

Studie zkoumání procesů Rigor mortis a Algor mortis

Studies examining the processes Rigor mortis and Algor mortis

Šárka Kubíčková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Šárka KUBÍČKOVÁ
Osobní číslo: A08711
Studijní program: B 3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Bezpečnostní technologie, systémy a management

Téma práce: Studie zkoumání procesů Rigor mortis a Algor mortis

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou kriminalistických metod.
2. Vypracujte studii používaných kriminalistických metod v procesu Rigor mortis, Algor mortis a Livores mortis.
3. Vypracujte metodiku měření biologického laboratorního materiálu.
4. Provedte analýzu supremum a infimum naměřených hodnot teplotních polí v programu Launch Guide IrAnalyser.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ŠTEFAN, J., MACH, J. Soudně lékařská a medicínsko-právní problematika v praxi. 1.vyd. Praha. Grada Publishing, 2005. 264 s. ISBN 80-247-09-7.
2. HRIB N. Kriminalistika a zdravotnictví. 1.vyd. Plzeň. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. 2010. 324 s. ISBN 978-80-7380-269-1.
3. STRAUS, J. Kriminalistická metodika. Plzeň. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. 2006. 310 s. ISBN 80-86898-66-0.
4. MUSIL, J., KONRÁD, Z., SUCHÁNEK, J. Kriminalistika. 2. vyd. Praha. C.H. Beck. 2004. 583 s. ISBN 80-7179-878-9.
5. PORADA, V. Kriminalistika. 1.vyd. Brno. CERM, 2001. 746 s. ISBN 8072041940.
6. PLATT, R. Místo činu. 1.vyd. Praha. Slovart, 2005. 144 s. ISBN 80-7209-746-6.
7. ERZINCLIOGLU Z. Forenzní metody vyšetřování. 1.vyd. Praha. Fortuna Libri, 2008. 192 s. ISBN 978-80-7321-433-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ján Ivanka

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavní snahou ve studii je představení kriminalistiky jako vědního oboru a kriminalistických metod, které jsou dnes používány k vyšetřování trestných činů. Hlavní pozornost je věnována dostupným a využívaným metodám určených k vyšetřování úmrtí a dále je první část práce zaměřena na změny nastávající po smrti. V praktické části je experimentálně zkoušena metoda, jež by v budoucnu mohla sloužit forenzním specialistům ke zjednodušení jejich kriminalistické práce. Z provedeného experimentu je odvozena metodika měření biologického materiálu.

Klíčová slova: kriminalistika, kriminalistické metody, posmrtné změny, metodika měření, termokamera, teploměr, analýza hodnot

ABSTRACT

The main concern of the study is to present a forensic science and investigative methods that are used to investigate crimes. The main attention is paid to the available and used methods for investigating deaths and the first part is focused on the changes occurring after death. There is experimentally tested method in the practical part of the study, which might be used to by criminologists to simplify their work in future. From the experiment is derived methodology measurement of biological material.

Keywords: criminology, forensic methods, postmortem changes, the methodology of measurement, thermal camera, a thermometer, an analysis of values

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jánovi Ivankovi za odborné vedení, konzultace a za poskytnuté cenné rady a připomínky ke zpracování a obsahu práce. Děkuji také JUDr. Zdeňku Sadílkovi z Policejní akademie ČR za pomoc, informace v použití nových metod a poskytnuté materiály, za jeho ochotu ke spolupráci a jeho vstřícnost. Moje poděkování také patří Ing. Petrovi Navrátilovi, Ph.D. za pomoc s měřicí technikou, s jejím nastavením a obsluhou a také mu velmi děkuji za pomoc se zpracováním dat, získaných měřeními.

„Dobrá díla jsou plodem dobrého charakteru a protože je chvályhodnější příčina než následek, chval více dobrý charakter bez vzdělání než vzdělance bez charakteru.“

Leonardo da Vinci

„Učenec v laboratoři není jen odborník, je to dítě, které hledí na vědu jako na pohádku. Vidí ve vědě krásu.“

Marie Curie - Skłodowska

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 15.5.2011

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KRIMINALISTICKÉ METODY	11
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ KRIMINALISTIKY.....	11
1.2 METODY KRIMINALISTIKY	12
1.2.1 Vyšetřování	13
1.2.2 Ohledání místa nalezení těla a místa činu	14
1.2.3 Ohledání těla zemřelého nebo její části.....	15
1.2.4 Tělesná teplota a rozklad.....	17
1.2.5 Stanovení doby úmrtí pomocí využití hmyzích larev.....	19
2 POSMRTNÉ ZMĚNY A METODY POUŽÍVANÉ K URČENÍ DOBY OD ÚMRTÍ	23
2.1 ZMĚNY, KTERÉ PŘEDZNAMENÁVAJÍ SMRT	23
2.2 POSMRTNÉ ZMĚNY.....	24
2.2.1 Posmrtná bledost (Palor mortis).....	25
2.2.2 Posmrtné chladnutí (Algor mortis).....	25
2.2.3 Posmrtné skvrny (Livores mortis).....	26
2.2.4 Posmrtná svalová ztuhlost (rigor mortis)	26
2.3 POUŽÍVANÉ KRIMINALISTICKÉ METODY.....	28
2.3.1 Kriminalistické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Rigor Mortis.....	28
2.3.2 Kriminalistické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Algor Mortis	30
2.3.2.1 Matematická aplikace dle Henssgeho	33
2.3.2.2 Postup s využitím Henssgeho nomogramu znázorněného graficky.....	34
2.3.3 Kriminalistické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Livores Mortis.....	36
2.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TĚLESNOU TEPLITU	37
2.4.1 Tělesná teplota a její změny	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
3 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ BIOLOGICKÉHO LABORATORNÍHO MATERIÁLU	42
3.1 VYBAVENÍ POTŘEBNÉ PRO PRÁCI V LABORATOŘI	42
3.1.1 Vybavení pro měření materiálu v laboratoři	42
3.1.1.1 Teploměr Testo 735-2.....	45
3.1.1.2 Termokamera TermoPro TP8	47
3.1.2 Vybavení pro práci s biologickým materiálem.....	49
3.1.3 Vybavení pro zpracování získaných dat.....	49

3.2	BIOLOGICKÝ MATERIÁL A JEHO PŘÍPRAVA K MĚŘENÍ.....	50
3.3	PROVEDENÍ MĚŘENÍ BIOLOGICKÉHO MATERIÁLU	53
4	ANALÝZA NAMĚŘENÝCH HODNOT V PROGRAMU LAUNCH GUIDE IR ANALYSER	57
4.1	PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ PROGRAMU.....	57
4.2	LINEÁRNÍ A POLYNOMICKÁ REGRESE.....	59
4.2.1	Obecná lineární regrese	59
4.2.2	Problematika metody nejmenších čtverců.....	60
4.3	INFRASEKVENCE MĚŘENÉHO BIOLOGICKÉHO MATERIÁLU	61
4.4	VYUŽITÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ V KRIMINALISTICE.....	66
	ZÁVĚR	67
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK.....	78
	SEZNAM GRAFŮ	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je literární rešerše problematiky kriminalistických metod používaných k objasnění úmrtí. Může se jednat o úmrtí přirozené a nebo násilné, případně úmrtí, jehož okolnosti nejsou objasněná. Všechny uvedené případy vyšetřují kriminalisté ve spolupráci se soudními lékaři. Kriminalistická věda i medicína zná již několik postupů, jak určit dobu úmrtí, ale vždy existují různé faktory, které výsledky zkreslují. Cílem předložené studie je zaměření na faktory související s úmrtím, dosavadní používané a dostupné metody, jejich zhodnocení a přiblížení nových trendů. Z tohoto důvodu je přistoupeno k teoretické části práce a následně je v praktické části provedena analýza v oblasti, která bude uvádět poněkud odlišnou metodu stanovení doby úmrtí na základě fyzikálního měření. Měřicí metoda by měla být univerzální a tedy využitelná jak v kriminalistice, tak v běžné medicíně. Nezbytnou vlastností metody by měla být i jednoduchá aplikace, proto, aby bylo možné provádět měření kdekoliv, kdykoliv a k použití metody by nemělo být potřeba zdlouhavého vzdělávání. Teoretická část práce je zaměřená na již používané metody k určení doby úmrtí a na faktory, které ovlivňují konečný výsledek.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na průběh měření a získání dat, potřebných pro zpracování a získání potřebných informací. Úvod praktické části obsahuje způsob, jakým získáváme data ze zkoumaného objektu a na závěr je provedena verifikace, která využívá prostředí programu Launch Guide IrAnalyser. Metodika měření je zpracována na základě provedeného postupu, za účelem objasnění samotného provedení měřicího procesu. Podle prezentovaného měřicího postupu je možno kdykoliv experiment provést, je však nezbytné dodržet všechny podmínky níže uvedené a to proto, aby nebyly výsledky zkreslené.

V závěru práce jsou uvedeny možnosti, jak by se navrhovaná metoda měření laboratorního biologického materiálu mohla využít a v které vědní oblasti by mohla mít svého uplatnění.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KRIMINALISTICKÉ METODY

Předmětem činnosti kriminalistické vědy jsou zákonitosti vzniku, vyhledávání, zajišťování, zkoumání a využívání kriminalistických stop bez jakéhokoliv ohledu na typ kriminalistické události a specifické vyšetřovací situace.

V reálném vyšetřování se nemůžeme spoléhat na univerzální kriminalistické teorie, metody a postupy. Je potřeba zkoumat i zvláštnosti vzniku, vyhledávání a využívání stop, jiných soudních důkazů a kriminalisticky relevantních a významných informací s ohledem na událost v souvislosti s předpokládanými nebo reálnými vyšetřovacími situacemi.

Definice kriminalistiky zatím není všeobecně uznána a konkrétně vymezena, i když formulací existuje velké množství. Jednu z prvních formulací uvedl profesor Hans Gross, který je považován za nestora moderní kriminalistiky. V roce tento muž v roce 1898 definoval kriminalistiku jako nauku o reáliích trestního práva.

Při formulování pojmu „kriminalistika“ je potřeba postupovat stejně jako při definování jakéhokoliv vědního oboru, je tedy nutné vycházet z toho, jaký má vědní obor objekt zájmu. Přesně to znamená, jakými jevy se tento obor zabývá (v případě kriminalistiky je to hlavně trestný čin, stopy, nositelé) a jaký je předmět daného oboru. [8]

1.1 Historický vývoj kriminalistiky

Z hlediska vývoje a vzniku kriminalistiky je možné říci, že určitý vývoj začal ruku v ruce se vznikem kriminality. Samozřejmě nelze v tomto smyslu mluvit o kriminalistice jako o hotové vědě či nástroji k odhalování trestné činnosti. Od dob, kdy se lidé začali sdružovat do kmenů a později do čím dál větších společností a kdy docházelo k cestování a usazování lidí po celém světě, se s postupným rozvojem lidstva také rozšiřovala a vyvíjela kriminální činnost. Již od dávných věků tak bylo třeba nějak na rostoucí kriminalitu reagovat a vytvářet tak jisté spíše primitivní způsoby, jak takové činy odhalovat a identifikovat pachatele.

Základ pro moderní kriminalistiku byl položen až v rozmezí mezi 18.–19. stoletím díky velikánům, jakými byli H. Gross, francouzský kriminalista E. F. Vidocq a sir R. Peel. Svoji zásluhu však na vzniku kriminalistiky mají i další významné osobnosti.

Můžeme porovnat dva rozdílné světové pohledy na pojetí kriminalistiky. V zemích anglosaského práva je pojetí kriminalistiky založeno především na přírodovědném a technickém zkoumání. Například ve Velké Británii a USA je kriminalistika označována pojmem forenzní věda, kdy je kladen důraz na technické a kriminalistické zkoumání stop. V zemích kontinentálního práva se používá pojem kriminalistika, který zahrnuje nejen oblast technického zkoumání, ale také kriminalistickou taktiku a metodiku. Některé státy tak kladou důraz na technickou stránku (Francie) a jiné zas prosazují vědecký základ (USA). V současnosti se však s rostoucí globalizací prosazuje stále více pojem kriminalistika a dochází tak k postupnému sjednocování přístupů a terminologie.

1.2 Metody kriminalistiky

Součástí systému každé vědy je systém jejích metod. Každá věda má své konkrétní metody, bez kterých by nemohla zapadat do systému věd jako samostatná věda. Metoda – to je specifický příspěvek, kterým konkrétní věda přispívá do systému vědeckého poznávání. Kriminalistické metody vznikají vlastním vývojem v rámci definování předmětu a objektu zkoumání v kriminalistice, ale i přebíráním a přizpůsobováním metod jiných věd. Kriminalistické zkoumání je možné uskutečnit pouze kriminalistickými metodami. Kriminalistická metoda musí splňovat náročná kritéria:

- neodporuje platné právní normě,
- je založena na vědeckém základě,
- je ověřena kriminalistickou praxí,
- je uznávaná kriminalistickou praxí.

Kriminalistické metody mají stálou povahu, postupy jejich uplatnění jsou ale značně variabilní. Volba postupu závisí na charakteru situace a možnosti uplatňování poznatků jiných věd. Taktické postupy vycházejí z podstaty kriminalistické metody a jsou vlastní jen této jedné konkrétní metodě. Umožňují její efektivní aplikaci v policejní činnosti, soudní praxi a při získávání prověrky informací. Postupy mají podstatný význam

pro způsob uplatnění metod v podmínkách odhalování, objasňování a vyšetřování konkrétní trestné věci.

Kriminalistické metody se rozdělují takto:

- všeobecné poznávací metody,
- metody převzaté z jiných vědních oborů,
- specifické metody kriminalistické praktické činnosti.

Kriminalistické metody slouží zejména k získávání a zkoumání stop či k identifikaci osob. Patří sem například daktyloskopie, mechanoskopie, balistika a další, přičemž s neustálým rozvojem techniky vznikají stále nové, modernější a přesnější metody, které napomáhají získávat nové druhy stop, nebo toto získávání stop ulehčovat a automatizovat jejich zkoumání. [3]

1.2.1 Vyšetřování

Stopy, které usvědčují pachatele z trestného činu se vyskytují na místě činu, na místě nálezu těla, na místech přípravy i utajování vraždy, na předmětech použitých k usmrcení oběti, na zbraních, oděvu a těle oběti, na oděvu a těle pachatele nebo spolupachatelů. Nejčastěji se jedná o materiální stopy, které bývají typické pro spáchání vraždy. Velmi typickým znakem pro vraždy jsou biologické stopy, zejména krevní stopy, stopy tkání, vlasy, chlupy aj. Případně se na těle oběti mohou objevovat stopy násilí (rány, škrábance, zlomeniny kostí, výrony, pohmožděniny apod.) V případě nálezu mrtvého těla s příznaky násilné smrti se postupuje podle přesně daných postupů.

V těchto případech jsou prvotními úkony zejména:

- ohledání místa nálezu a místa činu (nemusí být stejná),
- ohledání těla,
- pronásledování pachatele po čerstvé stopě.

Posloupnost provedených úkonů se libovolně mění v závislosti na situaci a konkrétním okolnostem případu. [5]

1.2.2 Ohledání místa nalezení těla a místa činu

Místo nálezů těla se často nekryje s místem činu. Uvedená skutečnost se často zjišťuje na základě několika faktů – na místě nálezů mrtvol nejsou přiměřeně velké krevní stopy, což bývá v rozporu se zjištěným způsobem usmrcení, na místě nálezů těla schází některé druhy stop, např. stopy obrany oběti, na místě jsou stopy po vlečení, soudně lékařským zkoumáním byly zjištěny příznaky manipulace (narušení mrtvolné ztuhlosti, přemístění mrtvolných skvrn a další)

Taktika ohledání místa nálezů mrtvol a místa činu, způsob vyhledávání, fixace a zajišťování stop a věcných důkazů na nich se zásadně neliší od ohledání místa činu. Zvláštním případem je existence mrtvol a tzv. lože mrtvol, jejichž prohlednutím vlastně ohledání začíná.

Postup ohledání závisí na tom, zda se provádí v místnosti nebo v terénu. V místnosti se nejprve ohledává podlaha, pak se ohledávají předměty podél stěn směrem do středu místnosti. V terénu se postupuje zpravidla po spirále. Zvláštní pozornost se věnuje tzv. uzlovým bodům, kterými je např. zbraň, stopy po zápase, stopy pohybu pachatele, předměty zanechané na místě, krevní stopy apod. Je – li třeba ohledat větší prostor ve volném, ale i různě členitém terénu využívá se tzv. frontální postup nebo se místo rozdělí na čtverce, které se ohledávají systematicky jeden po druhém.

V případě nálezů části mrtvol se ohledá místo nálezů i samotné části mrtvol. Ke zkoumání se zajišťují obaly nebo předměty ve kterých byly části mrtvol přepravovány nebo zabaleny. Chybějící části mrtvol se musí hledat nejen v nejbližším okolí, (odpadní koše, vodní toky, studny, sklepy apod.), ale i ve vzdálenějších oblastech. Výsledky ohledání se dokumentují obvyklými kriminalisticko technickými metodami, prostředky a postupy. [5]



Obr. 1. Zajištění místa činu¹



Obr. 2. Místo činu označené policejní páskou²

1.2.3 Ohledání těla zemřelého nebo její části

Nalezené tělo se ohledává na místě nálezů nebo na místě činu a při pitvě. Ohledání kadáveru na místě je nutné proto, aby bylo možno kvalifikovaně posoudit, zda nastala smrt a také proto, že některé skutečnosti, např. poloha mrtvého těla, posmrtná ztuhlost, tělesná teplota, se další manipulací s tělem nebo uplynutím času mění. Musí se však dbát na to, aby nedošlo k poškození stop blízko mrtvolky nebo k porušení polohy těla. Prohlédnutí těla nebo

¹ DIVÍŠEK, Martin. *Pražský deník.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Multimédia. Dostupné z WWW: <<http://prazsky.denik.cz/multimedia/galerie/2843554.html?section=1,3>>.

² VÍŮ, Michal. *Pelhřimovský deník.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Multimédia. Dostupné z WWW: <http://pelhrimovsky.denik.cz/zpravy_region/20110325_pohresovana_straz.html>.

jeho části na místě nálezu umožňuje kriminalistovi využít zjištěných poznatků k taktickým účelům. Proto je při tomto ohledání nezbytná spolupráce kriminalisty s lékařem. V poslední době se poměrně úspěšně využívá k určování smrti rektální měření teploty. Lékař potom s ohledem na teplotu okolí a další informace určuje u tzv. čerstvých kadáverů dobu smrti a přesností plus, minus 1 hodinu.

Zjištění, která patří do okruhu lékařské odbornosti činí při ohledání těla lékař. Mezi taková zjištění patří: popis zevních poranění na těle oběti, posmrtné změny (chladnutí, ztuhlost, mrtvolné skvrny, hnilobné změny), předběžná doba smrti a příčina smrti.

Zjištění, která nemají soudně lékařský charakter činí při ohledání kriminalista. Mezi tato zjištění patří poloha mrtvoly ve vztahu k okolí, způsob ukrytí, charakter a povaha podložky, tvořící lože mrtvoly, apod.

Tato zjištění se uvádí v protokolu, ze kterého musí být patrně zřejmé, která zjištění učinil lékař a která kriminalista.

Vznikne – li podezření, že smrt člověka byla způsobena trestným činem, musí být mrtvola prohlédnuta a pitvána. Soudně lékařskému zkoumání jsou podrobeny i nalezené a zajištěné části mrtvoly.

Otázky, které zkoumá soudně lékařská expertiza závisí na konkrétních okolnostech vyšetřovaného trestného činu. Mezi nejdůležitější otázky patří:

- zjištění příčiny smrti,
- popis všech zranění na těle oběti, určení, která z nich jsou smrtelná, která byla způsobena za živa a která po smrti,
- určení mechanismu usmrcení (jakým směrem, jakou silou a jakým prostředkem byly vedeny rány a zda lze podle jejich umístění určit vzájemné postavení útočníka a oběti,
- jaká doba uplynula od smrti do ohledání (pitvy) mrtvoly,
- jakým způsobem a jakým prostředkem byla nalezená část mrtvoly oddělena od těla oběti, apod. [5]

Soudní lékař musí často zodpovědět i jiné specifické otázky, jako například: zda nalezené části jsou části lidského těla, zda patří k jednomu tělu, jakého pohlaví je mrtvola, její věk, zvláštní znaky apod. [5]

1.2.4 Tělesná teplota a rozklad

Každé tělo se po smrti začíná měnit a pokud rozumíme tomu, jak se tělo přeměňuje, jsme schopni zjistit, kdy nastala doba úmrtí. Téměř ve chvíli, kdy někdo zemře začíná tělo chladnout. Samotný vztah mezi časem a rychlostí chladnutí těla je relativně objasněn, vyskytují se ale praktické problémy.

V „pokojové teplotě“ chladne lidské tělo během prvních šesti hodin po smrti rychlostí cca o 1,5 stupně Celsia za hodinu. Během dalších 12 hodin se rychlost vychládání zpomaluje až na 1 – 1,5 stupně Celsia za hodinu. Po uplynutí 24 hodin od úmrtí se lidské tělo přizpůsobí okolí a teplota těla se tak srovná s okolní teplotou vzduchu. Tělo se jeví chladné už 12 hodin po smrti.

Výše uvedený průběh chladnutí těla je platný pouze pokud jsou tzv. „ideální podmínky“. Pokud ale zesnulý zemřel v důsledku nedostatku kyslíku nebo došlo k výronu krve do mozku, případně jiných komplikací, počáteční teplota těla může být dokonce i vyšší než je běžné.

Nahé tělo ztrácí teplotu rychleji než tělo oblečené a tělo ponořené do vody ztrácí svoji teplotu také rychleji než pokud by se nacházelo v suchém prostředí. Ve většině případů také platí, že lidé silnější tělesné konstrukce vychládají dříve než ti, jejich tělesná stavba je méně robustní.

Důležitým úkonem je vždy měření tělesné teploty, nejčastěji se měří na místě činu vždy před převozem těla do márnice. Teplota se obvykle měří v konečníku. Ideální by bylo, aby se teplota těla měřila alespoň dvakrát, druhé měření by mělo probíhat asi o hodinu později než první měření a to proto, aby se upřesnil vztah mezi teplotou těla a vzduchu. Hrubý výpočet stanovení doby úmrtí:

Normální tělesná teplota – naměřená teplota těla / 1,5 = počet hodin od smrti

Nejčastěji používanou metodou určení doby úmrtí je právě rychlost vychládání těla. Tuto metodu lze ale použít pouze během krátkého času po smrti.

Další často využívanou metodou je hypostáze neboli posmrtné zabarvení, při kterém vzniká červeno – fialové zabarvení v kůži. Hypostáze nastává následkem toho, že srdce po smrti přestane pracovat a nerozhání již krev do celého těla a tak se krev sama hromadí v těle a na základě fyzikálních zákonů se usazuje ve směru gravitace. Jako první klesají červené krvinky, ostatní krevní složky klesají později. Tělo, které bude po smrti ležet obličejem k zemi bude vykazovat skvrny na částech těla obráceným k zemi, tj. na obličejí a na břiše. V případě nalezení těla ležícího na zádech bude lividita viditelná na zádech a zadní straně steh. Části těla, přitlačené k zemi vypadají bílé.

Lividita se objevuje asi dvě hodiny po smrti a plně se rozvíjí po třech až čtyřech hodinách, kdy se barevné skvrny spojují do větších ploch. Hypostatické skvrny tlakem nezmizí a jsou omezeným vodítkem k určení doby úmrtí, protože časem také mizí.

Rigor mortis je nejznámější změna probíhající po smrti. Bohužel je velmi nespolehlivý prostředek ke stanovení, kdy který člověk zemřel. Tuhnutí svalů způsobují soli nahromaděné ve svalových vláknech, objevuje se asi dvanáct hodin po smrti. Tuhnutí svalů postupuje obvykle ve směru od hlavy ke spodním částem těla, nejvýrazněji se ztuhnutí projevuje během prvních dvanácti hodin a stejnou dobu trvá než zase pomine. Ztuhlost svalů se vytrácí stejným způsobem jako vznikla – od hlavy k nohám.

Kdy nastala smrt nám může nejlépe napovědět rozklad těla. Na krku a ramenech se objevuje asi dva dny po smrti mramorující zbarvení, postupuje směrem dolů po pažích a na břicho. Zprvu zbarvení vypadá spíše červeně a postupem času se mění dozelena působením bakterií, které jsou po smrti vyplavovány z tkání. Tělo se kromě jiného zbarvení začne i nafukovat plyny, které vznikají právě bakteriální činností. Právě tyto plyny způsobují nafouknutí těla a tím i zhoršení identifikace podle vzhledu, protože tělesné rozměry a rysy mohou nabývat jiného vzhledu. Vnitřní orgány se většinou rozkládají v určitém pořadí, což může sloužit jako skvělý ukazatel doby úmrtí. Pořadí rozkladu vnitřních orgánů je následující:

1. žaludek, střeva, srdce a krev v játrech,
2. plíce a játra,

3. mozek a mícha,
4. ledviny, močový měchýř a pohlavní orgány,
5. tělesná svalovina,
6. děloha a prostata.

Uvedené proměny orgánů jsou hlavní nejvýraznější přechody v těle, které nám mohou pomoci při vyšetřování případu a co nejvíce přiblížit možnou dobu úmrtí.

Do následující kapitoly je záměrně zařazena níže uvedená kriminalistická metoda, která využívá k určení doby úmrtí larvy hmyzu a to z toho důvodu, že se tento postup v reálném vyšetřování tak často nepoužívá. K úspěšnému zjišťování času skonu je potřeba mít perfektně vzdělaného entomologa s praxí a dostatečně vybavené pracoviště.

1.2.5 Stanovení doby úmrtí pomocí využití hmyzích larev

S ubíhajícím časem a s pokračujícím rozkladem přitahuje tělo v různé době různé druhy hmyzu. Hmyz se může různě střídat a na základě toho kterého konkrétního druhu hmyzu jsme schopni přesněji určit dobu úmrtí.

Larvy much – nejvyužívanější pomůcka k odhadu doby úmrtí

Pokud je tělo nezakryté a nachází se ve venkovních prostorech, je velmi dobře dostupné různým druhům zvířat, nejčastěji však hmyzu.

Mouchy nejrozličnějších druhů jsou u těla obvykle jako první, v teplejších měsících jsou to moucha masařka (druh *Cynomia cadaverina*) a moucha bzučivka (druh *Calliphora vicina*).

Moucha masařka je 15 až 20 mm velká, vyskytuje se běžně od března do listopadu. Samička naklade první stádium larev do masa, zdechlin či do otevřených ran živočichů. Larvy mají špičatou hlavu a tupý zadeček, živí se hnilým masem. Dospělé masařky se živí jak na zdechlinách, tak na rostlinách.

Bzučivka je dlouhá 10 – 14 mm. Samičky mouchy nakladou vajíčka obvykle tam, kde se živí, tedy do rozkládajícího se masa, odpadu nebo fekálií. Z vajíček se brzy vyklubou bledě bílé larvy, které se začnou žít rozkládajícím materiálem, kam byly naklady. Vyrostou během několika dní a pak se odeberou na suché místo, kde se v úkrytu zakuklí. [6]



Obr. 3. *Cynomia cadaverina*³



Obr. 4. *Calliphora vicina*⁴

Hmyz naklade vajíčka do přirozených tělních otvorů (nejčastěji uši, oči a nos) a vylíhnou se z nich postupně larvy, které se živí tkání mrtvého těla. Larvy rostou, svlékají se, cyklus se opakuje do té doby, dokud nejsou dostatečně vyživené. Jakmile pozřou dostatek látek, tak opustí tělo a buď se zavrtají do země nebo pokud jsou v místnosti, tak se schovají třeba pod koberec a zakuklí se. Až nastane ten pravý čas, tak se dospělá moucha

³ *BOLD SYSTEMS V2.5* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Taxonomy Browser. Dostupné z WWW: <<http://www.boldsystems.org/views/taxbrowser.php>>.

⁴ *DDD Activ* [online]. 2007 [cit. 2011-05-04]. Rad Dvojkřídlovce - muchy. Dostupné z WWW: <<http://www.dddactiv.sk/index.php?ID=46>>.

z kukly vyklube ven a tím je celý cyklus dokončen. A celý tento cyklus se stále opakuje dokola.

Larvy much se používají k intenzivnímu bádání, nejen ve forenzní kriminalistice, ale i v genetice a veterinární vědě. Mouchy a jejich larvy nám dokáží zodpovědět tu nejdůležitější otázku: „Jaká je doba, která uběhla od okamžiku smrti?“ Přesněji řečeno, jsme schopni určit, kolik času uběhlo od chvíle, po níž už k smrti nemohlo dojít. Pokud nalezneme larvu hmyzu, u níž odhadujeme stáří například 5 dnů, můžeme říci, že k smrti nemohlo dojít později než 5 dní před nálezem těla. Stáří larev nám tedy pomůže zjistit minimální dobu, která musela uběhnout od chvíle, kdy byl zločin spáchán. V případě, že se domníváme, že moucha našla tělo ihned po smrti, můžeme říci, že minimální doba od úmrtí se shoduje i dobou, kdy nastala smrt. Mouchy totiž mají velmi vyvinutý smysl pro nalezení mrtvého těla podle pachu, takže jsou schopné se k mrtvole dostat třeba i hodinu po smrti.

Určení stáří larev much:

U většiny tvorů určuje rychlost vývoje okolní teplota, protože kromě savců nejsou schopni fyziologicky ovládat svoji tělesnou teplotu. Proto je nutné k určení stáří larev mít velmi dobrý přehled o teplotách, které převažovaly v průběhu vývoje.

Nejdůležitějším úkonem tedy je změřit teplotu larev v těle, která ale může být podstatně vyšší než teplota okolí. Největší komplikací při určování doby úmrtí je právě teplota, protože teplota okolí může být kolem dvaceti stupňů Celsia, kdežto tělo zamořené larvami může mít až čtyřicet stupňů Celsia. [6]

Další komplikací představují teploty předchozích dnů. V den nalezení těla je snadné určit teplotu okolí, ale určit okolní teplotu v již uplynulých dnech není jednoduché. Pomoci nám může meteorologie. Zabývá se hlavně celkovým obrazem počasí a nás zajímá hlavně teplota při zemi – neboli mikroklimatické podmínky. Na základě teplot v přízemních vrstvách jsme schopni alespoň přibližně určit teplotu okolí.

Dalším krokem při určování doby úmrtí podle larev hmyzu je samotné vyjmutí larev z těla.

Vždy se u larev určuje:

- stadium vývoje larvy,

- stáří larvy.

Stadium je stupeň larválního vývoje, zatímco stáří nám udává, jak dlouho je larva na světě. Obecně je známo, že při nízkých teplotách se larvy vyvíjejí pomaleji, déle žijí při nižších teplotách. Při spojení teploty a stadia vývoje larev, jsme schopni určit stáří larev a tím i dobu, kdy moucha mrtvé tělo našla a nakladla do něj svá vajíčka. [6]

2 POSMRTNÉ ZMĚNY A METODY POUŽÍVANÉ K URČENÍ DOBY OD ÚMRTÍ

2.1 Změny, které předznamenávají smrt

Jeden až dva týdny před samotným odchodem ze světa dochází k tomu, že člověk je více spavý, může se dostavovat zmatenost, tělo ztrácí schopnost se udržet, mění se teplota, dech, srdeční tep, člověk se potí. Cca 24 hodin před úmrtím se uvolňuje svalstvo, oční bulvy jsou vodnaté a mohou být i vyvrácené, tělo se více potí a může být dokonce cítit nasládlý pach. Samotná přirozená smrt nastává tak, že člověk upadne do spánku, ze kterého ho již není možné probudit.

Některé posmrtné změny již byly výše zmíněny, vzhledem k zajímavosti celé problematiky se ještě na jednotlivé posmrtné změny podíváme ještě jednou a podrobněji.

Smrt (exitus) je nezvratná a nenávratná ztráta celovztažného uspořádání organismu (zástava oběhu, dýchání a zástava činnosti mozku). Je to ukončení života organismu jako celku.

Jakmile dojde k odumření gangliových buněk v mozku, cca po 5 minutách, kdy je mozek bez přístupu kyslíku, nastává okamžik, který je definován jako smrt. Ne všechny tělní buňky zanikají se stejnou chvilí, nejdůležitějším aspektem zániku buněk je přítomnost kyslíku. Buňky, které jsou se styku s kyslíkem odumírají později.

Smrt může konstatovat pouze a jedině lékař, který vyplní společně s ošetřujícím lékařem list o prohlídce zemřelých a také může nařídit pitvu. Pokud se stane, že smrt člověka nastane ve zdravotnickém zařízení jako je např. nemocnice, nechává se tělo ještě cca 2 hodiny na příslušném oddělení.

Klinická smrt

Nastává u člověka v případě, že dojde k zástavě dýchací činnosti a činnosti srdce, zastaví se cirkulace krve řečištěm a životně důležité buňky nejsou dostatečně zásobeny kyslíkem, proto odumírají. Není možné tento stav změnit vlastními silami organismu, pouze je možné organismus přivést k zpět k opětovnému životu zásahem

zvenčí – kardiopulmonální resuscitací.

Klinická smrt je krátké období trvající pouze 3 až 5 minut. V ojedinělých případech může trvat i 10 minut, ale toto může nastat na základě okolních vlivů.

Pokud se jedinec nachází v tzv.klinické smrti, tak ještě není mrtvý, ale smrt bezprostředně ohrožuje jeho život a zdraví.

Biologická smrt

Pokud dojde k zamezení přístupu kyslíku do mozkových buněk, dochází k odumírání gangliových buněk. Dochází ke smrti mozku, která se musí prokázat metodou zvanou arteriografie. Musí být provedena 2x. Kontrastní látka se vstříkne do arteria femoralis (stehenní tepna), odkud musí protéci až do mozkových žil, provádí se s půlhodinovým odstupem. Pokud krev proteče, pak je mozek považován za mrtvý.

Ukončení mozkové aktivity určuje čas smrti. Za její ukončení se považuje odumření mozkových buněk, které mají na starost řízení dýchací a srdeční činnosti.

Dalším příznakem biologické smrti jsou všechny posmrtné změny, kdy ve tkáních probíhají biochemické pochody, tělo začne postupně podléhat fyzikálním i chemickým změnám a tkáně a struktury těla se začnou postupně rozpadat.

Zdánlivá smrt

V praxi je možné se setkat i s případy, kdy jedinec nejeví známky života, ale ještě není mrtvý.

Hlavními znaky zdánlivé smrti je stav bezvědomí, nehmatný puls, neslyšitelné srdeční ozvy, snížená tělesná teplota. Zdánlivá smrt bývá často zapříčiněna otravou barbituráty, pokud není včas odhalena, dochází ke skutečnému úmrtí.

2.2 Posmrtné změny

Jak vlastně poznáme, že došlo k úmrtí? Jak takový člověk vypadá?

Na zmíněné otázky nám vždy spolehlivě odpoví změny na těle, které nastaly bezprostředně po smrti a také postupem času. Posmrtné změny jsou rozděleny do různých skupin, z těch důležitých jsou to změny fyzikální a chemické.

Změnami fyzikálními jsou ty, které jsou patrné na pohled:

- posmrtná bledost (Palor mortis)
- posmrtné vychladnutí (Algor mortis)
- posmrtné skvrny (Livores mortis)

2.2.1 Posmrtná bledost (Palor mortis)

Posmrtná bledost člověka je způsobena kontrakcí a vyprázdněním arterií, menších arteriol a do jisté míry i kapilár. Krev roznáší po lidském těle tolik důležité teplo.

Zvláštní případem změny vzhledu je nazelenalá barva kůže, která se objevuje cca 48 h po smrti (podle okolní teploty). Netypické zbarvení způsobují svou činností bakterie, u lidí s tmavou kůží se zbarvení neprojevuje. Ohniskem vzniku je spodní část břicha odkud se postupně rozšiřuje do všech stran. Jako poslední se dozelená zbarvují ruce a nohy. K další barevné změně kůže dojde za cca 4 – 7 dnů, kůže získá mramorový vzhled a žíly jsou velmi dobře viditelné. [1]

2.2.2 Posmrtné chladnutí (Algor mortis)

Tělesná teplota klesá pozvolna, teplejší částí je spíše střední část těla, končetiny jsou vždy chladnější. Pokud tedy po smrti dojde k zastavení krevního oběhu, dojde i k postupnému vychladnutí těla. Tělo postupně přijímá teplotu okolního prostředí, v prvních hodinách po smrti teplota klesá asi o 0,4 - 1°C za hodinu, nejdéle se teplota udržuje v oblasti kolem ledvin a jater. Zásadní vliv na změnu teploty mají okolní vlivy, vlhkost, pohyb vzduchu, zda má člověk na sobě nějaký oděv či ne. To může chladnutí těla urychlit nebo zpomalit. [1]

2.2.3 Posmrtné skvrny (Livores mortis)

Nejlépe patrnou změnou na lidském těle jsou skvrny na kůži, odborně se nazývají livores mortis. Začínají se objevovat v době přibližně 2 – 3 hodiny po smrti. Jsou to skvrny namodralé barvy. Krev zateče působením gravitace na nejnižší položená místa těla, pokud tělo leží na vodorovné ploše, bývají tyto skvrny na zádech a po stranách krku, plně vyvinuty bývají po 6 hodinách.

Způsobuje je nejběžnější jev vyskytující se na Zemi, zemská gravitace. Objeví se asi 2 – 3 hodiny po smrti, kdy krev začíná stékat do spodních částí těla, které jsou položené nejnižší. Záleží však na poloze těla. Kromě namodralé barvy se lze však setkat i se světlečervenými skvrnami, které vznikají při otravě CO⁵ nebo při smrti umrznutím. Pokud mrtvé tělo leží, pak se skvrny objevují nejprve na krku a zádech, v případě že tělo leží obličejem k zemi, pak se skvrny objevují na nejnižší položených částech těla. Po přibližně 5 hodinách jsou skvrny dobře viditelné a vyvinuté po celém těle a ustálí se.

Obdobou posmrtných skvrn na kůži je podobný jev, objevující se na vnitřních orgánech. Jedná se o posmrtnou hypostázi, nejvíce viditelná je na plicích, paravertebrální části jsou překrvené, přední okraje plic jsou světle růžové. [1]

Z chemických změn viditelných nebo hmatatelných na lidském těle jsou:

2.2.4 Posmrtná svalová ztuhlost (rigor mortis)

Proč řadíme svalovou ztuhlost mezi chemické změny, když její účinek má fyzikální povahu?

Svalová ztuhlost je změna chemické povahy probíhající ve svalu, její primární příčinou je vyčerpání zásob ATP a únik vápenatých kationů. Výsledkem je nejprve ochabnutí a posléze ztuhnutí svalu a to jak příčně pruhovaného, tak i hladkého. Ke ztuhnutí dochází přibližně po 1 – 6 hodinách, plně rozvinutý bývá rigor mortis až po 12 – 36 hodinách.

Posmrtná ztuhlost se šíří podle Nystenova pravidla, tzn. od hlavy směrem k dolním končetinám.

⁵ CO – chemická značka pro oxid uhlenatý

Nejdříve ztuhne srdce a bránice, poté tuhnou svaly v obličeji (není možné otevřít ústa), svaly šíje, dále postupuje od horních končetin přes trup až k dolním končetinám.

Opačný postup nebývá běžný.

Tento stav se dá vyrušit působením síly na končetiny, pokud se vyruší, už zpět nenastane. Ztuhlost sama přibližně po 96 hodinách zmizí stejným směrem jako postupovala. Při vyšších teplotách mizí rychleji.

U svalnatých lidí má rigor větší sílu a déle trvá než u vyhublých a obézních lidí. Na posmrtnou ztuhlost má vliv i předchozí činnost, po těžké svalové práci, vzrušení, agonii nebo křečích rigor nastává dříve a déle trvá.

Jednou ze zajímavostí týkající se posmrtné ztuhlosti je tzv. katapletická ztuhlost. O co se jedná?

Katapletická ztuhlost nastane v okamžiku smrti, kdy tělo ztuhne v takovém postavení, jako se právě nacházelo těsně před smrtí. Vznikají tak někdy i bizarní polohy např. v sedě, člověk může držet v ruce nějaký předmět nebo zůstane zafixován výraz ve tváři.

Vznik tohoto stavu není úplně objasněn. Může vzniknout například při traumatech mozku, míchy, po zásahu bleskem, při výbuchu nebo při otravě CO.

Difundace tekutin produkovaných tělem způsobuje různé změny, příkladem je difuze žluči, která zbarvuje stěnu měchýře, žlučových cest i okolí jater a colon transversum (příčný tračník-část tlustého střeva).

U plodu, který zemřel přímo v děloze způsobí pronikání plodové vody jeho maceraci.

Kromě tělních tekutin může docházet k pronikání plynů do těla. Sulfan, který vzniká činností bakterií v tlustém střevě, se dostává přes jeho stěnu a způsobí tak barevnou změnu přilehlých orgánů. Šedozelené případně někdy až černé zbarvení způsobuje verdohemoglobin. Někdy se také tělo může jevit jako výrazně nafouklé.

Kůži, sliznice a kožní deriváty po smrti postihuje ztráta tekutin – vysychání. Na místech, které byly poškozeny již před smrtí, je vysychání vidět nejdříve, kůže je v těchto místech výrazně žlutá. V případech, kdy došlo k úmrtí škrcením, jsou viditelně vidět obrysy rukou. Dojde – li před smrtí ke zvracení, bývá okolí úst a brady natráveno. Vysychání postihuje i oční aparát, pokud je po smrti oko otevřené, je rohovka zakalená a spojivka vyschlá.

Mimo změn, které jsou viditelné na první pohled nebo jsou hmatatelné, může pomoci určit čas od úmrtí i další faktor a to je rychlost trávení.

Střevní obsah dokáže odborníkům poskytnout důležité informace týkající se času úmrtí. Nejlepším případem je, pokud víme, v jakou dobu oběť naposledy jedla. Hůře stravitelná jídla, jako je např. maso, zůstávají v žaludku podstatně déle než lehčí jídla. Rychlost trávení je ovlivněna mnoha faktory jako jsou různé nápoje, nemoc, stres, strach a jiné.

Časový postup trávení potravy:

- 00:00:10 – rozžvýkaná potrava postupuje samospádem jícnem do žaludku během několika málo sekund.
- 03:00:00 – ze žaludku se natrávená potrava dostává dále do trávicího traktu asi po 3 hodinách.
- 06:00:00 – v čase 6 hodin od požití potravy se potrava dostává do tenkého střeva. Pokud je tenké střevo úplně prázdné, napovídá to o tom, že oběť naposledy jedla 8 hodin před smrtí. Tlustým střevem postupuje strávená potrava pomaleji.
- 32:00:00 – Celý proces trávení potravy od požití až do úplného strávení může trvat déle než 1 den.

Čas smrti lze kromě fyzikálních změn na těle přibližně určit i pomocí chemické analýzy. Nejčastěji se provádí vyšetření sklivce. Porovnávají se hodnoty draslíku obsaženého ve sklivci. V živém oku je hodnota draslíku nízká, po smrti jeho hodnota stoupá odborníkům již známým způsobem, který jsou schopni vyhodnotit a ze zjištěných hodnot přibližně určí dobu úmrtí.

2.3 Používané kriminalistické metody

2.3.1 Kriminalistické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Rigor Mortis

Tělesný proces Rigor Mortis je posmrtným ztuhnutím svalů. I tento jev, je již v dnešní době možné využít k přibližnému zjištění doby úmrtí. Ke zjištění svalového tonu se používá přístroj nazývaný myotonometr, pro naše případy je to forenzní myotonometr.



Obr. 5. Analogový myotonometr⁶

Jedná se o neinvazivní měřicí přístroj, který dokáže změřit ztuhlost svalů, svalový tonus, svalové dodržování, svalovou sílu a míru závažnosti spastického stavu.



Obr. 6. Forezní myotonometr propojený s PC⁷

⁶ *Klinika Neurochirurgii* [online]. 2000 [cit. 2011-05-04].

Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku.

Dostupné z WWW: <http://www.neurochirurgia.bialystok.pl/obrazki/galeria/pthumb_2139153326myotonometr.jpg>.

⁷ *NTI* [online]. 2004 [cit. 2011-05-04]. Neurogenetic technologies,inc. Dostupné z WWW: <<http://www.neurogenic.com/pages/publications.php>>.

Myotonometrie se používá k odhalení pominutí stavu ztuhlosti svalů. Tato metoda je novým způsobem, jak změřit úpadek oscilace (smršťování, kontrakce) svalu po krátkém mechanickém účinku. Touto metodou získáme dva číselné parametry pro rigor mortis, konkrétně periodu a úbytek oscilace, oba parametry závisí na době, která uplynula od smrti. V případě narušování ztuhlosti natahováním svalů, oscilační perioda i úbytek klesají, zatímco zkracování svalu způsobuje opačné změny. Asi čtrnáct hodin po přerušení charakteristického ztuhnutí pravého i levého pažního svalu (biceps brachii) jsou vlastnosti svalu vyrovnány. Hodnoty úbytku svalů dokazují jejich rozdíly, které jsou odrazem rozptýlení mechanické energie.

Princip MYO (zkratka pro myotonometrii) spočívá v použití sondy k záznamu reakce periferního kosterního svalstva nebo jeho části na mechanické poškození a následná analýza výsledného signálu pomocí osobního počítače. Myoton působí lokálně na biologické tkáně pomocí krátkého impulsu, který je zakrátko následován rychlým uvolněním svalu. Síla nárazu je zvolena tak, že nevytváří změny v biologické tkáni nebo nárazové neurologické reakce. Sonda je umístěna kolmo k povrchu svalu a pak se vrací do elektromagnetického pole ve stejném směru. Doba trvání dopadu je stanovena na 15 ms, po kterém je zaznamenána odpověď ze svalové tkáně. Čas dopad může být změněn, ale k nervové aktivaci kosterního svalstva může dojít po 25 ms, a vlastnost svalu se tak může změnit. Vyvolané mechanické oscilace jsou jasně viditelné.

2.3.2 Kriminologické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Algor Mortis

Aktuálně používanou metodou, jak stanovit dobu úmrtí, je měření poklesu tělní teploty digitálním nebo chemickým teploměrem. Teploměr umožňuje snadné jednorázové změření teploty v konečniku i zaznamenání dat. Změřená data se použijí pro výpočet dle matematických rovnic nebo k odečtení doby úmrtí z Henssgeho grafického nomogramu. Tyto metody se nově používají v kombinaci měřicí jednotky a softwaru, který je založen na výpočtu dle Henssgeho. Pomocí tohoto počítačového programu je možno použít naměřené hodnoty k výpočtu, pokud nadefinujeme prostředí z nabídky programu. Program pak automaticky provede celý výpočet. Výhodou programu je zrychlení výpočtu a možnost grafického výstupu ve formě teplotního grafu.

Použití odhadů tělesné teploty k posouzení okamžiku smrti se vztahuje spíše na chladné a mírné podnebí, protože v tropických oblastech může být minimální pokles tělesné teploty známkou post mortem a v některých extrémních klimatických podmínkách, (např. ve střední Austrálii) tělesná teplota dokonce po smrti může i růst.

V létě se mrtvé tělo ochladí asi o $0,4^{\circ}\text{C}$ cca za hodinu a v zimě se ochladí rychleji - asi o $0,8^{\circ}\text{C}$ každou hodinu. Existuje několik způsobů, jak změřit teplotu v jádře těla. Mnozí lékaři by raději používali malý řez (asi 0,5 cm) těsně pod žeberním okrajem na pravé straně těla a vložení teploměru hluboko do této rány. Vzhledem k tomu, že játra se nacházejí těsně pod tímto řezem, teploměr se dostane přímo do jater. Tento postup odhaluje teplotu jádra, ale mnozí lékaři nedávají přednost této metodě, protože to poškozuje játra. Později, když se tělo otevřelo, vyskytly se problémy při posuzování poškození jater, pokud nějaké existovaly. Je to proto, že vložení teploměru může zasahovat do zranění již v játrech existujícího.

Hodnocení se tedy provádí na základě měření teploty tělesného jádra, který post mortem, vyžaduje přímé měření intra-abdominální teploty (měření uvnitř břišní dutiny). V praxi je buď teplota měřena v rektu nebo uvnitř či pod játry. Teplota je měřena pomocí zabodnutí sondy do břišní dutiny. Ústní a axilární (podpažní) teploty nelze použít. Běžný klinický teploměr není možno použít, protože její rozsah je příliš malý a teploměr je příliš krátký. Chemický teploměr 10-12 cm dlouhý s celou řadou stupnice od 0 do 50°C je ideální.

Zda změřit teplotu pomocí břišního měření nebo per rectum je věc odborného úsudku. Pokud existuje snadný přístup ke konečníku a pokud není důvod k podezření, že došlo k sexuálnímu napadení, pak se teplota může měřit v rektu. Chemický teploměr musí být vložen do 3/4 do konečníku a číst in situ.

Tělesná teplota by měla být odečtena a zaznamenána, což je pohodlně možné. Teplota okolí by také měla být zaznamenána.

Normální ústní teplota kolísá mezi $35,9^{\circ}\text{C}$ a $37,2^{\circ}\text{C}$.

Rektální teplota je o $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$ vyšší. Vzhledem k tomu, že výroba tepla přestane brzy po smrti, ztráta tepla pokračuje a tělo se ochlazuje.

Během života ztrácí lidské tělo teplo radiací, konvekcí a odpařováním. Ztráta vedení tepla není důležitý faktor v průběhu života, ale po smrti to může mít značný význam

v případě, že tělo leží na chladném povrchu. Pokles tělesné teploty po smrti závisí zejména na ztrátě tepla sáláním a prouděním, ale i odpařování může být významným faktorem v případě, že tělo nebo oděv je mokrá.

Tělo je řízeno převážně fyzikálními procesy a je tedy především řízeno fyzikálními pravidly.

Newtonův zákon říká, že rychlost chladnutí těla je určena rozdílem mezi teplotou těla a jeho prostředím.

Předpokládá se, že tělesná teplota je okamžiku smrti normální, ale v individuálních případech může být podprůměrná nebo výrazně vyšší. Stejně jako při úmrtí na podchlazení, mohou být teploty těla při smrti nižší než normální, stejně jako v případě srdečního selhání, masivního krvácení a šoku. Není pravdou, že těžké krvácení snižuje tělesnou teplotu. Tělesné teploty mohou být zvýšené v případě smrti na úpal, některé infekce, a krvácení do mozku.

U krvácení do mozku se počáteční teplota při smrti zvýší na 42,8°C a při škrčení dochází ke zvýšení teploty na 37,4 °C. V případě třaskavé infekce, např. septicémie, může tělesná teplota nadále stoupat několik hodin po smrti.

Rychlost chladnutí těla je ovlivněna faktory životního prostředí a jinými faktory, než je okolní teplota a tělesná teplota v době smrti. Mezi ně patří:

- "Velikost" těla - čím je větší plocha těla ve vztahu k jeho hmotnosti, tím rychlejší bude jeho chladnutí. V důsledku toho těžší postava a obéznější tělo, bude pomaleji ztrácet teplo. Někteří autoři tvrdí, že u obézních jedinců se tuk chová jako izolant. Děti ztrácejí teplo rychleji než dospělí, protože jejich povrch / hmotnost je poměr mnohem vyšší.

Otok u jedinců s městnavým srdečním selháním zpomaluje ochlazování kvůli velkému množství vody, která má vysoké měrné teplo, zatímco dehydratace má opačný účinek. Účinek „otokové“ tekutiny je silnější než účinek tělesného tuku,
- oblečení a krytiny - tyto izolují tělo od okolí, a proto je chlazení pomalejší,
- pohyb a vlhkost vzduchu - pohyb vzduchu urychluje chlazení podporou,

konvekce a sebemenší trvalý pohyb vzduchu je významný. Chlazení je rychlejší spíše ve vlhkém než v suchém prostředí, protože vlhký vzduch je lepší vodič tepla. Vlhkost atmosféry má mít vliv na chlazení odpařováním, kde tělo nebo jeho oděv je mokrá,

- ponoření do vody - mrtvola se ochlazuje rychleji ve vodě než ve vzduchu, protože voda je mnohem lepší vodič tepla. Voda je asi dvakrát tak rychlejší chladící medium než vzduch a tekoucí voda je asi třikrát tak rychlejší.

Je zřejmé, že tělo se ochladí rychleji ve studené vodě než v teplé vodě. Orgány budou chladnout pomaleji ve vodě obsahující odpadní látky nebo jiné organické hmoty, než ve sladké nebo mořské vodě.

2.3.2.1 Matematická aplikace dle Henssgeho

Pro určení času úmrtí se používá teplota tělesného jádra. V praxi se tedy provádí měření per rektum (v konečnicku). Relativně spolehlivé je určení doby úmrtí dle Henssgeho nomogramu. K použití této metody je potřeba provést jedno měření tělesného jádra na místě činu, změřeni teploty v okolí mrtvolu a informace o hmotnosti zemřelé osoby.

Metoda rozlišuje výpočet pro dvě hodnoty teplot okolního prostředí.

„Matematické vyjádření rovnice pro teplotu prostředí do 23°C:

$$\frac{T(\text{rectum}) - T(\text{prostř})}{37,2 - T(\text{prostř})} = 1,25 \exp(Bt) - 0,25 \exp(5Bt)$$

Matematické vyjádření pro teploty nad 23°C:

$$\frac{T(\text{rectum}) - T(\text{prostř})}{37,2 - T(\text{prostř})} = 1,11 \exp(Bt) - 0,11 \exp(10Bt)$$

T = teplota

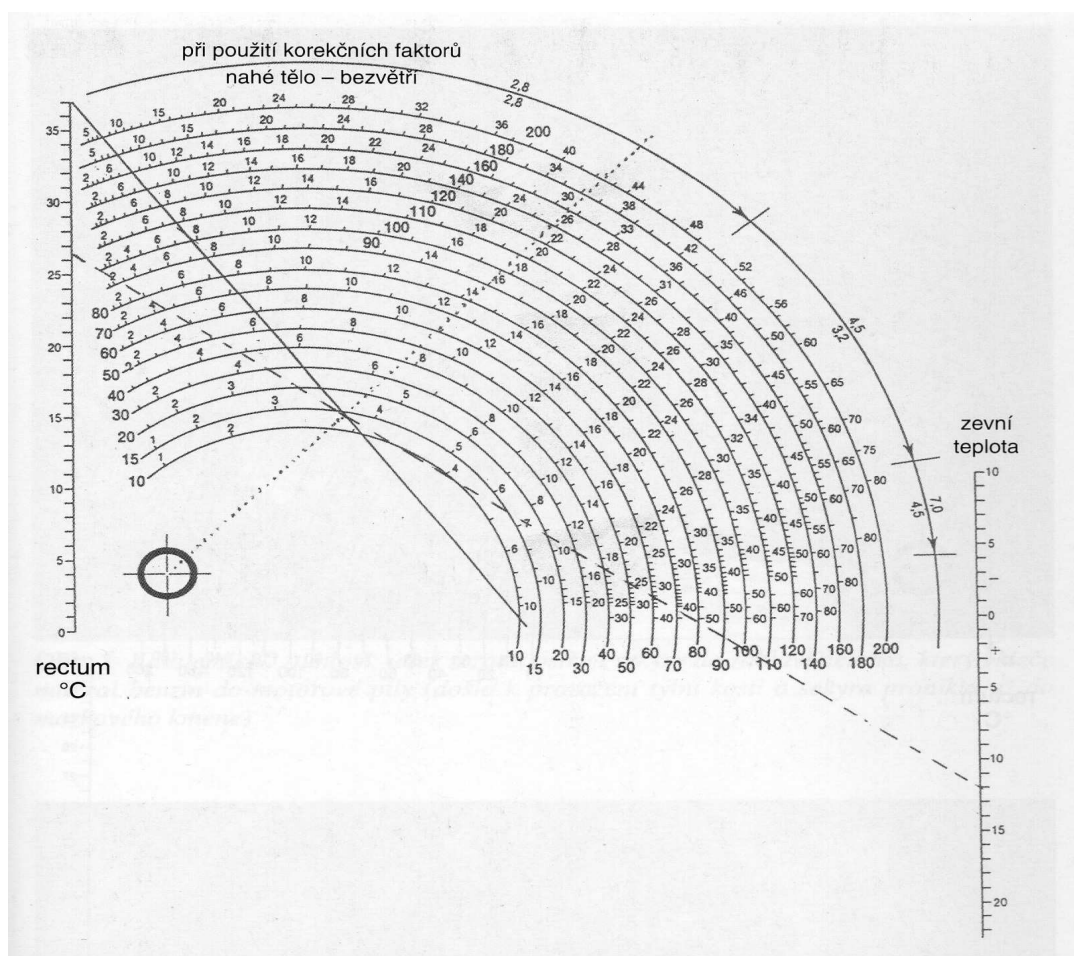
$$B = -1,2815 (\text{kg}^{-0,625}) + 0,0284$$

T = čas po smrti

Při nestandardních podmínkách měření se používají korekční faktory, které prof. Henssge získal přesným výzkumem. Korekční faktory se pohybují v hodnotách 0,35 – 2,4.

Chladnutí těla nemá hladký a jednoduchý průběh a závisí na mnoha faktorech. Praktická pozorování totiž ukazují, že chladnutí lidského těla je nejlépe reprezentováno sigmoidální křivkou – křivkou s plateau.“⁸

2.3.2.2 Postup s využitím Henssgeho nomogramu znázorněného graficky

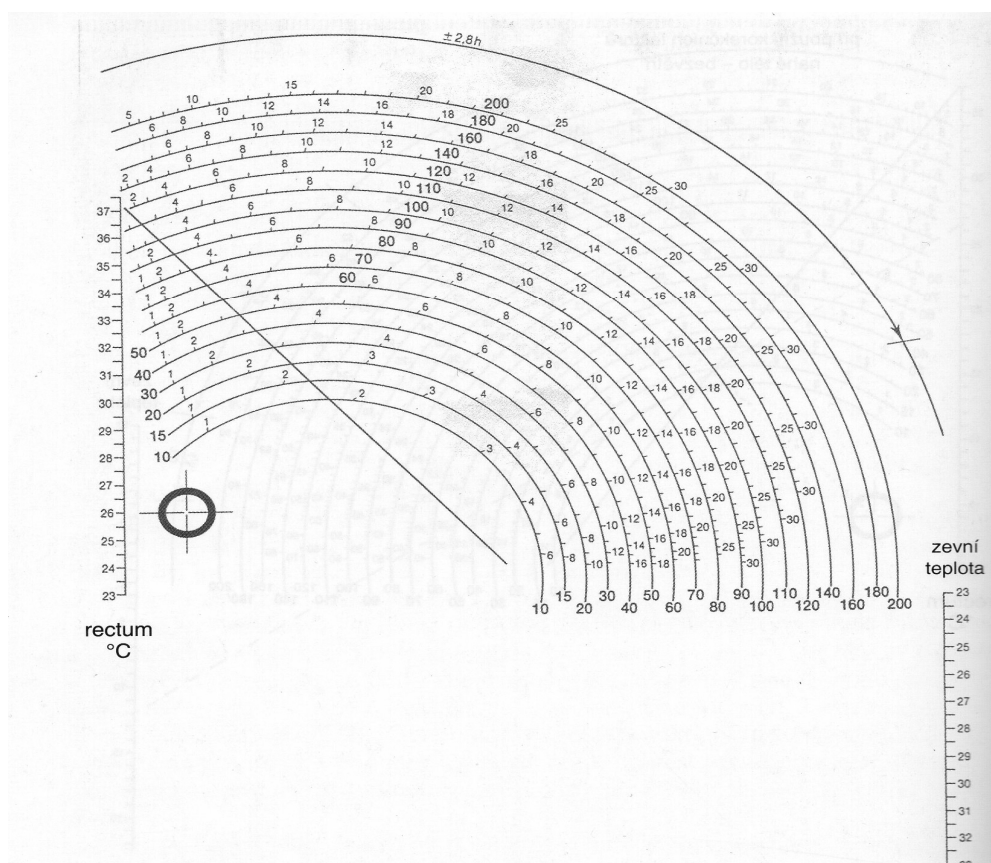


Obr. 7. Nomogram pro odhad doby smrti při teplotě zevního prostředí do 23°C⁹

⁸ Převzato z [8]

⁹ Převzato z [1]

Technika použití nomogramu: Proloží se přímka mezi naměřenými hodnotami teplot konečníku a zevního prostředí. Průsečík této přímky s diagonálou nomogramu se spojí se středem kružnice. Na průsečíku této spojnice a oblouku příslušejícího korigované tělesné hmotnosti se odečítá časový údaj uvádějící dobu smrti v hodinách. Na průsečíku této spojnice se zevním obloukem je pod tímto obloukem uveden interval 95% spolehlivosti pro neoblečené tělo při bezvětrí a nad ním je uveden interval 95% spolehlivosti při použití korekčních faktorů. Na grafu je znázorněno určení doby smrti při tělesné hmotnosti 90 kg, teplotě zevního prostředí 12°C a teplotě v konečníku $26,4^{\circ}\text{C}$. Čárkovaná přímka spojuje naměřenou teplotu zevního prostředí a teplotu rekta, tečkovaná spojnice střed kružnice s oblouky pro různou tělesnou hmotnost. Korekčními faktory se násobí tělesná hmotnost.



Obr. 8. Nomogram pro odhad doby smrti při teplotě zevního prostředí nad 23°C ¹⁰

¹⁰ Převzato z [1]

Výsledek: doba smrti 16 \pm 2,8 hod., tj. 13,2 – 18,8 hodin před měřením s 95% spolehlivostí.

Korekční faktory: pro nahé tělo v proudící vodě 0,35, nahé tělo ve stojaté vodě 0,5, pro nahé tělo v proudícím vzduchu 0,7, oblečené tělo do 1 – 2 vlhkých tenkých vrstev oblečení v proudícím vzduchu 0,7, pro nahé tělo v proudícím vzduchu 0,75, pro tělo oblečené do dvou tenkých vrstev v proudícím vzduchu 0,9, pro nahé tělo za bezvětří 1,0, pro tělo v 1 – 2 tenkých vrstvách oblečení za bezvětří 1,1, ve dvou silnějších vlhkých vrstvách 1,1, pro tělo oblečené 2- 3 tenkých vrstvách nebo více než 2 silnějších vlhkých vrstvách oděvu 1,2, pro tělo oblečené do 1 – 2 silnějších vrstev 1,2, do 3 -4 tenkých vrstev 1,3, do více tenkých a silnějších vrstev 1,4, při silné příkrývce těla a současném oblečení 2,4. pro výběr korekčních faktorů je relevantní pouze oblečení nebo přikrytí dolní části trupu.¹¹

2.3.3 Kriminologické metody, stanovující přibližnou dobu úmrtí na základě procesu Livores Mortis

Posmrtné skvrny (Livores mortis), vznikají působením zemské přitažlivosti na krev, která začne pomalu klesat krevním řečištěm do nejnižší položených částí těla (u oběšeného těla se tak skvrny tvoří na rukou a nohou), čímž vznikají tmavě červené až modravé skvrny, které se později mění do tmavočervených ploch. Skvrny se nevytváří na těch místech těla, která jsou vlastní hmotností přitlačena k zemi, protože se cévy na těchto místech nemohou naplnit.

Z posmrtných skvrn bohužel nelze přesněji určit dobu úmrtí, ale lze ji relativně zúžit v případě, že nalezneme mrtvé tělo, které bude mít posmrtné skvrny v raném stadiu. Toto stadium je zhruba mezi 1–6 hod. od smrti, kdy ještě kůže se skvrnou pod tlakem ruky zbělá. Posmrtné skvrny jsou ale z kriminologického hlediska důležité především proto, že z nich lze usuzovat, zda bylo s tělem po smrti manipulováno. Například když na zemi nalezneme ležet na zádech mrtvé tělo a při bližším ohledání uvidíme na konci rukou a nohou mrtvolné skvrny. Z výše uvedeného již víme, že tyto skvrny by měly být vytvořeny spíše v oblasti krční a bederní páteře a na zadní straně stehů, můžeme tak usuzovat, že

¹¹ Převzato z [1]

oběť byla nejdříve někde oběšena a až po určitém čase byla přenesena na místo, kde jsme oběť našli.

2.4 Faktory ovlivňující tělesnou teplotu

Stálá tělesná teplota je vlastností teplokrevných organismů, ke kterým se řadí i člověk. Regulačním centrem je část mozku nazývaná jako hypotalamus (podvěsek mozkový). Tělesná teplota je vedlejším produktem metabolismu, „zásobárnou tepla“ jsou v lidském organismu játra, která mají velký vliv na teplotu těla. Játra mají velké množství životně důležitých funkcí pro lidské tělo, patří mezi ně:

- Komplexní metabolické funkce:
 - hospodaření se sacharidy v těle,
 - zpracování a syntéza tuků,
 - syntéza proteinů a přeměny aminokyselin

A právě při všech těchto procesech vzniká jako vedlejší metabolický produkt – teplo.

Dalšími funkcemi jater jsou:

- skladování vitaminů a stopových prvků a látek,
- tvorba žluči,
- biotransformace látek a detoxikace (léky, alkohol),
- metabolismus hemu (hem je součástí krevního hemoglobinu).

2.4.1 Tělesná teplota a její změny

Běžná, fyziologická, hodnota tělesné teploty je 36, – 36,9°C.

Odchylkami od normální teploty je nízká tělesná teplota – hypotermie pod 36°C, teplota nižší než 35,5°C je označována jako subnormální teplota. Objevuje se při:

- použití hypnotik, alkoholu,
- při dehydrataci,
- při uměle snížené teplotě o 10°C při operacích srdce a mozku.

Vliv na nízkou tělesnou teplotu mají nemoci jako diabetes, snížená funkčnost štítné žlázy, lymeská borelióza, roztroušená skleróza a při úrazech a zraněních může snížení teploty ovlivnit i šok a sepse.

Při zvýšené teplotě až na hodnoty 37 – 37,9°C se jedná o subfebrii, která může být způsobena:

- nádorovým onemocněním,
- TBC a infekčními nemocemi,
- zvýšenou činností štítné žlázy.

Vyšší tělesné teploty (38°C febris, hyperpyrexie nad 40,5°C která může narůstat až do života nebezpečných hodnot), mohou ovlivňovat jak onemocnění, tak i medikamenty.

Z onemocnění jsou to:

- spála, meningitida,
- artritida,
- leukémie (nádorové onemocnění všeobecně).

Z léků, které ovlivňují výrazně tělesnou teplotu jsou to skupiny léků:

- betablokátory,
- diuretika,
- antihypertenziva.

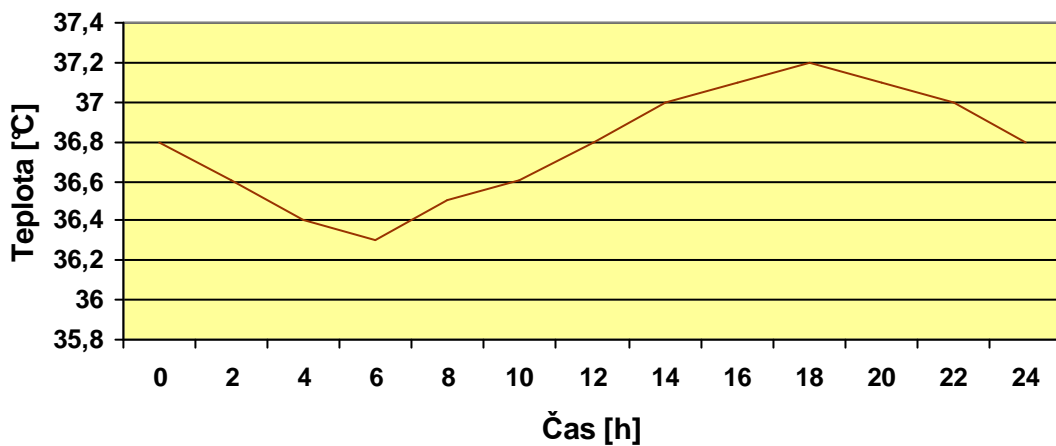
Tyto faktory můžeme teoreticky nazývat jako vnější faktory. Některé z těchto vlivů ovlivnit lze, jako například užívání léků, ale jiné, jako například onemocnění, ovlivnit nelze. Neovlivnitelné faktory člověka provázejí celý život, teoreticky je můžeme označit jako vnitřní faktory. Sem můžeme zařadit:

- 1) Věk – dítě je velmi ovlivňováno teplotou okolí, až do puberty je tělesná teplota proměnlivá, u starších lidí může hrozit riziko hypotermie
- 2) Biorytmus – nejnižší teplota je ráno v čase 2 – 6 hodin, nejvyšší 17 – 18 hod večer

- 3) Tělesná aktivita – těžká fyzická práce nebo náročné cvičení zvyšují tělesnou teplotu o 1 – 1,5°C
- 4) Hormony – u žen se teplota zvyšuje v době ovulace o 0,35°C nad bazální teplotu
- 5) Stres – stimulace sympatiku může zvýšit produkci hormonů epinefrinu a norepinefrinu, čímž se zvýší metabolická aktivita a produkce tepla
- 6) Okolí – extrémní okolní teplota může ovlivnit termoregulační systém

Mimo tyto vyjmenované činitele je teplota ovlivňována i bazálním metabolismem, svalovou aktivitou, vyplavením tyroxinu (hormon štítné žlázy), radiací – přenos tepla z jednoho objektu na povrch druhého objektu bez přímého kontaktu, vedením – přenos tepla z jedné molekuly na druhou, prouděním vzduchu a také vypařováním – soustavné odpařování vlhkosti z dýchacího systému, ze sliznice úst a kůže.

Kolísání tělesné teploty



Graf 1. Graf proměnlivosti tělesné teploty během dne

Uvedený graf názorně demonstruje proměnlivost tělesné teploty během celého dne.

Onemocnění jater, které narušuje jejich správnou funkci a tím i vytváření tepla, mohou být způsobena onemocněním jako je: hepatitida, TBC, salmonelóza, nádorové onemocnění, cirhóza (způsobená nadměrným užíváním alkoholu), poškození způsobené parazity, odumírání jaterních buněk nebo poškození, které se nazývá steatóza. Toto

onemocnění bývá nejčastěji způsobeno nadměrnými dávkami tetracyklinu, kortikoidů a aspirinu.

Mezi další látky, které mohou poškozovat játra patří:

- léky,
- chemikálie, organické a anorganické látky,
- rostlinné a živočišné jedy,
- průmyslové látky.

Velmi zajímavým případem jsou i transplantace jater. V těchto případech je možné, že tělesná teplota bude mít jiné hodnoty než je běžné.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ BIOLOGICKÉHO LABORATORNÍHO MATERIÁLU

Návrh přehledně sumarizuje kroky prováděného experimentu, potřebné k provedení praktického zkoumání biologického materiálu. Jedná se o postup, který byl již při tomto konkrétním měření praktikován a je možné jej s určitými modifikacemi využít i na další podobná měření. V experimentálním provedení pokusu jsme se zaměřili na jev chladnutí biologického materiálu (Algor mortis).

Metodika měření je uvedena v bodech 3.1 – 3.3, kde je podrobně rozepsán postup měření, podmínky a potřebné vybavení.

3.1 Vybavení potřebné pro práci v laboratoři

Metoda měření je prováděna experimentálně v laboratorních podmínkách, abychom vyloučili co největší počet faktorů, které mohou měření ovlivnit a zkreslit. Jedná se o běžně vybavenou laboratoř se stálou vnitřní teplotou, bez využití klimatizace nebo jiné cirkulace vzduchu. Podmínky v laboratoři:

- laboratorní prostředí vnitřní,
- teplota v laboratoři v intervalu 20,1 – 20,3°C,
- vzdušná vlhkost v laboratoři 69 – 71%,
- teplota podložky 21°C.

3.1.1 Vybavení pro měření materiálu v laboratoři

Pro práci v laboratoři je nezbytné pamatovat na dodržovaných hygienických podmínek a ochrany zdraví, proto při jakémkoliv kontaktu s materiálem nutné používat ochranný laboratorní plášť. Ruce nejlépe ochrání vhodné gumové zdravotnické nebo jiné rukavice, které jsou z neprodyšného materiálu a chrání nejlépe až do výše lokte. Abychom při měření vyloučili vliv teplot laboratorního vybavení, na kterém měření budeme provádět, použili jsme extrudovanou polystyrenovou desku jako izolační podložku, v kombinaci s bublinkovou fólií, na kterou poté umístíme materiál pro přípravu na měření. Izolační vlastnosti obou materiálů jsme ověřili změřením teplotních vlastností.

K samotnému měření je využito digitálních měřících přístrojů. U většiny měřících přístrojů je vždy nutné provést kalibraci a také doporučuji u časově náročnějších měření mít k přístrojům připraven i záložní zdroj z čistě praktických důvodů. Teploměr, použitý k tomuto konkrétnímu měření je Testo 735 – 2 s certifikovanou sondou 0602.5792811. K měření je také současně použita termokamera TermoPro TP8. Je dodávána v sadě, která obsahuje samotnou termokameru, přídatný VGA displej a další doplňkové součásti. Při měření je nejlépe použít stativ, při časově náročnějším měření se člověk, který termokamerou snímá, unaví a stativ také zajistí, že snímaná oblast bude vždy přesně zaměřena.



Obr. 9. Extrudovaná polystyrenová deska



Obr. 10. Ověření teploty podložky



Obr. 11. Teploměr Testo 735 s certifikovanou sondou



Obr. 12. Termokamera Termo Pro



Obr.13. Přídavný VGA displej



Obr. 14. Stativ k termokameře

3.1.1.1 Teploměr Testo 735-2

Testo 735-2 je 3-kanálový teploměr typu K/T/J/S/Pt100, s akustickým alarmem, možné připojení max. třech volitelných bezdrátových sond, s pamětí naměřených hodnot, PC softwarem a USB kabelem pro přenos dat, vč. baterie a kalibračního protokolu.

Robustní a kompaktní měřicí přístroj s jedním vstupem pro vysoce přesnou sondu Pt100 a dva vstupy pro rychlé termočláňkové sondy. Na přehledném displeji měřicího přístroje mohou být zobrazeny bezdrátově naměřené hodnoty až tří dalších teplotních sond. Tím může měřicí přístroj shromažďovat celkem 6 kanálů. Násuvnou vysoce přesnou ponornou/vpichovací sondou Pt100 je dosaženo přesnosti 0,05°C s rozlišením 0,001°C. Systém měření se proto ideálně hodí pro použití jako pracovní etalon. Průběhy teplot lze v měřicím přístroji ukládat a poté graficky/tabulkově analyzovat v PC. Data je možno na místě dokumentovat pomocí infra přenosu na tiskárně protokolů Testo. Volitelné uživatelské profily, tzn. použití určitého obsazení funkčních tlačítek, umožňuje intuitivní a rychlou obsluhu. Je možno ukládat buď jednotlivé protokoly nebo sady měření ve vztahu k místu měření. V přístroji lze uložit až 99 měřicích míst. Cyklus ukládání je volně nastavitelný od 1 sekundy až po 24 hodin.

Technické parametry Testo 735 - 2	
Systémová přesnost	až 0,05°C
Paměť přístroje	až 10 000 hodnot
Funkce PC softwaru	archivace, analýza, dokumentace dat, zobrazení, uložení a tisk, min., max. a střední hodnoty
Třída krytí	IP54
Přesnost	v celém měřicím rozsahu
Sonda Pt100	
Měřicí rozsah	"-200°C až 800°C
Přesnost	0,2°C (-100 až +199,9°C), 0,2% z naměřených hodnot (zbytek rozsahu)
Rozlišení	0,05°C

Tab. 1 Technické parametry teploměru Testo 735 – 2



Obr. 15. Teploměr Testo 735 – 2¹²

¹² BITMART [online]. 2009 [cit. 2011-05-04]. 홈 | 로그인 | 회원가입 | 장바구니 | 배송조회. Dostupné z WWW: <http://bitmart.kr/item_detail.asp?Acode=4&item_code=528>.

3.1.1.2 Termokamera ThermoPro TP8

TP8 je vysoce citlivá a přesná teplotní infrakamera s VGA obrazovkou, používaná k monitoringu ve výrobě, ke kontrole, výrobě a výzkumu. Teplotní rozsah je -20°C – 800°C . Má zabudované dvě kamery: infrakameru s rozlišením 384×288 a vizuální kameru s rozlišením 1280×1024 , s laserovým zaměřovačem. Může pracovat v automatickém režimu, má radiometrické nahrávání v reálném čase a infra a videa do jednoho souboru. Má široké aplikační využití.

Technické parametry Thermo Pro TP8	
Způsob snímání	
Termovizní režim	
Typ detektoru	Nechlazený FPA mikrobolometr
Rozlišení	384×288 pixelů
Spektrální rozsah	$8 - 14 \mu\text{m}$
Teplotní citlivost	0,08 na 30°C
Zorné pole/ohnisko	$22^{\circ} \times 16^{\circ} / 35 \text{ mm}$
Ostření	Automatické
Rozsah zoomu	1 x až 10x (digitální)
Viditelný režim	
Vestavěný digitální snímač	CMOS
Rozlišení	1280×1024 pixelů
Barevná hloubka	32 768 barev
Prezentace obrazu	
Externí displej	3,5" barevný VGA LCD
Hledáček	0,6 barevný VGA OLED
Video výstup	VGA/PAL/NTSC
Měření	
Rozsah teploty	Filtr 1: $-20^{\circ}\text{C} - +250^{\circ}\text{C}$ Filtr 2: $200^{\circ}\text{C} - +800^{\circ}\text{C}$
Přesnost	Filtr 1: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ nebo $\pm 1\%$ Filtr 2: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ nebo $\pm 2\%$
Režimy měření	Automatické sledování nejteplejšího bodu a automatické upozornění v živém snímku, 8 pohyblivých bodů, 8 pohyblivých a proměnlivých oblastí, zobrazujících maximum, minimum nebo střední hodnoty, vertikální a horizontální liniové profily, histogram a izoterma v živém
Nastavení emisivity	Proměnná od 0,01 do 1,00

Korekce měření	Automatická korekce
Korekce optiky	Automatická
Ukládání obrazu	
Typ	Vestavěná paměť nebo externí 2GB SD
Formát	JPEG
Hlasová anotace	Až 30 s na snímek
Textová poznámka	Výběr z předvolených textů
Volitelné čočky	
Zorné pole	7,7° x 5,8° / 100 mm
	45,6° x 35° / 16 mm
Laserový zaměřovač	
Typ	Class 2, polovodičový laser
Napájení	
Typ baterie	Li – ion, dobíjecí
Nabíjení	V kameře nebo v externí nabíječce baterií
Výdrž	2,5 h nepřetřžitě
Externí napájení	AC adaptér 110/220 VAC, 50/60 Hz
Vlastnosti prostředí	
Provozní teplota	-20°C - +60°C
Vlhkost	10% až 95%
Odolnost proti nárazům	Provozní 25g
Vibrace	Provozní 2g
Rozhraní	
USB 2.0	Možný přenos dat do PC v reál.čase, ovládání kamery přes PC
RS232 rozhraní	Ovládání kamery přes PC
Fyzické vlastnosti	
Pouzdro	magnálieum
Hmotnost	0,85 kg
Závit stativu	¼“ -20
Rozměry	186 mm x 106 mm x 83 mm

Tab. 2 Technické parametry termokamery Termo Pro TP8



Obr. 16. Termokamera ThermoPro TP8¹³

3.1.2 Vybavení pro práci s biologickým materiálem

Základním prostředkem k získání biologického materiálu je jakýkoliv chirurgický skalpel, který se používá k provedení řezu, nutného k měření teploty uvnitř zkoumaného materiálu a také je nutný k provedení vyjmutí biologického materiálu. K zjištění přesné hmotnosti biologického materiálu je možno použít jakoukoliv váhu, např. i kuchyňskou, nejlépe se stupnicí v gramech.

3.1.3 Vybavení pro zpracování získaných dat

Získaná data může zaznamenávat přímo do počítače, do jakéhokoliv textového nebo tabulkového editoru. K tomuto účelu nám postačí jakýkoliv osobní počítač nejlépe s tabulkovým editorem Excel. Další výstup z měřených dat je následně proveden v softwarovém programu Guide IrAnalyser.

¹³ DIAS [online]. 2011 [cit. 2011-05-07]. Infrared systems. Dostupné z WWW: <<http://www.dias-infrared.de/termocamera.php>>.

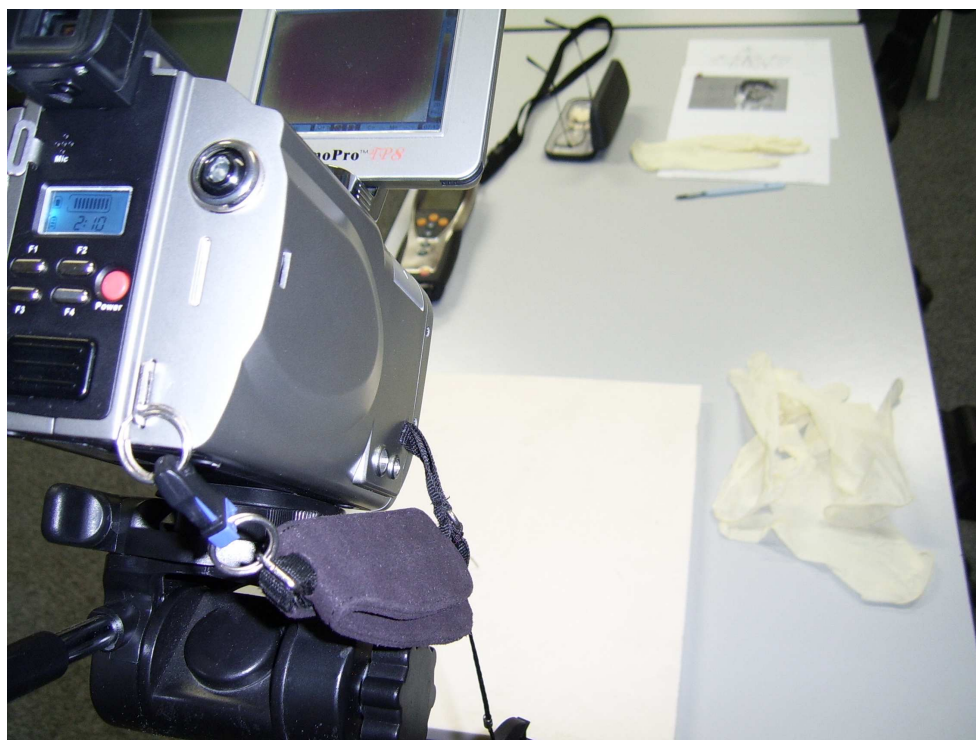
3.2 Biologický materiál a jeho příprava k měření

Jako biologický materiál pro měření je možné využít jakékoliv drobné hlodavce nebo jiný vhodný biologický materiál. V tomto případě byl použit laboratorní potkan, přesněji potkan obecný. Zvolen byl záměrně pro svoji tělesnou velikost, vhodnou velikost jater a také snadnou dostupnost. Použití menších zvířat je nevýhodné z důvodu nelehkého hledání jater kvůli jejich velikosti.

Potkan byl jako biologický materiál vybrán z konkrétního důvodu, protože má játra velmi podobná těm lidským – skládají se také ze 4 částí, pouze s tím rozdílem, že jsou játra potkana zrcadlově obrácena oproti lidským a potkan nemá žlučník.

Před samotnou přípravou materiálu je nezbytně nutné mít již připravenou izolační podložku, nakalibrovaný teploměr a správně nastavenou termokameru, abychom zdlouhavou manipulací nepřišli o cenný čas, kdy teplota může již klesat.

Přípravu měření a aktivaci měřících přístrojů je potřeba provést pečlivě a tomuto kroku je věnována největší pozornost. Pokud bychom neměli správně nastavený např. teplotní filtr termokamery, získáme nesprávná a zkreslující data.



Obr. 17. Příprava na měření biologického materiálu

Manipulaci s biologickým materiálem provádíme zásadně v laboratorním plášti a ochranných rukavicích. Po usmrcení zvířete je nutné jej co nejdříve připravit na měření. Provedeme svislý řez na břišní straně, kde jsou napravo dobře viditelná játra. Řez má být dostatečně hluboký, je však nutné, aby nebyl zbytečně dlouhý. Příliš dlouhý řez způsobí přílišné odkrytí jater a tím i únik tepla z organismu a rychlejší ochlazování.

Po této přípravě zasuneme sondu teploměru do jater tak, aby byla dostatečně hluboko, ne více než 3 mm a snažíme se co nejvíce zabránit úniku tepla z organismu. Termokameru nastavíme tak, aby na zobrazovacím displeji bylo dobře vidět teplotní spektrum materiálu, nejlépe je měřený objekt zaměřit na střed displeje.

Nastavení termokamery a další důležité informace k měření:

- teplotní filtr termokamery je nastaven na F1, což je v rozmezí hodnot $-20^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$,
- laserovým zaměřovačem pomoci nastavit biologický materiál tak, aby bylo teplotní maximum vidět na přídavném VGA displeji,
- sonda teploměru nesmí být v játrech hlouběji než 3 mm,
- nezbytně nutné je udržování konstantních laboratorních podmínek.

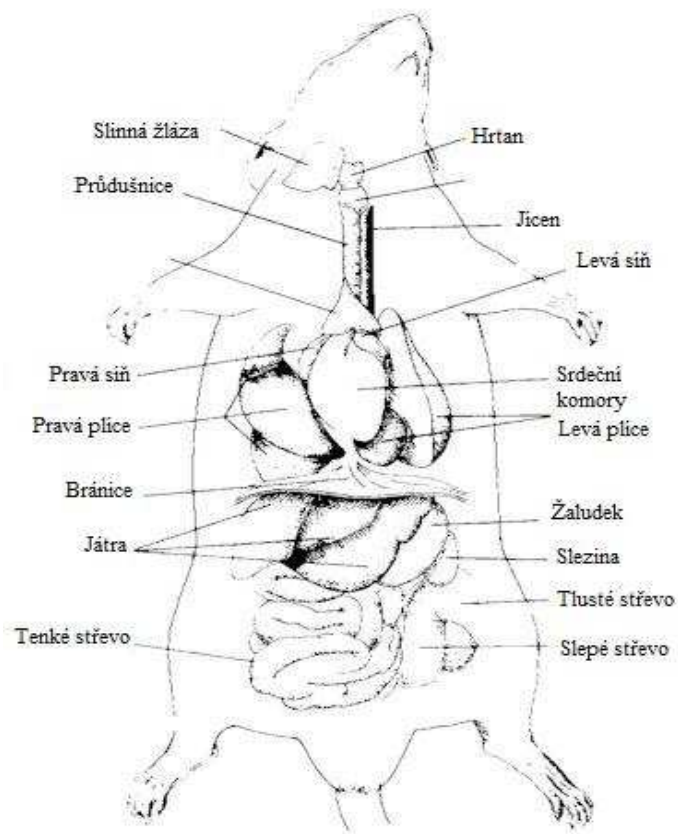


Obr. 18. Potkan obecný¹⁴

¹⁴ TUČEK, Josef. *Aktuálně.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Věda. Dostupné z WWW: <<http://aktualne.centrum.cz/veda/clanek.phtml?id=657262>>.



Obr. 19. Potkan obecný (biologický laboratorní materiál)



Obr. 20. Anatomický nákres potkana obecného¹⁵

¹⁵ University of Central Arkansas [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. Rat Anatomy Drawing. Dostupné z WWW: <<http://faculty.uca.edu/march/bio2/VertStrucFunc/ratdraw.htm>>.

3.3 Provedení měření biologického materiálu

Měření biologického materiálu provádíme v laboratorních podmínkách při teplotě 20,1 – 20,3°C, vlhkosti v laboratoři je v intervalu 69 - 71%, teplota podložky je 21°C. Samotné měření je zahájeno při počáteční teplotě biologického materiálu 38,6°C, každých 5 minut provedeme odečet aktuální tělesné teploty z teploměru. Snímání teploty pomocí termokamery provádíme v určitých časových intervalech, ty si můžeme zvolit libovolně. Zpočátku měření, cca v první hodině, se teplota snižuje velmi rychle, tento časový úsek je vhodné snímat častěji, v dalších hodinách měření se již teplota snižuje pozvolna. V případě, že již materiál vychladne a na termokameře je ve spektru chladnutí hůře vidět, je doporučeno překalibrovat termokameru na jiné teplotní spektrum.

Naměřené hodnoty můžeme zaznamenávat ručně nebo do již připravené Excelové tabulky v PC.

Po dokončení měření je nutné zjistit hmotnost biologického materiálu a také hmotnost měřeného orgánu. Tento krok je velmi důležitý, protože každý biologický vzorek má jinou celkovou hmotnost a tím i jinou hmotnost jater. Tady platí přímá úměra, čím větší hmotnost má biologický materiál, tím větší hmotnost vykazují i játra a déle se udržuje tělesná teplota.

Tělesnou teplotu mohou velmi výrazně ovlivňovat bakterie rodu Clostridium, jsou to obligátně anaerobní bakterie (žijí jen v prostředí, kde se nevyskytuje kyslík), kyslík je pro ně smrtící. Mají tyčinkovitý tvar a lze je barvit Gramovým barvivem. Na základě jejich činnosti se tělesná teplota může zvyšovat, a proto je potřeba na jejich existenci pamatovat.

Druhy bakterií, které patří do třídy Clostridium:

- Clostridium acetobutylicum,
 - Clostridium butyricum,
 - Clostridium botulinum,
 - Clostridium cellobioparum,
-

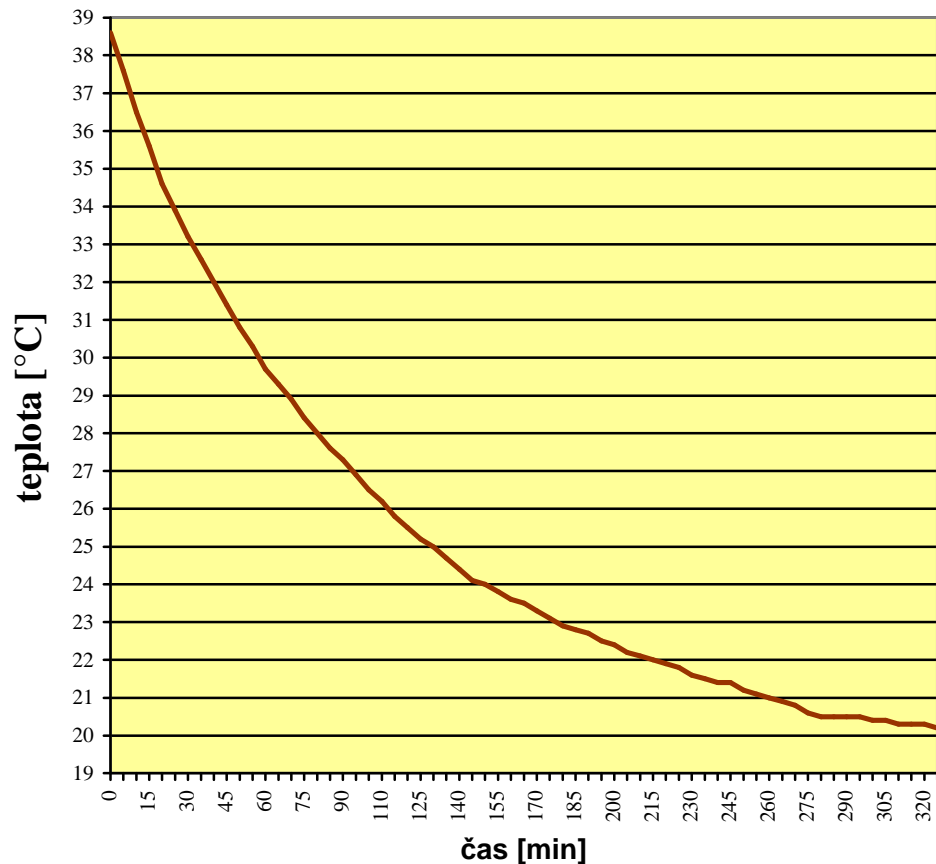
- Clostridium difficile,
- Clostridium pasteurianum,
- Clostridium perfringens,
- Clostridium ramosum,
- Clostridium sacharolyticum,
- Clostridium septicum,
- Clostridium sporogenes,
- Clostridium tetani,
- Clostridium thermocellum. [26]

Důležité upozornění: bakterie clostridium jsou zdraví velmi nebezpečné.

Tab. 3. Naměřené hodnoty biologického materiálu

Biologický materiál	laboratoř D - 315 (laboratorní podmínky)												
Hmotnost biologického materiálu	250 g												
Hmotnost měřeného orgánu	8 g												
Teplota prostředí	20,1 - 20,3°C												
Vlhkost prostředí	69 - 71%												
Podložka [°C] extrudovaný materiál	21												
Použité přístroje	Infrakamera Thermo Pro TP8, sestava TP8, Testo sestava T 735-2, certifikovaná sonda 0602.5792811												
Teplota měřeného orgánu (stav 38,6°C, po čáteční teplota měření)													
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	1 h
Teplota (°C)	38,6	37,6	36,5	35,6	34,6	33,9	33,2	32,6	32	31,4	30,8	30,3	29,7
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	2 h
Teplota (°C)	29,3	28,9	28,4	28	27,6	27,3	26,9	26,5	26,2	25,8	25,5	25,2	25
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	3 h
Teplota (°C)	24,7	24,4	24,1	24	23,8	23,6	23,5	23,3	23,1	22,9	22,8	22,7	22,5
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	4 h
Teplota (°C)	22,4	22,2	22,1	22	21,9	21,8	21,6	21,5	21,4	21,4	21,2	21,1	21
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	5 h
Teplota (°C)	20,9	20,8	20,6	20,5	20,5	20,5	20,5	20,4	20,4	20,3	20,3	20,3	20,2
Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	6 h
Teplota (°C)													

Graf teplotní závislosti na čase



Graf 2. Naměřené hodnoty teplot zkoumaného biologického materiálu

Z grafu je patrně viditelné, že teplota během 5 hodin postupně klesala až na hodnotu laboratorní teploty. V první hodině se teplota měnila velmi rychle, klesla o 9°C a dále se snižovala. V poslední hodině měření se teplota snižovala velmi pomalu a vyrovnávala se s okolní teplotou.

Hodnoty, uvedené v tabulce č. 3 se plně neshodují s hodnotami, které jsou čitelné na infraznámčích a to z toho důvodu, že k měření byly využity dva biologické laboratorní vzorky. Každý vzorek měl jinou tělesnou hmotnost a tím pádem i jinou hmotnost jater, proto je počáteční tělesná teplota prvního vzorku (s vyšší hmotností) vyšší, jedná se o tu hodnotu, která je uvedena v tabulce měření.

4 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH HODNOT V PROGRAMU LAUNCH GUIDE IR ANALYSER

Software Guide IrAnalyser je analytický program, který slouží společně s termokamerou ke zpracování získaných dat. Lze upravovat video obraz a uložené snímky z termokamery. Obraz je možné:

- Analyzovat,
- korigovat,
- měnit rozsah teplot.

Dále je v programu možno nastavovat barevné palety, lze vybrat z 9 barevných palet a změnu je možno provést i po nahrání do PC. Software dokáže:

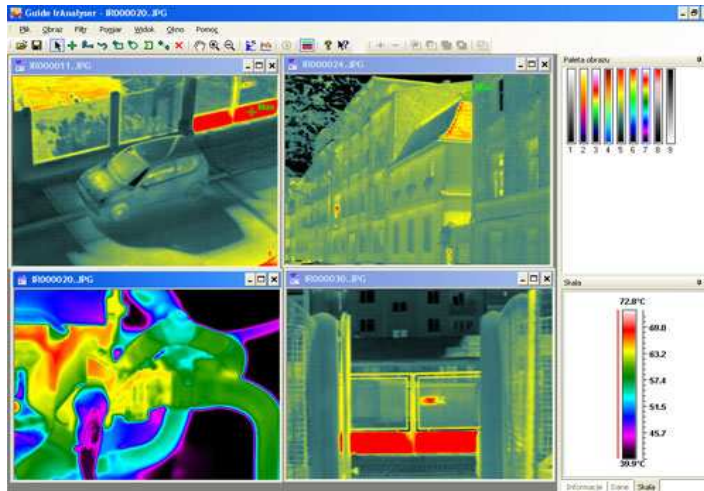
- provádět výpočty,
- vytvářet histogramy,
- zobrazovat informace z termálního snímku, na informační liště se zobrazí souřadnice a teplota zobrazovaného obrazového pixelu,
- generovat měřicí protokoly pomocí hotových šablon.

4.1 Pracovní prostředí programu

Pracovní prostředí umožňuje provádět změny v nasnímaných záběrech, je možné provádět i změny filtrů. Skvělou funkcí je i překrývající se zobrazení termo snímků společně se snímky z běžné kamery, kdy můžeme lehce provádět srovnání.

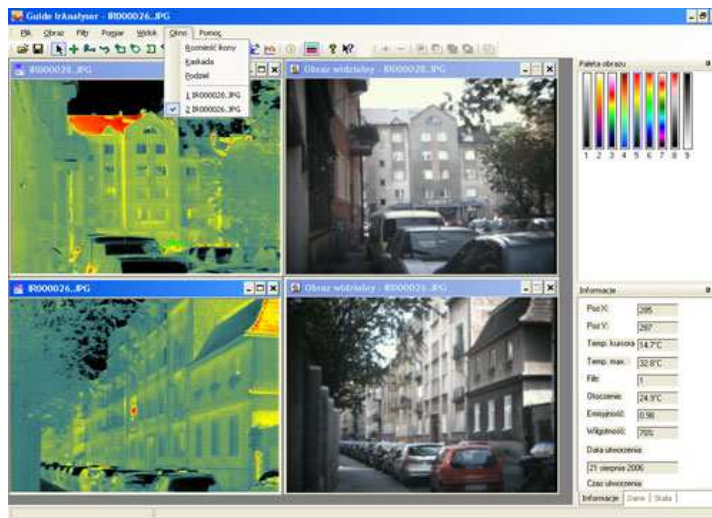
Posouváním kurzoru v infra snímku se ukazuje aktuální teplota daného objektu, ve středu vždy bývá teplota vyšší než v periférii. Z každého teplotního snímku je možné v programu zhotovit histogram.

Pro názornost jsou zde uvedeny dva obrázky, zobrazující prostředí pracovního programu a je zde velmi dobře vidět překryv snímků z infra a běžné kamery.



Obr. 21. Pracovní prostředí programu ¹⁶

V programu je přehledně vidět srovnání překryvných snímků stejného snímaného záběru, pouze s tím rozdílem, že na jednom je vidět teplotní rozložení a druhý snímek je pouze vizuální vjem.



Obr. 22. Pracovní prostředí programu ¹⁷

¹⁶ TEST - THERM Sp.zo.o [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. TEST THERM. Dostupné z WWW: <<http://test-therm.com.pl/ir/tp8.htm>>.

¹⁷ TEST - THERM Sp.zo.o [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. TEST THERM. Dostupné z WWW: <<http://test-therm.com.pl/ir/tp8.htm>>.

4.2 Lineární a polynomická regrese

Na základě naměřených hodnot, bych se chtěla pomocí výpočtu lineární regrese dopracovat k co největší shodě naměřených hodnot pomocí teploměru a infrakamery. Tomuto výpočtu bych se chtěla dále věnovat ve své další studijní práci, a proto zde v budoucnu využitou metodu výpočtu uvádím pouze teoreticky.

Lineární regrese představuje aproximaci daných hodnot polynomem prvního řádu (přímkou) metodou nejmenších čtverců. Jinak řečeno, jedná se o proložení několika bodů v grafu takovou přímkou, aby součet druhých mocnin odchylek jednotlivých bodů od přímky byl minimální.

4.2.1 Obecná lineární regrese

V obecnějším případě je možné danými hodnotami $[x_i, z_i]$, $i = 1, \dots, n$ proložit funkci $y = f(x, b_1, \dots, b_k)$ sestavenou jako lineární kombinaci k funkcí $y = b_1 f_1(x) + \dots + b_k f_k(x)$, kde $f_1(x), \dots, f_k(x)$ jsou libovolné funkce. Regrese se nazývá lineární, neboť funkční předpis $y = f(x, b_1, \dots, b_k)$ je lineární v proměnných b_1, \dots, b_k , tedy v koeficientech, které podrobujeme regresi. Jinými slovy, úlohu lze formulovat algebraicky jako metodu nejmenších čtverců.

Lineární regresí je tedy i výše popsané proložení bodů přímkou ($f_1(x) = x$, $f_2(x) = 1$, $f(x) = b_1 x + b_2$) ale také parabolou, $f_3(x) = 1$, $f(x) = b_1 x^2 + b_2 x + b_3$ nebo obecným polynomem. Proložením množiny bodů parabolou, resp. obecným polynomem se můžeme v literatuře setkat pod pojmem kvadratická, resp. polynomická regrese.

Koeficienty b_1, \dots, b_k jsou vypočteny metodou nejmenších čtverců, tedy tak, aby součet druhých mocnin odchylek modelu od daných dat, tj.

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i, b_1, \dots, b_k))^2 = \sum_{i=1}^n (b_1 f_1(x_i) + \dots + b_k f_k(x_i) - y_i)^2$$

byl minimální.

1. způsob výpočtu: parciální derivace
2. způsob výpočtu: přeурčená soustava rovnic.¹⁸

Polynomičká regrese představuje proložení zadaných hodnot polynomem a jde o zvláštní případ lineární regrese. Koeficienty hledaného polynomu jsou metodou nejmenších čtverců vypočteny tak, aby součet druhých mocnin odchylek původních hodnot od získaného polynomu byl minimální.

Odvození:

Cílem je proložit hodnotami $x_i, y_i, i = 1, \dots, n$, polynom k -tého stupně

$P_k(x) = p_0 + p_1x + \dots + p_kx^k$. Koeficienty p_0, \dots, p_k .

Úloha vede na problém nejmenších čtverců.

4.2.2 Problematika metody nejmenších čtverců

Dosažením hodnot x_i, y_i do polynomiálního modelu $y = P_k(x)$ přímo dostaneme aproximační problém. Z definice odchylky e_i zřejmě platí $y_i = P_k(x_i) + e_i$. (e_i vlastně reprezentuje chybu vzniklou při měření veličiny y_i přičemž předpokládáme, že veličiny x_i jsou známy přesně.) V maticovém zápisu

$$Ax = b + e$$

úloha se řeší metodou nejmenších čtverců.¹⁹

Metoda lineární regrese je zde uvedena právě proto, že tuto metodu výpočtu je možné použít k výpočtu, kterým je možné ověřit čas smrti.

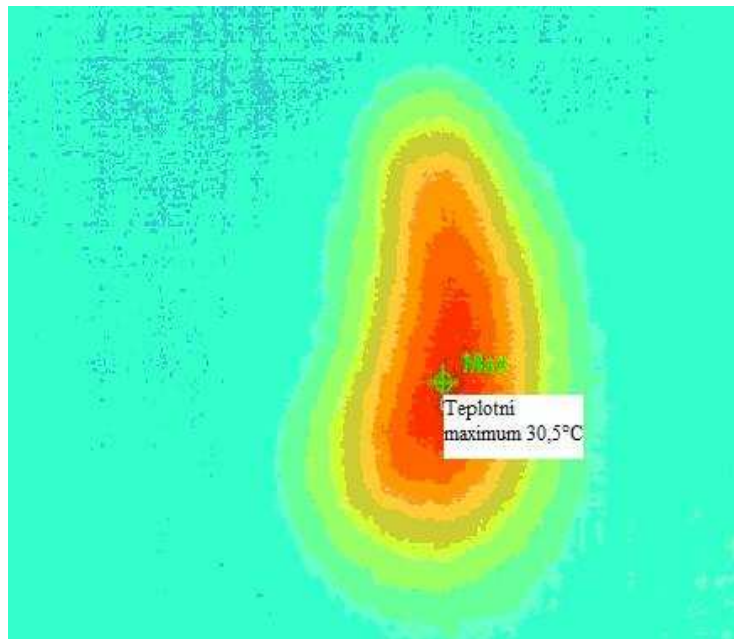
¹⁸ převzato z [29]

¹⁹ převzato z [28]

4.3 Infrasekvence měřeného biologického materiálu

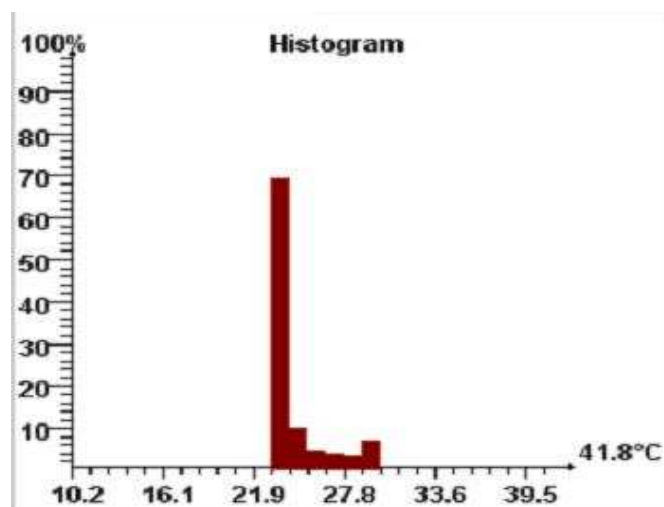
V odstavci jsou uvedeny infrasekvence, které byly snímány v časovém intervalu 1 minuta po dobu jedné hodiny.

Obrázek číslo 23. je zobrazením teplotního pole biologického materiálu s hodnotou supremum, která má hodnotu 30,5°C

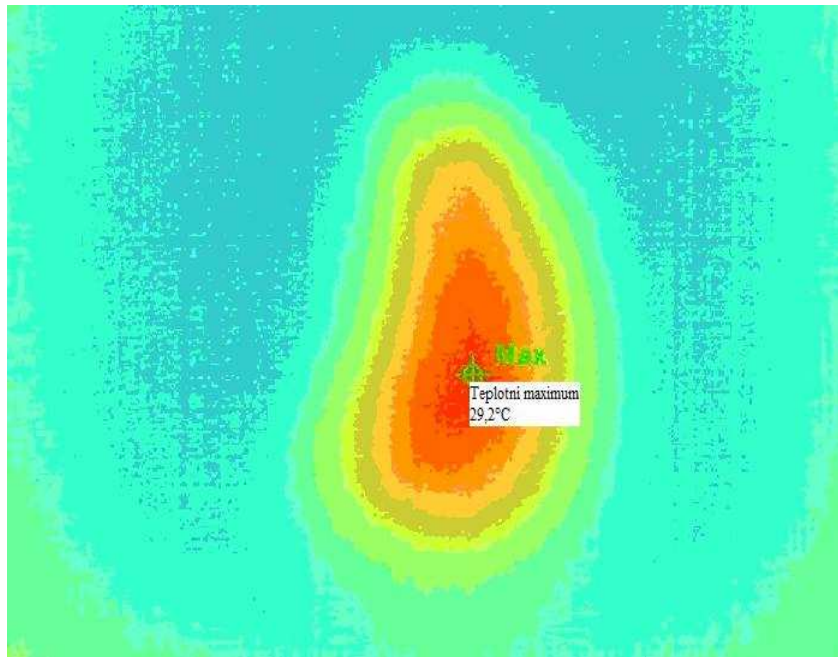


Obr. 23. Termosnímek – hodnota supremum 30,5°C

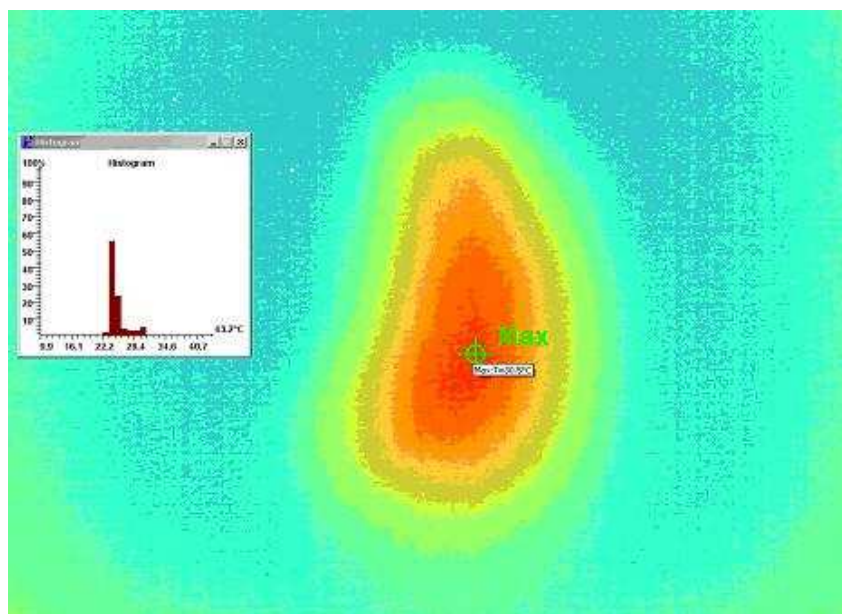
Histogram je prvek využívaný ke statistickým účelům, kde graficky prezentuje přehledné rozložení dat.



Obr. 24. Histogram k obrázku č. 23.

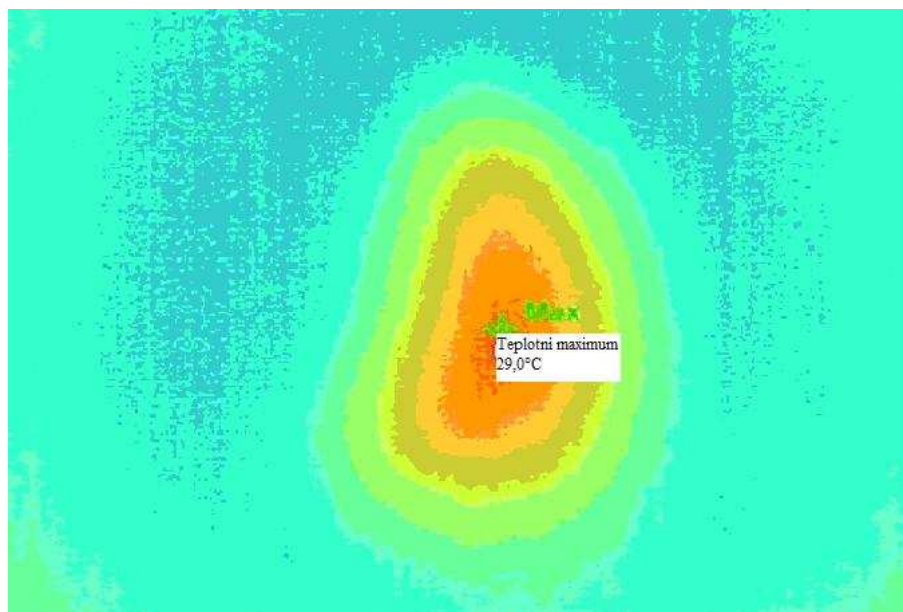


Obr. 25. Teplotní rozložení měřeného materiálu

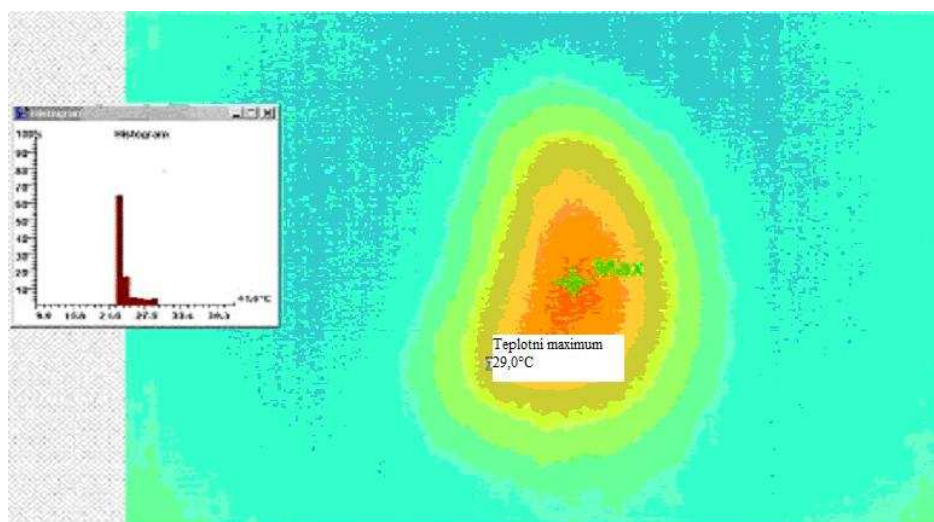


Obr. 26. Termosnímek s histogramem

Na snímku 25. a 26. je zobrazeno měřené teplotní pole biologického materiálu, kdy teplotní maximum dosáhlo hodnot 29,2°C. Obrázky jsou shodné, na snímku č. 26. je zobrazen histogram, ukazující rozložení dat.

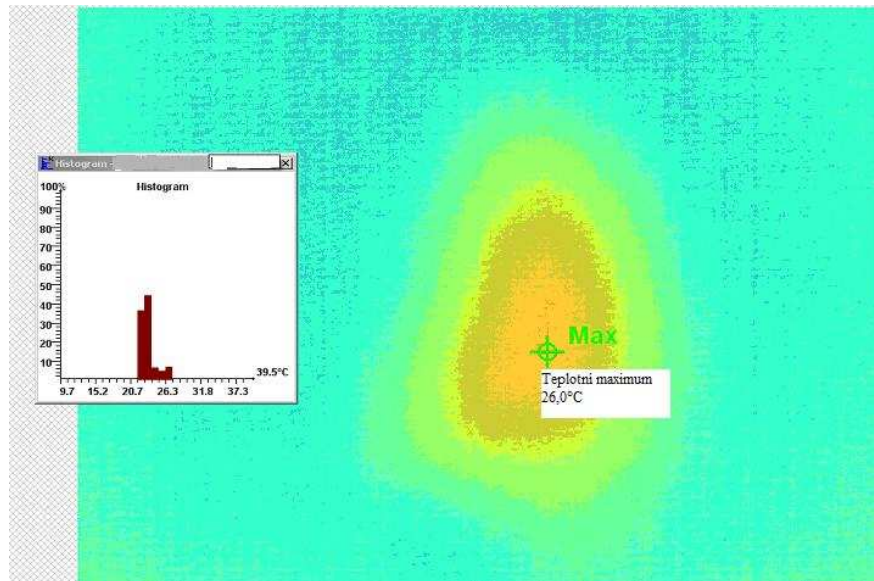


Obr. 27. Měnicí se teplotní pole

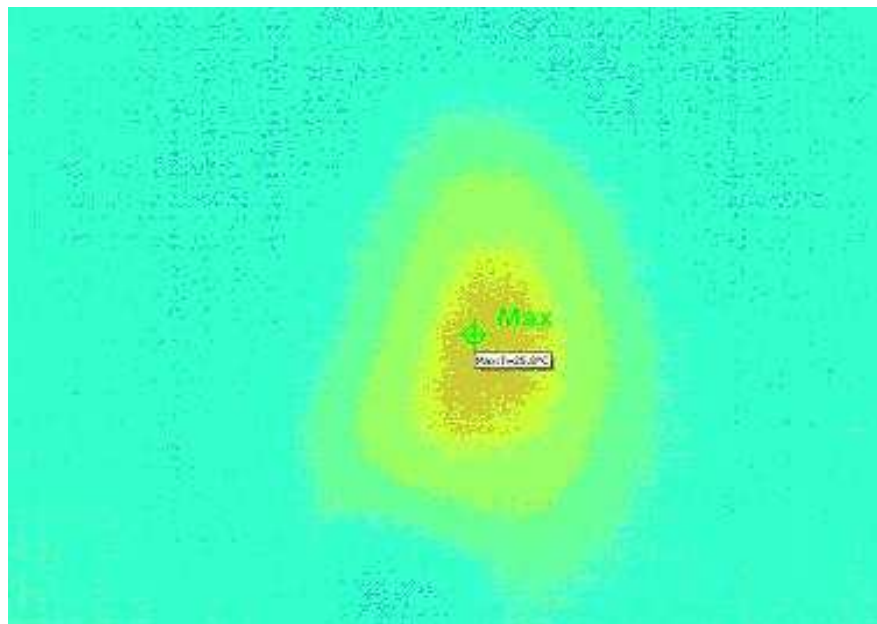


Obr. 28. Termosnímek - snižující se teplota

Na obrázcích 27. a 28. je v porovnání s předchozími snímky již vidět postupné klesání teploty měřeného biologického materiálu, teplota postupně klesla na 29°C.

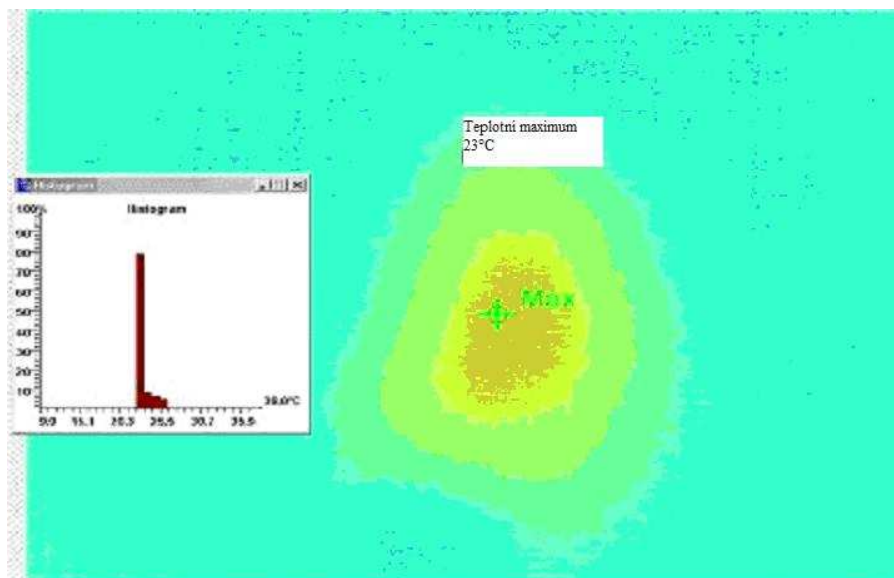


Obr. 29. Teplotní rozložení se výrazně mění

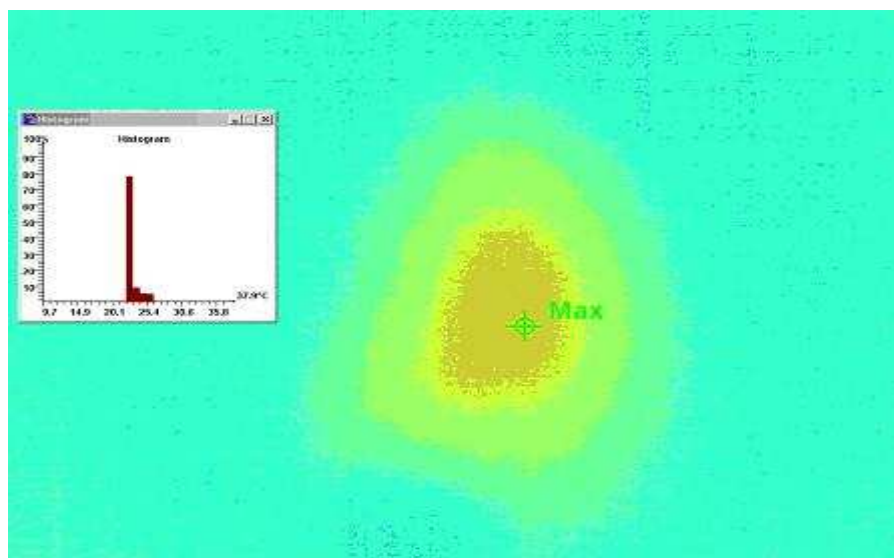


Obr. 30. Chladnutím biologického materiálu se teplotní pole mění

Na obrázcích č. 29. a 30. je vizuálně vidět výrazný pokles teploty, oproti prvnímu obrázku, který byl pořízen na začátku měření. V tomto snímku již není teplotní pole oranžové barvy a teplotní maximum na snímku č. 29. dosahuje hodnoty 26°C.



Obr. 31. Teplotní pole – hodnota 23°C



Obr. 32. Termosnímek – teplota klesla na hodnotu 22,8°C

Poslední obrázek č. 32 je posledním snímkem série, teplota dosáhla minimální hodnoty, po hodině snímání. Teplota měřeného biologického materiálu má v maximu hodnotu 22,8°C.

Provedením měření na biologickém materiálu byly získány hodnoty, které lze vyčíst z termo snímků. Zkušební metodou, kdy bylo prováděno měření po dobu 1 hodiny v intervalu snímání 1 minuta, byly zjištěny následující hodnoty:

- Supremum naměřených teplotních polí dosáhlo hodnot 30,5°C na počátku časového intervalu 1 hodina,
- infimum naměřených teplotních polí dosáhlo hodnot 22,8°C na konci časového intervalu 1 hodina.

4.4 Využití získaných poznatků v kriminalistice

Popsaná metoda je pouze zkušební metodou, je to návrh, jak by bylo možné měření provádět. Po změření teploty jsou data použita k výpočtu pomocí metody nejmenších čtverců. Tento návrh měření by v budoucnu mohl být použit pro práci forezních specialistů. Metoda, využívající měření za pomoci aplikace infrakamery může velmi výrazně zkrátit čas kriminalistického vyšetřování a urychlit dopadení pachatele. Výhodou metody je eliminace manipulace s tělem a někdy složité měření rektální teploty.

ZÁVĚR

Základním cílem bakalářské práce bylo seznámení s problematikou kriminalistických metod a dále provedení studie metod v kriminalistice běžně používaných. Praktickým úkolem bylo vypracování metodiky využitelné k měření biologického laboratorního materiálu a závěrem provedení analýzy naměřených hodnot.

V úvodu práce uvádím, čím se kriminalistika zabývá, jaké využívá metody ke své činnosti a další zajímavé věci. Kriminalistika jako vědní obor vznikla za účelem potírání kriminalismu a závažných trestných činů. Vyvíjí se postupně s lidmi a jejich jednáním, a protože se mění lidská vynalézavost, je nezbytné, aby forenzní věda byla vždy o krok napřed před pachatelem a znemožnila mu páchat další trestné činy. Nejobsáhlejší částí je kapitola popisující posmrtné změny, podle kterých se již dnes velmi úspěšně daří kriminalistům odhalovat trestnou činnost na území ČR. Čím dokonalejší a „rychlejší“ techniku budou mít specialisté k dispozici, tím bezpečněji se potom společnost může cítit. Předpokladem je, že dosud používané měření teploty zemřelých pomocí rektálního měření teploty, se podaří velmi brzy nahradit novou metodou.

Praktická část je rozdělena do dvou kapitol. První z nich je věnována metodice měření biologického materiálu. Jsou zde uvedeny měřicí přístroje, vybraný biologický materiál, laboratorní podmínky a postup měření. Metodika je postupně rozepisována v celé kapitole. Důležitou částí metodiky je příprava na měření a jeho samotné provedení. Nezbytně nutné je dodržení laboratorních podmínek po celou dobu zkušebního měření. Pokud by byla například různá teplota vnitřního prostředí, výsledky měření by byly zkreslené. V druhé části je aplikována infrakamera k měření teploty chladnutí usmrčeného biologického materiálu. Teplota byla měřena dvojím způsobem a to proto, abychom mohli vyhodnotit, zda je vůbec možné tyto dvě metody navzájem srovnávat a případně jednu metodu nahradit druhou ověřovanou metodou.

Experimentálním měřením bylo zjištěno, že teplota měřená sondou teploměru v játrech se ztotožňovala s hodnotami naměřenými termokamerou. Aplikovaný měřicí postup je pouze návrh, k ověření funkčnosti metody je ještě třeba provést množství jiných měření. Zjištěné hodnoty teplot je tedy možné dále použít k výpočtu doby úmrtí a to pomocí matematické metody – lineární regrese. Uvedenou metodu je možné využít v kriminalistice, medicíně a veterinárním lékařství, za účelem zjištění doby úmrtí. V policejní praxi metoda přináší

eliminaci nutnosti manipulace s tělem a měření rektální teploty. Základním a zároveň hlavním problémem, který může bránit praktickému využití metody je vyšší pořizovací cena. Potenciál využití uvedené metody je obrovský a dá se tedy předpokládat, že se v budoucnu setkáme s jejím praktickým využitím.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The main aim of this study was to present the issue of investigative methods and the study of methods commonly used in criminology. The practical task was to develop useful methods for measuring biological material and laboratory analysis finding readings. In the introduction of first part is dealt what is criminology, which methods of their work use and other interesting things. Criminology as a discipline was created to combat kriminalism and serious crimes. Develops gradually with people and their behavior, and because as human ingenuity, it is essential that forensic science was always a step ahead of the perpetrator and prevented him from committing further crimes. The most extensive part is the chapter describing the post-mortem changes, according to which it is already doing very successfully criminologists reveal criminal activity in the Czech Republic. The better and "faster" technology will have specialists available, be more secure then the company may feel. The premise is that the currently used measurements of temperature using a rectal deceased temperature will succeed very soon replaced by a new method.

The practical part is divided into two chapters. The first one is devoted to the methodology for measuring biological material. There are devices for measuring, selected biological material, laboratory conditions and measurement procedure. The methodology is gradually broken down in the whole chapter. An important part of the methodology is in preparation for the actual measurement and its implementation. Compliance with laboratory conditions throughout the test measurement is necessary. If it was such a different temperature of the internal environment, the measurement results would be biased. In the second part of the study infrared camera is applied to measure the temperature of cooling slaughtered biological material. The temperature was measured in two ways, and because we can evaluate whether it is ever possible for these two methods compare with each other and if one method to replace the kind of authentication method. Experimental measurements revealed that the temperature measured by the thermometer probe in the liver are identified with those using a thermal imager. Applied measurement procedure is merely a proposal, to verify the functionality of the method is yet to be conducted a number of other measurements. The values of temperatures can therefore be further used to calculate the time of death and using a mathematical method - linear regression. This method can be used in forensics, medicine and veterinary medicine, in order to determine time of death. The police profession offers a method to eliminate the

need for manipulation and measurement of rectal body temperature. And also the basic problem that may hinder the practical use of the method is a higher cost. The potential use of these methods is huge and we can therefore assume that he will meet with its practical use.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] ŠTEFAN, J., MACH, J. *Soudně lékařská a medicínsko-právní problematika v praxi*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. 264 s. ISBN 80-247-0931-7
- [2] HRIB Nikolaj. *Kriminalistika a zdravotnictví*. 1.vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. 324 s. ISBN 978-80-7380-269-1.
- [3] STRAUS, Jiří. *Kriminalistická metodika*. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2006. 310 s. ISBN 80-86898-66-0.
- [4] MUSIL, Jan; KONRÁD, Zdeněk; SUCHÁNEK, Jaroslav. *Kriminalistika. 2., přeprac. a dopl. vyd.* Praha: C.H. Beck, 2004. 583 s. ISBN 80-7179-878-9.
- [5] PORADA, Viktor. *Kriminalistika*. 1.vyd. Brno: CERM, 2001. 746 s. ISBN 80-7204-194-0.
- [6] PLATT, R. *Místo činu*. 1.vyd. Praha: Slovart, 2005. 144 s. ISBN 80-7209-746-6
- [7] ERZINCLIOGLU Z. *Forenzní metody vyšetřování*. 1.vyd. Praha: Fortuna Libri, 2008. 192 s. ISBN 978-80-7321-433-3.
- [8] Měření teploty zemřelého a odhad doby smrti. In VANĚČEK, MUDr. V., et al. *Pokroky v kriminalistice : 2.díl*. Vyd. 1. Praha : Vydavatelství Policejní Akademie ČR, 2004. s. 448. ISBN 80-7251-171-8.

Internetové zdroje:

- [9] *BOLD SYSTEMS V2.5* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Taxonomy Browser. Dostupné z WWW: <<http://www.boldsystems.org/views/taxbrowser.php>>.
- [10] *DDD Activ* [online]. 2007 [cit. 2011-05-04]. Rad Dvojkrídlovce - muchy. Dostupné z WWW: <<http://www.dddactiv.sk/index.php?ID=46>>.
- [11] *NTI* [online]. 2004 [cit. 2011-05-04]. Neurogenetic technologies,inc. Dostupné z WWW: <<http://www.neurogenic.com/pages/publications.php>>.
- [12] *Klinika Neurochirurgii* [online]. 2000 [cit. 2011-05-04].

- Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Dostupné z WWW: <http://www.neurochirurgia.bialystok.pl/obrazki/galeria/pthumb_2139153326myotonometr.jpg>.
- [13] *BITMART* [online]. 2009 [cit. 2011-05-04]. 홈 | 로그인 | 회원가입 | 장바구니 | 배송조회.
Dostupné z WWW: <http://bitmart.kr/item_detail.asp?Acode=4&item_code=528>
- [14] DIVÍŠEK, Martin. *Pražský deník.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Multimédia. Dostupné z WWW: <<http://prazsky.denik.cz/multimedia/galerie/2843554.html?section=1,3>>.
- [15] VÍŮ, Michal. *Pelhřimovský deník.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Multimédia. Dostupné z WWW: <http://pelhrimovsky.denik.cz/zpravy_region/20110325_pohresovana_straz.html>.
- [16] *DIAS* [online]. 2011 [cit. 2011-05-07]. Infrared systems. Dostupné z WWW: <<http://www.dias-infrared.de/termocamera.php>>.
- [17] *TERMOKAMERY* [online]. 2011 [cit. 2011-05-07]. Termokamery. Dostupné z WWW: <<http://www.termokamery.cz/cs/produkt/termovize-guide-tp8/>>.
- [18] *Fortunecity* [online]. 1993 [cit. 2011-05-07]. Fortunecity. Dostupné z WWW: <<http://www.fortunecity.com/tattooine/williamson/235/sicd001.html>>.
- [19] J. POUNDER, Derrick. *University of Dundee* [online]. 1995 [cit. 2011-05-07]. University of Dundee. Dostupné z WWW: <www.dundee.ac.uk/forensicmedicine/notes/timeddeath.pdf>.
- [20] LIMBERG, Tomáš. *Forenzní vědy a jejich využití v kriminalistice* [online]. Brno : Právnická fakulta Masarykovy Univerzity, 2011. 49 s. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/208268/pravf_b>.
- [21] *University of Central Arkansas* [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. Rat Anatomy Drawing. Dostupné z WWW: <<http://faculty.uca.edu/march/bio2/VertStrucFunc/ratdraw.htm>>.

- [22] *TEST - THERM Sp.zo.o* [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. TEST THERM. Dostupné z WWW: <<http://test-therm.com.pl/ir/tp8.htm>>.
- [23] VAIN, Arved; KAUPPILA, Riitta; VUORI, Erkki. Estimation of the breaking of rigor mortis by myotonometry. *FORENSIC SCIENCE INTERNATIONAL* [online]. 1995, Volume 79, Issue 2, [cit. 2011-05-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.fsijournal.org/article/0379-0738\(96\)01902-0/abstract](http://www.fsijournal.org/article/0379-0738(96)01902-0/abstract)>.
- [24] ŠEVČÍKOVÁ R.N., Mgr. Jitka. *Ošetřovatelství* [online]. 2009 [cit. 2011-05-09]. Fyziologické funkce. Dostupné z WWW: <<http://osetrovatelstvi.blog.cz/0912/fyziologicke-funkce>>.
- [25] CAVENDISH, Marshall. *Diseases and Disorders* [online]. New York : Marshall Cavendish Corporation, 2008 [cit. 2011-05-09]. Hyperthermia, s. . Dostupné z WWW: <http://books.google.com/books?id=L5fGm_7ThKEC&dq=diseases+affecting+the+body+temperature&source=gbs_navlinks_s>.
- [26] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Clostridium>>.
- [27] TUČEK, Josef. *Aktuálně.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Věda. Dostupné z WWW: <<http://aktualne.centrum.cz/veda/clanek.phtml?id=657262>>.
- [28] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polynomick%C3%A1_regrese>.
- [29] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Otevřená encyklopedie. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Line%C3%A1rn%C3%AD_regrese>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Stupeň Celsia
CO	Chemická značka pro oxid uhelnatý
MYO	Zkratka pro myotonometrii
ms	Milisekunda, jednotka času
cm	Centimetr, jednotka délky
T	Teplota
Exp	Matematická funkce
%	Značka pro procenta
kg	Kilogram, jednotka váhy
TBC	Tuberkulóza
VGA	Standard pro počítačovou zobr. techniku
PC	Personal computer = osobní počítač
USB	Univerzální sériová sběrnice
Pt100	Označení sondy teploměru z platiny
ΔT	Rozdíl teplot
IP54	Třída krytí
μm	Mikrometr, jednotka délky
CMOS	Typ čipu
VGA LCD	Typ displeje s tekutými krystaly
VGA OLED	Typ displeje využívající technologii diod
VGA	Typ video výstupu
PAL	Typ video výstupu
NTSC	Typ video výstupu
GB	Gigabyte, udává velikost datového

	souboru
JPEG	Přípona souboru, označující, že se jedná o obrázek nebo fotku
ATP	Adenosintrifosfát, látka chemické povahy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Zajištění místa činu	15
Obr. 2. Místo činu označené policejní páskou	15
Obr. 3. <i>Cynomia cadaverina</i>	20
Obr. 4. <i>Calliphora vicina</i>	20
Obr. 5. Analogový myotonometr	29
Obr. 6. Forenzní myotonometr propojený s PC	29
Obr. 7. Nomogram pro odhad doby smrti při teplotě zevního prostředí do 23°C	34
Obr. 8. Nomogram pro odhad doby smrti při teplotě zevního prostředí nad 23°C	35
Obr. 9. Extrudovaná polystyrenová deska	43
Obr. 10. Ověření teploty podložky	43
Obr. 11. Teploměr Testo 735 s certifikovanou sondou	44
Obr. 12. Termokamera Termo Pro	44
Obr. 13. Přídavný VGA displej	44
Obr. 14. Stativ k termokameře	45
Obr. 15. Teploměr Testo 735 – 2	46
Obr. 16. Termokamera Termo Pro TP8	49
Obr. 17. Příprava na měření biologického materiálu	51
Obr. 18. Potkan obecný	51
Obr. 19. Potkan obecný (biologický materiál)	52
Obr. 20. Anatomický náčrt potkana obecného	52
Obr. 21. Pracovní prostředí programu	58
Obr. 22. Pracovní prostředí programu	58
Obr. 23. Termosnímek – hodnota supremum 30,5°C	61
Obr. 24. Histogram	61
Obr. 25. Teplotní rozložení měřeného materiálu	62

Obr. 26. Termosnímek s histogramem	62
Obr. 27. Mění se teplotní pole	63
Obr. 28. Termosnímek – snižující se teplota	63
Obr. 29. Teplotní rozložení se výrazně mění	64
Obr. 30. Chladnutím biologického materiálu se teplotní pole mění	64
Obr. 31. Teplotní pole – hodnota 23°C	65
Obr. 32. Termosnímek – teplota klesla na hodnotu 22,8°C	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Technické parametry teploměru Testo 735 - 2.....	46
Tab. 2. Technické parametry termokamery Termo Pro TP8	47
Tab. 3. Naměřené hodnoty teplot měřeného orgánu	55

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Graf proměnlivosti tělesné teploty během dne.....	39
Graf 2. Naměřené hodnoty teplot zkoumaného biologického materiálu.....	56

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: TERMOSEKVENCE.....	82
---------------------------------	----

PŘÍLOHA P I: TERMOSEKVENCE

