain M., Greenberg J., Cataneo R. N. 1999. Variation in volatile organic compounds in the breath of normal humans. J Chromatogr B Biomed Sci Appl. 729 (1-2). 75-88.

Pochi P. E., Strauss J. S. 1974. Endocrinologic control of the development and activity of the human sebaceous gland. J Invest Dermatol. 62 (3). 191-201.

Poling A., Weetjens B. J., Cox C., Mgode G., Jubitana M., Kazwala R., Mfinanga G. S., in 't Veld D. H. 2010. Short Report: Using Giant African Pouched Rats to Detect Tuberculosis in Human Sputum Samples: 2009 Findings. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 83 (6). 1308-1310.

Potts W. K., Manning C. J., Wakeland E. K. 1994. The role of infectious disease, inbreeding and mating preferences in maintaining MHC genetic diversity: an experimental test. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 346 (1317). 369-378.

Ramotowski R. S. 2001. Composition of latent print residue. CRC. Boca Raton, Florida. Fingerprints/Scent/Odor s.

Romanes G. J. 1887. Experiments on the sense of smell in dogs. Nature. Nature. 273-274.

Saint-Leger D. 2003. [Normal and pathologic sebaceous function. Research in a shallow milieu?]. Pathol Biol (Paris). 51 (5). 275-278.

Shelley W. B., Hurley H. J., Jr. 1953. The physiology of the human axillary apocrine sweat gland. J Invest Dermatol. 20 (4). 285-297.

Shelley W. B., Hurley H. J., Jr., Nichols A. C. 1953. Axillary odor; experimental study of the role of bacteria, apocrine sweat, and deodorants. AMA Arch Derm Syphilol. 68 (4). 430-446.

Shuster S., Thody A. J. 1974. The control and measurement of sebum secretion. J Invest Dermatol. 62 (3). 172-190.

Schoon A., Haak, R. 2002. K9 Suspect discrimination. Detseling Enterprises Ltd. Calgary. s. 1550592335: 1550592335.

Schoon G. A. A., Haak, R. 2002. K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line - Ups. National Library of canada in Publication Data. Canada. s. 1-55059-233-5: 1-55059-233-5.

Smith K. R., Thiboutot D. M. 2008. Thematic review series: skin lipids. Sebaceous gland lipids: friend or foe? J Lipid Res. 49 (2). 271-281.

Sokolov V. E. 1974. Mammal skin. Moscow. s. 0-520-03198-9: 0-520-03198-9.

Sommerville B. A., Green M. A., Gee D. J. 1990. Using Chromatography and a Dog to Identify Some of the Compounds in Human Sweat Which Are under Genetic Influence. Chemical Signals in Vertebrates 5. 5. 634-639.

Stockham R. A., Slavin D. L., Kift W. 2004. Survivability of Human Scent. Forensic Science Communications. 6 (4)

Stoddart R. A. 1999a. The scented Ape. Cambridge University Press. Cambridge. s. 0 521 37511 8: 0 521 37511 8.

Stoddart R. A. 1999b. The scented Ape: The Biology and Culture of Human Odour. Cambridge University Press. Cambridge. s. 0 521 37511 8: 0 521 37511 8.

Straus J., Kloubek, M. 2010. Kriminalistická odorologie. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. s. 8073802384: 8073802384.

Syrotuck W. G. 2000. Scent and Scenting Dog. Pensilvanina. s. 0-9700494-2-0: 0-9700494-2-0.

Szinak j. 1985. Int. Criminol. Police Rev. 58-63.

Takigawa H., Nakagawa H., Kuzukawa M., Mori H., Imokawa G. 2005. Deficient production of hexadecenoic acid in the skin is associated in part with the vulnerability of atopic dermatitis patients to colonization by Staphylococcus aureus. Dermatology. 211 (3). 240-248.

Taylor D., Daulby A., Grimshaw S., James G., Mercer J., Vaziri S. 2003. Characterization of the microflora of the human axilla. Int J Cosmet Sci. 25 (3). 137-145.

Thiele J. J., Weber S. U., Packer L. 1999. Sebaceous gland secretion is a major physiologic route of vitamin E delivery to skin. J Invest Dermatol. 113 (6). 1006-1010.

Tiffany J. M. 1985. The role of meibomian secretion in the tears. Trans Ophthalmol Soc U K. 104 (Pt 4). 396-401.

Tomaszewski T., Girdwoyn P. 2006. Scent identification evidence in jurisdiction (drawing on the example of judicial practice in Poland). Forensic Sci Int. 162 (1-3). 191-195.

Trojan S., Hrachovina V., Kittnar V., Koudelová O., Kuthan J., Langmeier V., Mareš M., Marešová J., Mourek D., Pokorný J., Sedláček J., Schreiber M., Trávníčková E., Wunsch Z. 2003. Lékařská fyziologie. Grada Publishing. Praha. s. 80-24705112-5: 80-24705112-5.

Vyplelova P., Vokalek V., Pinc L., Pacakova Z., Bartos L., Santariova M., Capkova Z. 2014. Individual human odor fallout as detected by trained canines. Forensic Science International. 234. 13-15.

Wedekind C., Penn D. 2000. MHC genes, body odours, and odour preferences. Nephrol Dial Transplant. 15 (9). 1269-1271.

Wedekind C., Seebeck T., Bettens F., Paepke A. J. 1995. MHC-dependent mate preferences in humans. Proc Biol Sci. 260 (1359). 245-249.

Weetjens B. J., Mgode G. F., Machang'u R. S., Kazwala R., Mfinanga G., Lwilla F., Cox C., Jubitana M., Kanyagha H., Mtandu R., Kahwa A., Mwessongo J., Makingi G., Mfaume S., Van Steenberge J., Beyene N. W., Billet M., Verhagen R. 2009. African pouched rats for the detection of pulmonary tuberculosis in sputum samples. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease. 13 (6). 737-743.

Westerberg R., Tvrdik P., Unden A. B., Mansson J. E., Norlen L., Jakobsson A., Holleran W. H., Elias P. M., Asadi A., Flodby P., Toftgard R., Capecchi M. R., Jacobsson A. 2004. Role for ELOVL3 and fatty acid chain length in development of hair and skin function. J Biol Chem. 279 (7). 5621-5629.

Wille J. J., Kydonieus A. 2003. Palmitoleic acid isomer (C16:1delta6) in human skin sebum is effective against gram-positive bacteria. Skin Pharmacol Appl Skin Physiol. 16 (3). 176-187.

Wobst B., Zavazava N., Luszyk D., Lange K., Ussat S., Eggert F., Ferstl R., Muller-Ruchholtz W. 1998. Molecular forms of soluble HLA in body fluids: potential determinants of body odor cues. Genetica. 104 (3). 275-283.

Woollard H. H. 1930. The Cutaneous Glands of Man. J Anat. 64 (Pt 4). 415-421.

Yamazaki K., Beauchamp G. K. 2005. Chemosensory recognition of olfactory individuality. Chem Senses. 30 Suppl 1. i142-143.

Yamazaki K., Beauchamp G. K., Imai Y., Bard J., Phelan S. P., Thomas L., Boyse E. A. 1990. Odortypes Determined by the Major Histocompatibility Complex in Germ-Free Mice. Proc Natl Acad Sci U S A. 87 (21). 8413-8416.

Yamazaki K., Beauchamp G. K., Shen F. W., Bard J., Boyse E. A. 1994. Discrimination of odortypes determined by the major histocompatibility complex among outbred mice. Proc Natl Acad Sci U S A. 91 (9). 3735-3738.

Záhejský J. 2013. Role ceramidů v bariérové funkci kůže, jejich význam ve vývoji kožních onemocnění a jejich terapii. Dermatologie pro praxi

7(4)

Zeng X. N., Leyden J. J., Lawley H. J., Sawano K., Nohara I., Preti G. 1991. Analysis of characteristic odors from human male axillae. J Chem Ecol. 17 (7). 1469-1492.
Zeng X. N., Leyden J. J., Spielman A. I., Preti G. 1996. Analysis of characteristic human female axillary odors: Qualitative comparison to males. J Chem Ecol. 22 (2). 237-257.