proLékaře.cz | 28.9.2026

Aspekty forenznej entomológie v súdnom lekárstve

Ľubomír Mikuláš[1,2], Dana Kutišová[1,2], Ján Šikuta[1,2], Roman Kuruc[1,2], Jozef Šidlo[1,2]

[1]*Súdnolekárske pracovisko, Úrad pre dohľad nad zdravotnou starostlivosťou, Bratislava, Slovenská republika*
[2]*Ústav súdneho lekárstva, Lekárska fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, Slovenská republika*

SÚHRN

Entomológia sa zaoberá skúmaním hmyzu ako súčasti ekosystému úzko spätého so všetkými organizmami, človeka nevynímajúc. Hmyz je často „priamym svedkom" kriminálneho činu a tým pádom významným dôkazom pri vyšetrovaní zahŕňajúcom aj špecializovaný odbor - forenzná entomológia. Jej cieľom je komplexná analýza hmyzu pre účely vyšetrovania aj v oblasti kriminalistiky a súdneho lekárstva. Závery skúmania sú zdrojom informácii, vedúcich k zodpovedaniu otázok najmä v prípadoch závažných trestných činov.

Kľúčové slová: forenzná entomológia – hmyz – súdne lekárstvo – kriminalistika – *post mortem* interval

Aspects of forensic entomology in forensic medicine

SUMMARY

Entomology, as a vast scientific discipline of zoology, deals with the study of insects, which are an integral part of the ecosystem of our planet and are closely linked to the activity and life cycle of all organisms, including humans. As a result of this natural connection, insects often become a direct "living witness" of a crime and thus an invaluable part of the evidence in a comprehensive forensic investigation, which in such cases necessarily includes a specialized field of science - forensic entomology. The goals of forensic entomology include comprehensive analysis of entomological evidence material and the use of knowledge about insects and other invertebrates for the purpose of investigating and verifying evidence in civil and criminal law. In practice, forensic entomology falls into several categories, including the issue of food pests in industry or agriculture, human and animal parasitology (especially myiasis) and very often the field of criminology and forensic medicine, where the results are mainly applied to determine the length of *post mortem* interval (PMI), evidence of manipulation of the corpse, or other forensic facts that results from entomological analysis. The conclusions of the entomology study are in many cases an invaluable part of the amount of information that leads to the answer of key questions in complex forensic evidence, especially in the group of serious crimes.

Keywords: forensic entomology – insects – forensic medicine – criminalistics – *post mortem* interval

Soud Lek 2021; 66(3): 39–42

VÝVOJ HMYZU NA MŔTVOM TELE

Telo sa prakticky ihneď po smrti stáva súčasťou špecifického biotopu a je spravidla už do pár minút postupne kolonizované hmyzom. Kolonizácia hmyzom a postupný rozklad mŕtvoly prebieha chronologicky, v časovo zákonitom slede (sukcesia). Jednotlivé druhy nekrofágnych organizmov sa na mŕtvom tele počas jeho rozkladu postupne striedajú v takzvaných sukcesných vlnách. Presný sled sukcesie nie je možné vo všeobecnej rovine časovo definovať z dôvodu veľkého množstva faktorov ovplyvňujúcich jej priebeh, medzi ktoré patrí predovšetkým teplota prostredia, ročné obdobie, svetlá časť dňa, či vlhkosť a úhrn zrážok v lokalite, v ktorej sa mŕtve ľudské telo nachádza (1,2).

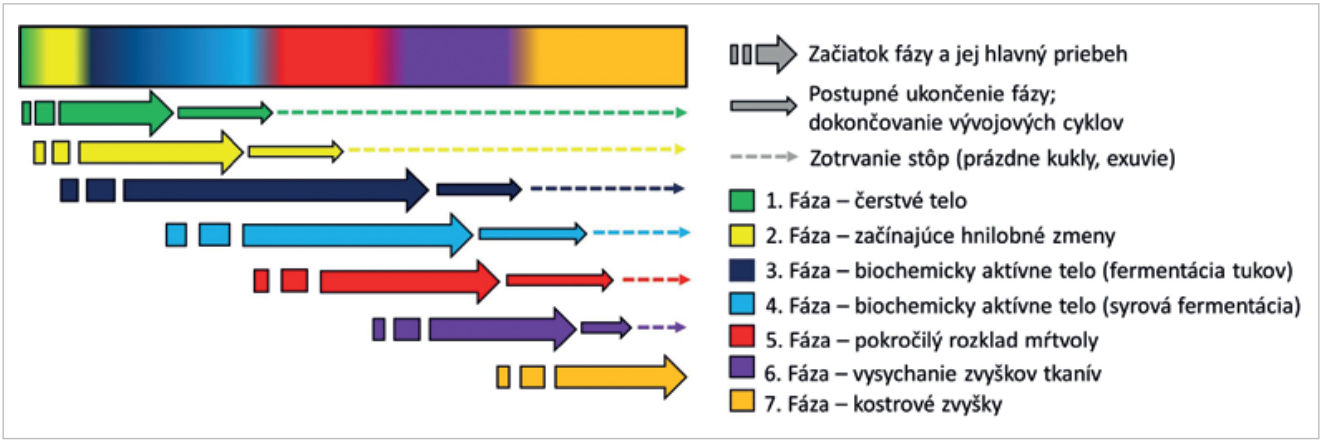
Z vedeckých pozorovaní bol postupne vyvodený záver, že počet vĺn prísne závisí od oblasti a klimatických podmienok, v ktorých sa mŕtve telo nachádza. Napríklad v teplých oblastiach so suchým vzduchom prebieha proces rýchlejšie a sukcesných vĺn je menej. V našich klimatických podmienkach sa podľa súčasnej literatúry ako najoptimálnejšie javí rozdelenie sukcesie mŕtveho tela do siedmych štádií, resp. sukcesných vĺn. Jednotlivé vlny nie je možné jednoznačne časovo ohraničiť, vzájomne sa prekrývajú a ich prechod je pozvoľný a plynulý (obr. 1), t. j. na tele sa vždy súčasne vyskytujú rôzny zástupcovia bezstavovcov z viacerých fáz. Pri optimálnych podmienkach postupuje rozklad tela tak rýchlo, že niektoré fázy, najmä začiatočné, zahrnujú iba jednu generáciu daného druhu, resp. skupín druhov bezstavovcov. Dochádza k tomu preto, že novo vyliahnuté dospelé jedince (imaga) nachádzajú mŕtvolu v takom stupni rozkladu, že je pre nich nevyhovujúca a miesto opúšťajú, či hynú (2).

Potenciálna aktivita nekrofágnych druhov hmyzu, najmä múch, spadá v našich podmienkach do obdobia približne od konca apríla do konca októbra, teda časového rozpätia približne šiestich mesiacov, s miernou variabilitou v rámci teplotných výkyvov. Na jar a jeseň, kedy sú teploty nižšie, sa rozklad mŕtveho tela oproti letným teplotám spomaľuje približne na polovicu. Zatiaľ čo pri priemernej teplote 20 °C dochádza v závislosti od teploty k likvidácii väčšej časti mäkkých tkanív mŕtvoly hmyzom už behom 5 až 7 dní, pri teplotách v priemere okolo 15 °C sa spotrebovanie kože, svaloviny a útrob predlžuje na 14 dní a pri ďalšom poklese priemernej dennej teploty o 2 °C až na 21 dní. V optimálnych podmienkach je intenzívnou činnosťou lariev spotrebovaných až 90 % pôvodnej hmotnosti mŕtvoly už za 7 - 10 dní. V tejto súvislosti je nutné zobrať do úvahy, že rozklad mŕtvoly je v dôsledku hnilobných a fermentačných procesov spojený s jej samozahrievaním, pričom sa na produkcii tepla podieľa aj činnosť početných, metabolicky veľmi aktívnych lariev konzumujúcich mŕtve telo. Pri nižších teplotách prostredia majú larvy väčšiu tendenciu prenikať do mŕtvoly, kde je vhodnejšia teplota pre ich aktivitu. Preto napríklad nočný pokles okolitej

✉ ***Adresa pre korešpondenciu:***
MUDr. Ľubomír Mikuláš
Súdnolekárske pracovisko ÚDZS
Antolská 11, 851 07 Bratislava, Slovenská republika
tel.: +421 02 208 56 653
fax: +421 02 205 56 556
e-mail: lubomir.mikulas@udzs-sk.sk

Received: April 12, 2021
Accepted: May 10, 2021

proLékaře.cz | 28.9.2026



Obr. 1. Schematické znázornenie priebehu sukcesných vĺn pri voľnej expozícii tela (2).

teploty k dolnej hranici aktivity činnosť lariev v mŕtvole obvykle výraznejšie nespomalí. Ak teplota klesne pod kritickú hodnotu, je činnosť vyliahnutých lariev výrazne spomalená až zastavená, larvy upadajú do diapauzy s výrazným spomalením metabolizmu a v pojedaní mŕtvoly pokračujú hneď, ako im to vonkajšie klimatické podmienky dovolia (3,4).

POST MORTEM INTERVAL (PMI)

Mŕtve ľudské telo so sebou vo forenznej praxi často prináša mnohé otázky, ktoré je potrebné zodpovedať v rámci nasledujúcich komplexných procedurálnych úkonov. Súdny lekár v takýchto prípadoch stojí pred neľahkou úlohou, kedy musí na základe prehliadky mŕtvoly na mieste nálezu či pitvy a doplňujúcich laboratórnych vyšetrení na špecializovanom pracovisku okrem iného zistiť príčinu smrti, prítomnosť poranení, mechanizmus ich vzniku a v neposlednom rade objektívne stanoviť veľmi dôležitý údaj - čas úmrtia. Pri stanovení času smrti je odkázaný na overené znalosti o rozvoji posmrtných zmien, ako aj osobné skúsenosti z praxe. V skutočnosti je možné presnejšie stanovenie doby úmrtia len v pomerne krátkom časovom horizonte, spravidla 48 až maximálne 72 hodín po smrti. V ďalšom priebehu je pre súdneho lekára stanovenie času smrti za použitia klasických metód výrazne sťažené a s postupujúcim časom od smrti len orientačné. Najmä v takýchto prípadoch je vhodné do vyšetrovania a riešenia dôležitých problémov zapojiť aj odborníkov z iných vedeckých odvetví.

Veľmi efektívnym spôsobom na spresnenie času smrti je práve využitie poznatkov forenznej entomológie. Medzi najhlavnejšie výhody entomologických metód patrí omnoho širšie časové rozpätie, počas ktorého je možné presnejšie stanoviť *post mortem* interval (PMI), teda dobu od smrti, či presnejšie od kolonizácie mŕtvoly po jej nález. Správne pochopenie a zhodnotenie všetkých zákonitostí degradačného procesu mŕtvoly, analýzy prítomného hmyzu a zohľadnenie klimatických podmienok poskytuje možnosť spätne zreprodukovať časovú os a tým zodpovedať otázky dôležité pre kriminalistické vyšetrovanie. V optimálnych prípadoch dokáže forenzný entomológ aj pri niekoľko týždňov starej mŕtvole stanoviť obdobie smrti s presnosťou na jeden deň. Vo väčšine prípadov sa presnosť stanovenia času smrti pohybuje v rozmedzí 1 - 5 dní pri úmrtiach, ktoré nastali pred 3 - 5 týždňami, pri starších nálezoch presnosť klesá na týždne až mesiace a pri 1 - 2 ročných nálezoch je možné určiť, či ide o úmrtie v inkriminovanom alebo predošlom roku; pri nálezoch starších ako 2 roky už forenzná entomológia nedokáže bližšie určiť počet uplynulých rokov od úmrtia (2,5,6).

Relatívnou nevýhodou forenznej entomológie oproti súdnolekárskym metódam je jej zložitosť a časová náročnosť, ktorá vyplýva z komplexného náhľadu a analýzy jednotlivých druhov bezstavovcov prítomných na mŕtvom tele, pričom podobne ako v súdnom lekárstve aj v entomologickom bádaní existuje nespočetné množstvo faktorov a výnimiek, ktoré môžu ovplyvniť jeho závery. Výpočet PMI z entomologického hľadiska vychádza z časového údaju, kedy hmyz objavil a začal kolonizovať telo. Neurčuje teda s úplnou presnosťou čas smrti. V niektorých literárnych zdrojoch je v tejto súvislosti uvedené, že predmetné obdobie by malo byť správnejšie označované ako PIA (ang. Period of Insect Activity), teda doba, počas ktorej bol nekrofágny hmyz na mŕtvom tele aktívny, čím je vlastne stanovený minimálny čas, pred ktorým došlo k smrti, označovaný ako PMImin. PMI a PIA sa totiž v niektorých prípadoch z praxe značne líšili a viedli k skresleniu výsledkov a mylným záverom. Názor na toto rozdelenie nie je odbornou verejnosťou doteraz jednoznačne prijatý a používa sa dlhodobo zaužívané označenie - PMI interval (5).

Post mortem interval sa určuje kombináciou presných poznatkov o časových vzťahoch vývoja nekrofágneho hmyzu v jednotlivých vývojových fázach, s prihliadnutím na klimatické podmienky prostredia. Zostručnene a zjednodušene povedané, základom stanovenia PMI je nájdenie najstaršieho vývojového štádia určitého druhu hmyzu na mŕtvole alebo v jej okolí. Po potvrdení druhovej príslušnosti je možné spätným prepočtom zistiť, koľko času nájdený jedinec za určitých klimatických podmienok potreboval na to, aby od nakladenia z vajíčka dosiahol analyzované štádium vývoja. Spätný prepočet je možné vykonať iba u preskúmaných druhov hmyzu, t. j. u ktorých boli predtým opakovanými pokusmi zaznamenané presné časové vzťahy - trvanie jednotlivých vývojových štádií, pri vopred nastavených klimatických podmienkach (teplota, vlhkosť, zrážky, doba oslnenia) (2,7).

PREDPOKLADY POUŽITIA ENTOMOLÓGIE PRI VÝPOČTOCH PMI

Pre relevantnosť výsledkov výpočtov *post mortem* intervalu musí byť u analyzovaných druhov hmyzu splnených 5 predpokladov. Nesplnenie čo i len jedného z nich môže spôsobiť nepresné stanovenie PMI a tým zbytočne skomplikovať nasledujúci postup vyšetrovania. Pre hodnotenie sú ideálne tie druhy hmyzu, ktorých vývoj je kompletne závislý na prítomnosti mŕtveho tela, pričom takúto podmienku spĺňajú larvy nekrofágnych druhov múch.

Predpoklady pre použitie entomológie pre spoľahlivý výpočet PMI:

1. Hmyz sa stravuje na mŕtvole, jeho vývoj by s ňou mal byť úzko spätý.
2. Samičky nenakládli vajíčka / larvy na živého hostiteľa.

proLékaře.cz | 28.9.2026

3. Hmyz musí byť poikilotermný (závislý od teploty prostredia).
4. Musí existovať prísny priamy vzťah medzi aktivitou hmyzu a teplotou vonkajšieho prostredia.
5. Vývojové štádium analyzovaného hmyzu musí byť jednoznačne rozoznateľné.

VZŤAH MEDZI TEPLOTOU PROSTREDIA A VÝVOJOM HMYZU

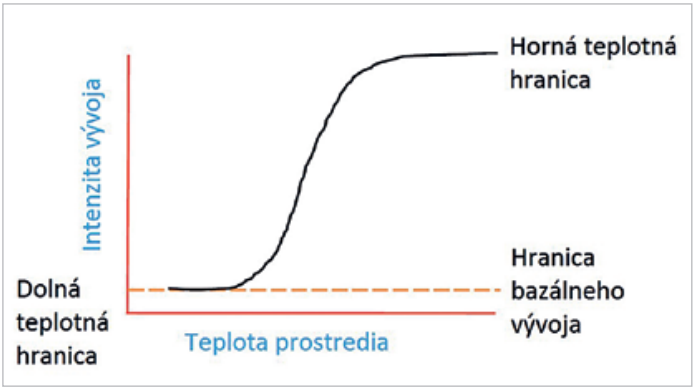
Všetky druhy hmyzu sú poikilotermné, čo znamená, že ich telesná teplota nie je udržiavaná na stabilnej hodnote, ale prísne závisí od teploty prostredia. Naprieč všetkými druhmi hmyzu sa vyvinula rozdielna tolerancia na teplotné výkyvy, pričom každý druh má iné optimálne rozpätie teplôt, v ktorom je jeho vývoj najrýchlejší. Z toho dôvodu je teplota vzduchu, mŕtvoly, pôdy a larválnej masy pre stanovenie *post mortem* intervalu esenciálnym faktorom ovplyvňujúcim priebeh sukcesie v celom rozsahu.

Z krivky (obr. 2) je pre forenzného entomológa najpodstatnejšia lineárna (šikmo stúpajúca) časť, ktorá je v celom jej priebehu najvhodnejšia pri použití vo výpočtoch PMI. Čím sa krivka blíži k hornej či dolnej teplotnej hranici, je aj odhad intenzity vývoja ťažší a menej presný. Podobná, samozrejme omnoho detailnejšia krivka, je na základe výsledkov pozorovaní spracovaná pre každý bližšie preskúmaný druh hmyzu.

ĎALŠIE FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE VÝVOJ HMYZU

Okrem už opísaných klimatických podmienok boli počas kontrolovaných experimentov objavené aj ďalšie faktory, podieľajúce sa na regulácii vývoja hmyzu, a to v niektorých prípadoch nezávisle na zmenách teplotných veličín. V odbornej literatúre sú napríklad opísané pokusy na muche z druhu *Sarcophaga peregrina* z čeľade mäsiarkovitých (*Sarcophagidae*), pri ktorých letálna dávka kokaínu obsiahnutá v hostiteľskom tele výraznou mierou zvýšila rýchlosť vývoja a veľkosť lariev. V iných vykonaných experimentoch mal podobné účinky na niektoré druhy múch aj heroín. Bolo pozorované, že larvy sa v dôsledku účinku heroínu prejedali. Následkom toho trvalo štádium kukly dlhšie a dospelé jedince boli oproti kontrolnej skupine väčšie. Metamfetamín, okrem rapídneho zvýšenia rýchlosti vývoja lariev, spôsobil zvýšenú mortalitu v štádiu kukly (3,4).

Z uvedených zistení vyplýva, že účinok psychoaktívnych látok na vývoj hmyzu môže pri neopatrnom hodnotení do určitej miery ovplyvniť konečné výsledky skúmania a forenzný entomológ by s ich vplyvom mal počítať. Preto je aj v týchto prípadoch vhodná spolupráca so súdnymi lekármi a toxikológmi. Entomotoxikológia, ktorá sa zaoberá pôsobením cudzorodých látok vo vzťahu k hmyzu, je v tejto oblasti výskumu stále na začiatku a v súčasnej odbornej literatúre existuje len málo vedeckých prác, ktoré by sa bližšie zaoberali vplyvom drog a liečiv na hmyz a jeho vývoj.



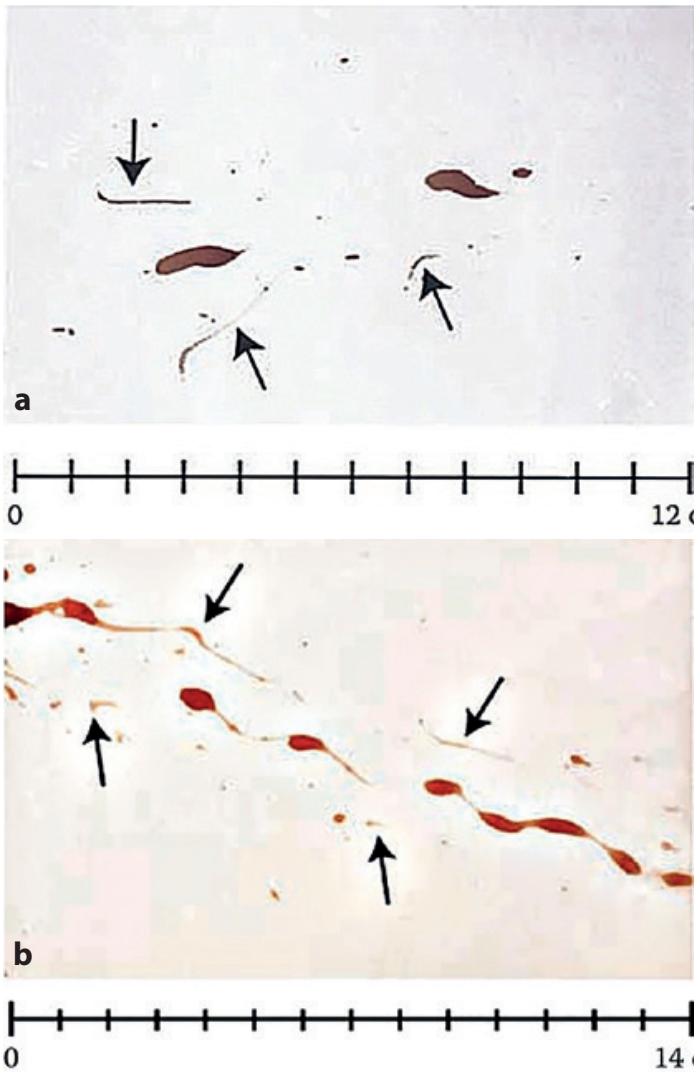
Obr. 2. Teplotná krivka vzťahu teploty prostredia a rýchlosti vývoja hmyzu.

ZMENY KRVNÝCH STÔP ČINNOSŤOU HMYZU

Krv a krvné stopy môžu byť v praxi pre súdneho lekára a kriminalistov bohatým zdrojom hodnotných informácií, a to najmä pri násilných trestných činoch. Ich detailným skúmaním a interpretáciou sa zaoberá samostatná aplikovaná forenzná disciplína. Správne odborné zhodnotenie tvaru, veľkosti a distribúcie krvných stôp na mieste činu poskytuje náhľad do čiastkových udalostí celého násilného skutku a napomáha načrtnúť jeho priebeh.

Okrem ľudských odborníkov lákajú krvné stopy na mieste činu svojou prítomnosťou aj hmyz. Jeho činnosť je však v tomto prípade na mieste nežiaduca, pretože hmyz môže svojou aktivitou čiastočne či úplne znehodnotiť krvné stopy a tým aj ich výpovednú hodnotu. Táto možnosť je pri analýze braná do úvahy len málokedy a je zväčša braná ako nepodstatná, či dokonca prehliadnutá. Každý, kto sa zúčastňuje na hodnotení krvných stôp, vrátane súdneho lekára, by mal brať do úvahy aj možnosť, že hmyz v niektorých prípadoch môže svojim prirodzeným správaním vytvoriť "falošné" stopy, či pozmeniť tvar pôvodných krvných stôp.

Každý hmyz alebo bezstavovec môže napriek svojej veľkosti zanechať zreteľnú, avšak "falošnú" krvnú stopu už len tým, že prejde cez nezaschnutú krv a v priľahlej oblasti sa napríklad pri kráčaní utrie o podložku (obr. 3a a 3b) (5).

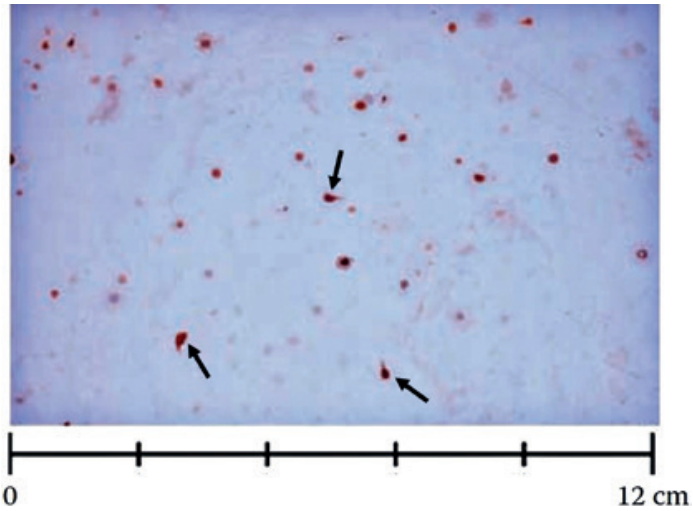


Obr. 3a, 3b. "Falošné" krvné stopy vytvorené švábom. Šípkami sú označené stopy vytvorené končatinami švába, väčšie stopy vznikli odtlačkom jeho brušnej časti (5).

proLékaře.cz | 28.9.2026

Muchy prítomné na mieste činu často konzumujú tekutú krv, telesné tekutiny alebo hnilobné produkty, ktoré následne z tela vylúčia buď formou zvratkov alebo exkrementov a tak vytvárajú typické drobné stopy (obr. 4). Pri väčšom počte múch v priestore mŕtvoly a ich opakovanom kŕmení sa biologickým materiálom a vyprázdňovaní môže byť na mieste činu prítomné veľké množstvo nepravých "krvných" škvŕn. Stopy po vylučovaní hmyzu sa vo väčšine prípadov dajú pri podrobnej analýze odlíšiť, nakoľko majú charakteristický tvar, veľkosť a vzorec distribúcie. Ich veľkosť varíruje vzhľadom na veľkosť jedinca, ktorý ich vytvoril (5).

Škvrny od zvratkov múch sú pozoruhodne symetrické, väčšinou bledšie ako okolité krvné stopy. Výkaly majú charakteristický rôzne pretiahnutý kvapkovitý tvar, pri ktorom zúžená časť ukazuje smer pohybu muchy, ktorá si pri defekácii utrela zadoček o podložku (obr. 4). Sú lokalizované zväčša na teplých a svetlých miestach, na ktorých muchy rady odpočívajú. Býva to často na oknách, parapetoch, vonkajšej ploche záclon či závesov, prípadne na iných miestach blízko pri okne. Predbežný test týchto škvŕn býva často pozitívny na prítomnosť krvi (hemoglobínu), preto je potrebné byť opatrný pri vyslovovaní záverov analýzy. Ani DNA analýza nie je schopná odlíšiť muchou natrávenú a vyvrátenú krv od pôvodnej, pochádzajúcej priamo zo zdroja. V praxi sa preto najčastejšie orientujeme podľa typických morfologických známok stôp a ich distribúcie v priestore (1,4,5).



Obr. 4. Stopy po zvratkoch a výkaloch (šípky) múch po konzumácii krvi (5).

DISKUSIA A ZÁVER

Forenzná entomológia je vedou, ktorá je v mnohých vyspelých krajinách už bežne zaradená medzi špeciálne kriminalistické metódy. Jej náplňou je využiť dostupné znalosti o hmyze a iných bezstavovcoch v súdnolekárskej a kriminalistickej praxi, v ktorej môžu výsledky entomologického skúmania zohrať kľúčovú úlohu v rozhodovaní o postupe a záveroch vyšetrovania. Základom je správne zaistenie relevantných entomologických stôp, ktoré na mieste činu často vykonávajú špeciálne školení technici. Forenzný entomológ následne po časovo náročnom zhodnotení stôp na špecializovanom pracovisku a zohľadnení klimatických podmienok z inkriminovaného obdobia vyvodí závery, ktoré môžu poslúžiť na potvrdenie či vyvrátenie záverov iných dôkazových kriminalistických metodík, či výsledkov súdnolekárskeho skúmania, čo má pri vyšetrovaní nesmierny význam. Schopnosť forenznej entomológie objektívne stanoviť čas smrti človeka s presnosťou na deň aj u niekoľko týždňov starých, hnilobne zmenených mŕtvol je neoceniteľná a vo svete sa ukázala byť v mnohých prípadoch rozhodujúca pri riešení prípadov, v ktorých bol čas smrti dôležitým údajom v procese dokazovania viny, dedičskom konaní a pod.

Aj napriek opakovane preukázaným nesporným výhodám a niekedy až prekvapivým výsledkom v zdanlivo neriešiteľných zložitých prípadoch si zatiaľ forenzná entomológia nenašla v našich podmienkach plnoprávne postavenie popri už zavedených tradičných metódach zisťovania okolností smrti.

PREHLÁSENIE

Autor práce prehlasuje, že v súvislosti s témou, vznikom a publikácií tohto článku nie v konflikte záujmov a vznik ani publikácia článku neboli podporené žiadnou farmaceutickou firmou. Toto prehlasenie sa týka i všetkých spoluautorov.

LITERATÚRA

1. Gennard D. Forensic Entomology, An introduction. Chichester : John Wiley & Sons Ltd; 2007: 244.
2. **Šuláková H.** Forenzní entomologie - když smrt je začátek. Praha: Nakladatelství Academia, 2014, *Živa* 5/2014: 250-256.
3. **Gennard D.** Forensic Entomology, An introduction, Second edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd; 2012: 272.
4. **Jason HB, James LC.** Forensic entomology, The utility of arthropods in legal investigations. Boca Raton: CRC Press; 2001: 440.
5. **Jason HB, James LC.** Forensic Entomology, The Utility of Arthropods in Legal Investigations, Second Edition. Boca Raton: CRC Press; 2010: 705.
6. **Gillott C.** Entomology, Third edition. Dordrecht: Springer; 2005: 831.
7. **Ladislav D.** Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Praha: Publication Kriminalistický ústav, 1990.