

Pregledni prispevek/Review article

DOLOČANJE ČASA SMRTI

THE ESTIMATION OF THE TIME SINCE DEATH

Peter Kadiš

Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, Gosposvetska 3, 2380 Slovenj Gradec

Prispelo 2002-02-20, sprejeto 2002-03-20; ZDRAV VESTN 2002; 71: 311-5

Ključne besede: sodna medicina; mrliški pregled; mrliške spremembe; temperaturne metode; postmortalna biokemija

Izvleček – Izhodišča. Retrogradno določanje časa smrti je problem, ki ga sodna medicina še vedno ni uspela zadovoljivo rešiti. Določitev časa smrti spada med osnovne dolžnosti mrliškega preglednika, ki mora določiti dan, mesec, leto in uro smrti. Obstajajo številne metode za retrogradno določanje časa smrti, ki temeljijo na ugotavljanju različnih sprememb na truplu. Natančneje so predstavljeni trije najpogostejši načini retrogradnega določanja časa smrti: metode na podlagi mrliških sprememb, temperaturne metode in metode na podlagi postmortalne biokemije očesne steklovine.

Zaključki. Čas nastopa smrti se lahko še vedno natančno določi le na podlagi izjav verodostojnih prič ali iz objektivnih zapisov prenehanja življenjskih funkcij. Nobena od metod za retrogradno določanje časa smrti ni povsem zanesljiva. Z njo mi lahko čas smrti zgolj ocenimo z različno dolгим časovnim intervalom. Če je le mogoče, je treba čas smrti določiti z več neodvisnimi metodami zaradi večje natančnosti rezultatov in možnosti medsebojne primerjave.

Uvod

Retrogradno določanje časa smrti predstavlja v sodni medicini problem, ki ga skušajo rešiti že vse od njenih začetkov, pa vendar je ostal še do danes nerešen. Razvile so se številne metode retrogradnega določanja časa smrti na podlagi najrazličnejših sprememb na truplu, nobena od njih pa ni univerzalno uporabna in ne da natančnega rezultata. Določitev čim natančnejšega časa smrti spada med osnovne dolžnosti zdravnika – mrliškega preglednika. Mrliški preglednik mora določiti dan, mesec, leto in uro smrti, če to ni možno, pa mora določiti časovni interval med urama ali datumoma smrti (1). Poznavanje natančnega časa smrti je v prvi vrsti potrebno zaradi registracije umrlih, nadalje ima pomen v civilnopravnih razmerjih, kot so dedovanje, prenos nekaterih osebnih pravic in drugo, še prav poseben pomen pa ima v kazenskem pravu. Pri nasilnih smrtih, kjer gre za sum storitve kaznivega dejanja, se pogosto na podlagi ugotovljenega časa smrti usmeri preiskava na točno določenega, najbolj verjetnega domnevnega storilca kaznivega dejanja ali pa se s pomočjo alibija, ki pomeni nenavzočnost osebe v času storitve kaznivega dejanja na kraju kaznivega dejanja, oži krog domnevnih storilcev (2). Čas smrti pa ni pomemben le med preiskavo kaznivega dejanja, ampak tudi na sodišču med sojenjem, saj se med dokaznim

Key words: forensic medicine; postmortem examination; postmortem changes; temperature-based methods; postmortem biochemistry

Abstract – Background. The retrograde estimation of the time since death is still unsuccessfully solved problem in forensic medicine. The registration of the time of death is the principle task of every coroner. It should be put down in the day, month, year and hour. There are many methods of the retrograde estimation of the time since death based on different postmortem changes. Three of the most used methods which will be described precisely based on: postmortem changes, body cooling and postmortem biochemical changes in vitreous humour.

Conclusions. The precise time of death could be established only by the statement of reliable witness or by objective records of cessation of vital functions. None of the method of the retrograde estimation of time since death is exact and the time of death could be only recorded in the interval of time. The time of death should be whenever is possible estimated by two or more different independent methods. Such results are more precise and comparable.

postopkom obtoženci pogosto sklicujejo na alibi. Napačna določitev časa smrti lahko torej povsem spremeni potek preiskave in tudi končni rezultat, ki pomeni pravično obsodbo storilca kaznivega dejanja v skladu z Zakonom o kazenskem postopku in Kazenskem zakoniku Republike Slovenije (3). Iz navedenih razlogov je določanje časa smrti enako odgovorna in pomembna naloga mrliškega preglednika kot potrditev smrti in ugotovitev vzroka smrti, od vseh osnovnih dolžnosti pa je verjetno prav določitev časa smrti zanj najbolj težavna naloga. V javnih zdravstvenih ustanovah ugotavljanje časa smrti praviloma ne predstavlja večjega problema, saj je ob smrti bolnika praviloma prisoten zdravnik ali drug zdravstveni delavec, ki lahko verodostojno navede podatke o času smrti. V zadnjem času se lahko prenehanje posameznih življenjskih funkcij tudi neposredno zabeleži (npr. z EKG monitorjem), iz takšnih zapisov pa se potem čas smrti neposredno razbere. Kadar smrt nastopi po neuspešnem oživiljanju, se kot čas smrti zabeleži tisti čas, ko se je z ukrepi za ponovno vzpostavitev življenjskih funkcij prenehalo. Tudi izven zdravstvenih zavodov se mrliški pregledniki pri ugotavljanju časa smrti v prvi vrsti opirajo na izjave prič (praviloma so to bližnji svojci umrlega ali očividci dogodka). Neredko pa se zgodi, da je pokojni najden mrtev in je smrt nastopila brez prič ali pa te niso dosegljive. V teh primerih je dolžnost mrliškega preglednika, da sam

določi čim natančnejši čas smrti. Žal pa retrogradno nikoli ni mogoče določiti natančnega časa smrti, ki bi bil zabeležen z dnevom, uro in minuto, ampak se lahko določi zgolj časovni interval, v katerem je smrt nastopila. V praksi je takšen časovni interval tem krajši, čim krajši čas je pretekel od smrti do mrliškega pregleda, in obratno (4). Ob dejstvu, da je retrogradno določanje časa smrti zahtevno in da so napake tudi ob velikih izkušnjah relativno pogoste, naj mrliški preglednik z razpoložljivimi sredstvi zgolj okvirno oceni časovni interval, v katerem je smrt nastopila, natančneje določitev časa smrti pa prepušti strokovnjaku s področja sodne medicine. Pomembno pa je, da ob mrlškem pregledu ugotovi in zabeleži vse tiste podatke, ki bi lahko bili ob kasnejšem pregledu (npr. sodno-medicinski obdukciji) za vedno izgubljeni (temperatura trupa, razvitost zgodnjih mrlških sprememb, mesto najdbe trupa, temperatura okolice trupa, oblačila). Določanje časa smrti dejansko predstavlja sodnomoedicinsko »urgenco«, saj je z vsako uro, ki preteče od smrti do pregleda trupa, ugotavljanje časa smrti težavnejše, določen časovni interval pa ustrežno daljši.

Metode določanja časa smrti

Kljub razvoju številnih metod za določanje časa smrti je natančen čas nastopa smrti še vedno mogoče določiti le s pomočjo objektivnih zapisov o prenehanju posameznih življenjskih funkcij ali na podlagi izjav verodostojnih prič. Retrogradno določanje časa smrti, ki temelji na izraženosti različnih sprememb na trupu, je vedno bistveno manj natančno in je tako mogoče čas smrti določiti le z različno dolgim časovnim intervalom. Na čas nastopa smrti se lahko sicer sklepa tudi iz nekaterih drugih, posrednih podatkov, kot so zaostala pošta, prenehanje pisanja osebnega dnevnika ali neplačani računi, vendar je takšen način določanja časa smrti še veliko manj zanesljiv in manj natančen. Žal pa tudi nobena od metod retrogradnega določanja časa smrti, ki se je v sodni medicini razvila, ni kdovekako natančna in povsem zanesljiva (5). Zaradi takšnega stanja se je v praksi ustalilo pravilo, da je treba čas smrti vedno skušati določiti s pomočjo več neodvisnih metod ter rezultate medsebojno preveriti in uskladiti.

Glede na čas, ki je pretekel od smrti do mrlškega pregleda, se metode za retrogradno določanje časa smrti razdelijo na dve veliki skupini, in sicer:

- metode v zgodnjem postmortalnem obdobju in
- metode v kasnem postmortalnem obdobju (5–7).

Mejo med obema obdobjema zaznamuje pojav kasnih mrlških sprememb. Metode za določanje časa smrti v zgodnjem postmortalnem obdobju s pojavom gnilobnih sprememb na trupu namreč praviloma niso več uporabne. Nekatero metodo, ki so vezane na različne supravitalne pojave na trupu, so v povprečju uporabne še veliko manj časa po smrti, običajno le prvih 6 do 12 ur. V razpredelnici 1 so prikazane najpogostejše uporabljene metode za retrogradno določanje časa smrti v posameznih postmortalnih obdobjih (5–8). Vsaka od navedenih metod ima svoje prednosti in slabosti, vse pa za zagotovitev natančnih rezultatov zahtevajo dobro poznavanje znanstvenih temeljev, vseh omejitev posamezne metode, ustrezno izurjenost ter izkušnje. Za nekatere od njih so potrebni tudi zapleteni laboratorijski postopki, posebna in standardizirana oprema ter standardni pogoji. Prav iz navedenih razlogov je uporabnost mnogih metod ostala omejena zgolj na posamezne institucije in raziskovalce.

V našem prostoru so se v zadnjih letih ustalili predvsem trije načini določanja časa smrti, ki bodo v nadaljevanju tudi natančneje predstavljeni:

- na podlagi razvitosti mrlških sprememb na trupu,
- na podlagi ohlajevanja trupa (temperатурne metode) in
- na podlagi biokemičnih sprememb v očesni steklovini.

Razpr. 1. Metode za določanje časa smrti v zgodnjem in kasnem postmortalnem obdobju.

Tab. 1. *Methods for estimation of the time since death in the early and in the late postmortem period.*

Zgodnje postmortalno obdobje / The early postmortem period
– Pojavnost zgodnjih mrlških sprememb (mrlške okorelosti, mrlških lis)
– Appearance of the early postmortem changes (rigor mortis, postmortem hypostasis)
– Temperатурne metode (ohlajevanje trupa)
– Temperature-based methods (body cooling)
– Električna in mehanična vzdraznost mišic
– Electrical and mechanical excitability of muscles
– Praznjenja želodca
– Stomach emptying
– Spremembe na očeh (zenične reakcije na kemični stimulus, izgled očesnega ozadja)
– Eye changes (iris reaction to chemical stimulus, retinal appearances)
– Biokemične spremembe v očesni steklovini, krvi, možganski in perikardialni tekočini
– Biochemical changes in vitreous humour, blood, cerebrospinal and pericardial fluid
– Postmortalne citološke spremembe (kostni mozeg, spermatozoi)
– Postmortem cytological changes (bone marrow, spermatozooids)
Kasno postmortalno obdobje / The late postmortem period
– Pojavnost kasnih mrlških sprememb (gnitje, mumifikacija, saponifikacija)
– Appearance of the late postmortem changes (putrefaction, mummification, adipocere formation)
– Entomološke študije
– Entomological studies
– Fizikalne in kemične spremembe na okostju (izgled, ultravijolična fluorescenca, vsebnost organskih snovi, test z radioaktivnim ogljikom)
– Physical and chemical changes of skeletal remains (appearance, fluorescence in ultraviolet light, residuals of organic substances, radiocarbon test)

Njihovo poznavanje je za vse mrlške preglednike pomembno zaradi pravočasnega zavarovanja potrebnih podatkov in za orientacijo glede časa smrti neposredno ob lokalnem ogledu. Njihova širša uporabnost pa je kljub relativni enostavnosti predvsem zaradi številnih izjem, omejitev in posebne laboratorijske analitike omejena na sodnomoedicinske institucije. V zvezi z ocenjevanjem časa smrti se je treba vedno tudi zavedati dejstva, da se s preveliko »natančnostjo« določanja časa smrti, ki pa nima ustrezne strokovne podlage, lahko pri preiskavi naredi veliko več škode, kot če se čas smrti sploh ne določi ali pa se določi v tako dolgem časovnem intervalu, da le-ta preiskovalcem ni v nikakršno pomoč (5).

Zgodnje mrlške spremembe

Med zgodnje mrlške spremembe prištevamo mrlško bledico, izsušitev in ohladitev trupa, mrlške lise in mrlško okorelost (4–8). Za določanje časa smrti sta pomembna predvsem razvoja mrlških lis in mrlške okorelosti, poseben pomen pa ima tudi ugotavljanje temperature trupa. Na splošno je določanje časa smrti na podlagi razvitosti mrlških lis in okorelosti nezanesljivo, ker je metoda dokaj subjektivna in zahteva veliko osebnih izkušenj, natančno opazovanje vseh sprememb na trupu ter upoštevanje vseh dejavnikov, ki vplivajo na razvoj omenjenih zgodnjih mrlških sprememb. Praktično pa je na njihovi podlagi možna zgolj orientacija o času smrti. Tega se je treba zavedati in nezanesljivost tako ocenjenega časovnega intervala jasno omeniti preiskovalnim organom.

Mrlške lise se razvijejo zaradi sesedanja krvnih elementov v žilah pod vplivom gravitacije po prenehanju delovanja srca in krvnega obtoka (5, 8). Vedno se pojavijo na nižje ležečih delih trupa in niso izražene na mestih, kjer truplo pritiska na podlago ali kjer so zaradi pritiska na truplo krvne žile stisnjene. Običajno so bledorožnate do modrovijolične barve. Pri mrlških lisah opazujemo izraženost, medsebojno zlitost, iztisljivost in premakljivost oz. fiksiranost (4–8). Običajno se začno pojavljati že kratek čas po smrti in se nato postopno medsebojno zlijejo. Sprva so povsem premakljive pri obračanju tru-

pla in iztisiljive na pritisk s konico prsta, kasneje pa postanejo nepremakljive – fiksirane in tudi neiztisiljive. Časovna pojavnost posameznih faz v razvoju mrljskih lis ni stalna in so po številnih avtorjih, ki so opisovali njihov razvoj v zvezi z določanjem časa smrti (4, 6, 8–11), možna precejšnja časovna odstopanja. Lahko se pojavijo celo že za časa življenja pri zelo oslabelem krvnem obtoku (takrat jih imenujemo hipostatske lise) ali pa se sploh ne pojavijo (npr. pri hudi anemiji, izkrvavitvi, pri dojenčkih) (5). Iz navedenih razlogov nekateri vodilni avtorji (Knight) odsvetujejo vsakršno ocenjevanje časa smrti na podlagi mrljskih lis (5). Po osebnem mnenju in izkušnjah je natančno opazovanje razvitosti mrljskih lis uporabno le kot orientacija glede časa smrti ob lokalnem ogledu in vedno v primerjavi z ostalimi mrljskimi spremembami na truplu. Tako ocenjen čas nastopa smrti je treba tudi potrditi z drugimi, bolj zanesljivimi metodami za določanje časa smrti v zgodnjem postmortalnem obdobju. V razpredelnici 2 so navedeni okvirni časovni intervali izraženosti posameznih stadijev v razvoju mrljskih lis (5, 6, 8, 9).

Razpr. 2. Razvitost mrljskih lis glede na čas smrti.

Tab. 2. *Postmortem hypostasis related to the time since death.*

Postmortalno obdobje (v urah) Postmortem period (in hours)	Stadij Stage
0,5–3	začetek pojavljanja beginning
1–4	začetek medsebojnega zlivljanja beginning of confluence
0,5–12	iztisiljivost na pritisk displacement by thumb pressure
1–6	popolna premakljivost complete shifting
6–12	delna premakljivost incomplete shifting
> 12	fiksiranost remain fixed

Mrljska okorelost je najbolj očitna zgodnja mrljska sprememba, ki jo tudi laiki najpogosteje opazijo. Že v zgodovini so jo opisovali tudi v zvezi z določanjem časa smrti (12). Pri ocenjevanju postmortalnega obdobja je uporabnejša kot mrljske lise, saj je pojav mrljske okorelosti zanesljivejši in časovno manj variabilen. Neposredno po smrti zaradi prenehanja delovanja živčevja (živčne vzdražnosti) izgine normalni mišični tonus in postane truplo ohlapno – primarna mrljska ohlapnost. Že v prvi uri po smrti pa se začne razvijati okorelost, ki zajame vse vrste mišic (4–8). Biokemično je razvoj mrljske okorelosti povezan s posmrtnim pomanjkanjem adenozin trifosfata (ATP), ki je kot izvor energije pomemben v procesu mišične kontrakcije (13). Vezava molekule ATP na miozin namreč sprosti aktin-miozinski kompleks in omogoča relaksacijo mišice. Ker se po smrti že v kratkem času porabijo zaloge ATP molekul, tvorba novih pa je onemogočena zaradi prenehanja presnovnih procesov, ostane aktin-miozinski kompleks stabilen s posledično okorelostjo mišice. Iz navedenih razlogov se okorelost hitreje razvije v mišicah z manjšo zalogo ATP-ja (manjše in pred smrtjo bolj delovne mišice), najverjetneje pa je takšen tudi mehanizem nastanka katalptične mrljske okorelosti, ki se pojavi neposredno po smrti brez vmesne ohlapnosti trupla (5). Okorelost začne popuščati šele s pričetkom razpadanja trupla, najverjetneje zaradi hidrolize mišičnih proteinov (8). Če v proces razvoja mišične okorelosti aktivno posežemo in jo nasilno prekinemo, se v zgodnji fazi okorelost še povrne. V kasnejši fazi, ko se je okorelost že povsem razvila in so se vse ATP molekule že vezale na miozin, pa se po nasilni prekinitvi okorelost ne povrne več. V razvoju mrljske okorelosti torej ločimo fazo primarne ohlapnosti, fazo reverzibilne okorelosti,

fazo ireverzibilne okorelosti in fazo sekundarne ohlapnosti (14). Na hitrost nastanka mrljske okorelosti vplivajo različni notranji in zunanji dejavniki. Od notranjih velja poleg že omenjenih zalogo ATP-ja v času smrti omeniti še mišično maso, saj je stopnja okorelosti sorazmerna z mišično maso. Med zunanjimi dejavniki pa je najpomembnejši vpliv temperature okolja. Mrljska okorelost se hitreje razvije pri višjih temperaturah in tudi prej popusti, pri nižjih temperaturah pa se pojavi kasneje (lahko se tudi ne razvije) in traja bistveno dalj časa (15). Če želimo ocenjevati čas smrti na podlagi mrljske okorelosti, je treba natančno pregledati vse mišične skupine na truplu, ugotoviti reverzibilnost ali ireverzibilnost mrljske okorelosti, ohlapnost trupla (primarna ali sekundarna) pa oceniti v povezavi s temperaturo trupla. Mrljska okorelost se najpogosteje razvije po descendntnem tipu in zajame najprej žvekalne mišice, nato mišice na obrazu in vratu, trupu in zgornjih udih ter nazadnje mišice na spodnjih udih. V enakem vrstnem redu začne okorelost tudi izzvenevati. Poleg descendntnega tipa okorelosti je možen tudi ascendentni tip ali mešan tip okorelosti, kar dodatno zaplete ocenjevanje časa smrti (14). Okvirni časovni intervali posameznih faz mrljske okorelosti v naših klimatskih razmerah so prikazani v razpredelnici 3 (8, 14, 15).

V razpredelnici 4 pa je prikazana možnost hitre orientacije glede časa smrti na podlagi razvitosti zgodnjih mrljskih sprememb, ki je še posebno primerna za mrljske preglednike na terenu in je povzeta po Knightu (5).

Razpr. 3. Razvitost mrljske okorelosti glede na čas smrti.

Tab. 3. *Cadaveric rigidity related to the time since death.*

Postmortalno obdobje (v urah) Postmortem period (in hours)	Stadij Stage
1–3	pričetek pojavljanja beginning
< 5–8	reverzibilnost po prekinitvi re-establishment
6–12	popolna okorelost complete rigidity
< 24–60	trajanje okorelosti persistence
> 24–76	popuščanje okorelosti resolution

Razpr. 4. Orientacijski čas smrti glede na mrljsko okorelost in temperaturo trupla.

Tab. 4. *The crude estimation of the time since death related to cadaveric rigidity and body temperature.*

Izgled trupla Body presentation	Čas od smrti The time since death
Toplo in ohlapno Warm and flaccid	manj kot 3 ure less than 3 hours
Toplo in okorelo Warm and stiff	od 3 do 8 ur from 3 to 8 hours
Hladno in okorelo Cold and stiff	od 8 do 36 ur from 8 to 36 hours
Hladno in ohlapno Cold and flaccid	nad 36 ur more than 36 hours

Temperатурne metode

Metode določanja časa smrti na podlagi izmerjene temperature trupla v času mrljskega pregleda temeljijo na dejstvu, da se začne človeško telo po smrti zaradi prenehanja presnovnih procesov obnašati kot fizikalno telo (5–8). Temperatura trupla se postopno izenači s temperaturo neposredne okolice, v kateri se truplo nahaja (v naših klimatskih razmerah se truplo

običajno ohladi). Hitrost ohlajevanja je odvisna predvsem od temperaturnega gradienta med površino trupla in okolnim medijem, prevodnosti snovi med truplom in okolico ter notranjih lastnosti trupla (razmerja med telesno površino in prostornino, prevodnih lastnosti tkiva) (5, 6, 8). V začetku se zaradi postopnega prenehanja presnovnih procesov in vzpostavljanja temperaturnega gradienta med notranjostjo (jedrom) in površino trupla notranjost trupla zelo počasi ohlaja (inicialni zaostanek). V naslednji fazi je ohlajanje trupla skoraj linearno (v naših klimatskih razmerah od 0,7 do 1,0 °C na uro), vse dokler se temperaturi trupla in okolice ne začne izenačevati. Zaradi vse manjšega temperaturnega gradienta se oddajanje toplote takrat ponovno upočasni (terminalna upočasnitev). Obe posebnosti v hitrosti ohlajevanja trupla je treba upoštevati pri ocenjevanju časa smrti na podlagi izmerjene temperature trupla. Proces ohlajevanja trupla najboljše prikaže dvojna eksponentna ali sigmoidna krivulja, ki pokaže tudi oba najpomembnejša parametra za izračun časa smrti: dolžino začetnega dela krivulje (t. i. platoja) in naklon osrednjega dela krivulje (17, 18). Oba parametra že upošteva najosnovnejši izračun časa smrti na podlagi izmerjene temperature jedra trupla, po katerem izmerjeno temperaturo odštejemo od telesne temperature v času smrti (običajno okoli 37 °C) ter prištejemo še tri ure zaradi inicialnega zaostanka. Dobljeni rezultat predstavlja čas (v urah), ki je pretekel od smrti do meritve temperature trupla (17). Po opisani metodi v večini primerov lahko orientacijsko ocenimo čas nastopa smrti, vendar je treba izračun potrditi še z drugo, bolj zanesljivo temperaturno ali ne-temperaturno metodo.

Znane so številne temperaturne metode za določitev postmortalnega intervala, ki se med seboj v osnovi razlikujejo po mestu in načinu merjenja temperature, upoštevanju ali neupoštevanju različnih dejavnikov, ki vplivajo na hitrost ohlajevanja trupla, enkratnem ali zaporednem merjenju temperature in načinu matematične obdelave dobljenih eksperimentalnih podatkov (17, 19–22). Žal pa nobena od njih ne da natančnih rezultatov, ki bi bili povsem zanesljivi in splošno uporabni. Po lastnih izkušnjah in tudi po podatkih iz strokovne literature velja za najzanesljivejšo temperaturno metodo določanje časa smrti metoda na osnovi *Henssgejevega normograma*. Normogram rektalne temperature trupla je izdelan na podlagi velikega števila eksperimentalnih podatkov in številnih poprejšnjih podatkov o ohlajevanju trupla, predvsem pa natančno preizkušen v praksi (23–26). Čas smrti se odčitava neposredno iz normograma na podlagi izmerjene rektalne temperature trupla, temperature neposredne okolice trupla in teže trupla. Glede na temperaturo okolice je Henssge izdelal dva normograma: prvi za temperaturno območje od -10 °C do 23 °C in drugi za območje od 23 °C do 35 °C. V osnovi se razlikujeta v upoštevanju različne dolžine platoja temperaturne krivulje. Za odčitano postmortalno obdobje v urah se določi tudi 95% interval zaupanja, ki se giblje v območju od ± 2,8 ure do ± 7,0 ure. Poleg navedenih osnovnih parametrov je treba pri določitvi časa smrti upoštevati še korekcijski dejavnik za telesno težo, ki znaša od 0,35 do 3,0 (23, 26, 27). Odvisen je od debeline in vlažnosti oblačil ter vrste okolnega medija (mirujoč ali gibajoč zrak oziroma voda). Postopek odčitavanja časa smrti iz normograma je naslednji: na podlagi zbranih podatkov se najprej glede na vrsto oblačil in okolnega medija določi korekcijski dejavnik, ki se pomnoži s telesno težo trupla, nato pa se na podlagi obeh izmerjenih temperatur (rektalne in okolice) z ustrezne krivulje glede na korigirano telesno težo odčita časovni interval, v katerem je s 95% verjetnostjo nastopila smrt. V praksi se je metoda izkazala kot zanesljiva, seveda ob zadosti natančnih osnovnih parametrov, ki jih praviloma ni težko zbrati, in ob striktnem upoštevanju vseh omejitev. Glavna pomanjkljivost pri uporabi opisane metode je njena časovna omejenost, saj je možno z njeno pomočjo čas smrti zanesljivo določiti le v

prvih 24 urah po nastopu smrti. Druge pomembne omejitve pri uporabi Henssgejevega normograma pa so še:

- znatna ali nepoznana nihanja v hitrosti ohlajanja trupla (npr. premikanje trupla, odpiranje in zapiranje prostora, nepoznavanje temperaturnih sprememb v okolici);
- močni izvori radiacije (neposredna osonečenost, različni grelci);
- velika prevodnost medija, s katerim je truplo v neposrednem stiku, za toploto (npr. kamnita tla) ter
- bistveno zvišana ali znižana telesna temperatura v času smrti (vročina, podhladitev) (26).

Biokemične spremembe v očesni steklovini

Posmrtnne spremembe v biokemični sestavi steklovine so bile predmet številnih raziskav ne le v povezavi s časom smrti. V zvezi z določanjem časa smrti pa je bila pomembna ugotovitev, da se koncentracija kalija (K^+) v steklovini zvišuje sorazmerno z daljšanjem postmortalnega obdobja (28). Najpomembnejša so dela Sturmerja in Madeaje, ki sta na podlagi linearne regresije predstavila enačbi za izračun postmortalnega intervala iz izmerjene koncentracije K^+ v steklovini (29–31). V Sloveniji se je z raziskavo postmortalnih sprememb elektrolitov v steklovini v povezavi s časom nastopa smrti ukvarjal Balazic, ki je prišel do podobnih ugotovitev kot omenjena avtorja (32). Kljub dejstvu, da so opisane metode veliko obetale, so se v praksi izkazale za manj uporabne, predvsem zaradi izredno širokega 95% intervala zaupanja ($\pm 32,76$ ure pri Sturmerju, $\pm 19,06$ ure pri Madeaji; Balazic intervala zaupanja ni določil) (33). Po lastnih izkušnjah in tudi glede na primerjalne študije so izračuni postmortalnega obdobja po Madeajevi enačbi natančnejši kot po ostalih (33, 34). Iz izmerjene koncentracije K^+ v steklovini se izračuna postmortalno obdobje po naslednji enačbi:

$$PMI = 5,26 \times [K^+] - 30,9$$

(PMI – postmortalni interval v urah, $[K^+]$ – izmerjena koncentracija kalija v mmol/l) (31).

Pri izračunu je nujno potrebno upoštevati vse dejavnike, ki lahko vplivajo na koncentracijo K^+ v steklovini, med katerimi so najpomembnejši:

- pravilen postopek odvzema vzorca steklovine,
- ustrezna in enotna analitska tehnika pri merjenju koncentracije K^+ ,
- starost umrlega,
- alkoholiziranost v času smrti in
- elektrolitsko neravnovesje v času smrti (34).

Pri pravilnem postopku odvzema vzorca očesne steklovine se injekcijska igla zabode v zrklo v zunanem očesnem kotu tako, da se konica nahaja v osrednjem delu steklovine (položaj se lahko preveri skozi zenico). Z aspiracijo, ki mora biti počasna in nežna, se odvzame 1 do 2 ml steklovine, nikoli pa celotna količina, saj se lahko ob tem v vzorec zajamejo tudi celice mrežnice ter obrobni del steklovine, kar vodi v lažno visoke koncentracije K^+ . Pravilno odvzet vzorec steklovine, ki je uporaben za nadaljnjo analizo, mora biti bister in brez kakršnihkoli primesi. Vedno se odvzameta ločena vzorca iz obeh zrkel, predvsem zaradi medsebojne kontrole dobljenih rezultatov (5). Za izključitev hujšega zaživiljenjskega elektrolitskega neravnovesja pa se je kot dober interni standard izkazala sečnina, ki je posmrtno izredno stabilna molekula. Izmerjena koncentracija sečnine v steklovini naj ne bi bila višja od 35 mmol/l, saj je pri višjih vrednostih zelo verjetno, da je imel pokojni takšno kronično bolezen, ki je povzročila že zaživiljenjske spremembe v koncentraciji elektrolitov v steklovini (34). V takšnih primerih pa je izračun časa smrti po navedeni enačbi napačen.

Metoda je uporabna prvih 100 ur po smrti oz. dokler gnilobni procesi ne zajamejo zrkla. Poudariti pa je treba, da je v prvih 24 urah po smrti možno veliko bolj natančno določiti čas smrti z uporabo ene od temperaturnih metod.

Zaključki

Določitev časa smrti je osnovna naloga vsakega mrliškega preglednika. Kadar čas smrti ni znan, njegovo poznavanje pa je pomembno za nadaljnjo preiskavo, ga je treba določiti s pomočjo metod za retrogradno določanje časa smrti. Kljub številnim metodam, ki temeljijo na ugotavljanju najrazličnejših sprememb na trupu, z nobeno od njih ni mogoče povsem natančno določiti časa nastopa smrti. Z istočasno uporabo več medsebojno neodvisnih metod se lahko natančnost določitve časa smrti poveča, rezultati pa se lahko tudi medsebojno preverijo. Pomembno je, da mrliški preglednik pravočasno zbere in zabeleži vse potrebne podatke, čas smrti pa najraje določi strokovnjak s področja sodne medicine, ki ima izkušnje s tovrstnimi izračuni.

Literatura

1. Anon. Pravilnik o pogojih in načinu opravljanja mrliško pregledne službe. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije 1993; 56 (2045): 2811–3.
2. Maver D. Kriminalistika. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije, 1997: 172–4.
3. Požar D. Osnove kazenskega procesnega prava. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije, 1999: 39–56.
4. Milčinski J. Sodna medicina. Ljubljana: Državni sekretariat za notranje zadeve LRS, 1956: 38–8.
5. Knight B. Forensic pathology. 2nd ed. London: Arnold, 1996: 79–92.
6. Prokop O, Göhler W. Forensische Medizin. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1976.
7. Krause D, Schneider V, Blaha R. Leichenschau am Fundort. Ein rechtsmedizinischer Leitfaden. 4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Ullstein Medical, 1998: 1–16.
8. Mueller B. Gerichtliche Medizin. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1975: 45–106.
9. Mallach H. Zur Frage der Todeszeitbestimmung. Berlin Med 1964; 18: 577–82.
10. Inoue M. Development of an instrument to measure postmortem lividity and its preliminary application to estimate the time since death. Forensic Sci Int 1994; 65: 185–93.
11. Vanezis P. Assessing hypostasis by colorimetry. Forensic Sci Int 1991; 52: 1–3.
12. Niderkorn PF. Rigor mortis. BMJ 1874; 1: 303–4.
13. Alberts B, Bray D, Lewis J, Raff M, Roberts K, Watson JD. Molecular biology of the cell. 3rd ed. New York: Garland Publishing, 1994: 847–57.
14. Krompecher T. Rigor mortis: estimation of the time since death by evaluation of cadaveric rigidity. In: Knight B ed. The estimation of the time since death in the early postmortem period. London: Arnold, 1995: 148–67.
15. Krompecher T, Fryc O. Experimental evaluation of rigor mortis. In: Effects of temperature on the evolution of rigor mortis. Forensic Sci Int 1981; 17: 19–26.
16. Mallach H, Mittmeyer HJ. Totenstarre und Totenflecke. Z Rechtsmed 1971; 69: 70–8.
17. Knight B, Nokes L. Temperature-based methods I. In: Knight B ed. The estimation of the time since death in the early postmortem period. London: Arnold, 1995: 3–45.
18. Nokes LD, Hicks B, Knight B. The postmortem temperature plateau – fact or fiction? Med Sci Law 1985; 25: 263–4.
19. Knight B. The evolution of methods for estimating the time of death from body temperature. Forensic Sci Int 1988; 36: 47–55.
20. Green M, Wright J. Postmortem interval estimation from body temperature data only. Forensic Sci Int 1985; 28: 35–6.
21. Morgan C, Nokes LD, Williams J, Knight B. Estimation of the postmortem period by multiple-site temperature measurements and the use of a new algorithm. Forensic Sci Int 1988; 39: 89–95.
22. Nokes LD, Hicks B, Knight B. The use of trachea temperatures as a means of determining the postmortem period. Med Sci Law 1986; 26: 199–202.
23. Henssge C. Death time estimation in casework. I. The rectal temperature time of death normogram. Forensic Sci Int 1988; 38: 209–36.
24. Henssge C, Althaus L, Bolt J et al. Experience with a compound method for estimating the time since death. I. Rectal temperature normogram for time since death. Int J Leg Med 2000; 113: 303–19.
25. Henssge C, Althaus L, Bolt J et al. Experience with a compound method for estimating the time since death. II. Integration of non-temperature-based methods. Int J Leg Med 2000; 113: 320–31.
26. Henssge C. Temperature-based methods II. In: Knight B ed. The estimation of the time since death in the early postmortem period. London: Arnold, 1995: 47–105.
27. Henssge C. Rectal temperature time of death normogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions. Forensic Sci Int 1992; 54: 51–6.
28. Coe JI. Vitreous potassium as a measure of the postmortem interval: an historical review and critical evaluation. Forensic Sci Int 1989; 42: 201–13.
29. Sturmer WQ. The vitreous humour; postmortem potassium changes. Lancet 1963; I: 807–8.
30. Sturmer WQ, Gantner GE. The postmortem interval, a study of potassium in the vitreous humour. Am J Clin Path 1964; 42: 137–44.
31. Madea B, Henssge C, Hönig W, Gerbracht A. References in determining the time of death by potassium in vitreous humour. Forensic Sci Int 1989; 8: 231–43.
32. Balažic J. Postmortalne spremembe elektrolitov očesne tekočine in čas nastopa smrti. Disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, 1992.
33. Madea B, Herrmann N, Henssge C. Precision of estimating the time since death by vitreous potassium – comparison of two different equations. Forensic Sci Int 1990; 46: 277–84.
34. Madea B, Henssge C. Eye changes after death. In: Knight B ed. The estimation of the time since death in the early postmortem period. London: Arnold, 1995: 106–37.