Preciznost utvrđivanja poslijesmrtnog razdoblja

Zgurić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:862029

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Ana Zgurić

Preciznost utvrđivanja poslijesmrtnog razdoblja

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.

Diplomski rad je izrađen u Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku
Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof.dr.sc. Vedrane Petrovečki i
predan je na ocjenu u akademskoj godini 2014./2015.

Sadržaj

1. SAŽETAK .....
2. SUMMARY .....
3. UVOD 1
4. AGONIJA I SMRT 2
5. SUPRAVITALNE REAKCIJE 4
5.1. MEHANIČKA PODRAŽLJIVOST SKELETNIH MIŠIĆA 4
5.2. ELEKTRIČNA PODRAŽLJIVOST SKELETNIH MIŠIĆA 5
5.3. FARMAKOLOŠKA PODRAŽLJIVOST ZJENICA 6
6. RANI ZNAKOVI SMRTI 7
6.1. MRTVAČKA UKOČENOST 7
6.2. MRTVAČKE PJEGE 9
6.3. MRTVAČKA HLADNOĆA 12
6.4. ISUŠENJE TIJELA I PROMJENE NA OČIMA 19
7. KASNI ZNAKOVI 22
7.1. DEKOMPOZICIJA 22
7.2. SAPONIFIKACIJA 28
7.3. MUMIFIKACIJA 29
8. ZAKLJUČAK 30
9. LITERATURA 31
10. ŽIVOTOPIS 35

1. SAŽETAK

Preciznost utvrđivanja poslijesmrtnog razdoblja

Ana Zgurić

Utvrđivanje vremena i uzroka smrti važno je ne samo za obitelj preminule osobe nego i za policiju i zakonodavstvo u slučajevima kaznenog djela i u građanskim parnicama. Točna procjena poslijesmrtnog razdoblja nije moguća, unatoč iznimnom napretku sudske medicine unatrag nekoliko desetljeća (primjerice DNA analiza). Svaki liječnik neovisno o specijalizaciji trebao bi biti educiran i sposoban odrediti vrijeme smrti tj. poslijesmrtno razdoblje. Svrha ovog rada je dati pregledni prikaz znakova smrti te različitih tehnika i zapažanja koje se koriste za njihovu procjenu. Znakovi smrti razvijaju se određenim redoslijedom, a na brzinu nastanka i stupanj izraženosti poslijesmrtnih promjena snažno utječu brojni vanjski i unutarnji činitelji. U radu se navode i opisuju rani znakovi smrti (mrtvačka ukočenost, mrtvačke pjege, mrtvačka hladnoća, isušenje i promjene na očima) i kasne znakove smrti (dekompozicija, saponifikacija, mumifikacija).

Ključne riječi: vrijeme smrti, rani znakovi smrti, mrtvačka ukočenosti, putrefakcija

2. SUMMARY

Accuracy of determination of postmortem interval

Ana Zgurić

Estimation of the time and determination of the cause of death is important not only to the family of the deceased but also for the law enforcement and legislation in both criminal and civil cases. Determination of time of death is still imprecise, in spite of the tremendous progress in forensics over the past few decades, (for example DNA analysis). Any doctor, regardless of his/her specialty must be able to determine the time of death and postmortal interval. The purpose of this paper is to summarize and simplify signs of death and various techniques and observations for their estimation. Postmortem signs appear in specific order. The degree of expression is strongly affected by numerous extrinsic and intrinsic factors. The paper describes early postmortem signs (cadaveric rigidity, postmortem lividity, cooling of the body, desiccation and eye changes) and late postmortem signs (putrefication, saponification and mummification).

Key words: time of death, early postmortem signs, cadaveric rigidity, putrefication

3. UVOD

Određivanje vremena smrti je umijeće koje se temelji na znanstvenim činjenicama. Vrijeme smrti se može točno znati jedino ako je osoba umrla u prisutnosti liječnika ili osobe koja je sposobna utvrditi smrt. U nekim slučajevima, bilo da se radi o prirodnoj smrti, samoubojstvu, ubojstvu ili nesreći smrt se odvija bez svjedoka te je točno vrijeme smrti nepoznato. Liječnik može samo procijeniti vrijeme smrti ili odrediti vremenski interval u kojem je osoba umrla. Važno je napomenuti da procijenjeno vrijeme smrti može odstupati od tzv. „legalnog“ vremena koje označava vrijeme pronalaska tijela i od „fiziološke“ smrti koja nastupa prestankom rada vitalnih funkcija.

Zašto je podatak o vremenu u kojem je nastupila smrt toliko važan?

Utvrđivanje vremena smrti je važno ne samo u kriminalnim slučajevima, već i u građanskim parnicama. Gledano sa stajališta kaznenog zakona precizno utvrđeno poslijesmrtno razdoblje može pomoći u određivanju vremena ubojstva ili samoubojstva i u potvrđivanju izjava svjedoka. Također, može ograničiti broj osumnjičenih osoba i pomoći u identifikaciji žrtve. Određivanje točnog poslijesmrtnog razdoblja može pomoći i u građanskim parnicama vezanih za nasljedstvo, osiguranje ili isplatu odštete (Kirshnan 2005).

Procjena će biti preciznija ako se tijelo pregleda što je prije moguće. Nažalost, tjelesne promjene koje nastaju nakon smrti ne razvijaju se jednoliko i ne nastaju u pravilnim vremenskim intervalima, što uvelike otežava točnu procjenu. No, danas postoji čitav niz tehnika i postupaka poput mjerenja tjelesne temperature, ispitivanja mrtvačke ukočenosti i brojnih biokemijskih parametara kojima se liječnik može poslužiti i koji mu mogu pomoći u utvrđivanju poslijesmrtnog razdoblja.

4. AGONIJA I SMRT

Agonija je vremensko razdoblje koje prethodi smrti i koje u konačnici vodi do gubitka koordinacije i integracije funkcija vitalnih organa i organskih sustava. Glavne životne funkcije poput disanja, cirkulacije i aktivnosti živčanih centara slabe.

Da bi se moglo pravilno postupati sa bolesnikom, potrebno je poznavati obilježja agonije. Bolesnik u agoniji je promijenjene svijesti. Može biti miran i tih, ali i nemiran i euforičnog raspoloženja. Govor je teško razumljiv i otežan. Dolazi do slabljenja osjeta vida, zatim njuha i okusa i na kraju osjeta sluha. Tjelesna temperatura je u pravilu ispod normale (35 – 35,5 ºC), osim u zaraznim bolestima, kada je povišena. Često dolazi do popuštanja sfinktera te posljedično defekacije i mokrenja. Ponekad, zbog usporavanja cirkulacije, već u tijeku agonije mogu nastati mrtvačke pjege. Bitno je naglasiti da je trajanje agonije individualno i nije vremenski ograničeno (Zečević 2004).

Agonija završava **smrću** (lat. *mors*). Smrt nije trenutni događaj tj. kraj života nego predstavlja proces koji traje određeno vrijeme. Različite faze umiranja prikazuje slika 1. Po završetku agonije nastupa **klinička smrt** (kardiopulmonalni arest) koja se utvrđuje na temelju prestanka rada srca i prestanka disanja. Klinička smrt je reverzibilna jer se brzom intervencijom i kardiopulmonalnom reanimacijom mogu povratiti vitalne funkcije. Ako moždana hipoksija traje duže od 4 minute dolazi do ireverzibilnog oštećenja i nekroze moždanih stanica i nastupa **moždane** ili **cerebralne smrti**. Smrt mozga podrazumijeva ireverzibilni prekid funkcije velikog i malog mozga te moždanog debla. Dijagnoza moždane smrti se postavlja na temelju dva klinička pregleda u razmaku od 3 sata kojim se utvrđuju klinički znakovi smrti mozga (tablica 1), a potvrđuje se nekim od parakliničkih testova, najčešće EEG snimkama.



Slika 1. Faze umiranja

Moždanu smrt treba razlikovati od **kortikalne smrti** koja se klinički naziva **apalijskim sindromom**. U slučaju kortikalne smrti dolazi do odumiranja ganglijskih stanica moždane kore, dok su stanice moždanog debla neoštećene. Takve osobe potpuno izgube svijest, ali su spontani rad srca i disanje održani.

Nekoliko sati nakon moždane smrti započinje odumiranje ostalih stanica i tkiva u organizmu. Među posljednjima umiru spermiji i stanice epitela respiratornog sustava, nakon čega nastupa **biološka smrt**.

Tablica 1. Klinički znakovi smrti mozga

KLINIČKI ZNAKOVI SMRTI MOZGA
• odsutnost reakcije zjenica na svijetlo
• odsutnost kornealnog refleksa
• odsutnost reakcije na bolni podražaj
• odsutnost okulocefalnih refleksa
• odsutnost okulovestibularnih refleksa
• odsutnost faringealnog refleksa
• odsutnost trahealnog refleksa
• atonija muskulature
• atropinski test
• odsutnost spontanog disanja pri apneja testu

Prividna smrt (lat. *vita minima*) je stanje u kojem su vitalne životne funkcije svedene na minimum. Puls se ne palpira, a disanje je nečujno. No, srčana i moždana akcija mogu se registrirati pomoću EKG-a i EEG-a. U pravilu traje kratko, od nekoliko sati do 2 dana. Stanja kod kojih se može javiti prividna smrt navedena su u tablici 2.

Tablica 2. Stanja u kojima se može javiti prividna smrt

STANJA U KOJIMA SE MOŽE JAVITI PRIVIDNA SMRT
• alkoholiziranost
• anoksija
• električni udar
• epilepsija
• ozljede glave i središnjeg živčanog sustava
• trovanje opijatima
• utapanje
• uremija

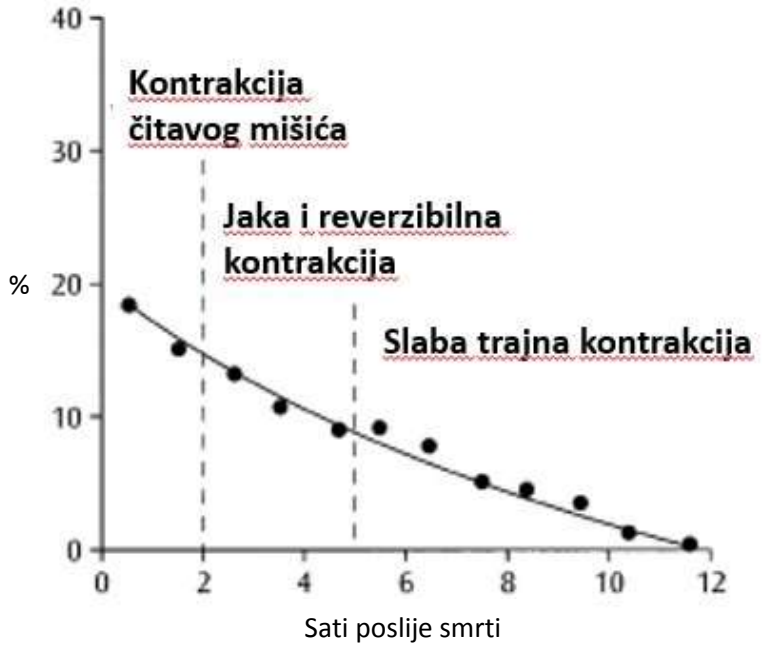
5. SUPRAVITALNE REAKCIJE

U većini slučajeva, ireverzibilni kardiopulmonalni arest je glavni uzrok smrti. Međutim, stanični metabolizam ne prestaje odmah nakon smrti, nego se nastavlja još nekoliko sati zahvaljujući anaerobnoj glikolizi i reakcijama kreatin kinaze. U tom periodu, koji se naziva **supravitalnim razdobljem** ili **intermedijarnim životom**, tkiva se mogu podražiti i izazvati tzv. **supravitalne reakcije**. To su mehanička i električna podražljivost skeletne muskulature i farmakološka podražljivost zjenica.

5.1. MEHANIČKA PODRAŽLJIVOST SKELETNIH MIŠIĆA

Mehanička podražljivost skeletnih mišića se može testirati udaranjem po mišiću nekim teškim predmetom. Pokus se najčešće izvodi na nadlaktičnom mišiću (lat. *musculus biceps brachii*). Ovisno o poslijesmrtnom razdoblju, postoje tri faze reakcije na podražaj (slika 2).

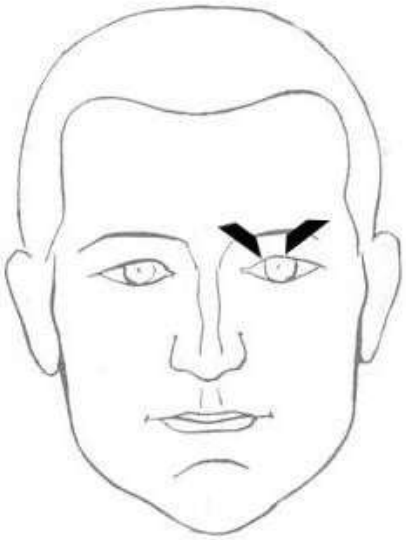
Prvu fazu obilježava kontrakcija čitavog mišića koji je podražen, što se može vidjeti do 2 sata nakon smrti. **U drugoj fazi**, koja može trajati 5 sati nakon smrti, na mjestu podražaja javlja se jaka, reverzibilna kontrakcija u obliku kobasičastog izbočenja (eng. *idiomuscular pad*) da bi u konačnoj, **trećoj fazi** to izbočenje bilo izrazito malo a kontrakcija perzistentna. Ova faza traje do 12 sati nakon smrti (Madea 2014).



Slika 2. Faze mehaničke podražljivosti mišića

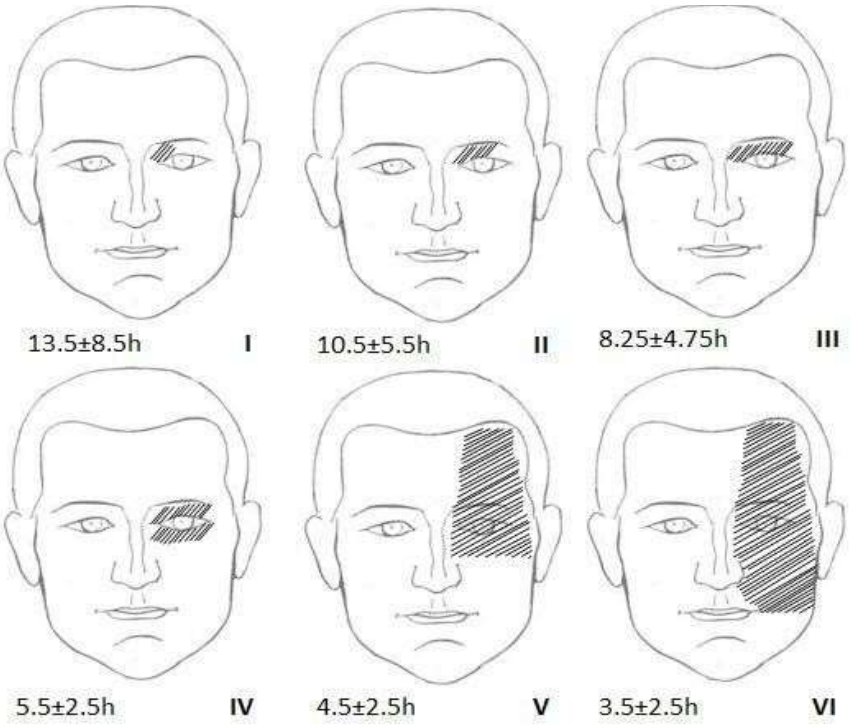
5.2. ELEKTRIČNA PODRAŽLJIVOST SKELETNIH MIŠIĆA

Poprečno prugasta muskulatura može biti poslije smrti podražena jedino električnim podražajem, kao na primjer elektrodama koje se postavljaju na određene mišiće. U pravilu se podražljivost ispituje na mimičnim mišićima lica, ali se može izvoditi i na mišićima tenara i hipotenara. Prilikom opisivanja podražljivosti u obzir se uzima snaga tj. jačina i domet širenja kontrakcije. U ranom poslijesmrtnom razdoblju kontrakcije su veoma jake i šire se na mišiće distalno od elektroda da bi, kako poslijesmrtno razdoblje raste postale sve slabije i ograničene na mjesto podražaja. Najčešće se podražuje orbikularni mišić (lat. *musculus orbicularis oculi*). Elektrode se stavljaju na gornji očni kapak na 15 do 20 mm udaljenosti od nosa (slika 3).



Slika 3. Mjesto postavljanja elektroda

Mišićni odgovor se svrstava u 6 stupnjeva (slika 4). U ranom poslijesmrtnom razdoblju dolazi do kontrakcije čitavog ipsilateralnog mišića (stupanj VI), a u terminalnoj fazi reakcija je ograničena samo na mjesto stimulacije (stupanj I). No, u slučaju hematoma ili emfizema vjeđa, električna ekscitabilnost traje duže, što može utjecati na točnost procjene vremena smrti.



Slika 4. Stupnjevi mišićnog odgovora na električni podražaj

5.3. FARMAKOLOŠKA PODRAŽLJIVOST ZJENICA

Zjenice postaju nereaktivne na svjetlosni podražaj ubrzo nakon smrti, ali ih je farmakološki moguće podražiti 12 do 25 sati nakon smrti (Poposka et al. 2013). Za ekscitaciju se koristi subkonjuktivalna injekcija noradrenalina, atropina ili acetilkolina. Važno je prije same primjene navedenih tvari izmjeriti dijametar zjenica kako bi se mogao usporediti sa dijametrom nakon primjene. Da bi reakcija bila pozitivna, mora doći do proširenja (atropin, noradrenalin) ili suženja zjenica (acetilkolin) 5 do 30 minuta nakon aplikacije. Trajanje reakcije je u pravilu oko 1 sat.

6. RANI ZNAKOVI SMRTI

6.1. MRTVAČKA UKOČENOST

Za života, za kontrakciju bilo poprečno prugastog bilo glatkog mišićja, potrebna je energija. Ta energija dostupna je u obliku ATP-a. Nakon smrti i prestanka cirkulacije, dolazi do gubitka tonusa mišića i nastupa **primarna mrtvačka mlohavost** (lat. *flacciditas mortis primaria*). Kratko vrijeme neposredno nakon smrti, zahvaljujući kreatin kinazi i anaerobnoj glikolizi moguće je sintetizirati ATP. No, nakon što količina ATP-a padne na 85% inicijalne količine dolazi do pojave mrtvačke ukočenosti.

Mrtvačka ukočenost (lat*. rigor mortis*) je poseban oblik mišićne kontrakcije koji nastupa nakon smrti, a svojim mehanizmom je veoma slična fiziološkoj kontrakciji. Osnovne građevne jedinice mišića su proteini: debele miozinske niti i tanke aktinske niti. Miozinska nit na sebi ima tzv. *glavicu*, koja je po svom svojstvu ATP-aza i razgrađuje ATP. Vezanjem ATP-a za miozinsku glavicu i njegovom razgradnjom dobiva se energija za spajanje glavice i aktinske niti i dolazi do skraćivanja mišića, odnosno kontrakcije. Da bi se niti odvojile, potrebno je ponovno vezanje ATP-a na miozin. Nakon smrti, prestaje proizvodnja energije te se mišićne niti ne mogu odvojiti i mišić ostaje u trajnoj kontrakciji što se očituje kao mrtvačka ukočenost. Tek nakon razgradnje proteina niti se odvajaju i nastupa **sekundarna mrtvačka mlohavost** (lat. *flacciditas mortis secundaria*).

Ukočenost zahvaća sve mišiće. Najprije se javlja na ošitu i srčanom mišiću i to već 30-ak minuta nakon smrti, a skeletnu muskulaturu zahvaća 2 do 4 sata poslije smrti. Pojavljuje se po čitavom tijelu i u većini slučajeva prati **Nysten-ovo pravilo**: prvo se zapaža na licu, na manjim mišićnim skupinama oko očiju i ustiju, na čeljusti i prstima, zatim zahvaća mišiće trupa, potom gornjih i na kraju donjih ekstremiteta. Radi se o tzv. **silaznom (descendentnom) tipu** mrtvačke ukočenosti. Ukoliko počinje na donjim ekstremitetima, riječ je o **uzlaznom (ascendentnom) tipu** koji se vidi kod osoba nakon intenzivnog napora, poput trčanja. No, ukočenost može zahvatiti mišiće i nasumičnim redoslijedom. Kada je ukočenost u potpunosti razvijena , mišići su skraćeni i tvrdi, podlaktice su flektirane u laktovima, potkoljenice u koljenima, a prsti su stisnuti u šaku. Razlog tome je veća razvijenost fleksijske muskulature u odnosu na ekstenzijsku. Mrtvačka ukočenost je najizraženija 6 do 9 sati nakon smrti, da bi nakon 24 do 72 sata popustila. Popuštanje u pravilu nastaje istim redoslijedom kojim je ukočenost i nastala.

Mrtvačka ukočenost može se testirati podizanjem kapaka, spuštanjem čeljusti ili fleksijom velikih zglobova poput koljena ili lakta. U slučaju da se ukočenost nasilno prekine dok je u fazi nastajanja, ona će se ponovo pojaviti, ali u slabijem obujmu.

U dosadašnjoj literaturi (Saukko i Knight 2004; Henssge et al. 2004) navodi se da do ponovne pojave mrtvačke ukočenosti može doći 8 sati poslije smrti, što znači da se,

ako se ona nasilno prekine i ponovno pojavi, sa sigurnošću može reći da je od smrti prošlo maksimalno 8 sati. No, Anders i suradnici (Anders et al. 2011) pokazali su da je taj vremenski raspon 2,5 puta duži i iznosi 7,5 do 19 sati te da je jačina ponovno uspostavljene ukočenosti to veća što je poslijesmrtno razdoblje kraće. Također, isključena je povezanost ponovnog pojavljivanja ukočenosti sa spolom, dobi, uzrokom smrti, podležeće bolesti i zgloba na kojem je došlo do prekida ukočenosti.

Postoji niz različitih činitelja koji mogu utjecati na nastanak i trajanje ukočenosti. Ako je smrt nastupila u starije osobe, u djeteta ili u osobe koja je za života bolovala od teške i iscrpljujuće bolesti poput tuberkuloze ili maligniteta, ukočenost se pojavljuje brzo i traje kratko. Ukoliko se radi o smrti kao posljedici krvarenja, asfiksije ili apopleksije, nastup ukočenosti je odgođen. U mišićavih osoba se javlja brže i jače je izražena. Temperatura okoliša također igra važnu ulogu. Ukočenost će se prije pojaviti u toplijim uvjetima, dok će se na hladnoći pojaviti kasnije i trajat će duže.

Mrtvačku ukočenost treba razlikovati od ukočenosti mišića koje su uzrokovane visokim i niskim temperaturama. Na temperaturama nižim od 3,5 ºC dolazi do smrzavanja i učvršćivanja potkožnog masnog tkiva. No, takav tip ukočenosti popušta nakon zagrijavanja tijela. S druge strane, temperature veće od 65 ºC uzrokuju koagulaciju proteina. Mišići se skraćuju i tijelo zauzima „položaj boksača“. Za razliku od mrtvačke, ovaj tip ukočenosti se ne može prekinuti klasičnim metodama za određivanje stupnja ukočenosti. Viđa se kod osoba stradalih u požaru ili nakon udara struje visokog napona (Kirshan 2005).

U slučajevima ubrzane dekompozicije može nastati **putrefakacijski rigor mortis**. On je posljedica povećanog stvaranja truležnih plinova koji mogu ekstendirati udove, zbog čega se doimaju „ukočeni“. Smatra se dekompozicijskim artefaktom i može pobuditi sumnju da je tijelo pomicano nakon smrti (Gill i Landi 2011).

Svakako treba spomenuti i **kadaverični spazam** ili **kataleptičnu mrtvačku ukočenost**. Za nju je karakteristično da se u trenutku smrti javlja maksimalno izražena i tijelo se nalazi u položaju u kojem je bilo u trenutku smrti. U literaturi se, uz kadaverični spazam uglavnom opisuje pronalazak raznih predmeta u rukama, posebice pištolja u slučajevima prostrijelnih rana glave kod suicida, što ukazuje na teške ozljede centralnog živčanog sustava kao mogući uzrok. No, ne postoji znanstveno objašnjenje za nastanak ovog tipa mrtvačke ukočenosti (Bedford i Tsokos 2013).

6.2. MRTVAČKE PJEGE

Prestankom cirkulacije i gubitkom tonusa glatkog mišićja stjenki krvnih žila dolazi do povećanja propusnosti krvnih žila i povećanja hidrostatskog tlaka. Posljedica toga je slobodno gibanje tekućine. Krv se pod djelovanjem gravitacije nakuplja u kapilarama papilarnog sloja dermisa u najnižim dijelovima tijela te ih distendira. **Postmortalna hipostaza** ili **mrtvačke pjege** (lat. *livores mortis*) su posljedica navedenog procesa.

Mrtvačke pjege su najraniji znak smrti i pojavljuju se obično na bočnim stranama vrata 45 minuta nakon smrti. U početku su pomične i na pritisak izblijede (slika 5). 6 do 12 sati nakon smrti postupno se fiksiraju, što znači da se prilikom pomicanja tijela dio pjega seli. To je od velike važnosti jer može ukazati na pomicanje tijela nakon smrti u svrhu prikrivanja krivičnog djela. Nakon 12 sati pjege su u potpunosti fiksirane i nepomične zbog pasivnog prolaska hemoliziranog seruma kroz kapilare. Mjesto njihovog pojavljivanja ovisi o položaju tijela u trenutku smrti (slika 6). Ako je osoba preminula ležeći, pjege će biti vidljive na leđima i postrance na trupu, osim na lopaticama, stražnjici i listovima, tj. onim dijelovima tijela koji su pritisnuti na podlogu (slika 7). U slučaju vješanja, zbog djelovanja gravitacije, pjege će biti vidljive na donjim ekstremitetima, šakama te vanjskom spolovilu i ispod dojki kod žena.



Slika 5. Blijeđenje pjega na pritisak



Slika 6. Mrtvačke pjege u osobe preminule na trbuhu

Boja samih pjega je varijabilna i može se protezati od ružičaste pa sve do tamno ljubičaste, a u nekim teškim hipoksijama i do plave. Ako se radi o prirodnoj smrti mrtvačke pjege će biti sivo ljubičaste boje, jer crvena boja krvi prosijava kroz mutni medij kože. U nekim slučajevima boja pjega može ukazati na određeni uzrok smrti (tablica 3). Žarka, crvena boja poput trešnje može se vidjeti kod otrovanja ugljikovim monoksidom (CO), zbog stvaranja karboksihemoglobina. No, boja će biti vidljiva tek kada je koncentracija COHb[1] veća od 30%. Također, kod smrti uzrokovane pothlađivanjem i kod tijela koja su nakon smrti pohranjena u hladnjacima, boja pjega će biti žarko crvena zbog naknadne oksigenacije krvi.

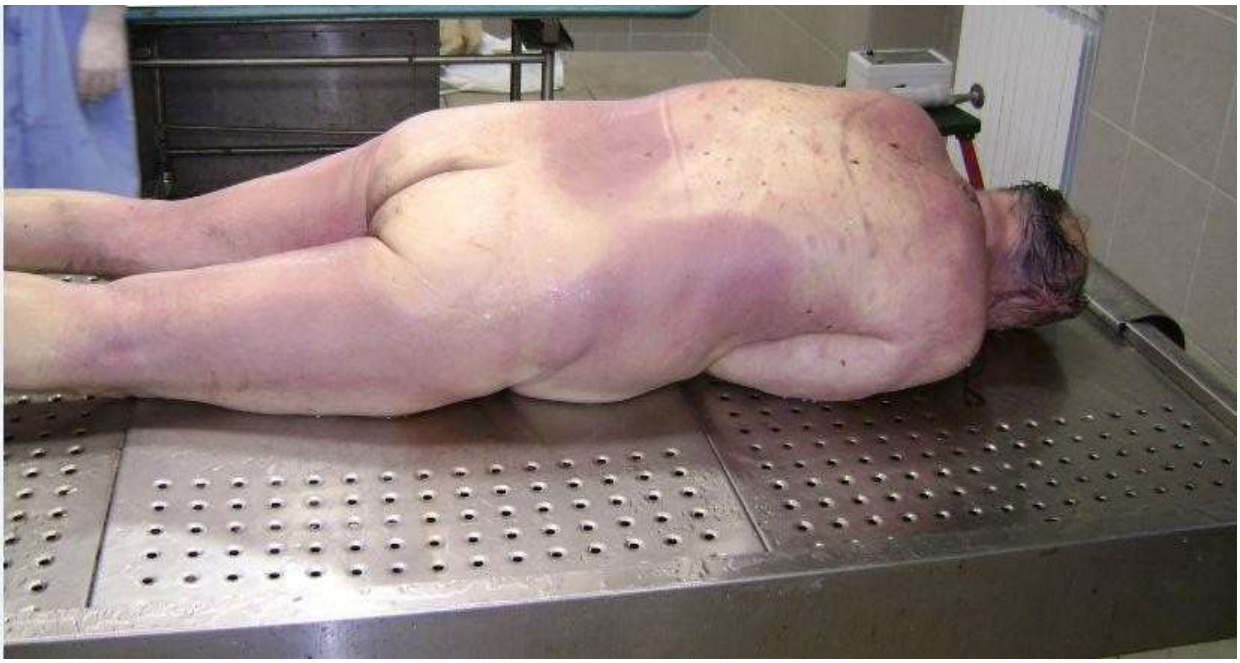
Naime, dokazano je da izloženost niskim temperaturama pogoduje reoksigenaciji hemoglobina. U trenutku smrti zbog zatajenja vitalnih funkcija dolazi do sistemne hipoksije. Zaostali kisik se troši u tkivima rezidualnom staničnom aktivnošću i mrtvačke pjege su iz toga razloga sastavljene od deoksigenirane krvi. Hlađenje tijela povećava afinitet hemoglobina za vezanje kisika i dolazi do naknadne reoksigenacije pasivnom difuzijom kisika kroz kožu zbog čega pjege postaju žarko crvene. Spektrofotometrijom je utvrđeno da reoksigenacija nastaje već nakon 15 minuta i perzistira i do 3 sata. Također, dokazano je da postoji ograničeni vremenski interval u kojem je moguća reoksigenacija, ali je uzrok tome potrebno dodatno istražiti (Watchman et al. 2011).

Kod stvaranja methemoglobina, kao što je to slučaj kod otrovanja nitritima i nitratima, doći će do pojave smeđe crvenih mrtvačkih pjega.

Ponekad se unutar samih pjega mogu pojaviti sitna točkasta krvarenja, **vibices** ili

[1] COHb- karboksihemoglobin

hipostatička purpura. To su lažna subepitelna krvarenja u blizini žlijezda znojnica i korijena dlake, a nastaju zbog pucanja kapilara radi povećanog hidrostatskog tlaka krvi.



Slika 7. Mrtvačke pjege. Blijeda područja odgovaraju mjestima pritiska o podlogu

Tablica 3. Boja pjega ovisno o uzroku smrti

BOJA	UZROK
žarko crvena	**a) trovanje ugljikovim monoksidom** **b) smrt uzrokovana pothlađivanjem**
smeđe crvena	**trovanje nitritima i nitratima**
zelena	**trovanje sulfatima**
blijeda	**anemija, krvarenje**
tamno ljubičasta	**asfiksija**
svijetlo ružičasta	**trovanje cijanidima**
tamno smeđa	**trovanje fosforom**
bronča na	***Clostridium perfringens***
plava	**trovanje ugljikovim dioksidom**
crna	**trovanje opijatima**

Mrtvačke pjege se ne smiju zamijeniti sa hematomima. Za razliku od hematoma, na pojavu i lokalizaciju pjega utječe gravitacija, a hematom se može pojaviti na bilo kojem mjestu na tijelu. Također, hematom može pokazivati promjene u boji jer se radi o zaživotno nastaloj ozljedi (tablica 4).

Osim na koži, postmortalna hipostaza može se uočiti i na unutarnjim organima, posebice u jetri ako je tijelo bilo položeno na desni bok, ili u crijevima ako se radilo o vješanju kao uzroku smrti. Hipostaza na srcu može imitirati zaživotno nastali infarkt miokarda te se ne smije zamijeniti sa pravim uzrokom smrti.

Mrtvačke pjege imaju nekoliko medicinsko pravnih značajki: pomažu u određivanju vremena smrti, mogu ukazati na položaj u kojem je tijelo bilo u trenutku smrti te da li je ono naknadno pomicano, a boja ponekad može uputiti na mogući uzrok smrti.

Tablica 4. Razlika između hematoma i mrtvačkih pjega

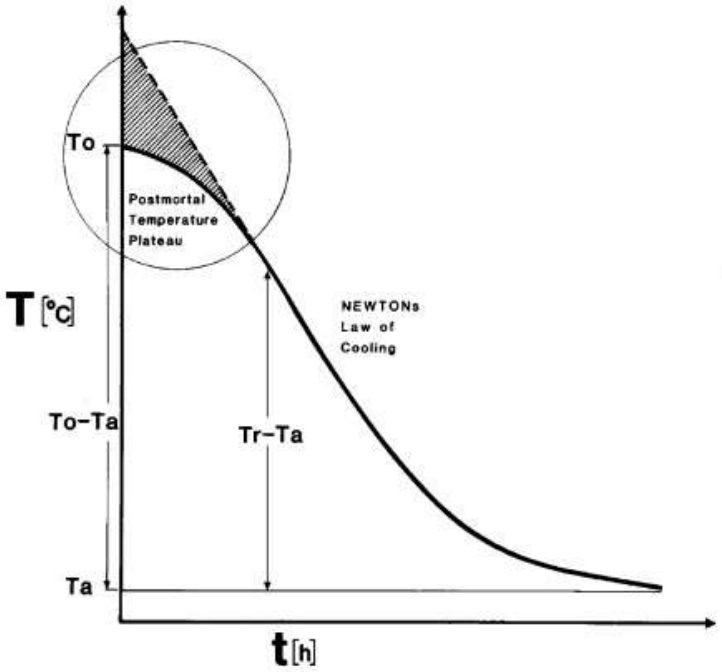
	MRTVAČKE PJEGE	HEMATOM
SMJEŠTAJ	ovisno o položaju tijela	**posvuda**
POVRŠINA	ravna	**blago uzvišena**
GRANICE	dobro ograničene	**neograničene**
BOJA	plavo ljubičasta kod prirodne smrti, specifična boja kod trovanja	**promjena boje ovisno o starosti**
UZROK	kapilo-venozna distenzija	**ekstravazacija krvi iz kapilara**
REAKCIJA NA PRITISAK	blijeđenje na pritisak	**bez reakcije na pritisak**
PRESJEK	krv ograničena na kapilare, bez obojenja okolnog tkiva	**hemoragija u tkiva, koagulirana krv**
MIKROSKOPSKI PREGLED	**stanični elementi unutar krvnih žila, bez znakova upale**	**stanični elementi izvan krvnih žila, znakovi upale**

6.3. MRTVAČKA HLADNOĆA

Normalna tjelesna temperatura odraslog čovjeka iznosi 37 ºC mjerena sublingvalno, 37,2 ºC mjerena rektalno i 36,2 ºC mjerena aksilarno (Krishnan 2005). No, postoje individualne i dnevne varijacije od 0,5 do 1,5 ºC. Za života, tjelesna temperatura se održava unutar granica normale proizvodnjom topline, koja nastaje kao nusprodukt metabolizma te njenim izdavanjem putem zračenja, vođenja i isparavanja. Newtonov zakon hlađenja navodi da će toplina prelaziti sa toplijeg tijela na okoliš i da će doći do pada temperature tijela. No, ljudsko tijelo nije uniformne građe, tj. sastoji se od mnogo vrsta tkiva koja imaju različite koeficijente toplinske vodljivosti. Nakon smrti, proizvodnja topline održava se na minimumu još nekoliko sati i to u najvećoj mjeri zahvaljujući anaerobnoj glikolizi koja se odvija u jetri. Zbog prestanka cirkulacije obustavlja se prijenos topline iz unutrašnjosti tijela na njegovu površinu. Stoga se površina tijela hladi

odmah nakon smrti, dok se „središte“ počinje hladiti tek nakon što se postigne temperaturni gradijent između površine i unutrašnjosti tijela.

Tijelo se nakon smrti ne hladi prema Newtonovom zakonu hlađenja, nego prati **sigmoidnu krivulju sa početnim platoom** (slika 8) koji predstavlja odgođeno hlađenje unutrašnjosti tijela (Marshall i Hoare 1962).



Slika 8. Sigmoidna krivulja hlađenja tijela

(To = rektalna temperatura u vrijeme smrti, Tr = rektalna temperatura u bilo kojem trenutku,

Ta = temperatura okoliša)

Mrtvačka hladnoća (lat. *algor mortis*) pojavljuje se najprije na licu i okrajinama nakon 1 do 2 sata, a na ostalim dijelovima tijela nakon 4 do 5 sati. Tijekom prva 4 sata nakon smrti tjelesna temperatura se u pravilu smanji za 1 ºC i dalje pada za 0,5 do 1 ºC svaki sat (Zečević 2004). Površina tijela se u potpunosti ohladi za 12 do 24 sata, dok se unutrašnjost, zbog već navedenog odgođenog hlađenja, u potpunosti ohladi za 18 do 24 sata. Međutim, postoji niz faktora koji mogu utjecati na hlađenje tijela (tablica 5).

Tablica 5. Faktori koji utječu na brzinu hlađenja tijela

FAKTORI KOJI UTJEČU NA BRZINU HLAĐENJA TIJELA
• masa tijela • dob • debljina • položaj tijela • temperatura tijela u vrijeme smrti • način smrti • temperatura okoliša • odjeća • vjetar, vlaga

Obučena ili pokrivena tijela, tijela pretilih osoba te ona u toplijem okolišu hlade se sporije od tijela mršavih osoba, golih ili onih koja se nalaze u hladnijem okolišu, na vjetru ili u vodi. Leš djeteta se hladi brže od leša odrasle osobe zbog velike površine tijela u odnosu na njegovu masu i zbog smanjene količine potkožnog masnog tkiva koje djeluje kao izolator. Uzrok smrti igra važnu ulogu jer neka stanja, kao na primjer infarkt miokarda, infektivne bolesti, asfiksije i cerebralno krvarenje mogu povisiti tjelesnu temperaturu nakon smrti (Zečević 2004).

Određivanje vremena smrti odnosno poslijesmrtnog razdoblja moguće je provesti orijentacijski prema formuli :

$$PMI^{2} = \frac{normalna\ tjelesna\ temperatura - temperatura\ leša\ mjerena\ rektalno}{brzina\ pada\ temperature\ po\ satu}$$

Temperatura tijela mjeri se rektalno živinim termometrom koji mora biti umetnut najmanje 10 cm u rektum. Vrijednost se očitava tek nakon stabilizacije temperature. U iznimnim slučajevima temperatura se može izmjeriti aksilarno ili intraabdominalno, odnosno mjerenjem temperature jetre.

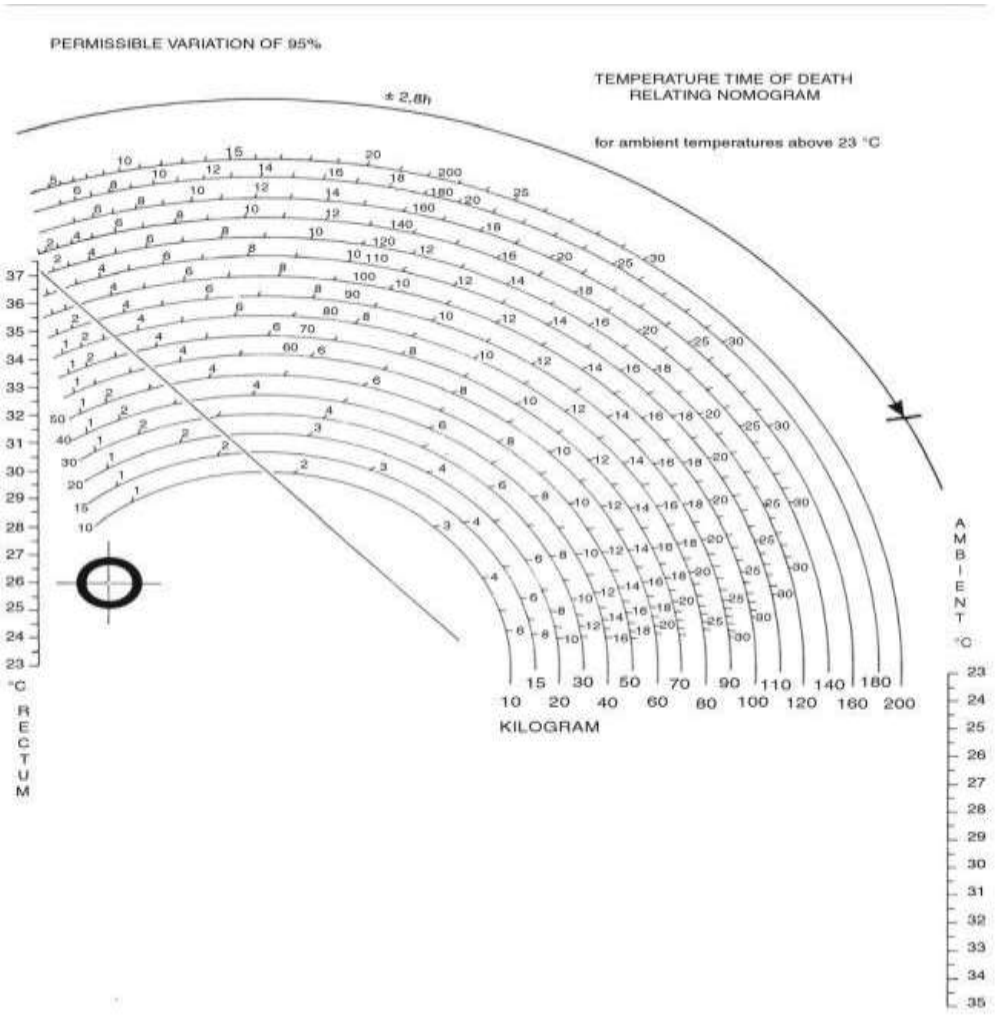
Novija istraživanja pokazuju da se za procjenu poslijesmrtnog razdoblja može koristiti temperatura mjerena intraokularno. Naime, na nju ne utječu tjelesna masa kao ni temperaturni plato koji u ovom slučaju ne postoji. Temperatura se mjeri pomoću proba koje se umeću u oko, a spojene su na digitalni termometar. Točnost procjene poslijesmrtnog razdoblja ovom metodom iznosi $\pm$ 1 sat (Kaliszan 2013).

[2] PMI – Postmortalni interval

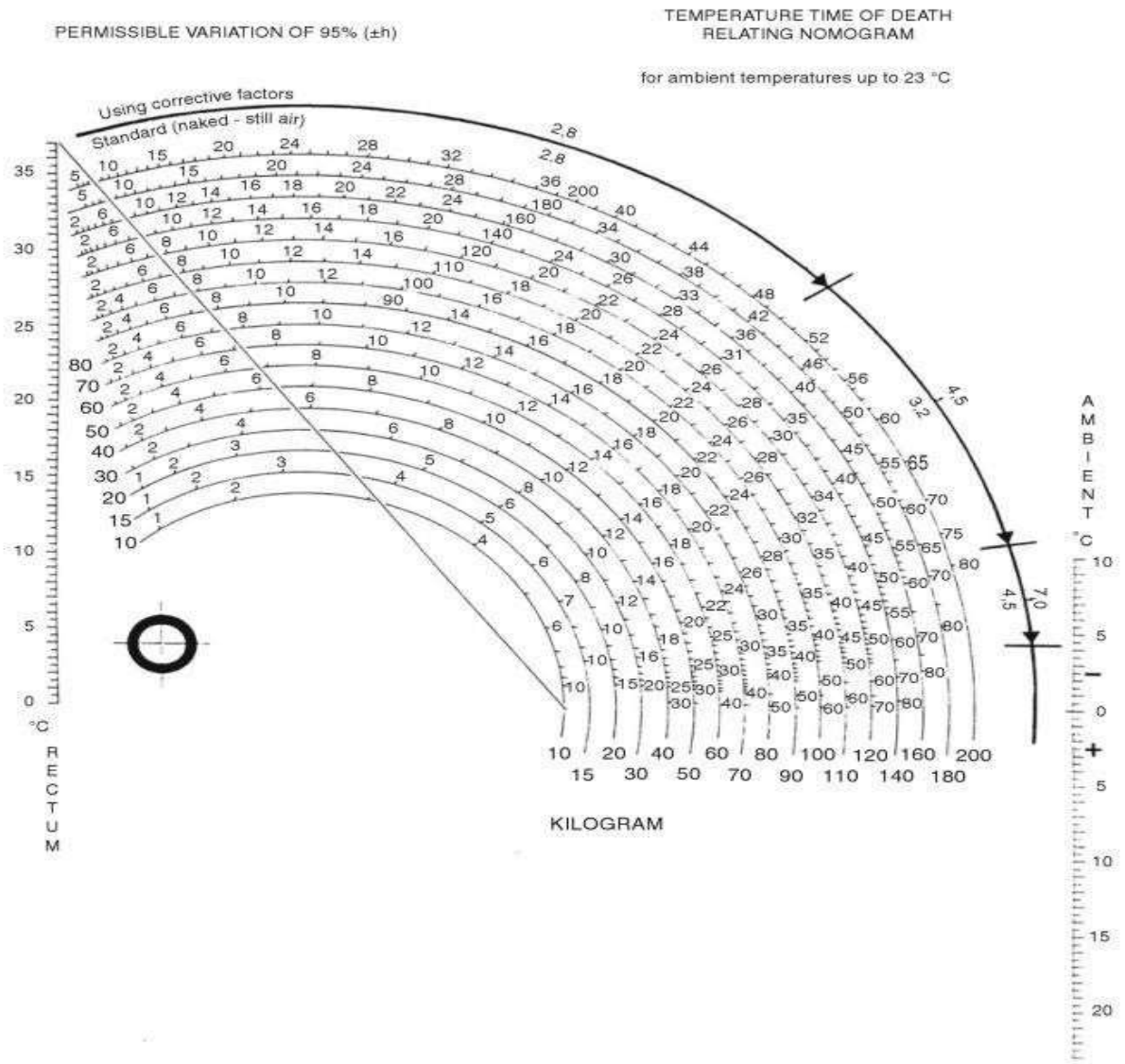
Također, poslijesmrtno razdoblje može se odrediti tako da se vrijednost rektalne temperature, za koju se pretpostavlja da je u trenutku smrti iznosila 37 ºC uveća za 3 zbog ranije navedenog platoa, te se od dobivene vrijednosti oduzme rektalna temperatura tijela izmjerena u trenutku određivanja smrti (Zečević 2004).

Najtočnija ali i najkompliciranija metoda određivanja poslijesmrtnog razdoblja jest **Henssge-ova formula**, koja osigurava 95% vjerojatnost točnog utvrđivanja vremena smrti (Henssge 1979). Zahvaljujući nizu eksperimenata napravljena su dva normograma temeljena na temperaturi okoliša, jedan za temperaturu okoliša višu od 23 ºC (slika 9), a drugi za temperaturu okoliša nižu od 23 ºC (slika 10). Za korištenja normograma potrebno je odrediti tjelesnu težinu tijela, izmjeriti rektalnu temperaturu i temperaturu okoliša. Normogram vrijedi za golo tijelo koje se nalazi u mirnom okolišu, tj. u atmosferi bez strujanja zraka. Prema potrebi u izračun treba uključiti i korekcijski faktor ovisno o okolnostima u kojima se tijelo nalazi (tablica 6).

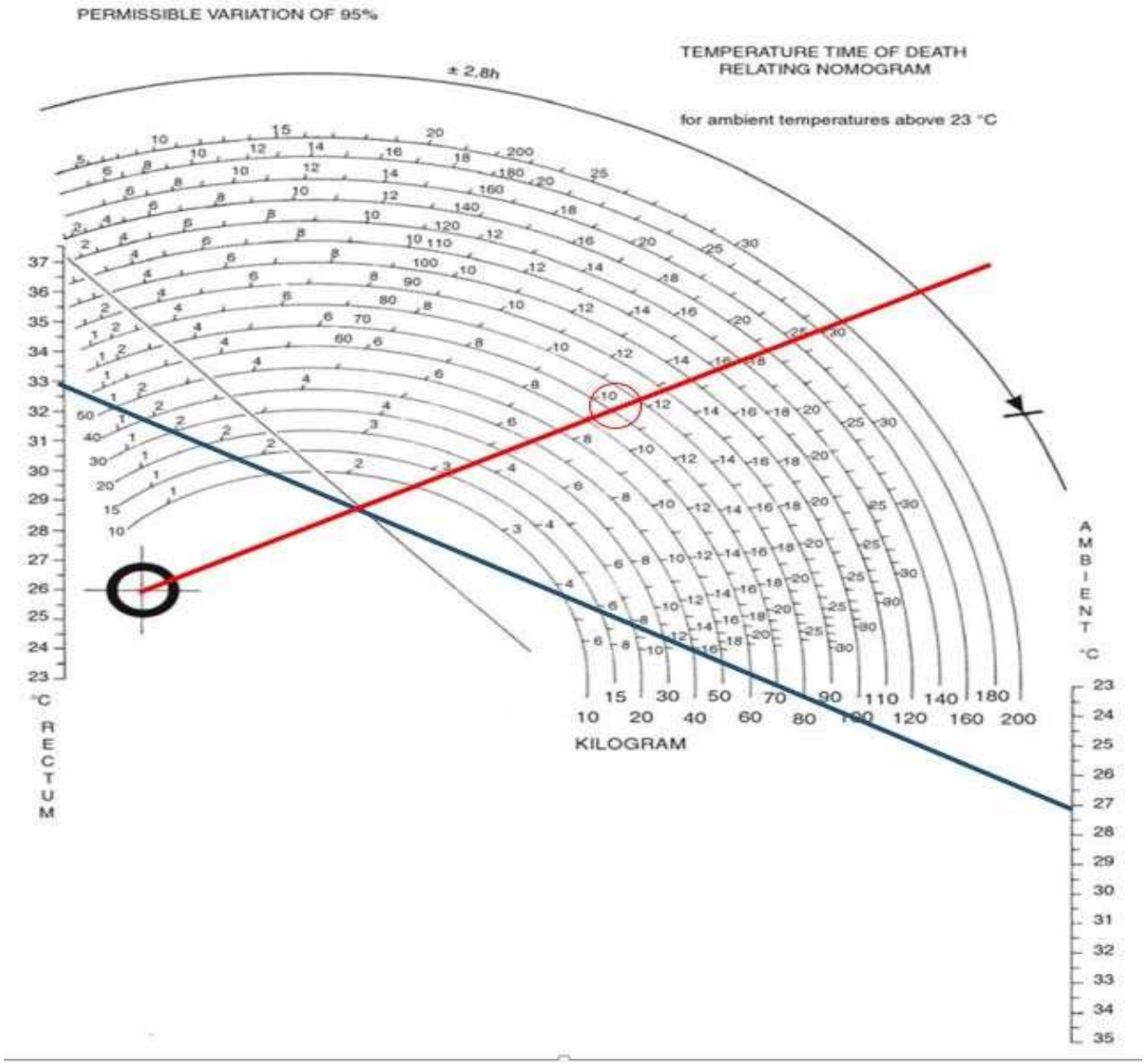
Slika 11 prikazuje primjer korištenja normograma.



Slika 9. Normogram određivanja vremena smrti za temperaturu okoliša iznad 23 ºC (prema Henssge-u)



Slika 10. Normogram određivanja vremena smrti za temperaturu okoliša ispod 23 ºC (prema Henssgeu-u)



Slika 11. Primjer korištenja normograma

Potrebno je izmjeriti temperaturu okoliša, rektalnu temperaturu tijela i težinu tijela. Pomoću ravnala povuče se crta koja na normogramu spaja mjesto koje označava rektalnu temperaturu i temperaturu okoliša (plava crta). Nacrtana crta na određenom mjestu sječe pravac koji započinje na vrhu crte koja označava rektalnu temperaturu i ide ukoso desno dolje. Iz središta kruga na lijevoj donjoj strani normograma treba povući drugu crtu (crvena crta) koja prolazi sjecištem prethodno povučene crte i pravca na normogramu. Ta druga povučena crta sječe niz polukružnih crta koje označuju tjelesnu težinu leša. Na sjecištu crte koja započinje iz kruga i polukružne crte koja odgovara tjelesnoj težini tijela očita se vrijeme.

Težina tijela je 70 kg, rektalna temperatura je 33 ºC, a temperatura okoliša 27 ºC. Na polukružnim crtama očita se vrijednost 10 sati. Korekcijski faktor za ovo područje je 2,8 sati. Smrt je nastupila prije 10 ± 2,8 sati.

Tablica 6. Korekcijski čimbenici

Suha odjeća	Zrak	Korekcijski čimbenik	Mokra odjeća (tijelo)	Zrak	Voda
		0,35	leš gol		**u pokretu**
		0,5	leš gol		**miruje**
		0,7	leš gol	u pokretu	
		0,7	1-2 tanka sloja	u pokretu	
leš gol	u pokretu	0,75			
1-2 tanka sloja	u pokretu	0,9	2 ili više debljih slojeva	u pokretu	
leš gol	miruje	1,0			
1-2 tanka sloja	miruje	1,1	2 tanka sloja	miruje	
2-3 tanka sloja		1,2	više od 2 deblja sloja	miruje	
1-2 deblja sloja	u pokretu ili miruje	1,2			
3-4 tanka sloja	u pokretu ili miruje	1,3			
više tankih i debljih	bez utjecaja	1,4			
poplun/odjeća		1,9			
kombinirano		2,4			
2,8					

Ako je poslijesmrtno razdoblje dobiveno Henssge-ovom metodom kraće nego ono koje je procijenjeno pomoću drugih metoda (mrtvačke pjege, stupanj mrtvačke ukočenosti) treba posumnjati na hipertermiju. Povišena tjelesna temperatura unutrašnjosti tijela ili hipertermija može se naći u osoba umrlih nasilnom smrću (nesreće, ubojstva, samoubojstva). Hipertermija se najčešće viđa kod samoubojstava i ubojstava vatrenim oružjem i sufokacijom, što upućuje na cerebralno oštećenje i hipoksiju kao uzrok povišenja tjelesne temperature u trenutku smrti. Kao drugi važan faktor navodi se psihološki stres koji je prisutan u već navedenima situacijama. Važno je naglasiti da je za točnu procjenu vremena smrti potrebno izmjeriti temperaturu izravno na mjestu događaja jer svako naknadno pomicanje tijela i promjena okoliša mogu utjecati na hlađenje i time otežati procjenu poslijesmrtnog razdoblja (Demierre et al. 2009). S druge strane, temperatura inicijalno može biti snižena kod teških iscrpljujućih bolesti kao što je kolera te u kongestivnom srčanom zatajenju i kod opsežnih krvarenja.

6.4. ISUŠENJE TIJELA I PROMJENE NA OČIMA

Zaživotno, transudacija, znojenje i mehaničko ovlaživanje jezikom i treptanjem održavaju vlažnost kože i sluznica. Nakon smrti, zbog prestanka cirkulacije i hipostaze, dolazi do dehidracije površinskih slojeva i njihovog **isušenja** (lat. *dessicatio*). To se veoma brzo događa na onim dijelovima tijela koji su pokriveni tankim epitelom (skrotum, vrh nosa) i na mjestima gdje je koža bila podložna trenju (između bedara, na naborima vrata). Ovako isušena koža je žućkaste boje, slična pergamentu.

Ako su oči otvorene, do isušenja rožnice dolazi veoma brzo, već nakon 10 minuta, kada gubi sjaj i postaje mutna. U većini slučajeva tarzalni mišići, zbog primarne mišićne mlohavosti zatvaraju oči, ali ne u potpunosti. Zbog toga sklera ostaje djelomično izložena te sa svake strane rožnice dolazi do nakupljanja sluzi i staničnog debrisa te do stvaranja trokutaste formacije tzv. **„tache noir“** (slika 12). Obično se javlja 1 do 2 sata nakon smrti kao žućkasta diskoloracija, koja se postepeno mijenja u crveno smeđu i konačno u crnu boju.

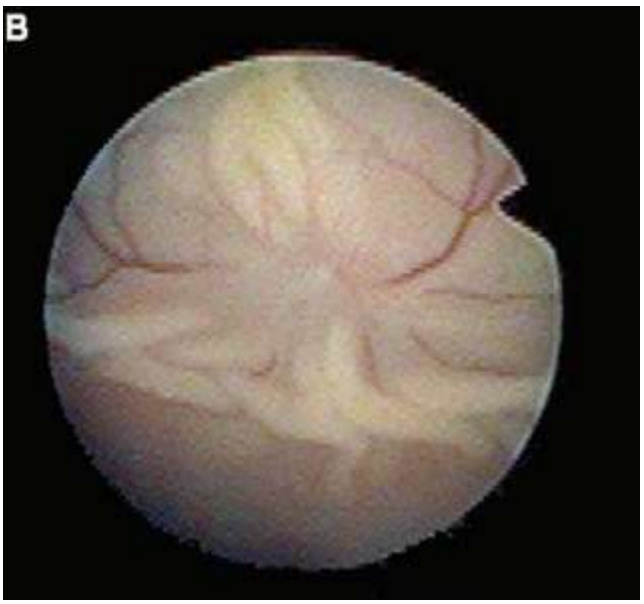


Slika 12. Trokutasta diskoloracija rožnice („tache noir“)

Osim isušenja, na očima su vidljive i druge promjene. Očna jabučica gubi tonus i omekša zbog pada arterijskog tlaka, nestaju kornealni i konjuktivalni refleksi, a oftalmološkim pregledom očne pozadine mogu se vidjeti „isprekidane“ retinalne krvne žile (Wroblevski i Ellis 1970). Pregled očne pozadine može dati mnogo informacija o preminuloj osobi, uključujući mogući uzrok smrti, položaj u trenutku smrti, postojanje zaživotnih bolesti (dijabetes, hipertenzija) te može pomoći i u utvrđivanju poslijesmrtnog razdoblja. Do nedavno pregled očne pozadine nije bio moguć zbog zamućenja rožnice, a metode su bile komplicirane i nisu se izvodile rutinski (enukleacija i disekcija oka).

Danas se pomoću endoskopa može dobiti detaljan pregled očne pozadine.

Važan oftalmoskopski nalaz su retinalne petehije i krvarenja koja mogu sugerirati na smrt uzrokovanu otrovanjem ugljikovim monoksidom i iskrvarenjem, a koristan su nalaz kod sumnje na traumu glave i sindrom trešenog djeteta (eng. *shaken baby syndrome*). Bitno je napomenuti da retinalna krvarenja ne moraju uvijek biti posljedica nekog oštećenja nego se mogu vidjeti i u osoba koje su reanimirane. Blijeda očna pozadina viđa se kod iskrvarenja, dok se kod trovanja ugljikovim monoksidom vidi žarko crvena obojena retina U procjeni poslijesmrtnog razdoblja koristan je nalaz retinalnih nabora (slika 13). Nakon smrti dolazi do odljepljenja retine i stvaranja nabora. Što je duže poslijesmrtno razdoblje, to je jača naboranost retine (Davis et al. 2006).



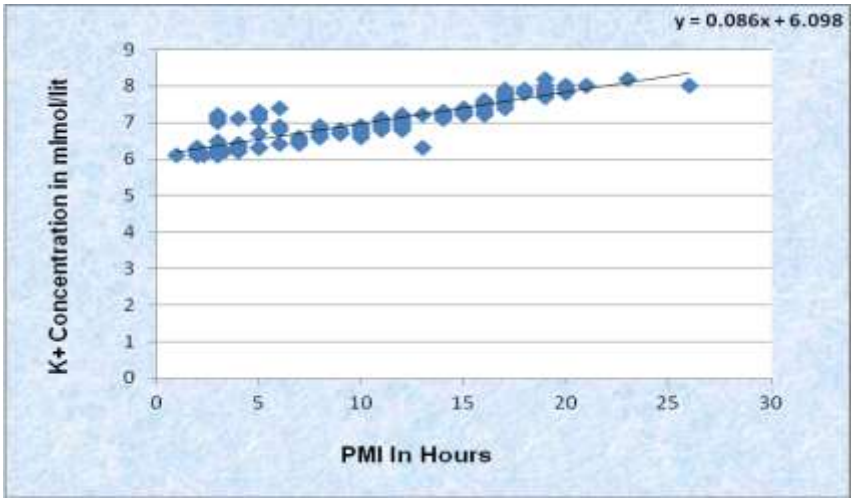
Slika 13. Naboranost retine. Prema Davis et al (2006)

Osim oftalmološkog pregleda, za procjenu poslijesmrtnog razdoblja se može koristiti mjerenje pada intraokularnog tlaka, što je korisno ako je od smrti prošlo do 2 sata (Balci 2010).

Za procjenu poslijesmrtnog razdoblja mogu se koristiti biokemijske analize raznih tjelesnih tekućina, uključujući krv, serum, cerebrospinalnu tekućinu i očnu vodicu. Za razliku od ostalih tjelesnih tekućina, očna vodica je stabilna, manje podložna kontaminaciji i kemijskim promjenama nakon smrti što je čini pogodnom za biokemijsku analizu.

Normalna razina kalija (K^+) u očnoj vodici iznosi oko 3.8 mmol/L (Ahi i Garg 2011). Za života, gotovo se čitav kalij nalazi unutar stanica. Tako visoke koncentracije unutarstaničnog kalija održavaju se aktivnim transportom pomoću Na^+-K^+ pumpe. Nakon smrti i prestanka rada pumpe, kalij izlazi iz stanica i dolazi do porasta njegove koncentracije u čitavom tijelu. Za visoku razinu kalija u očnoj vodici odgovorna je autoliza koroidnog tijela.

Porast koncentracije kalija u očnoj vodici je u linearnoj korelaciji sa trajanjem poslijesmrtnog razdoblja (Ahi i Garg 2011; Barmate et al. 2013), što prikazuje slika 14 i može se vidjeti od 40 do 104 sata nakon smrti (Garg et al. 2004).



Slika 14. Linearni porast koncentracije kalija. Prema: Ahi i Garg (2011)

Također, porast razine kalija od 1mmol/L ukazuje na porast poslijesmrtnog razdoblja za 9.30 sati. Na porast razine kalija ne utječu spol, dob i uzrok smrti, te temperatura okoliša u rasponu od 21 - 40 ºC (Ahi i Garg 2011).

Osim kalija, od koristi može biti i mjerenje koncentracije kalcija (Ca^{2+}) u očnoj vodici, koji također pokazuje linearnu povezanost sa dužinom trajanja poslijesmrtnog razdoblja (Nowak i Balabanova 1989; Deokar et al. 2013). Koncentracija kalcija u očnoj vodici raste za 0,0191 mmol/L na sat i koristi se kao pomoćna metoda zajedno s kalijem za procjenu poslijesmrtnog razdoblja.

7. KASNI ZNAKOVI

7.1. DEKOMPOZICIJA

Dekompozicija ili raspadanje je posljednji stadij razgradnje tijela koji u konačnici dovodi do disolucije i likvefakcije tkiva. Kompleksni organski spojevi razgrađuju se do jednostavnijih anorganskih, uz stvaranje truležnih plinova i transudata. Dekompozicija je posljedica dvaju fenomena: autolize i putrefakcije.

Autoliza je proces likvefakcije tkiva koji se odvija u sterilnim uvjetima, tj. posljedica je djelovanja staničnih enzima. Nakon smrti stanica dolazi do pucanja staničnih membrana, aktiviraju se enzimi (kisela fosfataza, kisela ribonukleaza, kolagenaza itd.), dolazi do pada koncentracije kalija, porasta koncentracije natrija i klorida te raste pH vrijednost. Organi koji su za života bogati enzimima, poput gušterače, želučane sluznice ili srži nadbubrežne žlijezde, nakon smrti veoma brzo podliježu autolizi.

Autoliza započinje unutar 3 do 4 sata nakon smrti da bi je ulaskom bakterija u tkivo potpuno istisnula putrefakcija.

Drugi, dominantni proces koji pridonosi dekompoziciji jest **putrefakcija**. Putrefakcija je heterolitička razgradnja tkiva posredovana anaerobnim i aerobnim mikroorganizmima. Većina tih mikroorganizama su bakterije iz probavnog sustava (fiziološka crijevna flora) sa *Chlostridium welchii* kao dominantnim sojem. Ostale bakterije, uključujući *Staphylococcus, Streptococcus* i *P. mirabilis* mogu doći iz respiratornog i genitalnog sustava ili iz okoliša kroz ozljede na koži. Pošto je krv izvrstan medij za razmnožavanje bakterija, putrefakcija će najprije započeti u onim organima koji su najbliže izvoru bakterija i koji su najprokrvljeniji.

Prvi vidljivi znak putrefakcije je pojava zelenkasto obojenih mjesta na prednjoj strani trbuha, što se naziva **pseudomelanoza** (slika 15). Nastaje zbog ulaska bakterija u tkivo i produkt je spajanja hemoglobina sa sumporovodikom. Pseuomelanoza se javlja 1 do 2 dana poslije smrti u desnoj ilijačnoj fosi jer je u tom području cekum najbliže površini kože. Nakon 2 dana pojavljuje se na lijevoj strani, u gornjim dijelovima trbuha za 3 dana, a na prsima, vratu i glavi za 4 do 6 dana. U isto vrijeme, bakterije koje su većim dijelom iz crijeva, ulaze u venski sustav. Dolazi do hemolize i bojenja okolnog tkiva ljubičasto što se može vidjeti na koži kao **mramorizacija** (slika 16). Mramorizacija postaje uočljiva 36 do 48 sati nakon smrti , najviše na površinskim venama trbuha, ramena i vrata.



Slika 15. Pseudomelanoza



Slika 16. Mramorizacija

Kao konačan produkt putrefakcije nastaju truležni plinovi i transudat. Sastav plinova mijenja se ovisno o poslijesmrtnom razdoblju (amonijak, sumporovodik, ugljikov dioksid, tetraklorugljik). U početnoj fazi, kada je mala koncentracija sumporovodika, plinovi su nezapaljivi. Truležni plinovi počinju se stvarati u crijevima 12 do 24 sata nakon smrti zbog

čega dolazi do nadimanja trbuha. Nakon 24 do 48 sati zbog porasta tlaka potkožno tkivo postaje emfizematozno, a vanjsko spolovilo balonirano. Oči su izbuljene, a jezik protrudiran između zubi. Čitavo tijelo postaje napuhnuto i izobličeno što se naziva **kadaverični emfizem** (slika 17 i 18). Također, dolazi do relaksacije sfinktera sa posljedičnom defekacijom ili prolapsom anusa.



Slika 17. Kadaverični emfizem. Nadutost trbuha i balonirano spolovilo



Slika 18. Kadaverični emfizem. Izlaženje pjenušavog transudata na usta kao posljedica povećanog tlaka u trbuhu. Na vratu vidljive bule

Nakupljanje plinova između epidermisa i dermisa rezultira stvaranjem **bula** (slika 18) koje su ispunjene smeđezelenom mutnom tekućinom neugodna mirisa - transudatom. Bule se pojavljuju prvo na mjestima gdje je podležeće tkivo bogato vodom. Transudat se, osim na koži pojavljuje i u unutarnjim organima, posebice plućima. To rezultira izlaženjem crvenkaste pjenušave tekućine na usta zbog povećanog tlaka u trbuhu i potiskivanja pluća prema gore (slika 18).

Truležne promjene zahvaćaju sva tkiva i organe, ali različitom brzinom i intenzitetom. Najdulje ostaju očuvane kosti, hrskavice, dlake i nokti, a od mekih tkiva maternica i prostata (DiMaio 2001).

Period dekompozicije varira od tijela do tijela, što ovisi o samom stanju tijela u trenutku smrti, ali i o okolišu u kojem se ono nalazi. Činitelje koji utječu na raspadanje možemo podijeliti na vanjske i unutarnje.

Vanjski činitelji su :

- temperatura okoliša
- utjecaj zraka
- imerzija u vodu
- pokop u zemlju

Jedan od najvažnijih čimbenika jest temperatura okoliša. Visoke temperature pogoduju dekompoziciji, te će ona najbrže teći pri temperaturama od 25 ºC do 30 ºC. Pri temperaturama ispod 5 ºC i iznad 40 ºC proces dekompozicije je usporen (Zečević 2004).

Brzina dekompozicije uvelike ovisi o mediju u kojem se tijelo nalazi. Stoga je ona u pravilu četiri puta brža na zraku nego u vodi, a u vodi dva puta brža nego u zemlji (**Casparovo pravilo**). Utjecaj imerzije u vodu na raspadanje tkiva ovisi o svojstvima vode (voda stajačica ili tekućica, duboka ili plitka voda, slana ili slatka voda, temperatura i zagađenost). Također, vodeni organizmi poput riba ili rakova mogu oštetiti meka tkiva i otvoriti put bakterijama i time pospješiti putrefakciju. Sama voda mehanički oštećuje epidermis uzrokujući **maceraciju** i u konačnici guljenje kože. Zbog veće gustoće, tijelo nakon imerzije u vodu potone. Nakon 24 sata (2 do 3 dana u zimskim mjesecima) dolazi do stvaranja truležnih plinova i dizanja tijela na površinu. Zbog karakterističnog položaja (slika 19) hipostaza je najizraženija na glavi i licu te na okrajinama, zbog čega putrefakcija na tim dijelovima započinje ranije.



Slika 19. Položaj tijela u vodi

Unutarnji činitelji su :

- uzrok smrti
- stanje tijela
- odjeća
- dob i spol

Ako je osoba umrla od neke infektivne bolesti, uslijed septikemije, gangrene, intestinalne opstrukcije ili zbog pobačaja dekompozicija će teći brže nego uobičajeno. S druge strane, raspadanje će biti sporije kod osoba stradalih u nesrećama i onih koje su umrle nasilnom smrću. Otrovanje cijanidima i barbituratima te kronično trovanje metalima također mogu odgoditi nastup dekompozicije.

Dobno gledano, dekompozicija u novorođenčadi će biti sporija nego u odraslih zbog sterilnosti njihovog organizma, a odjeća i ženski spol igraju ulogu jedino u hlađenju tijela (Kirshan 2005).

Kao konačni rezultat dekompozicije nastaje **skeletiranje tijela** (slika 20). Period i trajanje skeletiranja ovisi o vanjskim i unutarnjim činiteljima te o tome gdje se tijelo nalazi. Na zraku će do skeletiranja doći za nekoliko tjedana, dok će tijelo zakopano u zemlji skeletirati za najranije 3 do 4 godine. Za raspad ligamenata i hrskavice potrebno je 4 do 5 godina.



Slika 20. Potpuno skeletiranje

7.2. SAPONIFIKACIJA

Saponifikacija je proces hidrolize masnog tkiva u vlažnom anaerobnom mediju, što se viđa kod tijela koja se nalaze u vodi ili su zakopana u vlažnoj zemlji kao što je ilovača. Također, za nastanak saponifikacije dostatna je i voda iz samog tijela. Masno tkivo se hidrolizira u glicerin i nezasićene masne kiseline pod utjecajem bakterijskih enzima. U početnom stadiju, saponifikacija je blijeda, masna i ljepljiva, ali napredovanjem hidrolize i vezanjem kalcija, kalija i natrija iz okoliša postaje tvrda i krta (slika 21).



Slika 21. Saponifikacija

Promjene su najizraženije na dijelovima tijela koji su bogati masnim tkivom, poput obraza, dojki, stražnjice i trbuha, a mogu zahvatiti i unutarnje organe. Napreduje od površinskih prema dubljim strukturama i u optimalnim uvjetima započinje 1 do 2 mjeseca nakon smrti (Kirshnan 2005).

Zbog same prirode procesa, saponificirana tijela ostaju dugo sačuvana što omogućuje identifikaciju, utvrđivanje načina smrti, a ovisno o stupnju i grubo određivanje starosti tijela.

7.3. MUMIFIKACIJA

Mumifikacija je modificirani proces putrefakcije, Osnovna karakteristika mumifikacije je isušenje leša i gubitak 90% dijela tjelesnih tekućina. Zbog hlapljenja vode iz tijela onemogućen je rast bakterija i zaustavljen proces truljenja. Koža mumificiranih tijela je suha i tvrda, a boja varira od tamnosmeđe do crne (slika 22). Izgled je sačuvan, što je od velike sudskomedicinske važnosti jer je identifikacija moguća mnogo godina nakon smrti. Najčešće se viđa u toplom i suhom okolišu, kao na primjer kod tijela koja su pokopana u plitkim grobovima u pijesku.

Mumifikacija se često može vidjeti udružena sa ostalim promjenama, na primjer sa saponifikacijom. Nastanak saponifikacije na jednom dijelu tijela pogoduje mumifikaciji drugog, jer dolazi do dehidracije i trošenja vode iz tijela. Proces mumifikacije obično traje od 6 mjeseci do 1 godinu.



Slika 22. Mumifikacija

8. ZAKLJUČAK

Tijekom godina specijalisti sudske medicine su tragali za preciznom metodom utvrđivanja poslijesmrtnog razdoblja. No, do danas ne postoji ni jedna dovoljno precizna metoda.

Iskusni specijalist sudske medicine može samo procijeniti poslijesmrtno razdoblje i ponuditi vremenski okvir u kojem je smrt nastupila, uzevši u obzir velik broj unutarnjih i vanjskih varijabli (stanje tijela, prilike okoliša) i čitav niz metoda koje mu stoje na raspolaganju, No, ta procjena nije samo puko nagađanje već se bazira na brojnim znanstveno dokazanim metodama pregleda (određivanje stupnja mrtvačke ukočenosti, mjerenje temperature tijela, pregled mrtvačkih pjega) i biokemijskim testovima (primjerice, mjerenje koncentracije kalija i kalcija u očnoj vodici). Također, razvoj drugih grana medicine poput sudske hematologije, odontologije i antropologije može dovesti korak bliže točnom vremenu smrti.

Kod odgođenog pronalaska tijela, što se često događa u kaznenim djelima, već su nastupile kasne poslijesmrtne promjene te je određivanje točnog poslijesmrtnog razdoblja teško i ne može biti precizno.

Ne postoji tehnika kojom se točno može odrediti vrijeme u kojem je smrt nastupila, pa čak niti u najranijem poslijesmrtnom razdoblju. Ono se može samo procijeniti u vremenskim granicama ovisno o stanju tijela.

„ **The opinion of any doctor who offers a single time of death, instead of a range, must be viewed with suspicion.** “

Bernard Knight, 1995

9. ZAHVALA

Zahvaljujem se voditeljici rada i mentorici prof. dr. sc Vedrani Petrovečki na uloženom trudu i vremenu i stručnoj pomoći pri nastanku i pisanju ovog rada.

Zahvaljujem se roditeljima i svom Hrvoju na podršci tijekom studiranja i na tome što su imali živaca kad ja nisam.

10. LITERATURA

1. Anders S, Kunz M, Gehl A, Sehner S, Raupach T i Beck-Bornholdt HP (2013) Estimation of the time since death—reconsidering the re-establishment of rigor mortis. International journal of legal medicine 127(1): 127-130.

2. Ahi RS i Garg V (2011) Role of vitreous potassium level in estimating postmortem interval and the factors affecting it. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* *5*(1): 13-15.

3. Balci Y, Basmak H, Kocaturk BK, Sahin A i Ozdamar K (2010) The importance of measuring intraocular pressure using a tonometer in order to estimate the postmortem interval. The American journal of forensic medicine and pathology 31(2): 151-155.

4. Bedford PJ i Tsokos M (2013) The occurrence of cadaveric spasm is a myth. Forensic science, medicine, and pathology 9(2): 244-248.

5. Davis NL, Wetli CV i Shakin JL (2006) The retina in forensic medicine: applications of ophthalmic endoscopy: the first 100 cases. The American journal of forensic medicine and pathology 27(1): 1-10.

6. Demierre N, Wyler D, Zollinger U, Bolliger S i Plattner T (2009) Elevated body core temperature in medico-legal investigation of violent death. The American journal of forensic medicine and pathology 30(2): 155-158.

7. Deokar RB, Shendarkar AT i Patil SS (2013) Estimation of time since death by means of changes in the eye–Vitreous humour calcium levels. *International J. of Healthcare & Biomedical Research* *1*(3): 141-146.

8. Dettmeyer R, Verhoff MA i Schütz HF (2013) Forensic medicine: fundamentals and perspectives. Springer Science & Business Media.

9. DiMaio D i DiMaio D (2001) Forensic pathology (practical aspects of criminal & forensic investigations).

10. Garg V, Oberoi SS, Gorea RK i Kaur K (2004) Changes in the levels of vitreous potassium with increasing time since death. *JIAFM 26*(4): 971-973.

11. Gill JR i Landi K (2011) Putrefactive rigor: apparent rigor mortis due to gas distension. The American journal of forensic medicine and pathology 32(3): 242-244.

12. Jaypee Brothers i Medical Publishers (1999) Textbook of forensic medicine and toxicology. Jaypee Brothers Publishers.

13. Kaliszan M (2013) Studies on time of death estimation in the early post mortem period–Application of a method based on eyeball temperature measurement to human bodies. Legal Medicine 15(5): 278-282.

14. Madea B (Ed.) (2014) Handbook of Forensic Medicine. John Wiley & Sons.

15. Marshall TK i Hoare FE (1962) Estimating the time of death. The rectal cooling after death and its mathematical expression. J Forensic Sci 7(1): 56-81.

16. Nokes LDM, Henssge C, Knight BH, Madea B i Krompecher T (2002) The estimation of the time since death in the early postmortem period. Hodder Arnold.

17. Nowak R i Balabanova S (1989) Determination of calcium and magnesium in postmortem human vitreous humor as a test to ascertain the cause and time of death. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*. *102*(2-3): 179-183.

18. Payne-James J, Jones R, Karch SB i Manlove J (2011) Simpson's Forensic Medicine. Hodder Arnold. London

19. Poposka V, Gutevska A, Stankov A, Pavlovski G, Jakovski Z i Janeska B (2013) Estimation of Time Since Death by Using Algorithm in Early Postmortem Period. Global Journal of Medical Research. 13(3).

20. Pravilnik o načinu, postupku i medicinskim kriterijima za utvrđivanje smrti osobe čiji se dijelovi tijela mogu uzimati radi presađivanja. NN br.3/06.

21. Saukko P i Knight, B (2004) Knight's forensic pathology. CRC Press.

22. Ubelaker DH i Zarenko KM (2011) Adipocere: what is known after over two centuries of research. Forensic science international. 208(1): 167-172.

23. Vij K (2014) Textbook of Forensic Medicine & Toxicology: Principles & Practice. Elsevier Health Sciences.

24. Watchman H, Walker GS, Randeberg LL i Langlois NE (2011) Re- oxygenation of post-mortem lividity by passive diffusion through the skin at low temperature. Forensic science, medicine, and pathology. 7(4): 333-335.

25. Zečević D (2004) Sudska medicina i deontologija. Zagreb. Medicinska naklada

26. Zhou C i Byard RW (2011) Factors and processes causing accelerated decomposition in human cadavers–an overview. Journal of forensic and legal medicine 18(1): 6-9.

11. ŽIVOTOPIS

Rođena je u 15. rujna 1989. godine u Zagrebu. Osnovnu školu završila je u Vukovini sa odličnim uspjehom. 2004 godine upisuje Opću gimnaziju Velika Gorica u Velikoj Gorici, koju završava 2008. godine sa odličnim uspjehom. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a 2009. godine upisuje Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Tijekom studija bila je član Međunarodne udruge studenata medicine Hrvatske (CroMSIC)

Tijekom treće godine studija (akademske godine 2011/2012) i četvrte godine studija (akademske godine 2012/2013) obnašala je dužnost demonstratora na Katedri za anatomiju i kliničku anatomiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu.

Aktivno se služi engleskim i njemačkim jezikom

Popis slika

Slika 1. Faze umiranja 2
Slika 2. Faze mehaničke podražljivosti mišića 4
Slika 3. Mjesto postavljanja elektroda 5
Slika 4. Stupnjevi mišićnog odgovora na električni podražaj 6
Slika 5. Bljeđenje pjega na pritisak 9
Slika 6. Mrtvačke pjege u osobe preminule na trbuhu 10
Slika 7. Mrtvačke pjege. Blijeda područja odgovaraju mjestima pritiska o podlogu 11
Slika 8. Sigmoidna krivulja hlađenja tijela 13
Slika 9. Normogram određivanja vremena smrti za temperaturu okoliša iznad 23 ºC (prema Henssgeu) 15
Slika 10. Normogram određivanja vremena smrti za temperaturu okoliša ispod 23 ºC (prema Henssgeu) 16
Slika 11. Primjer korištenja normograma 17
Slika 12. Trokutasta diskoloracija rožnice („tache noir“) 19
Slika 13. Naboranost retine. Prema Davis et al (2006) 20
Slika 14. Linearni porast koncentracije kalija. Prema: Ahi i Garg (2011) 21
Slika 15. Pseudomelanoza 23
Slika 16. Mramorizacija 23
Slika 17. Kadaverični emfizem. Nadutost trbuha i balonirano spolovilo 24
Slika 18. Kadaverični emfizem. Izlaženje pjenušavog transudata na usta kao posljedica povećanog tlaka u trbuhu. Na vratu vidljive bule 24
Slika 19. Položaj tijela u vodi 26
Slika 20. Potpuno skeletiranje 27
Slika 21. Saponifikacija 28
Slika 22. Mumifikacija 29

Popis tablica

Tablica 1. Klinički znakovi smrti mozga 3
Tablica 2. Stanja u kojima se može javiti prividna smrt 3
Tablica 3. Boja pjega ovisno o uzroku smrti 11
Tablica 4. Razlika između hematoma i mrtvačkih pjega 12
Tablica 5. Faktori koji utječu na brzinu hlađenja tijela 14
Tablica 6. Korekcijski čimbenici 18