

Jarosław Berent

Ustalanie czasu zgonu na podstawie pomiarów temperatury. Część I. Od pierwszych badań z dziewiętnastego wieku do koncepcji opartej na modelu dwuwykładniczym Marshalla-Hoare

Determining the post mortem interval based on temperature measurements, Part I: from the first 19th C. studies to Marshall & Hoare's double exponential model

z Katedry i Zakładu Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik: prof. zw. dr hab. n. med. Stefan Szram

W pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego ustalania czasu zgonu na podstawie pomiarów temperatury. Z uwagi na objętość materiału przedstawiono ją w dwóch częściach. W niniejszej – pierwszej – części przedstawiono poglądy od pierwszych badań wykonanych przez Davey'a w 1839 roku w Londynie do koncepcji opartych na dwuwykładniczym (sigmoidalnym) modelu chłodzenia ciała ludzkiego opracowanych w 1962 roku przez Marshalla i Hoare.

The study reviews the literature on determining the post mortem interval by temperature data. Because of the amount of material, it is presented in two parts. The first presents ideas about post mortem cooling of the human body from the first studies carried out by Davey in 1839 in London, up to conceptions based on the double exponential (sigmoid) model elaborated in 1962 by Marshall and Hoare.

Ustalenie dokładnej chwili śmierci człowieka jest jednym z ważniejszych tematów zainteresowań medycyny sądowej. Zagadnienie to w praktyce sprowadza się do ustalenia czasu, jaki upłynął od chwili śmierci do momentu znalezienia zwłok i jest określane terminem ustalania „czasu zgonu” (niem. Todeszeit, ang. time since death, postmortem inte-

val). Problem ten ma doniosłe znaczenie prawne, zarówno z punktu widzenia prawa karnego, jak i cywilnego. W tym pierwszym przypadku opinia biegłego pozwala na weryfikację różnych wersji zdarzenia, np. na ocenę wiarygodności alibi osób podejrzanych. W drugim zaś, czas zgonu decyduje niekiedy o wystąpieniu lub niewystąpieniu zobowiązania (np. z tytułu umowy ubezpieczenia), a w przypadku śmierci osób spokrewnionych – wzajemna kolejność zgonów może decydować o dziedziczeniu. Niestety, problem ustalenia czasu zgonu – pomimo szeregu odkryć badawczych – pozostaje jeszcze daleki od pełnego rozwiązania. Oznacza to, że zazwyczaj brak jest możliwości podania dokładnej chwili śmierci człowieka, a co najwyżej można wskazać stosunkowo szeroki przedział, w którym to najprawdopodobniej doszło do zgonu.

Za jedne z lepszych uważane są metody oparte na pomiarach temperatury ciała. Fakt, iż ciało ludzkie po śmierci obniża¹ swoją temperaturę do poziomu temperatury otoczenia, znany był już od dawna. Pierwsze doniesienia naukowe na ten temat pochodzą już z dziewiętnastego wieku. Davey w 1839 roku w Londynie, Fowler w 1845 roku w Filadelfii i Hensly² rok później, również w Filadelfii, opublikowali pra-

¹ Zazwyczaj temperatura otoczenia jest niższa od temperatury ciała, stąd stwierdzenie o obniżaniu się temperatury. W przypadku odwrotnym, tj. jeżeli temperatura otoczenia byłaby wyższa od temperatury ciała, zachodziłoby ogrzewanie się ciała do temperatury otoczenia. Zależność ta została potwierdzona praktycznie [23].

² W pracy Burmana z 1880 roku [4] podany jest zapis nazwisk: Hensly i Fowler (jak to podano powyżej), natomiast w pracy Knighta i Nokesa z 1995 roku [15] podano zapis odpowiednio: Hensley i Dowler.

ce, w których zauważyli, iż pośmiertny spadek temperatury ciała jest stosunkowo powolny, szczególnie w pierwszych godzinach po zgonie [4, 15]. W roku 1863 Taylor i Wilks³ opublikowali pracę zawierającą w większości opisy anegdotycznych przypadków, chociaż wskazującą już także na obecność gradientu temperaturowego od wnętrza ciała do jego powierzchni, obserwowanego jako utrzymywanie się podwyższonej temperatury wnętrza ciała, podczas gdy skóra wychłodziła się już do temperatury otoczenia [36]. W 1866 Erb zaobserwował, w kilku przypadkach, pośmiertny wzrost temperatury. Podsumowując podał, iż temperatura początkowo wzrastała, następnie pozostawała na tym samym poziomie i dopiero później zaczynała powoli opadać. Jego praca odnosiła się jednak nie do możliwości określania czasu zgonu, lecz omawiała wybrane przypadki kliniczne [8]. Pierwszą publikacją analizującą pośmiertne zmiany temperatury, z punktu widzenia określania czasu zgonu, była praca Rainy'ego pochodząca z roku 1868. Autor poczynił w niej kilka istotnych spostrzeżeń, w większości obowiązujących do dnia dzisiejszego. Po pierwsze zauważył, że pomiary temperatury powierzchni ciała mają niewielką wartość dla określania czasu zgonu (on sam mierzył temperaturę w odbytnicy) oraz, że w przypadku zmiennej temperatury otoczenia pomiary mogą być bezwartościowe. Dalej podał, że dopiero kilkukrotne pomiary temperatury pozwalają na podjęcie obliczeń, które w rezultacie dają nie tyle dokładny czas zgonu, co tylko pewien przedział czasowy oraz zaproponował wzór oparty na rachunku logarytmicznym. Podsumowując stwierdził, że osoby niezaznajomione z takimi rachunkami powinny ograniczyć się tylko do przeprowadzenia pomiarów, a samo ustalenie czasu zgonu może być dokonane później, już przez inne osoby [29].

Rok później, w roku 1869, Seydeler zauważył, że temperatura pachowa obniża się nieregularnie, najpierw powoli, później szybciej i znowu powoli, a ponadto stwierdził, że wpływ odzieży na chłodzenie ciała jest niewielki. Podał on stosunkowo szczegółowe tabele, ale precyzja określania czasu zgonu na ich podstawie była mierzona w godzinach [34]. W roku 1880 Burman doniósł o wynikach swoich pomiarów. Nie znając wyników pracy Rainy'ego⁴ zastosował on,

tak jak wcześniej Seydeler, pomiary temperatury pachowej i wyciągnął wniosek o liniowym jej spadku o 1,6° F na godzinę⁵ [4]. Womack w 1887 roku również zastosował pomiary temperatury powierzchniowej (choć w jego przypadku na skórze brzucha) i pomimo, że już Rainy prawie dwadzieścia lat wcześniej wskazywał na brak możliwości określania czasu zgonu z dużą precyzją, obliczał ten czas z dokładnością nawet do pojedynczych minut [37].

Dalsze lata przyniosły długą przerwę w badaniach, a zdobyta już wiedza była mało wykorzystywana. Przykładowo Merkel w roku 1930 w swej pracy pogładowej dotyczącej określania czasu zgonu pomiary temperatury potraktował marginalnie, stwierdzając, że metody te nie mają i nie będą miały większego znaczenia, bowiem nie pozwoli na to zmienność warunków zewnętrznych. Podał on również przybliżoną regułę, iż temperatura po śmierci opada średnio o 1° C na godzinę [24].

W roku 1937 opublikowano pracę dotyczącą określania czasu zgonu poprzez pomiar temperatury w odbytnicy, w której zastosowano zupełnie nowoczesną (nawet jak na dzisiejsze czasy) technikę badawczą [27]. Mueller mierzył bowiem temperaturę przy użyciu termorezystora, a wyniki pomiarów rejestrował automatycznie na urządzeniu z przesuwającą się taśmą papierową. Dzięki takiej aparaturze mógł jako pierwszy wprowadzić ciągłe, wielogodzinne zapisy temperatur. Opublikował on wykresy zmienności temperatur, uwzględniając stopień rozwinięcia podściółki tłuszczowej i na ich podstawie podał również odpowiednie tabele dla temperatury zewnętrznej 17-18° C. W kolejnej pracy podał on również dane dla innych temperatur zewnętrznych, zauważając jednocześnie, iż czas zgonu powinien być jednak określony przez specjalistę medycyny sądowej w oparciu o cały zestaw metod, a podane tabele temperatur mają charakter jedynie orientacyjny [26]. Mueller w obu pracach uważa, że otrzymane przez niego krzywe są wykładnicze i nie zauważa zjawiska nazwanego później w literaturze „postmortem plateau”, czyli początkowego odchylenia krzywych od typowej krzywej wykładniczej⁶. W kolejnym roku wyniki badań na dużej grupie przypadków z zastosowaniem po-

³ W pracy Burmana z 1880 roku [4] podany jest zapis nazwiska: Wilks (jak to podano powyżej), natomiast w pracy Knighta i Nokesa z 1995 roku [15] podano zapis: Wilkes.

⁴ Nie cytuje on pracy Rainy'ego, chociaż obaj opublikowali swoje prace w Szkocji, podczas gdy cytuje np. prace Hensley'ego i Fowlera z oceanu [4, 29].

⁵ W skali temperatury zaproponowanej przez Fahrenheita temperaturze 0° C odpowiada 32° F, a wzrostowi temperatury o 1°C wzrost o 1,8° F. Zatem proponowany przez Burmana spadek 1,6° F/h odpowiada około 0,9° C/h [4].

⁶ Te odchylenia są widoczne na jego wykresach, chociaż zastosowana przez niego bardzo krótka pozioma oś czasu przy długiej pionowej osi temperatur zacierza ten charakterystyczny obraz [27].

dobnej metodyki przedstawił Schwarke, po czym nastąpiła kolejna przerwa w badaniach z tego tematu [31].

Badania przeprowadzone w latach pięćdziesiątych zwracały już wyraźnie uwagę na odchylenia krzywych pośmiertnego ochładzania się ciała od typowej funkcji wykładniczej⁷. Prace Schwarza i Heidenwolfa z 1953 roku oraz de Sarama, Webstera i Kathirgamatamby z 1955 roku wykazały znaczne spowolnienie chłodzenia w pierwszym okresie po śmierci, chociaż dopiero próbowały odpowiedzieć na pytanie, jaka jest przyczyna tego zjawiska [7, 32]. Ponadto ci drudzy autorzy wskazali na trzy występujące mechanizmy chłodzenia ciała wskutek przepływu ciepła pomiędzy nim a otoczeniem: przewodzenie, konwekcję i promieniowanie oraz rozważali również wpływ parowania wody z powierzchni ciała. Wprowadzili oni także pojęcie „czynnika wielkości” (ang. size factor) odpowiedzialnego za szybkość chłodzenia (definiowali go jako iloraz powierzchni ciała, przez którą zachodzi wymiana ciepła, przez masę tego ciała). Lundquist wskazywał, że przyczyną odchylenia może być produkcja ciepła wskutek procesów beztlenowych występujących jeszcze przez pewien czas po śmierci, chociaż oszacował on, że ciepło wyprodukowane po śmierci stanowi tylko około 1/10 ciepła już posiadanego przez ciało w chwili śmierci, co wskazuje, że musi istnieć jeszcze inna przyczyna odchylenia [16]. Ciepło produkowane przez ciało po śmierci zostało w późniejszych latach dokładnie obliczone [18]. Lyle i Cleveland jako pierwsi wprowadzili ciągłe, wielogodzinne pomiary przy użyciu termopar dla 6 punktów pomiarowych: odsłoniętej skóry czoła, okrytej skóry klatki piersiowej, odbytnicy, wątroby, mózgu i mięśni uda. Stwierdzili, że krzywe temperatur dla mózgu mają najbardziej, a krzywe dla skóry najmniej, regularny charakter. Sformułowali również wniosek, iż wiarygodnego czasu zgonu nie można już obliczyć na podstawie pomiarów przeprowadzonych później niż 24 godziny od chwili zgonu lub jeżeli zmierzona temperatura jest tylko kilka stopni wyższa od temperatury otoczenia [17]. W swej kolejnej pracy de Sarama wprowadził pomiary temperatury w wątrobie i wyciągnął wniosek, że po pierwszych kilku godzinach temperatura w niej jest zbliżona do temperatury w odbytnicy [6].

W 1958 roku Fiddes i Patten opublikowali swą przełomową pracę: „A percentage method for representing the fall in body temperature after death. Its use in estimating the time of death. With a statement of the theoretical basis of the percentage method” [9]. Stwierdzili oni, iż chłodzenie ciała ludzkiego z fizycznego punktu widzenia odpowiada przepływowi ciepła na przekroju poprzecznym nieskończonego długiego cylindra wykonanego z ciała stałego o skończonej przewodności cieplnej, które można opisać modelem matematycznym. Ponadto na podstawie przeprowadzonych na zwłokach pomiarów wykazali, że pomimo różnic w ich budowie i ubraniu istnieje dla nich jedna cecha wspólna: procentowy spadek temperatury (tzn. dany spadek temperatury wyrażony jako procent różnicy pomiędzy temperaturą odbytniczą, a temperaturą otoczenia zachodzi zawsze po tym samym czasie wyrażonym jako procent całego czasu chłodzenia). Określenie czasu zgonu mogło według nich być dokonane na podstawie co najmniej dwukrotnego pomiaru temperatury odbytniczej w kilkugodzinnym odstępie czasowym i odniesieniu wyników do ustalonych w pracy procentowych spadków. Zaletą metody była indywidualizacja obliczeń, które przez to były niewrażliwe na różnice w budowie ciała lub rodzaju odzieży, ani też na różne wartości temperatur otoczenia. Wadą natomiast była konieczność przeprowadzenia kilkukrotnych pomiarów, w odstępie czasowym, bez przemieszczania zwłok (co zazwyczaj jest trudne do wykonania na miejscu znalezienia zwłok) i założenie, że temperatura otoczenia jest niezmienna przez cały okres czasu od chwili zgonu do końca pomiarów (założenie takie jest słuszne jedynie w wyjątkowych przypadkach).

W tym samym roku Sellier podjął szczegółowe rozważania dotyczące modelu nieskończonego cylindra jako teoretycznego modelu ciała ludzkiego [33]. Wykazał on matematycznie, że „odchylenia” przebiegów temperaturowych od krzywej wykładniczej dla pomiarów w odbytnicy w początkowym okresie po śmierci (post mortem plateau) nie są skutkiem pośmiertnej produkcji ciepła, lecz normalnym zjawiskiem chłodzenia ciała fizycznego o tym kształcie. Z uwagi na skończone (i stosunkowo niewielkie) przewodnictwo cieplne tkanek, zanim spadek temperatury „dotrze” z powierzchni ciała do jego osi, upływa pewien okres czasu, w którym tem-

⁷ Funkcja wykładnicza jest to funkcja o postaci $f(x) = ae^{bx}$, gdzie x – zmienna, a , b – parametry, e – podstawa logarytmów naturalnych. Ten charakter przebiegu temperatury jest określany w piśmiennictwie również jako newtonowski model chłodzenia [od Newtona (Scala graduum caloris. Philosophical Transactions of the Royal Society in London 1701, 22, 824-829), który w roku 1701 sformułował prawo, iż gęstość strumienia ciepła pomiędzy dwoma ciałami fizycznymi jest wprost proporcjonalna do różnicy ich temperatur].

peratura osi pozostaje niezmienna⁸. W efekcie krzywa chłodzenia dowolnego punktu ciała, położonego poza jego powierzchnią, nie jest wykładnicza, lecz sigmoidalna. Ponadto udowodnił on matematycznie, że promień ciała jest najistotniejszym parametrem opisującym krzywe temperaturowe, a inne jak np. rodzaj i grubość odzieży (czyli rodzaj i grubość izolacji termicznej) są mało istotne. Spostrzeżenie to doprowadziło do wniosku, że znaczenie grubości tkanki tłuszczowej (wpływającej przecież istotnie na chłodzenie ciała, co wykazano już wielokrotnie wcześniej) nie wynika z faktu, że ma ona właściwości izolujące, lecz z tego, że powoduje ona pogrubienie ciała, a więc wzrost jego promienia. Powyższe stwierdzenie nie stoi w sprzeczności z faktem, że współczynnik przewodzenia ciepła dla tłuszczu jest znacznie niższy niż dla innych tkanek, bowiem przepływ ciepła wewnątrz ciała zależy nie od samego współczynnika przewodzenia ciepła, ale od ilorazu tego współczynnika przez iloczyn ciepła właściwego i ciężaru właściwego. A to ostatnie wyrażenie zmienia się już tylko w nieznacznym stopniu dla różnych tkanek. Podsumowując swoją pracę stwierdził, że w praktyce dla „normalnych przypadków” można oczekiwać dokładności określenia czasu zgonu około 60 minut.

Joseph i Schickele analizując znacznie później model nieskończonego cylindra zaproponowany w 1958 roku przez Selliera stwierdzili natomiast, że istotne jest dokładne ustalenie punktów pomiarowych w osi ciała. Każde odchylenie w kierunku powierzchni powoduje bowiem odstępstwa od modelowych przebiegów. Wprowadzili oni pojęcie „czynnika położenia” (ang. location factor) określającego odsetek odległości sondy pomiarowej od osi ciała w stosunku do jego promienia. Zmiennością „czynnika położenia” tłumaczyli oni odmienne wyniki publikowane przez różnych autorów. Ponadto drogą porównania pomiarów modelowych i pomiarów rzeczywistych ciał wykazali, że pośmiertna produkcja ciepła jest w praktyce mało istotna [14].

Pomimo opublikowania w 1958 roku tak ważnych prac, jak prace Fiddesa i Pattena [9] oraz Selliera [33] w tamtym okresie silnie zakorzenione były jeszcze poglądy o niewielkiej dokładności metod temperaturowych. Camps pisał: „Pomimo tych obserwacji pozostaje fakt, że chociaż atrakcyjne, to nie osiągają one naukowej dokładności. Rzeczywiście,

jak mogłyby, skoro istnieje tak wiele zmiennych? (...) Drzwi mogą zostać otworzone, ogień zapalony (lub wygaszony), zmiany temperatury otoczenia zachodzą zarówno w dół, jak i do góry. Czy jest naukowo możliwe uwzględnić je wszystkie w retrospekcji?” [5].

W roku 1962 Marshall opublikował cykl trzech publikacji (pierwszą wspólnie z fizykiem Hoare). W pierwszej autorzy wykazali, iż w początkowych 12 godzinach po zgonie zmian temperatury nie można opisać krzywą wykładniczą (newtonowską), natomiast dla całego okresu wiernie oddaje je krzywa sigmoidalna, dla której opisu zaproponowali model dwuwykładniczy, czyli funkcję będącą sumą dwóch składników, z których każdy ma postać funkcji wykładniczej⁹. Wzór podany przez Marshalla i Hoare miał postać:

$$T = Be^{-Zt} + (C/Z - p)e^{-pt}$$

gdzie T – nadwyżka temperatury w odbytncy nad temperaturę otoczenia, t – czas, B , Z , C , p – parametry, e – podstawa logarytmów naturalnych. Przyczyny odchyień od prawa Newtona upatrywali w pośmiertnej produkcji ciepła oraz wpływie masy o ograniczonej przewodności cieplnej (tak jak to już wykazali Fiddes i Patten oraz Sellier), przy czym znaczenie miał mieć głównie ten drugi mechanizm [23]. W kolejnej pracy Marshall wykazał, że jego model ma zastosowanie nie tylko dla nagiego, lecz również dla ubranego ciała. Zauważył ponadto, że wszelkie manipulacje przy ciele, takie jak przewracanie, zdejmowanie odzieży, przykrywanie czy przenoszenie powoduje duże zaburzenia w przepływie ciepła i potencjalnie może powodować błędne oszacowanie czasu zgonu [19]. Na ten ostatni fakt zwracali już wcześniej uwagę także Fiddes i Patten [9]. W ostatniej pracy z cyklu Marshall analizował możliwe przyczyny błędów wskazując m.in. na zmienność temperatury zewnętrznej i nieznaną faktyczną temperaturę wnętrza ciała w konkretnym przypadku. Podsumowując stwierdził, że tylko dalsze doświadczenia mogą zweryfikować jego metodę w praktyce, ale uzyskany wynik zawsze będzie tylko przybliżeniem [20]. Występowanie dużych błędów potwierdzono również w kolejnej pracy, w której ciała były przemieszczane z miejsca znalezienia przed dokonaniem pomiarów [13]. Natomiast sig-

⁸ Dokładnie rzecz ujmując temperatura osi nie jest stała nawet w początkowym okresie, lecz zmiana jest wówczas tak mała, że w praktyce niemożliwa do wykazania.

⁹ Dokładny wzór opisujący krzywą sigmoidalną składa się z nieskończonej sumy składników wykładniczych. Ten sam autor wraz z Brownem wykazali jednak w późniejszych latach, że wpływ każdego kolejnego składnika jest coraz mniejszy i wystarczającą dokładność uzyskuje się już po zsumowaniu dwóch pierwszych składników [3]. Teza ta ugruntowała się w piśmiennictwie, chociaż niektórzy badacze stosowali inne podejścia, np. wykorzystywali trzy pierwsze składniki [1, 2].

moidalny (dwuwykładniczy) charakter zmian temperatury objawiający się zjawiskiem zwanym post mortem plateau i uzasadnienie jego przyczyn stały się już niekwestionowane, chociaż próbowano nadal zaadaptować także model newtonowski z różnymi modyfikacjami, jak również badano szczegółowo pośmiertną produkcję ciepła w organizmie [11, 12, 21, 22, 25, 28, 30, 35, 38].

PIŚMIENNICTWO

1. Al-Alousi L. M., Anderson R. A.: Microwave thermography in forensic medicine. *Police Surg.* 1986, 30, 30-42.
2. 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.
3. Brown A., Marshall T. K.: Body temperature as a means of estimating the time of death. *Forensic Sci.* 1974, 4, 125-133.
4. Burman J. W.: On the rate of cooling of the human body after death. *Edinburgh Medical Journal* 1880, 25, 993-1003.
5. Camps F. E.: Establishment of the time of death – a critical assessment. *J. Forensic Sci.* 1959, 4, 73-82.
6. de Saram G. S. W.: Estimation of the time of death by medical criteria. *J. Forensic Med.* 1957, 4, 47-57.
7. 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.
8. Erb W.: Ueber die Agoniesteigerung der Körperwärme bei Krankheiten des Centralnervensystems. *Deutsches Archiv für Klinische Medicin.* 1866, 12, 175-195.
9. Fiddes F. S., Patten T. D.: A percentage method for representing the fall in body temperature after death. Its use in estimating the time of death. With a statement of the theoretical basis of the percentage method. *J. Forensic Med.* 1958, 5, 2-15.
10. 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, 46-105.
11. Hooft P., van de Voorde H.: The role of intestinal bacterial heat production in confounding postmortem temperature measurements. *Z. Rechtsmed.* 1989, 102, 331-336.
12. Hutchins G.: Body temperature is elevated in the early postmortem period. *Hum. Pathol.* 1985, 16, 560-561.
13. James W. R. L., Knight B.: Errors in estimating time since death. *Med. Sci. Law* 1965, 5, 111-116.
14. Joseph A. E. A., Schickele E.: A general method for assessing factors controlling postmortem cooling. *J. Forensic Sci.* 1970, 15, 364-391.
15. 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, 3-45.
16. Lundquist F.: Physical and chemical methods for the estimation of the time of death. *Acta Med. Leg. Soc.* 1956, 9, 205-213.
17. Lyle P. H., Cleveland F. P.: Determination of the time of death by body heat loss. *J. Forensic Sci.* 1956, 1, 11-23.
18. Mall G., Hubig M., Beier G., Büttner A., Eisenmenger W.: Energy loss due to radiation in postmortem cooling. Part B. Energy balance with respect to radiation. *Int. J. Legal Med.* 1999, 112(4), 233-240.
19. Marshall T. K.: Estimating the time of death – the use of body temperature in estimating the time of death. *J. Forensic Sci.* 1962, 7, 211-221.
20. Marshall T. K.: Estimating the time of death – the use of the cooling formula in the study of postmortem body cooling. *J. Forensic Sci.* 1962, 7, 189-210.
21. Marshall T. K.: Temperature methods of estimating the time of death. *Med. Sci. Law* 1965, 5, 224-232.
22. Marshall T. K.: The use of body temperature in estimating the time of death and its limitations. *Med. Sci. Law* 1969, 9, 178-182.
23. Marshall T. K., Hoare F. E.: Estimating the time of death – the rectal cooling after death and its mathematical expression. *J. Forensic Sci.* 1962, 7, 56-81.
24. Merkel H.: Über Todeszeitbestimmung an menschlichen Leichen. *Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med.* 1930, 15, 285-319.
25. Molnar G. W., Hurley H. J., Ford R.: Application of Newton's Law to body cooling. *Pflügers Arch.* 1969, 311, 16-24.
26. Mueller B.: Das Verhalten der Mastdarmtemperatur der Leiche unter verschiedenen äusseren Bedingungen. *Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med.* 1938, 29, 158-162.
27. Mueller B.: Mastdarmtemperatur der Leiche and Todeszeit. *Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med.* 1937, 28, 172-177.

28. Nokes L. D. M., Hicks B., Knight B. H.: The post-mortem temperature plateau – fact or fiction? *Med. Sci. Law* 1985, 25, 263-264.
29. Rainy H.: On the cooling of dead bodies as indicating the length of time since death. *Glasgow Med. J.* 1868, 1, 323-330, cytata za [15].
30. Reimann W.: Über den Auskühlmodus der Leiche. *Beitr. Gericht. Med.* 1968, 24, 57-62.
31. Schwarke R.: Die postmortale Rektumtemperatur und ihre gerichtsmedizinische Verwertbarkeit zur Todeszeitbestimmung *Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med.* 1939, 31, 256-277.
32. Schwarz F., Heidenwolf H.: Le refroidissement post mortem. Sa signification quant a l'heure du deces. *Int. Pol. Rev.* 1953, 8, 339-344, cytata za [10].
33. Sellier K.: Determination of the time of death by extrapolation of the temperature decrease curve. *Acta Med. Leg. Soc.* 1958, 11, 279-302.
34. Seydeler R.: Nekrothermometrie. *Vierteljahrsschrift für die Praktische Heilkunde* 1869, 26, 137-148.
35. Shapiro H. A.: The post-mortem temperature plateau. *J. Forensic Med.* 1965, 12, 137-141.
36. Taylor A. S., Wilks D.: On the cooling of the human body after death. *Guy's Hosp. Rep.* 1863, 9, 180-211, cytata za [4, 15].
37. Womack F.: The rate of cooling of the body after death. *St. Bart's Hosp. Rep.* 1887, 23, 193-200, cytata za [15].
38. Витер В. И., Куликов В. А.: Некоторые особенности посмертной динамики температуры тела человека. *Суд. Мед. Эксперт.* 1997, 40, 11-13.

Adres do korespondencji:

Dr hab. n. med. Jarosław Berent
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ul. Sędziowska 18a
91-304 Łódź
J.Berent@eranet.pl