

Хипотермија као узрок смрти у форензичкој патологији – аутопсијска студија

Слободан Николић¹, Магдалена Живковић², Владимир Живковић¹, Фехим Луковић³

¹Институт за судску медицину, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Србија;

²Медицински факултет, Универзитет у Београду, Србија;

³Здравствени центар, Нови Пазар, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Хипотермија је снижавање унутрашње температуре тела испод 35°C. Даљим смањивањем температуре организам постепено, кроз неколико фаза, улази у стање клиничке, привидне и биолошке смрти. Обдукциони налаз је карактеристичан, али не и специфичан.

Циљ рада Циљ рада је био да се установи учесталост хипотермије као узрока смрти у десетогодишњем периоду и анализира добијени узорак у односу на пол и старост испитаника, околности умирања и друге факторе ризика, као и у односу на танатолошки налаз.

Методе рада Урађена је ретроспективна аутопсијска студија за десетогодишњи период, током којег је обављено 12.765 судскомедицинских обдукција. Узорак је чинило 67 особа умрлих од хипотермије. Подаци су добијени из обдукционих протокола, полицијских извештаја и хетероанамнестичких анкета. Анализирани су пол и старост испитаника, околности умирања, стање алкохолисаности, фактори ризика и танатолошки налаз. Примењене су одговарајуће статистичке методе.

Резултати Узорак је обухватио 42 мушкарца и 25 жена ($\chi^2=4,31$; $p<0,05$) просечне старости од 63,9±14,7 година (опсег 27-92 године). Њих 19 пронађено је у затвореном простору. Под дејством алкохола у време умирања било је 13 особа. Просечна алкохолемија била је 1,81±0,93 промила (опсег 0,50-3,32 промила). Што је особа била млађа, то је била и више алкохолисана ($\rho=-0,251$; $p=0,04$). Слабо је било ухрањено 37 испитаника; 13 испитаника боловало је од неке психијатријске болести; 33 особе биле су хронични алкохоличари. Код 43 особе установљене су промрзине у пределу великих зглобова, док су мрље Вишњевског запажене у 59 случаја; код 39 испитаника ове две појаве су биле удружене ($\chi^2=49,59$; $df=3$; $p<0,001$).

Закључак Хипотермија је као узрок смрти током посматраног периода установљена у око 0,5% судскомедицинских случајева. Углавном су у питању били старији мушкарци, особе с обољењима срца и нађене на отвореном. Најчешће промене које су упућивале на узрок смрти биле су промрзине у пределу великих зглобова и мрље Вишњевског.

Кључне речи: хипотермија; обдукција; форензичка патологија

УВОД

Хипотермија је снижавање унутрашње температуре тела испод 35°C [1, 2]. Различити фактори утичу на настанак и продубљивање хипотермије до смрти. Од спољашњих фактора то су најчешће ниска температура околине, смањена влажност, повећано струјање ваздуха, неподесна одећа и обућа и др. Унутрашњи фактори обухватају болести и стања која смањују способност стварања топлотне енергије у организму (разне ендокрине болести – хипопитуитаризам или хипотиреоидизам, али и Паркинсонова болест, малнутриција и др.), као и оне које одликују хронична повећана вазодилатација и смањена централна контрола терморегулације (кетацидоза, уремија, акутно алкохолисано стање или интоксикација лековима, старост особе итд.) [1, 3].

Расхлађивање организма клинички се одвија кроз неколико фаза [1, 3, 4]. Прва је фаза ексцитације, која настаје снижавањем унутрашње температуре тела до 33°C. Одликују је: дрхтање, тахикардија, бледа и хладна кожа, хипервентилација, повећана буд-

ност и конфузност, ексцитација, лажни осећај топлоте, болне акре и др. Све ово настаје услед појачаног метаболизма и покушаја да се температура тела повиси, односно да се повећа стварање енергије уз истовремено смањење размене топлоте с околином. Следи фаза адинамије, када је температура тела 33-30°C, која је последица исцрпљења компензаторних механизма. Ову фазу хипотермије одликују: смањење мишићног тонуса, синусна брадикардија, бледа и хладна кожа, брадипнеја, дезоријентација, апатија, смањење бола у акрама, изнуреност и др. Када се унутрашња температура тела даље снизи (испод 27°C), следи паралитичка фаза, током које се повећава ригидност мишића и настају брадиаритмија, брадипнеја с апноичним паузама, губитак свести и арефлексција. На крају, услед вентрикуларне фибрилације, наступа смрт [1, 2]. Наведене патофизиолошке процесе прати настанак одређених непатономоничних, али типичних патоанатомских и патохистолошких промена на органима и ткивима. У зависности од брзине којом се тело хлади, варира и степен изражености ових морфолошких промена: што

Correspondence to:

Slobodan NIKOLIĆ
Institut za sudsku medicinu
Medicinski fakultet
Deligradska 31a, 11000 Beograd
Srbija
bobanvladislav@yahoo.com

је време за које се тело расхлади и наступи смрт краће, то су и промене оскудније или их пак ни нема [2].

Хипотермија се у форензичкој патологији дијагностикује, пре свега, на основу типичног спољашњег и унутрашњег танатолошког налаза, околности умирања, те искључењем других узрока смрти обдукцијом, односно микроскопским и хемијско-токсиколошким прегледом органа [2, 3, 5]. По пореклу, ове смрти су најчешће задесне, ретко убилачке (нпр. чедоморства, када мајка излаже новорођенче ниској температури), а изузетно самоубилачке [3, 4, 5].

ЦИЉ РАДА

Циљ рада је био да се установи учесталост хипотермије као узрока задесних смрти, анализира овако добијени узорак у односу на пол и старост испитаника, околности умирања и најчешће факторе ризика и одреди најчешћи патофорензички танатолошки налаз у овим случајевима.

МЕТОДЕ РАДА

Урађена је ретроспективна аутопсијска студија за период јануар 1999 – март 2009. године. Током овог десетогодишњег периода на Институту за судску медицину у Београду урађено је 12.765 судскомедицинских обдукција. Из овог материјала формиран је узорак који је чинило 67 особа чији је узрок смрти била хипотермија. Анализирани су: пол и старост испитаника, околности умирања, стање алкохолисаности (најмање 0,5 промила алкохола у крви), стање ухрањености, психијатријска и обољења срца, танатолошки спољашњи и унутрашњи налаз (промрзине и мрље Вишњевског). Такође је установљено да ли су рађени микроскопски патохистолошки и хемијско-токсиколошки прегледи органа испитаника, те да ли су приликом закључивања о узроку њихове смрти у обзир узимани и ови резултати. Подаци су прикупљени из обдукционих налаза, полицијских извештаја и хетероanamнестичких података. Анализирани су одговарајућим статистичким методама: мерама централне тенденције (коэффициент варијације, просечна вредност, стандардна девијација, медијана, мод), као и χ^2 -тестом, Студентовим *t*-тестом и Спирмановим (*Spearman*) тестом корелације, са нивоом значајности од 0,05.

Табела 1. Расподела испитаника према полу и старости
Table 1. Distribution of the sample according to gender and age

Пол Gender	Старост (године) / Age (years)								Укупно Total
	≤19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	≥80	
Мушки Male	-	1	-	9	11	8	9	4	42
Женски Female	-	-	-	1	5	3	8	8	25
Укупно Total	-	1	-	10	16	11	17	12	67

РЕЗУЛТАТИ

Узорак је обухватио 42 мушкарца и 25 жена просечне старости од $63,9 \pm 14,7$ година ($Min=27$; $Max=92$; $C_v=23\%$; $Med=65$; $Mod=55$). Мушкарци су у просеку били стари $59,8 \pm 14,6$ година ($Min=27$; $Max=92$; $Med=59,5$; $Mod=55$), а жене $70,7 \pm 12,5$ година ($Min=43$; $Max=87$; $Med=73$; $Mod=70$). Расподела испитаника по полу и старости приказана је у табели 1. Анализирани узорак чинио је само 0,5% укупног броја урађених судскомедицинских обдукција за посматрани десетогодишњи период.

Од 67 особа умрлих од хипотермије, 19 је пронађено у неком затвореном, релативно заштићеном простору: у сопственом стану или кући (15 жена), односно гаражи, подруму, радничкој бараци и сл. (четири мушкарца). Осталих 48 испитаника пронађени су на отвореном: на кућном прагу, на њиви, у дворишту, шуми, каналу и сл.

Под дејством алкохола у време умирања било је 13 особа (само једна жена). Просечна алкохолемија била је $1,81 \pm 0,93$ промила (концентрације од 0,50 до 3,32 промила). Сви они су били хронични алкохоличари, а пронађени су мртви на отвореном простору. Расподела испитаника према концентрацији алкохола у крви у тренутку умирања и годинама старости дата је у табели 2.

Ухрањеност највећег броја особа (37) била је слаба. Њих 25 било је средње, а петоро добро ухрањено (гојазно).

Из хетероanamнестичких података установљено је да је 13 испитаника боловало од неке психијатријске болести, најчешће старачке деменције, Алцхајмерове болести или схизофреније.

Код 33 особе обдукцијом су уочени знаци хроничног алкохолизма (масна промена или алкохолна цироза јетре, хронични панкреатитис и промене на срцу).

Табела 2. Расподела испитаника према алкохолемији и старости (укупно 13 случајева)

Table 2. Distribution of the sample according to blood alcohol concentration and age of deceased (total of 13 cases)

Старост (године) Age (years)	Концентрација алкохола у крви (промили) Blood alcohol concentration (promille)			
	0.50-1.00	1.10-2.00	2.10-3.00	≥3.10
45-55	1	3	2	1
56-65	1	1	1	0
66-75	1	0	1	0
≥76	0	0	1	0

Код 56 испитаника установљене су и хроничне промене на срцу: атеросклероза крвних судова срца, хипертензивна болест срца, кардиомиопатија, промене услед хроничног алкохолизма и др.

Спољашњим прегледом тела 43 испитаника утврђене су промрзLINE у пределу великих зглобова. Мрље Вишњевског установљене су код 59 особа: од неколико мањих изолованих појединачних поља, до већих сливених плажа. Код 39 особа ове две појаве су биле удружене, док у четири случаја нису установљене ни промрзLINE, ни мрље Вишњевског.

У 17 случајева обдуценти су закључак о хипотермији као узроку смрти потврдили и микроскопским прегледом органа и искључењем других узрока, а хемијско-токсиколошке анализе рађене су у девет случајева. Обе ове анализе су рађене код седам испитаника.

ДИСКУСИЈА

У нашем узорку било је статистички значајно више мушкараца него жена ($\chi^2=4,31$; $p<0,05$), али су жене биле статистички значајно старије ($t=3,11$; $p<0,01$). Углавном су у питању биле особе старијег животног доба.

Две трећине особа код којих је установљено да су умрле од хипотермије пронађене су напољу, ван релативно заштићених простора, директно изложени ниској температури, влази (киша и снег) и ветру, што су додатни фактори ризика у овим случајевима. Поред зрачења, значајна количина топлоте губи се и кондукцијом и конвекцијом. Влажна гардероба је додатни фактор ризика у случајевима хипотермије, јер вода има велики топлотни капацитет [2, 6, 7]. Око једне трећине испитаника пронађено је у заштићеним просторима, али очигледно недовољно загрејаним. Особа може да умре од хипотермије иако температура ваздуха околине није испод нуле; слабе, болесне, старе и слабо обучене особе могу да умру од хипотермије и при спољашњој температури од око 10°C [2, 8]. Полицијски извештаји и хетероанамнестички подаци су указали на то да је бар у три случаја, међу особама умрлим у затвореном простору, реч била о тзв. Диогеновом синдрому. У питању су старија, социјално изолована лица која живе у тешком сиромаштву и беди, која често умиру у свом хигијенски веома запушеном стану, где се неретко затичу гомиле сакупљених старих флаша, новина, тегли, конзерви и другог отпада – тзв. силогоманија (лат. *sylogomania*) [9]. Код њих, због лоших хигијенских услова у којима су живеле и запушености, постоје многе промене на кожи (*cutis vagabunda*, промене због ектопаразита и сл.), које могу личити на повреде и бити сумњиве на насиље [9, 10].

Око једне петине испитаника било је у акутном пијаном стању у тренутку умирања од хипотермије. То су били мушкараци различитог степена пијанства, а нађени су на отвореном. Што је особа умрла од хипотермије из нашег узорка била млађа, то је степен алкохолисаности у тренутку смрти био већи ($\rho=-0,251$; $p=0,04$). Под дејством алкохола долази до вазодилата-

ције и последично лажног осећаја топлоте, али и већег одавања телесне топлоте уопште. На овај начин особе у акутном пијаном стању брже губе топлоту него што је компензаторни метаболички механизми могу да надокнаде [11]. Алкохолизам за последицу има и периферну неуропатију, па и последични поремећај сензибилитета на хладноћу [2]. У око половине анализираних случајева у нашем истраживању установљен је хронични алкохолизам.

Слаба ухрањеност тела се сматра једним од фактора ризика за хипотермију. Поткожно масно ткиво смањује одавање телесне топлоте, а представља и депо енергетских једињења који се користе током термогенезе. Међу нашим испитаницима више од половине њих било је слабо ухрањено.

Шестина испитаника из нашег узорка патила је од неког психијатријског обољења. Углавном су то биле дementне особе које очигледно нису реаговале адекватно у датим околностима, те се нису заштитиле од хладноће. У стручној литератури се у вези с хипотермијом помињу и синдром „сакрити се и умрети” (енгл. *hide and die*) и синдром „парадоксалног свлачења” (енгл. *paradoxical undressing*; нем. *Kälteidiotie*), који се бележе у око 20% случајева смрти услед хипотермије [1, 2]. Сматра се да је синдром „сакрити се и умрети” регресивна примитивна реакција, али засад још нема потпуног објашњења зашто се овај феномен јавља. Обично су у питању старије особе које су умрле услед хипотермије, а нађене су скривене испод кревета, у гардероберу и сл. Код синдрома „парадоксалног свлачења” особа која је изложена ниској спољашњој температури неочекивано скида гардеробу са себе, тако да понекад остане само у доњем вешу или без њега. Сматра се да се током продубљивања хипотермије код ових особа јавља вазодилатација крвних судова коже и следствени лажни осећај топлоте. Тело нађено са скинутом гардеробом увек буди сумњу на насиље, посебно сексуално [2, 6, 8]. Ни у једном од наших случајева није јасно постојао ниједан од ових синдрома.

Код већине испитаника обдуццијом је установљено неко кардиоваскуларно обољење. Обољења срца и крвних судова чине особу рањивијом на дејство ниске температуре околине, јер појачана интензивна термогенеза може да исцрпи овај органски систем.

Још не постоји специфични патогномонични макроскопски или микроскопски танатолошки или други налаз (нпр. биохемијски или хемијско-токсиколошки) који би с великом сигурношћу упућивао на хипотермију као узрок смрти.

Данас се, ради утврђивања динамике умирања, узрока и времена смрти, врше многе постморталне биохемијске анализе серума и урина којима се откривају разне супстанце и њихови метаболити. Има студија које показују да би неке супстанце могле да укажу на хипотермију као узрок смрти: на пример, повећана концентрација адреналног хормона хипофизе у серуму [12], адреналина и норадреналина у серуму [13] и урину [14], или повећана концентрација хормона инсулина у серуму и кетонских тела у урину код

особа умрлих од хипотермије који нису били у тренутку смрти под дејством алкохола [11]. Неки аутори чак сматрају да су снижене вредности тиреостимулишућег хормона у цереброспиналној течности или повећана концентрација јона натријума у мишићима специфичан налаз код ових особа [15, 16]. Ниједна од ових биохемијских анализа не врши се у пракси рутински у овим случајевима.

С друге стране, разне студије показују да можда постоје и типичне, па и специфичне, микроскопске промене у разним органима код умрлих од хипотермије. Најчешће се наводе промене у ткиву панкреаса (крварења, вакуолизација ћелија и сл.) [17], срца (масна промена) [18] и бубрега (вакуолизација и масна промена ћелија тубула или појава тзв. *heat shock protein 70* на мембранама ћелија гломерула) [19, 20]. Ове промене настају највероватније услед продужене хипоксије због дејства ниске температуре на тело и следствених поремећаја у унутарћелијском метаболизму масних киселина. Понекад је, међутим, тешко рећи да ли су ове промене настале услед хипотермије, с једне стране, или хроничног алкохолизма и постморталног дејства ниске температуре и формирања кристала леда у ћелијама с друге [21].

Главни танатолошки макроскопски обдукциони налази који упућују на хипотермију као узрок смрти су промрзLINE – *perniones* (енгл. *frost-bite erythema*) и мрље Вишњевског (енгл. *Wischnewsky's spots*).

Промене на кожи настале у склопу хипотермије виде се спољашњим прегледом тела као едематозна ливидна или ружичаста поља на кожи у пределу великих зглобова: колена, лактови, кукови (Слика 1). ПромрзLINE се јављају у око половине случајева фаталне хипотермије [3, 4]. Могу да личе на крвне подливе или мртвачке мрље. Највероватније настају као последица локалне вазоконстрикције у кожи, следственог оштећења ендотела и стварања локалног едема, са екстравазацијом еритроцита и њиховом разградњом [2]. Микроскопским прегледом се не виде јасно поља крварења у ткиву, али се имунохистохемијским методама у ткиву промрзLINE могу запазити депозити хемоглобина [22]. То их разликује од мртвачких мрља, које у случајевима хипотермије могу бити светлоцрвене боје као и промрзLINE, због постморталне реоксигенације хемоглобина у њима и померања криве оксигенације хемоглобина улево под дејством ниске температуре [2, 23].

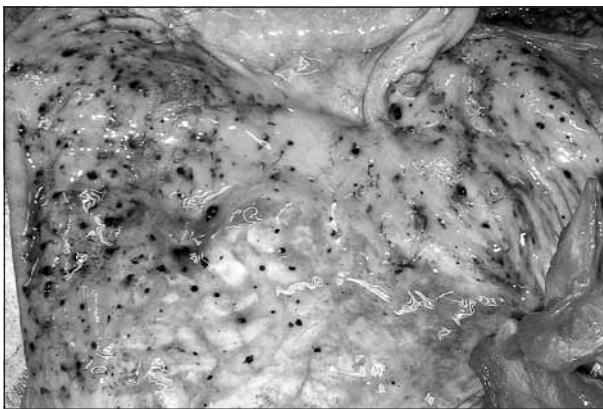
Вишњевски је први описао 1895. године промене на слузокожи желуца за које се и данас сматра да су ти-



Слика 1. ПромрзLINE – *pernio* у пределу колена (мушкарац стар 76 година, алкохоличар, алкохолемија 2,36 промила, нађен у дворишту)
Figure 1. Frost-bite erythema of the knee (male, 76-years old, alcoholic, blood alcohol concentration 2.36 promille, found in the courtyard)



Слика 3. Крварења у мишићним илиопсоасима (мушкарац стар 74 године, нађен на улици)
Figure 3. Haemorrhage within the iliopsoas muscles (male, 74-years old, found in the street)



Слика 2. Мрље Вишњевског (жена стара 80 година, нађена у дворишту)
Figure 2. Wischnewsky's spots (female, 80-years old, found in courtyard)



Слика 4. Крварење у синовији зглоба колена (исти мушкарац као на слици 1)
Figure 4. Haemorrhage of the synovia of the knee-joint (the same subject as in Figure 1)

пичне за случајеве хипотермије [2]. Реч је о вишеструким хеморагичним мрким променама на слузокожи, пречника од неколико милиметара до неколико центиметара, које захватају све анатомске делове желуца (Слика 2). Могу настати и у стањима стреса, шока, код злоупотребе алкохола и неких лекова [5]. Мрље Вишњевског се бележе код око две трећине особа умрлих од хипотермије [2]. Новија истраживања показују да није реч о акутном ерозивном хеморагичном гастритису и некрози површних делова слузокоже због вазоконстрикције и централизације крвотока у случајевима хипотермије. Сматра се да ове промене настају као мања агонална крварења у желудачним жлездама, након чега следе хемолита, ослобађање хемоглобина и дејства хлороводоничне киселине на хемоглобин, те стварање хематина, који даје специфичну тамну боју овим мрљама [24]. Мрље Вишњевског могу да настану и у пределу с ектопичном желудачном слузокожом [25], али и у другим деловима гастроинтестиналног тракта [2].

Код више од половине испитаника нашег истраживања постојале су промрзине у пределу великих зглобова, а само једна десетина није имала мрље Вишњевског. Ове танатолошке промене су се у нашем узорку јављале чешће у поређењу са другим сличним студијама [2, 3, 4]. Анализом учесталости промрзина и мрља Вишњевског показало се да се ова два феномена у статистички значајном броју случајева јављају удружено ($\chi^2=49,59$; $df=3$; $p<0,001$), а у великом броју случајева и сваки за себе. Сматра се да су и промрзине и мрље Вишњевског утолико израженије и макроскопски јасније видљиве уколико је дејство ниске температуре на тело продуженије, односно уколико агонија дуже траје [2, 26]. Очекивало би се да агонија траје дуже ако је особа изложена штетном дејству ниске температуре у затвореном простору. Међутим, учесталост појаве промрзина, мрља Вишњевског, те обе ове промене удружено код испитаника нашег истраживања није статистички значајно већа код особа умрлих у затвореном простору у односу на оне умрле на отвореном ($\chi^2=3,260$, $p=0,071$; $\chi^2=2,094$, $p=0,148$; $\chi^2=2,827$, $p=0,093$).

Данас се као нови макроскопски танатолошки знаци хипотермије наводе крварења у мишићима (или опсоасима, глутеусима, паравертебралној мускулатури и пекторалним и интеркосталним мишићима) [2, 27, 28] (Слика 3), која су највероватније настала услед

дрхтања, односно контракција мишића у фази ексцитације. Други аутори као нови макроскопски танатолошки налаз код хипотермије наводе хиперемiju и крварења у синовији зглобова колена (енгл. *inner knee signs*) (Слика 4), и то симетрично, у оба зглоба [29]. Трећи, пак, истичу крварења, едем и хиперемiju у можданом ткиву око треће мождане коморе (енгл. *cold-induced purpura*) [30].

Микроскопски преглед органа рађен је код око петине анализираних испитаника, а хемијско-токсиколошке анализе у нешто мањем броју. Ова испитивања се врше када танатолошки спољашњи и унутрашњи налаз, као и околности случаја не упућују са сигурношћу на хипотермију као узрок смрти, па се овим анализама искључују други узроци смрти и индиректно потврђује хипотермија. Ни на нашем институту, а ни у много већим центрима, у случајевима хипотермије ове анализе се не раде рутински, јер су скупе и не исплате се; да ли је особа у сваком конкретном случају умрла од хипотермије или од акутне исхемије срца у рутинском раду за потребе полицијске истраге само је академско питање. Зато је и за решавање ових случајева важно установити нове макроскопске танатолошке знаке, унутрашње или спољашње (крварење у зглобовима коленима и мишићима или опсоасима или око треће мождане коморе), који у комбинацији с околностима умирања сваке особе и искључењем других узрока смрти обдукцијом (нпр. искључење смртоносних убилачких или самоубилачких повреда) могу да упуте на хипотермију као узрок смрти.

ЗАКЉУЧАК

Хипотермија као узрок смрти није тако честа у нашим условима, као што би се могло претпоставити (само око 0,5% свих обдукованих случајева за десетогодишњи период). Најчешће су од хипотермије умрли мушкарци старије животне доби, нађени на отвореном, који су боловали од неког хроничног кардиоваскуларног обољења. Мало је њих у тренутку умирања било под дејством алкохола. Најтипичнији танатолошки налаз у овим случајевима било је удружено постојање промрзина и мрља Вишњевског. У закључивању о узроку смрти у случајевима хипотермије околности умирања су веома битне.

ЛИТЕРАТУРА

1. McCance KL, Huether SU. Pathophysiology – The Biologic Basis for Disease in Adults and Children. 5th ed. St Louis, Missouri: Elsevier Mosby; 2006.
2. Madea B, Tsokos M, Preuss J. Death due to hypothermia. Morphological findings, their pathogenesis and diagnostic value. In: Tsokos M, editor. Forensic Pathology Reviews. Vol 5. Totowa, New Jersey: Humana Press; 2005. p.3-24.
3. Saukko P, Knight B. Knight's Forensic Pathology. 3rd ed. London: Arnold; 2008.
4. Di Maio VJ, Di Maio D. Forensic Pathology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2001.
5. Spitz WU. Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation. 4th ed. Springfield Illinois: Charles C. Thomas – Publisher; 2006.
6. Miller-Nixdorf A, Hunsaker DM, Hunsaker JC. Hypothermia and hyperthermia medicolegal investigation of morbidity and mortality from exposure to environmental temperature extremes. Arch Pathol Lab Med. 2006; 130:1297-304.
7. Mizukami H, Shimizu K, Shiono H, Uezono T, Sasaki M. Forensic diagnosis of death from cold. Leg Med. 1999; 4:204-9.
8. Oesterhelweg L, Klotzbach H, Püeschel K. Zur Epidemiologie und Phänomenologie des Kältetodes. Rechtsmedizin. 2003; 13:11-7.

9. Byard R, Tsokos M. Forensic issues in cases of Dyiogenes syndrome. *Am J Forensic Med Pathol.* 2007; 28:177-81.
10. Archer MS, Bassed RB, Briggs CA, Lynch MJ. Social isolation and delayed discovery of bodies in houses: the value of forensic pathology, anthropology, odontology and entomology in the medico-legal investigation. *Forensic Sci Int.* 2005; 151:259-65.
11. Teresinski G, Buszewicz G, Madro R. The influence of ethanol on the level of ketone bodies in hypothermia. *Forensic Sci Int.* 2002; 127:88-96.
12. Ishikawa T, Quan L, Li D, Zhao D, Michiue T, Hamel M, et al. Postmortem biochemistry and immunohistochemistry of adrenocorticotrophic hormone with special regard to fatal hypothermia. *Forensic Sci Int.* 2008; 179:147-51.
13. Zhu B, Ischikawa T, Michiue T, Li D, Zhao D, Quan L, et al. Postmortem serum catecholamine levels in relation to the cause of death. *Forensic Sci Int.* 2007;173:122-9.
14. Hirvonen J, Hutten P. Hypothermia markers: serum, urine and adrenal gland catecholamines in hypothermic rats given ethanol. *Forensic Sci Int.* 1995; 72:125-33.
15. Ishikawa T, Michiue T, Zhao D, Komatsu A, Azuma Y, Quan L, et al. Evaluation of postmortem serum and cerebrospinal fluid levels of thyroid-stimulating hormone with special regard to fatal hypothermia. *Leg Med (Tokyo).* 2009; 11(Suppl 1):S228-30.
16. Jakubeniene M, Chaker AB, Becelis A, Malakiene D, Raudys R. Investigation of calcium and sodium in postmortem material as biochemical markers defining the cause of death from hypothermia. *Leg Med (Tokyo).* 2009; 11(Suppl 1):S304-6.
17. Preuss J, Lignitz E, Dettmeyer R, Madea B. Pancreatic changes in cases of death due to hypothermia. *Forensic Sci Int.* 2007; 166:194-8.
18. Preuss J, Dettmeyer R, Lignitz E, Madea B. Fatty degeneration of myocardial cells as a sign of death due to hypothermia versus degenerative deposition of lipofuscin. *Forensic Sci Int.* 2006; 159:1-5.
19. Preuss J, Dettmeyer R, Lignitz E, Madea B. Fatty degeneration in renal tubule epithelium in accidental hypothermia victims. *Forensic Sci Int.* 2004; 141:131-5.
20. Preuss J, Dettmeyer R, Poster S, Lignitz E, Madea B. The expression of heat shock protein 70 in kidneys in cases of death due to hypothermia. *Forensic Sci Int.* 2008; 176:248-52.
21. Schaefer AT, Kaufmann JD. What happens in freezing bodies? Experimental study of histological tissue change caused by freezing injuries. *Forensic Sci Int.* 1999; 102:149-58.
22. Tuerk EE, Spherhake JP, Madea B, Preuss J, Tsokos M. Immunohistochemical detection of hemoglobin in frost erythema. *Forensic Sci Int.* 2006; 158:131-4.
23. Bohnert M, Schulz K, Belenkaia L, Liehr AW. Re-oxygenation of haemoglobin in livores after post-mortem exposure to a cold environment. *Int J Legal Med.* 2008; 122:91-6.
24. Tsokos M, Rothschild M, Madea B, Risse M, Spherhake J. Histological and immunohistochemical study of Wischnewsky spots in fatal hypothermia. *Am J Forensic Med Pathol.* 2006; 27:70-4.
25. Preuss J, Thierauf A, Dettmeyer R, Madea B. Wischnewsky's spots in an ectopic stomach. *Forensic Sci Int.* 2007; 169:220-2.
26. Madea B, Grellner W. Vitale Reaktionen – Teil 2. *Rechtsmedizin.* 2003; 13:32-48.
27. Ogata M, Ago K, Ago M, Konto T, Kasai K, Ishikawa T, et al. A fatal case of hypothermia associated with hemorrhages of the pectoralis minor, intercostal, and iliopsoas muscles. *Am J Forensic Med Pathol.* 2007; 28:348-52.
28. Aghayev E, Thali MJ, Jackowski C, Sonnenschein M, Dirnhofer R, Yen K. MRI detects hemorrhages in the muscles of the back in hypothermia. *Forensic Sci Int.* 2008; 176:183-6.
29. Lignitz E, Henn V. New autopsy signs in violent death. *Forensic Sci Int.* 2007; 165:172-7.
30. Oehmichen M, Auer RN, Koenig GH. *Forensic neuropathology and associated neurology.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2009.

Hypothermia as the Cause of Death in Forensic Pathology: Autopsy Study

Slobodan Nikolić¹, Magdalena Živković², Vladimir Živković¹, Fehim Juković³

¹Institute of Forensic Medicine, School of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

²School of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

³Healthcare Centre of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia

SUMMARY

Introduction The body cooling process goes through few clinical phases. These are followed by some morphological thanatological changes such as frost erythema and Wischnewsky's spots, which are used in diagnosis of death due to hypothermia. In such cases there is no any specific autopsy finding.

Objective To establish the frequency of hypothermia as the cause of death for a ten-year-period, and to analyze the sample according to gender and age, risk factors and autopsy findings of subjects.

Methods A retrospective autopsy study was performed for a ten-year-period (total of 12,765 forensic autopsies). The relevant data were collected from autopsy records, police reports and heteroanamnesic interviews. The sample was analyzed according to gender, age, scene of death, blood alcohol concentration, risk factors, and autopsy findings of all observed subjects.

Results The sample included 67 subjects, 42 males and 25 females ($\chi^2=4.31$; $p<0.05$), of average age 63.9 ± 14.7 years

($\min=27$, $\max=92$; $\text{med}=65$, $\text{mod}=55$). Nineteen of subjects were found at in-door places. In 13 subjects blood alcohol concentration ranged from 0.50 to 3.32 promille (average 1.81 ± 0.93). The younger the observed subject was, the higher the blood alcohol concentration ($\rho=-0.251$; $p=0.04$). One third of the observed subjects were chronic alcohol abusers. Thirteen persons had psychiatric diseases. In 43 observed subjects the concomitant appearance of frost erythema and Wischnewsky's spots were established ($\chi^2=49.59$; $\text{df}=3$; $p<0.001$).

Conclusion In the analyzed ten-year period hypothermia was not often the cause of death; it was disclosed only in 0.5% of the total number of the studied autopsies. The most of the deceased were older males with cardiovascular problems found in unprotected open-air places. The most frequent thanatological findings in the analyzed subjects were frost erythema and Wischnewsky's spots.

Keywords: hypothermia; autopsy; forensic pathology