

Jarosław Berent

Ustalanie czasu zgonu na podstawie pomiarów temperatury. Część II. Wyniki badań od lat siedemdziesiątych do końca dwudziestego wieku

Determining *post mortem* interval by temperature data.

Part II: research results from the 1970s to the end of the 20th century

Z Zakładu Orzecznictwa Sądowo-Lekarskiego i Ubezpieczeniowego Katedry Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, ul. Sędziowska 18a, 91-304 Łódź
Kierownik: dr hab. n. med. Jarosław Berent, prof. nadzw. UMŁ

W pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego ustalania czasu zgonu na podstawie pomiarów temperatury. Z uwagi na objętość materiału przedstawiono ją w dwóch częściach. W obecnej – drugiej – części przedstawiono współczesny stan wiedzy począwszy od prac z lat siedemdziesiątych do końca dwudziestego wieku.

The study reviews literature on the determination of the *post mortem* interval by temperature data. Because of the amount of material, it is presented in two parts. In the present - second - part, the state of contemporary knowledge is presented beginning with papers from the 1970s and later, up to the end of the 20th century.

Pierwszą publikacją polskiego autora z tej tematyki była praca Nasiłowskiego pochodząca z roku 1971. Pokazał on praktyczne zalety elektrycznego pomiaru temperatury zwłok w trzech punktach pomiarowych, a do dalszego wnioskowania wykorzystał model chłodzenia według krzywej wykładniczej [1]. W dalszych latach Tomaszewski i wsp. zaproponowali konstrukcję przenośnego termometru elektronicznego możliwego do zastosowania na miejscu znalezienia zwłok [2]. W połowie lat osiemdziesiątych zespół z Zakładu Medycyny Sądowej AM w Bydgoszczy (Miścicka-Śliwka i Śliwka) opublikowali cykl prac doświadczalnych nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci.

Analizowano przydatność zarówno pojedynczych punktów pomiarowych (mózg, odbytnica, wątroba, serce), jak i pomiarów wielopunktowych (11 różnych okolic ciała), przy czym prowadzono pomiary ciągłe rozebranych zwłok w warunkach sali sekcyjnej. Stwierdzono, że największą przydatność posiadają głębokie punkty pomiarowe, a otrzymane krzywe można opisać parabolą drugiego stopnia: $T = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$, gdzie T – temperatura, t – czas, a_0, a_1, a_2 – parametry [3, 4, 5, 6, 7]. Ten sam zespół razem ze Smolką zaproponował również nomogram dla określania czasu zgonu na podstawie temperatury zmierzonej w sercu i obwodzie klatki piersiowej [8]. Wprowadzenie pomiarów obwodu klatki piersiowej zwiększało dokładność oszacowania czasu zgonu. Spostrzeżenie to stało się praktycznym potwierdzeniem wniosku wynikającego z pracy Selliera, mówiącego że promień ciała ma największy wpływ na zmienność temperatury po śmierci [9].

Naeve i Apel przeprowadzili ciągłe zapisy temperatur mózgu. Uzyskali wyniki wskazujące na szybszy spadek temperatury niż w innych organach, bez początkowego plateau, co mogło wynikać z lokalizacji sondy pomiarowej w płatach czołowych, a nie w centralnej części głowy (zmieniony „czynnik położenia”). Ich wyniki udowodniły bardzo regularny charakter krzywych z niewielką zmiennością międzyosobniczą [10]. Pomiary Brinkmanna i wsp. były dokonane zarówno w środku głowy, jak i w peryferyjnych częściach mózgu. Dla pomiarów ze środka

otrzymali oni typowe krzywe dwuwykładnicze (sigmoidalne) z krótkim plateau, a dla pomiarów części peryferyjnych krzywe wykładnicze. Zarówno jedne, jak i drugie krzywe wykazywały dużą powtarzalność międzypersonalną [11, 12]. Badania Simonsena, Voigta i Jeppesena, w których mierzyli temperatury dla 6 okolic ciała oraz temperaturę otoczenia wykazały, że najodpowiedniejsza dla oszacowania czasu zgonu jest temperatura mierzona w mózgu, a wykorzystanie innych miejsc pomiarowych prowadzi do znacznych błędów [13]. Dużą wartość pomiarów temperatury mózgu potwierdziły późniejsze prace Olaisena [14].

Newitt i Green w 1979 roku podjęli próbę sprawdzenia, czy termografia może mieć zastosowanie dla określania czasu śmierci. Wykazali, że otrzymywane tą metodą pomiary temperatury powierzchni ciała są bardzo wrażliwe na wszelkie zachwiania temperatury otoczenia (nawet tak małe, jak wynikające ze zbliżenia się badacza do ciała) a przez to nieprzydatne dla określania czasu zgonu [15]. Praca ta po raz kolejny udowodniła, że temperatura powierzchni ciała (niezależnie od sposobu jej pomiaru) jest nieprzydatna dla rozważanego zagadnienia.

Również znacznie późniejsze prace Al-Alousiego i wsp. opierające się na określaniu temperatury przy pomocy pomiarów promieniowania mikrofalowego wykazały ich niewielkie znaczenie praktyczne [16, 17].

Na początku lat osiemdziesiątych grupa badaczy z Japonii wdrożyła do praktyki metodę obliczeń opartą na modelu nieskończonego cylindra. Analizowali oni numerycznie¹ równania przepływu ciepła przez walec. Stwierdzili, że dokładne wyniki można otrzymać drogą dwukrotnego pomiaru temperatury w odbyticy, przy czym pierwszy z nich musi być dokonany jak najwcześniej po śmierci. Dodatkowymi rezultatami prac było ustalenie, iż odbytica nie znajduje się w osi ciała, lecz na 3/4 długości jego średnicy („location factor”), a ponadto drogą eksperymentów na zwierzętach i na zwłokach ludzkich określono wartości współczynnika przewodzenia ciepła dla różnych tkanek [18, 19, 20, 21]. Na bazie ich prac opracowano również odpowiednie programy komputerowe, najpierw w języku Fortran dla dużych systemów komputerowych w ośrodkach obliczeniowych, później – w miarę rozwoju komputerów osobistych w języku C, a w ostatnich latach w języku Basic dla komputerów pracujących w środowisku DOS lub Windows [22, 23, 24, 25]. Pojawiły się jednak głosy, że obliczenia mogą dawać złudne wrażenie dużej dokładności oszaco-

wania czasu zgonu, tym bardziej, że obliczenia te mogą być prowadzone na miejscu znalezienia zwłok nawet na kalkulatorze programowanym [26, 27].

Nowikow i Popow w 1983 roku przedstawili „system adaptacyjny” służący określeniu czasu śmierci. System ten był w swej istocie elektronicznym „fantomem” ciała ludzkiego. Autor, bazując na matematycznym opisie chłodzenia ciała, zaprojektował układ elektroniczny o takiej samej charakterystyce pomiędzy sygnałem wejściowym a wyjściowym, jaka w rzeczywistości zachodzi pomiędzy temperaturą ciała i otoczenia a czasem zgonu. Analiza tym urządzeniem sprowadzała się do ustalenia parametrów „fantomu” na podstawie zmierzonych temperatur ciała i otoczenia (sygnał wejściowy) i następnie już czas zgonu (sygnał wyjściowy) mógł być odczytany z ekranu oscyloskopu [28]. W późniejszych latach Szwied opracował komputerową realizację takiego właśnie „systemu adaptacyjnego”, która sprowadzała się do zastąpienia elektronicznego „fantomu” odpowiednim programem komputerowym [29].

W 1979 roku ukazały się dwie pierwsze prace spośród dużego cyklu opublikowane przez znanego niemieckiego badacza Henssgego, w których podjął on temat dokładności oszacowania czasu zgonu [30-31]. Stosował on metodę pojedynczego pomiaru temperatury w odbyticy, a do obliczeń wykorzystywał model dwuwykładniczy Marshalla i Hoare. Analizował on krzywe chłodzenia ciała w różnych temperaturach otoczenia, w tym również dla skokowo zmiennej temperatury oraz dla różnych warunków przepływu powietrza wokół ciała i dla różnej odzieży. Stwierdził, że model dwuwykładniczy jest optymalny dla omawianego zagadnienia, jednakże drogą analizy wzajemnych zależności pomiędzy stałymi we wzorze Marshalla i Hoare podał on wzór w nieco zmienionej postaci: $T_t = T_0(p/p-Z)e^{Zt} - T_0(Z/p-Z)e^{pt}$, gdzie T_t – temperatura odbyticy dla czasu t , T_0 – temperatura odbyticy w chwili $t=0$ ($=37,2^\circ\text{C}$), t – czas, p , Z – parametry, e – podstawa logarytmów naturalnych.

Henssge drogą badań doświadczalnych ustalił, że zmienna Z w równaniu jest opisana wzorem: $Z=0,0284-1,2815\text{kg}^{-0,625}$, gdzie: kg – ciężar ciała, a ponadto wykazał, że zachodzi zależność pomiędzy stałymi p i Z . Zależność ta dla temperatury otoczenia $\square 23,2^\circ\text{C}$ wynosi $p=5Z$, a dla temperatury otoczenia $\square 23,3^\circ\text{C}$ wynosi $p=10Z$. Według tego autora temperatura początkowa ciała jest zawsze nieznaną i przyjęcie pewnej hipotetycznej wartości (np. tak jak on $37,2^\circ\text{C}$) prowadzi do błędów oszacowania.

¹ Rozwiązanie podanych przez nich równań różniczkowych ma postać nieskończonej sumy, co powoduje, że w praktyce nie można zastosować rozwiązań analitycznych, a tylko ich numeryczne przybliżenia.

Jego badania doświadczalne wykazały, że dokładność pomiarów wynosi od 145 do 165 minut w zakresie do 55 godzin po zgonie, jednak najlepsze wyniki otrzymuje się dla pomiarów do 10 godziny po zgonie. Konkludując stwierdzał, że jest to precyzyjniejsza metoda od innych dotychczas stosowanych, ale ograniczona tylko do miejsca znalezienia zwłok.

Henssge w badaniach nad wpływem odzieży i warunków przepływu powietrza wokół ciała wykazał, że można uwzględnić ich wpływ stosując zaproponowane przez niego współczynniki korekcyjne. Ponadto dla ułatwienia opiniowania opracował on nomogramy pozwalające na określenie czasu zgonu graficznie, bez stosowania obliczeń [32, 33, 34]. Stwierdzono również, że wyniki określone tą metodą są dokładniejsze niż proste oszacowania stosowane do tej pory na miejscu znalezienia zwłok [35]. Bazując na metodyce zaproponowanej przez Henssgego również inni autorzy podali swoje własne tabele współczynników korekcyjnych [36].

W kolejnych latach sam Henssge i inni autorzy opublikowali wyniki prac wskazujących na potrzebę stosowania zmodyfikowanych współczynników korekcyjnych w przypadkach odbiegających od typowych, takich jak np. zgon w pożarze, zwłoki znajdujące się w miejscu o małej objętości, zwłoki zanurzone w wodzie, czy też ciężary ciała znacznie odbiegające od przeciętnych. Część z tych badań prowadzona była z wykorzystaniem specjalnego fantomu imitującego ciało ludzkie [37, 38, 39, 40, 41, 42, 43].

Metoda została dobrze przyjęta przez wielu badaczy, którzy potwierdzili jej praktyczną przydatność, a nawet stwierdzono, że daje lepsze wyniki niż bardziej złożone matematycznie metody [44, 45].

Henssge zaadaptował też swoją metodę dla temperatur mierzonych w mózgu, podając odpowiedni wzór i nomogramy [46, 47, 48]. Wzór ten ma postać dwuwykładniczą: $(T_H - T_U) / (37,2^\circ\text{C} - T_U) = 1,135e^{-0,127t} - 0,135e^{-1,067t}$, gdzie T_H – temperatura mózgu, T_U – temperatura otoczenia, t – czas, e – podstawa logarytmów naturalnych.

Badanie dokładności wyników pozwoliło autorowi na wniosek, że do 6½ godziny od zgonu najlepsze wyniki daje oszacowanie na podstawie temperatury mózgu, pomiędzy 6½ a 10½ godziny na podstawie pomiaru temperatury w mózgu i temperatury w odbytncy łącznie, a powyżej 10½ godziny tylko na podstawie pomiarów temperatury w odbytncy [49]. Wischhusen zwracał ponadto uwagę na to, że temperatura w mózgu jest niezależna od rodzaju odzieży [50].

W 1988 roku Henssge opublikował zbiorczą pracę na temat swej metody podsumowującą wyniki 13 lat pracy [51]. Dopiero w tej publikacji podał on

przyczynę, która spowodowała istnienie dwóch nomogramów, osobno dla wyższych i niższych temperatur otoczenia. Okazało się, że dla wyższych temperatur otoczenia miał on tak mało przypadków, że wykorzystał dokładne wyniki pomiarów opublikowane wcześniej przez de Sarama i wsp. [52, 53]. Dla takich jednak danych konieczna była zmiana parametrów wyjściowego równania. Autor zauważył też, że taka zmiana parametrów nie może mieć żadnego teoretycznego wyjaśnienia, bowiem nie ma żadnego powodu, dla którego w pewnej temperaturze zmieniałyby się skokowo warunki przepływu ciepła w ciele ludzkim. W pracy tej podał również pełną tabelę współczynników korekcyjnych oraz powtórzył tezę o prowadzeniu pomiarów temperatury w mózgu, oprócz oczywiście pomiarów w odbytncy.

W 1990 roku zespół 11 autorów w badaniach na dużej grupie przypadków, prowadzonych w różnych ośrodkach potwierdził przydatność metody Henssgego, dodatkowo stwierdzając, że faktyczne błędy oszacowań są mniejsze od spodziewanych [54].

Nokes i wsp. zasugerowali metodę opartą na krzywej dwuwykładniczej, bazującą tylko na kilkukrotnych pomiarach temperatury w odbytncy bez jakichkolwiek innych parametrów [55, 56]. Podobny tok rozumowania wykorzystali Green i wsp. [57, 58] oraz cytowani już wcześniej Szwid i wsp. [29]. Ungurian opracował tabele spadku temperatury w odbytncy u dzieci do 1½ roku życia. Wynika z nich, że w pierwszej dobie po śmierci czas zgonu może być oszacowany z dokładnością do ± 4 godzin [59].

Oprócz temperatury w odbytncy badano także możliwości zastosowania innych punktów pomiarowych. Nokes i wsp. opublikowali w 1985 roku wyniki pomiarów w tchawicy [60], a kilka lat później w uchu i w nosie [61]. Jego zespół przedstawił też poglądowo najpopularniejsze algorytmy na przykładach [62]. Nowikow w kolejnym roku badał przebiegi temperaturowe na różnych głębokościach pod skórą. Doszedł on do wniosku, że najbardziej optymalne jest miejsce posiadające największą bezwładność cieplną (najdłuższe plateau) [63]. Morgan i wsp. prowadzili pomiary w czterech punktach (ucho środkowe lewe i prawe, przedramię i udo) [64]. Baccino i wsp. opracowali metodę opartą na pojedynczym pomiarze temperatury ucha wewnętrznego [65, 66]. Jednak jej wartość została poddana krytyce przez Henssgego oraz Rutty'ego i wsp., chociaż sam Rutty i wsp. również donieśli o wartości temperatury mierzonej w uchu [67, 68, 69]. Podjęto również próbę wykorzystania metod łączących w sobie pomiary temperaturowe z pomiarami innych parametrów. Przykładowo w 1983 roku Pex i wsp. opublikowali wyniki badań pomia-

rów temperatury i stężenia glukozy w cieczy wodnistej oka, a w 1998 roku McDowall i wsp. temperatury i szybkości przewodnictwa nerwowego (obie prace na materiale zwierzęcym) [70, 71].

W latach 90-tych, po blisko dziesięcioletniej przerwie, w Zakładzie Medycyny Sądowej AM w Bydgoszczy podjęto ponownie badania nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci. Opracowane zostały wzory pozwalające na obliczenie czasu śmierci przy zmiennej temperaturze otoczenia oraz pozwalające na oszacowanie błędów takich obliczeń [72]. W kolejnych pracach, bazując na opracowanych wzorach, wykazano, że rodzaj izolacji termicznej ciała oraz jej wilgotność a także charakter zmienności temperatury otoczenia ma zasadniczy wpływ na prędkość chłodzenia. Przedstawiono również hipotezę, że gradient temperatury wzdłuż promienia ciała niesie ze sobą większą informację niż sama tylko temperatura osi ciała ludzkiego, co może umożliwić *ex post* odtworzenie przebiegu zmienności temperatury otoczenia [73, 74]. Pomiar gradientów temperatury przeprowadzone na modelu potwierdziły wstępnie powyższą hipotezę [75]. Podobnym tokiem rozumowania poszli również Althaus i Henssge w swoim wstępnym doniesieniu z 1999 roku. Badali oni wpływ skokowej zmiany temperatury otoczenia wykorzystując znaną metodę nomograficzną Henssgego [76].

Kończąc przegląd opublikowanych prac z tej dziedziny medycyny sądowej należy również wspomnieć o pracy Knighta z 1988 roku, w której przedstawił on rozwój poglądów na określanie czasu zgonu na podstawie pomiarów temperatury [77]. Ponadto w roku 1988 i 1995 opublikowano dwie obszerne monografie. W pierwszej (wydanej w języku niemieckim) obszerny rozdział poświęcony metodom temperaturowym opracowali Henssge i Madea [78], a w drugiej (wydanej w języku angielskim) dwa rozdziały o tej tematyce opracowali odpowiednio Knight oraz Nokes [79] i Henssge [80].

PIŚMIENNICTWO

1. Nasiłowski W.: Anwendung des elektrischen Thermometers zur Todeszeitbestimmung. *Krim. Forens. Wiss.* 1971, 4, 181-184.
2. Tomaszewski R., Śliwka K., Kądziała W.: Termometr termistorowy do określania temperatury zwłok. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1980, 30, 115-118.
3. Miścicka-Śliwka D., Śliwka K.: Badania nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci. I. Pośmiertny spadek temperatury w mózgu. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1984, 34, 221-232.
4. Śliwka K., Miścicka-Śliwka D.: Badania nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci. II. Pośmiertny spadek temperatury w odbyticy. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1985, 35, 1-6.
5. Miścicka-Śliwka D., Śliwka K.: Badania nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci. III. Pośmiertny spadek temperatury w wątrobie. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1985, 35, 74-78.
6. Miścicka-Śliwka D., Śliwka K.: Badania nad ochładzaniem zwłok w aspekcie ustalania czasu śmierci. IV. Pośmiertny spadek temperatury w sercu. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1985, 35, 79-84.
7. Śliwka K., Miścicka-Śliwka D.: Badania nad przydatnością wybranych punktów pomiarowych temperatury zwłok, dla określenia czasu śmierci, na podstawie ciągłej rejestracji temperatury. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1985, 35, 85-92.
8. Miścicka-Śliwka D., Śliwka K., Smolka R.: Nomogram do obliczania czasu śmierci na podstawie wartości temperatury mierzonej w sercu i obwodzie klatki piersiowej. *Arch. Med. Sąd. Krym.* 1986, 36, 15-20.
9. Sellier K.: Determination of the time of death by extrapolation of the temperature decrease curve. *Acta Med. Leg. Soc.* 1958, 11, 279-302.
10. Naeve W., Apel D.: Hinterntemperatur der Leiche und Todeszeit. *Z. Rechtsmed.* 1973, 73, 159-169.
11. Brinkmann B., May D., Riemann U.: Postmortaler Temperaturausgleich im Bereich des Kopfes. *Z. Rechtsmed.* 1976, 78, 69-82.
12. Brinkmann B., Menzel G., Riemann U.: Postmortale Organtemperaturen unter verschiedenen Umweltbedingungen. *Z. Rechtsmed.* 1978, 81, 207-216.
13. Simonsen J., Voigt J., Jeppesen N.: Determination of the time of death by continuous postmortem temperature measurements. *Med. Sci. Law*, 1977, 17, 112-122.
14. Olaisen B.: Postmortem decrease in brain temperature. *Z. Rechtsmed.* 1979, 83, 253-257.
15. Newitt C., Green M. A.: A thermographic study of surface cooling of cadavers. *J. Forensic Sci. Soc.* 1979, 19, 179-181.
16. Al-Alousi L. M., Anderson R. A.: Microwave thermography in forensic medicine. *Police Surg.* 1986, 30, 30-42.
17. Al-Alousi L. M., Anderson R. A., Land D. V.: A non-invasive method for postmortem temperature measurements using a microwave probe. *Forensic Sci. Int.* 1994, 64, 35-46.
18. Hiraiwa K., Ohno Y., Kuroda F., Sebetan I. M., Oshida S.: Estimation of postmortem interval from rectal temperature by use of computer. *Med. Sci. Law* 1980, 20, 115-125.
19. Hiraiwa K., Kudo T., Kuroda F., Ohno Y., Sebetan I. M., Oshida S.: Estimation of postmortem

interval from rectal temperature by use of computer – relationship between rectal and skin cooling curves. *Med. Sci. Law* 1981, 21, 4-9.

20. Kuroda F., Hiraiwa K., Oshida S., Akaishi S.: Estimation of postmortem interval from rectal temperature by use of computer (III) – Thermal conductivity of the skin. *Med. Sci. Law* 1982, 22, 285-289.

21. Kuroda F., Hiraiwa K., Oshida S., Akaishi S.: Estimation of postmortem interval from rectal temperature by use of computer (IV) – Thermal diffusivity of the rabbit. *Med. Sci. Law* 1983, 23, 125-130.

22. Kitazawa M., Inoue M., Fushimy Y., Yamamoto N., Ohno Y., Hiraiwa K., Oshida S.: Simple and rapid estimation of postmortem interval from rectal temperature by use of personal computer. Plakat przedstawiony podczas 13th Meeting of the International Association of Forensic Sciences, Düsseldorf, 23.08.1993 r.

23. Lynnerup N.: A computer program for the estimation of time of death. *J. Forensic Sci.* 1993, 38, 816-820.

24. Lynnerup N.: Time of death determination by computer simulation. w: Jacob B., Bonte W. (red.): *Advances in Forensic Sciences. Vol. 4. Forensic Criminalistics 2.* Verlag Dr. Köster, Berlin 1995, pp. 118-121.

25. Ohno Y., Kajiwara M., Mukai T.: Computer simulation program of rectal temperature by infinite cylinder model. *Res. Pract. Forens. Med.* 1990, 33, 335-341.

26. Lauridson J. R.: A discussion of „A computer program for the estimation of time of death”. *J. Forensic Sci.* 1994, 39, 601-602.

27. Швед Е. Ф., Новиков П. И., Власов А. Ю.: Диагностическая программа для определения давности смерти при помощи микрокалькуляторов марки МК-61 и БЗ-34. *Суд. Мед. Эксперт.* 1989, 1, 15-17.

28. Новиков П. И., Попов В. Г.: Адаптивные системы в диагностике давности смерти. *Суд. Мед. Эксперт.* 1983, 3, 6-9.

29. Швед Е. Ф., Новиков П. И., Власов А. Ю.: Реализация на микро-эвм адаптивного способа моделирования процесса изменения температуры трупа. *Суд. Мед. Эксперт.* 1989, 2, 4-6.

30. Henssge C.: Die mathematische Beschreibung der Leichenabkühlung. Präzision von Todeszeitbestimmung unter Standardbedingungen. *Krim. Forens. Wiss.* 1979, 36, 65-82.

31. Henssge C.: Die Präzision von Todeszeitschätzungen durch die mathematische Beschreibung der rektalen Leichenabkühlung. *Z. Rechtsmed.* 1979, 83, 49-67.

32. Henssge C.: Temperatur-Todeszeit-Nomogramme für Bezugsstandardbedingungen der Le-

ichenlagerung. *Krim. Forens. Wiss.* 1982, 46, 109-115.

33. Henssge C.: Todeszeitschätzungen durch die mathematische Beschreibung der rektalen Leichenabkühlung unter verschiedenen Abkühlungsbedingungen. *Z. Rechtsmed.* 1981, 87, 147-178.

34. Henssge C., Brinkmann B.: Todeszeitbestimmung aus der Rektaltemperatur. *Arch. Kriminol.* 1984, 174, 96-112.

35. Stipanitis E., Henssge C.: Präzisionsvergleich von Todeszeitrückrechnungen aus der Rektaltemperatur ohne und mit Berücksichtigung von Einflußfaktoren. *Beitr. Gerichtl. Med.* 1985, 43, 323-329.

36. Кильдюшов Е. И., Буромский И. В.: Использование поправочных коэффициентов при установлении давности наступления смерти на месте обнаружения трупа с помощью номограмм С. Henssge. *Суд. Мед. Эксперт.* 1997, 40, 4-7.

37. Henssge C.: Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions. *Forensic Sci. Int.* 1992, 54, 51-66.

38. Henssge C., Brinkmann B., Püschel K.: Todeszeitbestimmung durch Messung der Rektaltemperatur bei Wassersuspension der Leiche. *Z. Rechtsmed.* 1984, 92, 255-276.

39. Henssge C., Hahn S., Madea B.: Praktische Erfahrungen mit einem Abkühlungsdummy. *Beitr. Gerichtl. Med.* 1986, 44, 123-126.

40. Henssge C., Madea B., Schaar U., Pitzken C.: Die abkühlung eines Dummy unter verschiedenen Bedingungen im Vergleich zur Leichenabkühlung. *Beitr. Gerichtl. Med.* 1987, 45, 145-149.

41. Kuehn L. A., Tikuisis P., Livingstone S., Limmer R.: Body cooling after death. *Aviat. Space Environ. Med.* 1980, 51, 965-969.

42. Marty W., Bär W.: Das Auskühlverhalten der Leiche im Sarg. *Rechtsmedizin* 1993, 3, 51-53.

43. Riepert T., Lasczkowski G., Becker J., Urban R.: Extrem differierende Rektaltemperaturen bei zehn Todesfällen nach Wohnungsbrand – ein Beitrag zur Bedeutung des Körpergewichts bei der Leichenabkühlung. *Arch. Kriminol.* 1993, 191, 107-113.

44. Du Chesne A., Hegewald D., Bajanowski T.: Todeszeitbestimmung an Hand der nomografisch ausgewerteten Rektaltemperatur in der gerichtsmedizinischen Praxis. *Krim. Forens. Wiss.* 1988, 71, 87-90.

45. Mall G., Hubig M., Beier G., Eisenmenger W.: Energy loss due to radiation in postmortem cooling. Part A. Quantitative estimation of radiation using the Stefan-Boltzmann law. *Int. J. Legal Med.* 1998, 111(6), 299-304.

46. Henssge C., Beckmann E. R., Wischhusen F.: Nomographische Bestimmung der Todeszeit durch

Messung der Hirntemperatur. Beitr. Gerichtl. Med. 1984, 42, 107-111.

47. Henssge C., Beckmann E. R., Wischhusen F., Brinkmann B.: Todeszeitbestimmung durch Messung der zentralen Hirntemperatur. Z. Rechtsmed. 1984, 93, 1-22.

48. Oehmichen M., Staak M.: Leichentemperatur und Todeszeitschätzung. Erfahrungen mit einem standardisierten Nomogramm. Beitr. Gericht. Med. 1984, 42, 441-443.

49. Henssge C., Frekers R., Reinhardt S., Beckmann E. R.: Todeszeitbestimmung auf der Basis simultaner Messung von Hirn- und Rektaltemperatur. Z. Rechtsmed. 1984, 93, 123-133.

50. Wischhusen F., Kruse M., Püschel K., Henssge C.: Todeszeitbestimmung aus der Hirntemperatur unter verschiedenen Abkühlungsbedingungen. Rechtsmedizin 1991, 1, 9-16.

51. Henssge C.: Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. Forensic Sci. Int. 1988, 38, 209-236.

52. de Saram G. S. W.: Estimation of the time of death by medical criteria. J. Forensic Med. 1957, 4, 47-57.

53. de Saram G. S. W., Webster G., Kathirgamtamby N.: Post-mortem temperature and the time of death. J. Crim. Law Criminol. Pol. Sci. 1955, 46, 562-577.

54. Albrecht A., Gerling I., Henssge C., Hochmeister M., Kleiber M., Madea B., Oehmichen M., Pollak S., Püschel K., Seifert D., Teige K.: Zur Anwendung des Rektaltemperatur-Todeszeit-Nomogramms am Leichenfundort. Z. Rechtsmed. 1990, 103, 257-278.

55. Brown A., Hicks B., Knight B., Nokes L. D. M.: Determination of time since death using the double exponential cooling model. Med. Sci. Law 1985, 25, 223-227.

56. Nokes L. D. M., Brown A., Knight B.: A self-contained method for determining time since death from temperature measurements. Med. Sci. Law 1983, 23, 166-171.

57. Green M. A., Wright J. C.: Postmortem interval estimation from body temperature data only. Forensic Sci. Int. 1985, 28, 35-46.

58. Green M. A., Wright J. C.: The theoretical aspects of the time dependent Z equation as a means of postmortem interval estimation using body temperature data only. Forensic Sci. Int. 1985, 28, 53-62.

59. Унгуриян С. В.: Установление давности смерти детей грудного возраста по динамике ректальной температуры. Суд. Мед. Эксперт. 1984, 2, 13-15.

60. Nokes L. D. M., Hicks B., Knight B.: The use of trachea temperature as means of determining the

post-mortem period. Med. Sci. Law 1986, 26, 199-202.

61. Nokes L. D. M., Flint T., Jaafar S., Knight B. H.: The use of either the nose or outer ear as a means of determining the postmortem period of a human corpse. Forensic Sci. Int. 1992, 54, 153-158.

62. Nokes L. D. M., Flint T., Williams J. H., Knight B. H.: The application of eight reported temperature-based algorithms to calculate the postmortem interval. Forensic Sci. Int. 1992, 54, 109-125.

63. Новиков П. И.: Определение оптимальной зоны измерения температуры тела трупа для установления давности смерти. Суд. Мед. Эксперт. 1986, 29, 11-14.

64. Morgan C., Nokes L. D. M., Williams J. H., Knight B. H.: Estimation of the post mortem period by multiple site temperature measurements and the use of a new algorithm. Forensic Sci. Int. 1988, 39, 89-95.

65. Baccino E.: Response to Dr Rutty's letter re: 'Outer ear temperature and time of death'. Forensic Sci. Int. 1997, 87, 173.

66. Baccino E., De Saint Martin L., Schuliar Y., Guilloteau P., Le Rhun M., Morin J. F., Leglise D., Amice J.: Outer ear temperature and time of death. Forensic Sci. Int. 1996, 83, 133-146.

67. Henssge C.: Concerning the paper by Baccino et al., entitled 'Outer ear temperature and time of death' (Forensic Sci. Int., 83 (1996) 133-146). Forensic Sci. Int. 1997, 87, 169.

68. Rutty G. N.: Concerning the paper by Baccino et al., entitled 'Outer ear temperature and time of death' (Forensic Sci. Int., 83 (1996) 133-146). Forensic Sci. Int. 1997, 87, 171-172.

69. Rutty G. N., Smith N. C., Rutty J. E.: The use of infra red ear thermometry for determination of time since death in the early post mortem period. J. Pathol. 1996, 179 (supl.), 13A.

70. McDowall K. L., Lenihan D. V., Busuttill A., Glasby M. A.: The use of absolute refractory period in the estimation of early postmortem period. Forensic Sci. Int. 1998, 91, 163-170.

71. Pex J. O., Meneely K. D., Andrews F. C.: Time of death estimation in blacktail deer by temperature and aqueous humor glucose. J. Forensic Sci. 1983, 28, 594-601.

72. Piotrowicz A., Śliwka K., Berent J. A.: Analityczna ocena zmienności temperatury ciała post mortem przy uwzględnieniu zmiennej temperatury otoczenia. Arch. Med. Sąd. Krym. 1994, 44, 3-12.

73. Berent J. A., Piotrowicz A., Śliwka K., Miścicka-Śliwka D.: Computer simulation of effect of thermal insulation on the post mortem body temperature. w: Mangin P., Ludes B. (red.): Acta Medicinæ Legalis. Vol. XLIV 1994, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1995, pp. 413-416.

74. Berent J. A., Piotrowicz A., Śliwka K., Miścicka-Śliwka D.: Validity of temperature methods of post mortem interval estimation when changeable ambient temperature is considered. An introduction into model of the thermal memory. w: Prax J. Y., Marc B. (red.): 5th Cross-Channel Conference on Forensic Medicine on CD-ROM. CoreEdge Editions Electroniques, Paris 1995, pp. 269-281.

75. Berent J. A., Śliwka K.: The thermal memory. w: Takatori T., Takaasu A. (red.): Current Topics in Forensic Science. Vol. 4. Crime Scene Investigations. Shundersen Communications, Ottawa 1997, pp. 25-28.

76. Althaus L., Henssge C.: Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature. *Forensic Sci. Int.* 1999, 99(3), 171-178.

77. Knight B.: The evolution of methods for estimating the time of death from body temperature. *Forensic Sci. Int.* 1988, 36, 47-55.

78. Henssge C., Madea B.: Methoden zur bestimmung der Todeszeit an Leichen. 6. Abkühlung.

Verlag Max Schmidt-Römhild, Lübeck 1988, pp. 133-201.

79. Knight B., Nokes L.: Temperature-based methods I. w: Knight B. (red.): The estimation of the time since death in the early postmortem period. Edward Arnold, London, Boston, Melbourne, Auckland 1995, pp. 3-45.

80. Henssge C.: Temperature-based methods II. w: Knight B. (red.): The estimation of the time since death in the early postmortem period. Edward Arnold, London, Boston, Melbourne, Auckland 1995, pp. 46-105.

Adres do korespondencji:

Dr hab. n. med. Jarosław Berent, prof. nadzw. UMŁ
Zakład Orzecznictwa Sądowo-Lekarskiego
i Ubezpieczeniowego
Katedry Medycyny Sądowej
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ul. Sędziowska 18a, 91-304 Łódź
e-mail: J.Berent@eranet.pl