



Praca pogładowa
Review paper

Piotr Engelgardt, Maciej Krzyżanowski

Ocena długości czasu pomiędzy doznaniem śmiertelnych obrażeń a zgonem i ewentualnej aktywności w tym okresie w oparciu o rodzaj i rozległość obrażeń

Evaluation of survival time and acting capability after fatal injuries based on the type and extent of injuries

Katedra Medycyny Sądowej, Wydział Lekarski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska
Department of Forensic Medicine, School of Medicine, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

Streszczenie

Jednym z zadań specjalisty medycyny sądowej jest próba określenia czasu pomiędzy momentem zadania śmiertelnych obrażeń a zgonem oraz ocena, czy przed śmiercią ofiara mogła być aktywna fizycznie i w jakim zakresie. Aby odpowiedzieć na te pytania, prowadzone są intensywne poszukiwania wykorzystujące badania dodatkowe (histologiczne, immunohistochemiczne i inne). Niestety aktualnie stosowane metody mają liczne ograniczenia i wymagają ulepszeń, a ponadto nie są powszechnie używane w praktyce medycyно-сądowej w Polsce.

Największą trudność w ocenie czasu przeżycia i czasu aktywności sprawiają przypadki, kiedy okres ten był stosunkowo krótki (sekundy–minuty–godziny). W praktyce analiza stwierdzonych obrażeń niejednokrotnie pozostaje więc jedynym narzędziem do oceny czasu, jaki upłynął pomiędzy doznaniem śmiertelnych obrażeń a zgonem, oraz możliwości aktywności fizycznej w tym okresie.

Celem niniejszej pracy jest przegląd literatury dotyczącej przedmiotowego zagadnienia w kontekście metod biologicznych, z uwzględnieniem próby wyszukania zależności między charakterem obrażeń a czasem przeżycia oraz między charakterem obrażeń a zdolnością do aktywności fizycznej.

Analiza dostępnych przypadków wykazała niestety, że z uwagi na liczne ograniczenia takie podejście, poza wyjątkowymi sytuacjami, pozwala określić co najwyżej przybliżony przedział czasu, w którym ofiara mogła przeżyć i być aktywna.

Słowa kluczowe: czas przeżycia, obrażenia, aktywność pourazowa.

Abstract

One of the tasks of the forensic specialist is to attempt to determine the interval between fatal injuries and death, and to assess whether the victim could be physically active before death and, if so, to what extent. There is ongoing research aimed at the application of additional tests (histological, immunohistochemical and others) to answer these questions. Unfortunately, currently used methods have numerous limitations and require further improvements. Moreover, they are not commonly employed in medicolegal practice in Poland.

The greatest difficulty in assessing the time of survival and activity occurs when the period is relatively short (seconds–minutes–hours). Therefore, in practice, injury examination is often the only tool to assess the interval between fatal injuries and death, and the possibility of physical activity during that time.

The aim of the paper is review the literature on this topic with a focus on biological methods and attempt to find a correlation between the nature of injuries and survival time, and between the nature of injuries and the capability to be physically active. An analysis of available cases has shown that unfortunately, on account of numerous limitations, the approach with the exception of specific situations, allows determining at most an approximate time interval during which the victim could be alive and active.

Key words: injuries, survival time, postinjury activity.

Wstęp

Celem niniejszej pracy jest przegląd literatury dotyczącej przedmiotowego zagadnienia w kontekście metod biologicznych, z uwzględnieniem próby wyszukania zależności między charakterem obrażeń a czasem przeżycia oraz między charakterem obrażeń a zdolnością do aktywności fizycznej.

W przypadkach, w których nie ma możliwości udzielenia profesjonalnej pomocy medycznej, za czas zgonu przyjmuje się zazwyczaj moment zatrzymania krążenia i oddechu [1–3]. W praktyce precyzyjne ustalenie czasu, jaki upłynął pomiędzy powstaniem obrażeń a zgonem, często jest niemożliwe, ponieważ:

- w okresie bezpośrednio poprzedzającym zgon ofiara może być głęboko nieprzytomna [1–3].
- śmierć jest procesem rozciągniętym w czasie; pomimo zatrzymania akcji serca i śmierci mózgu upływa dłuższy czas, zanim dojdzie do obumarcia wszystkich komórek organizmu; im wolniejszy metabolizm, tym czas ten jest dłuższy [1–3].

Głównym mechanizmem zgonów pourazowych, do których dochodzi w ciągu pierwszych minut po urazie, są następstwa masywnego krwawienia [2, 4–8]. Z kolei za główną przyczynę zgonów pourazowych bez względu na odstęp czasu pomiędzy powstaniem obrażeń a zgonem uznawane są następstwa rozległego krwawienia lub patologie ośrodkowego układu nerwowego (OUN) [2–4, 6]. W przypadkach zgonów pourazowych ok. 50% osób umiera w ciągu kilku minut od doznanego urazu w następstwie dużej utraty krwi [5]. W ciągu minut–godzin umiera następne 30%, głównie w wyniku utraty krwi, patologii OUN lub niewydolności oddechowej [2]. Pozostałe 20% umiera w ciągu godzin–dni–tygodni, w skrajnych przypadkach nawet lat, w następstwie późnych powikłań [2, 4, 5].

Introduction

This work is a review of subject literature on survival time and potential for physical activity in biological terms. We attempt to find a correlation between the nature of injuries and survival time, and between the nature of injuries and the victim's potential for physical activity.

Traditionally, in the absence of professional medical assistance, time of death is assumed to be the moment when breathing stops and cardiac arrest is confirmed [1–3]. In practice, it is often impossible to precisely determine the time that has elapsed between injury and death because:

- The victim may be deeply unconscious in the period immediately preceding death [1–3].
- Death is a process stretched over time. Despite cardiac arrest and brain death, some time elapses before complete cell death. The slower the metabolism, the longer it takes for the body to die [1–3].

The leading cause of post-traumatic deaths that occur within the first minutes of injury is massive bleeding and its consequences [2, 4–8]. On the other hand, in general, the leading causes of post-traumatic death regardless of the time interval between the injury and death are the consequences of massive bleeding and CNS pathologies [2–4, 6]. When it comes to traumatic death, approximately 50% of people die within a few minutes of the injury as a result of massive blood loss [5]. Further 30% die within minutes to hours, mainly due to blood loss, CNS pathologies, or respiratory failure [2]. The death of the remaining 20% occurs within hours, days, weeks or, in extreme cases, years as a result of long-term complications [2, 4, 5].

W innych badaniach analizowano czas zgonu mierzony od momentu przyjęcia do szpitala. W przypadku zgonów w wyniku urazów penetrujących, do których doszło w ciągu 15 minut od przyjęcia do szpitala, jako główną przyczynę podano uszkodzenia naczyń krwionośnych klatki piersiowej. U osób, które doznały urazów tępych i zmarły w ciągu 15 minut od przyjęcia do szpitala, za wiodącą przyczynę zgonu uznano uszkodzenia naczyń klatki piersiowej oraz urazy OUN. Jeśli do zgonu dochodziło w ciągu 16–60 minut od hospitalizacji, u osób z urazami penetrującymi nadal dominującą przyczyną były uszkodzenia naczyń krwionośnych klatki piersiowej, natomiast w przypadku urazów tępych główną przyczyną zgonu były obrażenia wielonarządowe. Jeśli zgon nastąpił w ciągu 1–24 godzin, w obu analizowanych grupach jako przyczyny dominowały urazy czaszkowo-mózgowe [4].

Następstwem masywnego krwotoku jest przede wszystkim utrata krwi, która w obrazie sekcyjnym daje cechy wykrwawienia i która może, ale nie musi, skutkować wstrząsem hipowolemicznym [2, 3]. W przypadku urazów czaszkowo-mózgowych, poza masywnymi uszkodzeniami mózgowia powodującymi np. jego rozerwanie, najczęstszym mechanizmem śmierci jest zespół ciasnoty śródczaszkowej w następstwie obrzęku mózgu lub ucisku przez narastający krwiak [2, 3, 8]. Inne mechanizmy zgonów urazowych, takie jak: zator powietrzny serca, niewydolność oddechowa na tle masywnej odmy opłucnowej, zatorowość, niewydolność wielonarządowa, następstwa powikłań bakteryjnych, są rzadziej spotykane [2, 4, 5].

Metody oceny czasu przeżycia i aktywności po doznaniu obrażeń

W praktyce stosowane są różne sposoby oceny czasu przeżycia i aktywności po doznaniu obrażeń. Należą do nich:

- 1) metody biologiczne:
 - a) metody laboratoryjne:
 - histologiczne: obecność odczynów zapalnych, procesów gojenia w badaniu makroskopowym i mikroskopowym, zakrzepicy,
 - metody histochemiczne, biochemiczne, oparte na analizie genetycznej itd.;

Other studies analysed time of death measured from the moment of the victim's arrival at the hospital. In case of deaths from penetrating injuries that occurred within 15 minutes of admission to the hospital, research shows that the leading cause of death was damage to the blood vessels of the chest. In the case of people who suffered blunt force injuries and died within 15 minutes of being admitted to the hospital the main cause of death was damage to the blood vessels of the chest and CNS trauma. If death occurred within 16–60 minutes of admission to the hospital, in case of people with penetrating injuries the predominant cause of death was still damage to the blood vessels of the chest, while for blunt force injuries the leading cause of death was multiple organ trauma. If death occurred between 1 and 24 hours of admission, crano-cerebral injuries were the leading cause of death in both analysed groups [4].

The consequence of massive haemorrhage is mainly blood loss, which gives the appearance of exsanguination in the autopsy, and which may result in hypovolemic shock [2, 3]. In case of crano-cerebral injuries, the most common mechanism of death besides the massive brain damage that can cause, for example, tissue tearing, is the intracranial tightness syndrome caused by cerebral oedema or compression of the brain by a growing hematoma [2, 3, 8]. Other, less frequent mechanisms of traumatic death include: coronary air embolisms, respiratory distress caused by massive pulmonary oedema, embolism, multiple organ failure, and bacterial complications [2, 4, 5].

Methods for assessing survival time and potential for physical activity after injury

There are different ways of assessing survival time and activity level after injury. They include:

- 1) biological methods:
 - a) laboratory tests:
 - histological: presence of inflammatory reactions, stages of healing processes visible under macroscopic and microscopic examination, thrombosis,
 - histochemical methods, biochemical methods, methods based on genetic analysis, etc.;

- b) szacowanie na podstawie rodzaju i rozległości obrażeń, z uwzględnieniem wieku i stanu zdrowia;
- 2) źródła osobowe: świadkowie, podejrzani itd.,
 - 3) inne: nagrania z kamer monitoringu, biling połączeń telefonicznych, nagrania wykonane smartfonem itd.,
 - 4) ocena miejsca zdarzenia: lokalizacja śladów krwi, wnioskowanie o aktywności ofiary w oparciu o ułożenie przedmiotów na miejscu zdarzenia.

Ocena czasu przeżycia i aktywności po doznaniu śmiertelnych obrażeń powinna być przeprowadzana w oparciu o cały materiał i w miarę możliwości uwzględniać wszystkie dostępne w danym przypadku źródła. W przedmiotowym artykule skupiono się na metodach biologicznych.

Laboratoryjne metody szacowania czasu przeżycia

Jeżeli czas przeżycia od momentu zadania śmiertelnych obrażeń trwa dłużej (godziny–dni), widoczny jest proces gojenia z towarzyszącym mu odczynem zapalnym; może pojawić się zakrzepica lub zatorowość [1–3]. W przypadkach krótszych przeżyć (minuty–godziny) nasilenie reakcji zapalnej lub procesów gojenia może być na tyle niewielkie, że nawet wnikliwa ocena mikroskopowa może okazać się niemiarodajna. Ocenę tę dodatkowo utrudnia wspomniany na wstępie fakt zdysocjowania procesów umierania. W literaturze opisywane są przypadki występowania reakcji zapalnych na czynnik działający jakiś czas po zgonie [2, 3].

W ostatnich latach duże zainteresowanie budzą doniesienia na temat możliwości oceny czasu powstania rany w oparciu o zmiany stężeń różnego rodzaju mediatorów stanu zapalnego, enzymów czy też oceny procesów angiogenezy [2, 9–14]. Udowodniono istnienie dynamicznej i złożonej odpowiedzi immunologicznej na urazy, która pojawia się w ciągu godziny od ich doznania [15].

Dostępne są liczne badania dotyczące oceny, czy obrażenia powstały za życia czy pośmiertnie. Przy użyciu różnych metod: biochemicznych, immunohistochemicznych lub biologii molekularnej oceniane są markery zaangażowane w koagulację lub procesy zapalne. Metody immunohistochemiczne wydają się najbardziej obiecujące, ze względu na łatwe zastosowanie i możliwość analizy lokalizacji cząsteczek bę-

- b) estimation based on the type and extent of injury, taking into account victim's age and health;
- 2) human sources: witness reports, suspect statements, etc.;
 - 3) other: CCTV recordings, telephone records, smartphone videos, etc.
 - 4) incident reports: location of blood traces, inferences about the victim's activity based on the arrangement of objects at the scene of the incident.

Assessment of survival time and physical activity after suffering fatal injuries should be based on all available data. If possible, it should incorporate all resources available for the case. This article focuses on biological methods of assessment.

Laboratory methods for estimating survival time

If the victim survived for a prolonged period of time after lethal injury (hours to days), signs of the healing process and associated inflammatory reactions will be visible. Thrombosis or embolisms [1–3] may occur. For shorter survival times (minutes to hours), the inflammatory reaction and healing processes may not be advanced enough to be visible even under careful microscopic examination. Assessment is made more difficult due to the complex and dissociated nature of death processes discussed earlier in this paper. It is also possible for inflammatory response to occur some time after death, as described in literature [2, 3].

In recent years, there has been a great deal of interest in reports that the time of wound formation can be estimated on the basis of changes in concentrations of various types of inflammatory mediators, enzymes, or the progress of angiogenesis [2, 9–14]. It has been shown that a dynamic and complex immune response to injuries occurs within one hour of trauma [15].

Numerous studies discuss methods for establishing whether injuries have been sustained before or after death. The markers of coagulation and inflammatory processes are evaluated using different biochemical methods, immunohistochemistry and molecular biology. At present, it seems that immunohistochemical methods are the most promising because they are straightforward to use and allow location analysis of relevant molecules. Currently,

dących przedmiotem zainteresowania. Za najbardziej wartościowe uznawane są obecnie oznaczenia takich markerów jak CD15, TNF α , IL-6, IL-1 β , TGF α i TGF β 1 [2, 3, 9, 10, 13, 14]. Duże nadzieje wiąże się także z metodami genetycznymi, m.in. opartymi na analizie mRNA z użyciem reakcji PCR połączonej z odwrotną transkrypcją (RT-PCR) [2, 9].

Szczegółowe omówienie problematyki markerów laboratoryjnych czasu przeżycia przekracza

metody, które pozwalają na wykrywanie takich markerów jak CD15, TNF α , IL-6, IL-1 β , TGF α i TGF β 1 są uważane za najbardziej wartościowe [2, 3, 9, 10, 13, 14]. Metody genetyczne, w tym metody oparte na analizie mRNA z użyciem reakcji PCR połączonej z odwrotną transkrypcją (RT-PCR) [2, 9] są również uważane za mające znaczący potencjał.

As a detailed discussion of the laboratory markers for survival time would exceed the scope

Tabela I. Przykładowe markery immunohistochemiczne używane do szacowania wieku rany (uszkodzeń ludzkiej skóry)

Table I. Examples of immunohistochemical markers used to estimate wound age (damage to human skin)

Antygen/marker Antigen/marker	Najwcześniejsze wykrycie Earliest detection	Wyraźnie zaznaczona reakcja Clearly marked reaction	Maksymalny czas wykrycia Maximum detection time
TGF- β 1	Minuty Minutes	30–60 min	
TGF- α	Ok. 10 min Ca. 10 min	30–60 min	
TNF- α	5–15 min	60–90 min	
IL-1 β IL-6	15 min 20 min	30–60 min 60–90 min	Do 5 h Up to 5 h
VCAM-1	30 min	> 1,5 h > 1.5 h	
E-selektyna E-selectin		> 1–1,5 h > 1–1.5 h	Do 24 h Up to 24 h
Tenascyna Tenascin	2–3 dni 2–3 days	Od 5 dni From 5 days	Miesiące Months
Kolagen III Collagen III	2–3 dni 2–3 days	Od 6 dni From 6 days	Miesiące Months
Kolagen V Collagen V	3 dni 3 days	Od 6–7 dni From 6–7 days	Miesiące Months
Kolagen VI Collagen VI	3 dni 3 days	Od 6–7 dni From 6–7 days	Miesiące Months
Kolagen I Collagen I	4–6 dni 4–6 days	Od 7 dni From 7 days	Miesiące Months
Kolagen IV (błonowy) Collagen IV (membrane type)	4 dni 4 days		Miesiące Months
Laminina Laminin	Ok. 1,5 dnia Ca. 1.5 days		Miesiące Months
HSPG	Ok. 1,5 dnia Ca. 1.5 days		Miesiące Months
Aktyna z komórek mięśni gładkich Smooth muscle cell actin	5 dni 5 days		Miesiące Months
Markery makrofagów Macrophage markers	7–12 dni 7–12 days		Miesiące Months

TGF – transformujący czynnik wzrostu, TNF – czynnik martwicy nowotworu, IL – interleukiny, VCAM – białka adhezyjne,

HSPG – siarczan heparanu

TGF – transforming growth factor, TNF – tumour necrosis factor, IL – interleukins, VCAM – vascular cell adhesion molecule,

HSPG – heparan sulphate

ramy niniejszej publikacji. Ograniczono się więc do przedstawienia zbiorczego zestawienia markerów uznawanych w literaturze za pomocne w oznaczeniu czasu powstania obrażeń (tab. I) [2, 10, 11].

Według Cecchi, która w swojej pracy szczegółowo przeanalizowała przydatność markerów laboratoryjnych, za niemiarodajne w medycynie sądowej uważa się oznaczanie: prostaglandyn, fibryny, fibronektyny, cytokeratyny 13, $\alpha 1$ -anty-chymotrypsyny i $\alpha 2$ -makroglobuliny, histaminy, proteaz, selektyny L oraz oznaczanie ICAM-1 jako jedyne go parametru [10].

Ta sama autorka, uwzględniając dalszy rozwój nowych metod (proteomiki, genomiki i metabolomiki), uznała za możliwe do zastosowania w przyszłości następujące oznaczenia:

- czynnika indukowanego hipoksją (*hypoxia induced factor-1 α* – HIF- α),
- stopnia aktywacji NF κ B (*nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells* – kompleks białkowy działający jako czynnik transkrypcyjny),
- PAF (fosfolipid produkowany przez uszkodzone naczynia śródbłonna),
- receptorów rozpoznających wzorce (*pattern recognition receptors* – PRR), które w trakcie trwania procesu zapalnego mogą dostarczyć informacji o jego intensywności i jakości,
- VAP-1: enzym produkowany przez uszkodzone naczynia [10].

Praktyczna użyteczność tych metod w dalszym ciągu budzi jednak wątpliwości, bowiem:

- wiele doniesień, zwłaszcza wstępnych opracowań dotyczących danych markerów, odnosi się do badań na zwierzętach lub hodowlach komórkowych, zatem wymagają one sprawdzenia na materiale ludzkim [2, 3]. Badania na zwierzętach nie mogą być bezpośrednio odnoszone do ludzi, ponieważ zwierzęta i ludzie mają odmienny metabolizm. Im mniejsze zwierzę, tym szybszy proces gojenia ran, a im bardziej prymitywny organizm, tym większy posiada potencjał regeneracyjny [3];
- z uwagi na zdysocjowany charakter procesu śmierci część z przedstawionych powyżej metod może nie być przydatna zwłaszcza w przypadkach krótkich czasów przeżycia, tj. minut. Opisano np. pojawienie się zmian pooparzeniowych po ekspozycji na wysoką temperaturę, do której doszło co najmniej 30 minut po uduszeniu [3];
- przytaczane wyżej metody, z wyjątkiem badań histopatologicznych, nie są rutynowo stosowane.

of this publication, a summary of markers recognized in the literature as useful for determining the time of injury is presented in Table I below [2, 10, 11].

According to Cecchi, whose work presents a detailed analysis of the application of laboratory markers, the following markers are considered unreliable in forensic medicine: prostaglandins, fibrin, fibronectin, cytokeratin 13, $\alpha 1$ -anti-chymotrypsin and $\alpha 2$ -macroglobulin, histamine, proteases, L-selectins and ICAM-1 (if it is the only parameter) [10].

The same author believes that further development of new methods (proteomics, genomics and metabolomics) will allow the following parameters to be applicable in the future:

- hypoxia induced factor-1 α (HIF- α),
- degree of NF κ B activation (nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells – a protein complex acting as a transcription factor),
- PAF (phospholipid produced by damaged endothelial vessels),
- pattern recognition receptors (PRRs), which can provide information about the intensity and quality of an ongoing inflammatory process,
- VAP-1: an enzyme produced by damaged blood vessels [10].

However, the practical usability of these methods remains debatable because:

- Many reports, especially preliminary studies on specific markers, are based on testing on animals or cell cultures, which means they still require testing on human material [2, 3]. Results of animal studies are not directly applicable to humans because animals and humans have different metabolisms. The smaller the animal, the faster the healing process. Moreover, the more primitive the organism, the greater its regenerative potential [3].
- Due to the complex and dissociated nature of the dying process, some of the above methods may not be particularly useful in cases of short survival times, i.e. when death occurs minutes after injury. There have been reports of burns that appeared on the body following exposure to high temperatures at least 30 minutes after asphyxiation [3].
- With the exception of histopathological examinations, the methods described above are not routinely used.

Przed rozpoczęciem stosowania w codziennej praktyce wspomniane wyżej oznaczenia wymagają jeszcze wielu badań pod kątem sprawdzenia czułości i specyficzności, zwłaszcza w obrażeniach doznanych w okresie bezpośrednio poprzedzającym zgon i w krótkim czasie po zgonie [2]. Prawdopodobnie w przyszłości przy ocenie czasu przeżycia za pomocą metod laboratoryjnych będą stosowane łączne oznaczenia kilku markerów [2, 3, 9–11].

Ocena czasu przeżycia na podstawie rodzaju i rozległości obrażeń

Z uwagi na charakter opracowania i stosunkowo dużą liczbę doniesień dotyczących ludzi zrezygnowano z przeglądu literatury dotyczącej podobnych badań na zwierzętach. Dodatkowo odmienności anatomiczne i fizjologiczne pomiędzy organizmem ludzkim a zwierzęcymi mogą skutkować trudnościami w ekstrapolacji wyników [3]. Literatura w tym zakresie obejmuje głównie opisy przypadków [3, 16–26]. Opracowania uwzględniające większe grupy są rzadziej spotykane niż prace kazuistyczne [6–8, 27–32]. Część z tych opracowań obejmuje rany kłute i cięte [6, 7], inne jedynie rany postrzałowe [8, 27, 31, 32], część z kolei zarówno rany kłute, jak i postrzałowe [28–30].

Doniesienia kazuistyczne koncentrują się przede wszystkim na przypadkach krańcowych wartości czasu przeżycia, np. bardzo krótkich [18], lub – zdecydowanie częściej – ekstremalnie długich [3, 16, 19, 20, 24–26], bądź wyjątkowo dobrze udokumentowanych, np. poprzez monitoring [17]. W opracowaniach dotyczących większych grup przypadków zwraca uwagę duże zróżnicowanie w obrębie tych grup. Jedno z doniesień uwzględnia dane na temat wielkości rany kłutej lub ciętej [7], zaś analiza podanych w nim przypadków sugerować może łączny wpływ lokalizacji i wielkości ran na czas przeżycia. Zebrana grupa jest jednak zbyt mała, by pokusić się o bardziej zdecydowane wnioski [7], a w pozostałych pracach brak jest takich danych [28–30].

W analizowanych publikacjach stosowane są różnorodne podejścia do innych zmiennych, takich jak: wiek, płeć i inne. Poniżej omówiono wyniki przeglądu cytowanej literatury.

Sytuacjami niebudzącymi wątpliwości co do czasu zgonu są przypadki rozległych urazów z fragmen-

Therefore, prior to their introduction into everyday practice, the above mentioned parameters should undergo further extensive testing to establish sensitivity and specificity, especially in cases of injuries experienced in the period immediately preceding death and shortly after death [2]. In the future, the assessment of survival time using laboratory methods will likely involve the examination of several different markers [2, 3, 9–11].

Assessment of survival time based on the type and extent of injury

Due to the nature of this review and the extensive availability of studies on humans, literature discussing animal studies has not been included in its scope. In addition, the application of results of animal studies to humans is not straightforward due to the anatomical and physiological differences [3]. Literature on the influence of type and extent of injury on survival time mainly includes case reports [3, 16–26]. Studies on larger groups of cases are less frequent than case studies [6–8, 27–32]. Some studies analyse stab wounds and cuts [6, 7], some focus only on gunshot wounds [8, 27, 31, 32], while others investigate both stab wounds and gunshot wounds [28–30].

Case reports mainly focus on extreme instances: very short [18] and, much more frequently, extremely long survival times [3, 16, 19, 20, 24–26]. Exceptionally well documented cases are also discussed, for instance when there is a CCTV recording available [17]. If we analyse reports of larger groups of cases, we will see a huge variation within the groups. One of the studies gives information on the size of the wound (puncture or cut) [7], and a summary of the cases reported there may suggest a combined effect of wound location and size on survival time, but the small size of the sample precludes stronger conclusions [7]. Other reported studies, however, do not offer this type of data [28–30].

The analysed publications also use a variety of approaches to other variables, such as age, sex and others. The results of the review of the cited literature are discussed below.

One instance in which there is no doubt as to the time of death is if death occurred immediately. This includes cases of extensive injuries with fragmentation of the head and/or chest and injuries to

tacją narządów głowy i/lub klatki piersiowej bądź urazów uszkadzających struktury pnia mózgu lub rdzenia przedłużonego, kiedy do śmierci dochodzi natychmiast. W pozostałych sytuacjach pomiędzy doznaniem urazu a śmiercią upływa pewien czas [2, 3, 8, 31, 32].

W badaniu z 1961 r. Spitz, Petty i Fischer podają, że 65,5% ofiar ran kłutych nie przeżyło 5 minut po doznaniu obrażeń, w przypadku ofiar ran postrzałowych odsetek wynosił 93,5% [30]. Levy i Rao wskazują z kolei, że 21% ofiar ran kłutych zmarło w ciągu 5 minut po urazie, odsetek ten w przypadku ofiar ran postrzałowych wynosił 49% [29]. Z badania prowadzonego przez Thoresena i Rognum w 1986 r., które dotyczyło tylko ran kłutych i ciętych, wynika, że ok. 12% ofiar zmarło od razu po doznaniu obrażeń, 70% osób miało obrażenia serca, a 77% obrażenia wielonarządowe [6]. Wydłużenie przeżywalności stwierdzone w badaniach z lat 80. w porównaniu z badaniami z lat 60. wynika najprawdopodobniej z krótszego czasu oczekiwania na pomoc oraz lepszych i bardziej agresywnych form terapii [29]. Thoresen i Rognum oraz Levy i Rao są zgodni, że czas przeżycia nie był zależny od stopnia intoksykacji alkoholem etylowym [6, 29].

Czynnikami przyspieszającymi zgon były: uszkodzenia serca oraz dużych naczyń krwionośnych, obecność licznych obrażeń wielu narządów wewnętrznych [6, 7, 29], aczkolwiek Thoresen i Rognum podali, że w grupie osób, które przeżyły dłużej niż 12 godzin, 83% miało obrażenia wielonarządowe. Należy jednak zauważyć, że 10 z 12 osób, które przeżyły więcej niż 12 godzin, także miało liczne obrażenia. Wyjaśnieniem może być fakt, że zmiany dotyczyły narządów takich jak wątroba, nerki i płuca. Za ważny biologicznie czynnik determinujący śmierć lub przeżycie uznano krwotok wewnętrzny lub zewnętrzny. Najmniejszą ilość wynaczynionej krwi stwierdzono u osób z krótkim czasem przeżycia. Prawdopodobnie w tych przypadkach zgon zatrzymał dalsze krwawienie. Jak podają Thoresen i Rognum, osoby z wewnętrzną utratą krwi wynoszącą 2200 ml mogą pozostawać przy życiu przez kilka godzin, a utrata 1500 ml krwi nie jest równoznaczna z utratą przytomności [6].

Wszyscy autorzy zgodnie podkreślają, że rany postrzałowe skutkują krótszym czasem przeżycia niż rany kłute [6–8, 28–30].

the brain stem or the medulla. In other situations, some time passes between injury and death [2, 3, 8, 31, 32].

In a 1961 study by Spitz, Petty and Fischer, the authors state that 65.5% of stab wound victims survived less than 5 minutes after the injury. For victims of gunshot wounds this figure reached 93.5% [30]. On the other hand, according to Levy and Rao, 21% of stab wound and 49% of gunshot wound victims died within 5 minutes of the injury [29]. A study conducted by Thoresen and Rognum in 1986 that included only cases of stab and cut wound victims indicated that 12% of victims died immediately after injury. In this group, 70% of victims suffered wounds to the heart and 77% suffered multiple organ trauma [6]. The fact that survival rates reported in studies in the 1980s are bigger than those from the 1960s is most likely due to shorter waiting times for medical assistance, the availability of improved medical therapy and aggressive treatment methods [29]. Thoresen and Rognum agree with Levy and Rao that the survival time did not depend on the degree of ethyl alcohol intoxication of the victim [6, 29].

Factors conducive to faster death were damage to the heart and large blood vessels and extensive injuries to multiple internal organs [6, 7, 29]. Nevertheless, Thoresen and Rognum reported that in the group of people who survived for more than 12 hours after injury, 83% had multiple organ trauma. It should be noted, though, that 10 out of 12 people who survived more than 12 hours had also suffered multiple organ trauma. Perhaps the reason for this is that damage occurred in organs such as the liver, kidneys and lungs. Internal and external haemorrhage was considered to be a biologically important determinant of death or survival. People who survived for a short period of time after injury had the smallest amounts of extravasated blood. In such instances, further bleeding was likely stopped by death. According to Thoresen and Rognum, people with internal blood loss of 2,200 ml are able to stay alive for several hours after injury, and the loss of 1,500 ml of blood is not synonymous with loss of consciousness [6].

All authors agreed that gunshot wounds result in a shorter survival time compared to stab wounds [6–8, 28–30].

Czas przeżycia w przypadkach urazów poszczególnych części ciała

Urazy głowy

Urazy uszkodzające rdzeń przedłużony i/lub struktury pnia mózgu prowadzą do zgonu niemal natychmiast [2, 3, 8]. W pozostałych przypadkach czas zgonu zależy od wielu czynników; najczęściej dochodzi do niego w następstwie wglębienia mózgowia, wtórnego do obrzęku wywołanego przez uraz lub narastający krwiak. Czas przeżycia waha się zatem od minut do dni, w zależności od szybkości narastania ciasnoty [1–3, 33, 34]. W literaturze opisywano pojawienie się masywnego pourazowego obrzęku mózgu po 20 minutach od doznanego urazu [34].

Należy zaznaczyć, że nawet w przypadkach rozległych uszkodzeń płatów mózgu możliwy jest wielogodzinny odstęp pomiędzy czasem doznania obrażeń a zgonem [2].

Urazy klatki piersiowej

W przypadku urazów uszkodzających serce do zgonu dochodzi w konsekwencji tamponady albo utraty krwi [17]. Jak wynika z przeglądu literatury, czas przeżycia z raną serca może wynosić od kilku sekund do nawet kilku dni [6]. W przypadku ran kłutych lewej komory serca czas przeżycia jest dłuższy niż przy uszkodzeniach prawej komory [3]. Przyczyną może być fakt, że grubość mięśnia prawej komory jest mniejsza niż lewej. Uszkodzenie naczyń wieńcowych skraca czas przeżycia w porównaniu z ranami penetrującymi przez ścianę serca [6, 28].

O ile w przypadku ran serca obserwowane są niejednokrotnie przeżycia trwające nawet dni, o tyle uszkodzenia dużych naczyń krwionośnych klatki piersiowej oraz szyi prowadzą do bardzo szybkiej utraty krwi i zgonu w krótkim czasie [2, 3, 6, 29]. Może to wynikać z faktu, że ściany dużych naczyń krwionośnych, w przeciwieństwie do ściany mięśnia sercowego, nie mają możliwości skurczu, a co za tym idzie – ograniczenia utraty krwi.

Jako dodatkowe czynniki mogące skracać czas przeżycia wymienia się w literaturze: obrażenia innych okolic ciała [6, 7, 29] i odmę płucnową w przypadku obrażeń klatki piersiowej [2, 6].

Survival time in cases of injuries to particular parts of the body

Head injuries

Injuries that damage the medulla and/or brain stem cause almost instant death [2, 3, 8]. In other cases, time of death depends on many factors. Usually, death occurs as a result of brain herniation after an injury-caused oedema or a growing hematoma. In these instances survival time varies from minutes to days, depending on how quickly the condition progresses [1–3, 33, 34]. Studies describe an instance of a massive post-traumatic brain oedema appearing 20 minutes after an injury [34].

It should be noted, however, that even in cases of extensive damage to the cerebral cortex, the victim may survive for many hours after the injury [2].

Thoracic injuries

In case of trauma to the heart, death occurs through blood loss or cardiac tamponade [17]. As can be seen from the literature review, survival time after a heart wound can range from a few seconds to even a few days [6]. In case of stab wounds, survival time is longer if the left ventricle is damaged, and shorter if the wound damaged the right ventricle [3]. This may be due to the thinner muscles in the right ventricle. Damage to the coronary vessel shortens the survival time in comparison to penetrating wounds of the heart wall [6, 28].

In case of heart wounds, survival is often observed to last days, but damage to the large blood vessels of the chest and neck leads to rapid blood loss and quick death [2, 3, 6, 29]. This may be because, unlike the myocardium, the walls of large blood vessels do not contract and cannot limit blood loss this way.

Additional factors mentioned in relevant literature that may shorten survival time include: injuries to other parts of the body [6, 7, 29] and pneumothorax in case of chest injuries [2, 6].

Abdominal injuries

In these cases, survival time depends on the type of damage and intensity of blood loss. The faster the

Urazy jamy brzusznej

Czas przeżycia w tych przypadkach zależy od rodzaju uszkodzenia i szybkości utraty krwi. Im jest szybsza, gdy uszkodzone są duże naczynia krwionośne lub dobrze ukrwione narządy, tym czas przeżycia krótszy [3, 6, 7]. Jeśli nie zostanie udzielona pomoc medyczna, zgon może nastąpić z powodu innych czynników niż następstwa krwawienia. Czas przeżycia może wówczas wynosić nawet kilka dni.

Urazy kończyn

Po urazach powodujących uszkodzenie dużych naczyń krwionośnych, np. tętnicy łokciowej w przypadku rany ciętej nadgarstka lub żyły odpiszczelowej wielkiej w ranie ciętej okolicy lewej kostki, czas przeżycia był dłuższy niż 6 godzin [7].

Użycie skal AIS-ISS

Innym spotykanym w literaturze podejściem do oceny czasu przeżycia w oparciu o rodzaj i rozległość obrażeń są próby szacowania przy użyciu skali ISS-AIS lub podobnych [33, 35–38]. Dokładny sposób obliczania punktacji w tych skalach opisany jest w licznych opracowaniach, m.in. cytowanych powyżej [37, 38].

Z analiz tych wynika, że w przypadku urazów czasowo-mózgowych 65% osób z obrażeniami szacowanymi na AIS-6 umrze w ciągu 10 minut po urazie, natomiast 95% osób z tej grupy umrze w ciągu 2 godzin. W przypadku osób z obrażeniami szacowanymi na AIS-5 i mniej zgon w ciągu 10 minut po urazie nastąpi u 35%, a u 55% w ciągu 2 godzin [33]. Z kolei z badania obejmującego pieszych, którzy doznali urazów komunikacyjnych, wynika, że mediana przeżycia jest krótsza niż godzina u osób z AIS-6 [35]. Przytoczone prace wskazują, że ocena obrażeń w skali AIS lub AIS-ISS może być źródłem danych statystycznych służących do szacowania przeżywalności.

Niestety analiza zarówno poszczególnych doniesień, jak i całościowo zebranej literatury nie daje podstaw do wyciągnięcia bardziej precyzyjnych wniosków w tej materii niż zawarte w tabeli II.

Czas aktywności po doznaniu obrażeń

Czas aktywności po doznaniu obrażeń jest niewątpliwie krótszy niż czas przeżycia [2, 3, 6–8, 17, 29].

blood loss caused by damage to large blood vessels or damage to well-supplied organs, the shorter the survival time [3, 6, 7]. If no medical help is forthcoming, death may be caused by factors other than the consequences of bleeding. In such instances, survival can last up to several days.

Limb injuries

In the case of injuries to large blood vessels: e.g. cuts to the wrist damaging the ulnar artery or cuts in the vicinity of the left ankle damaging the large saphenous vein, survival time exceeded 6 hours [7].

Application of the AIS-ISS scales

Literature discusses another approach to survival time estimation based on the type and extent of injury, namely the ISS-AIS scale and similar tools [33, 35–38]. Detailed explanations of score calculations on these scales can be found in numerous studies, including the works cited above [37, 38].

These analyses indicate that in case of cranial-cerebral injuries, 65% of people with injuries ranked as AIS-6 will have died within 10 minutes of injury, while 95% of people in this group will have died within 2 hours of injury. Out of those with an injury ranked AIS-5 and below, 35% will have died within 10 minutes of the injury and 55% within 2 hours [33]. Another study on pedestrians who suffered traumatic injuries in traffic accidents estimated the median survival time as less than 1 hour after the incident in people with AIS-6 level injuries [35]. Studies cited above indicate that the assessment of injuries on the AIS and AIS-ISS scales can serve a source of statistical data for estimating survival time.

Unfortunately, neither individual studies nor a comprehensive analysis of available literature allow for conclusions any more precise than those contained in Table II.

Activity after injury

Without doubt, activity after injury is possible for a shorter period of time than survival [2, 3, 6–8, 17, 29]. In many cases, it is important to determine whether the victim was able to continue fighting, run away, resist or even cause injury to

Tabela II. Orientacyjny czas przeżycia w zależności od lokalizacji miejsca urazu i jego rodzaju**Table II.** Estimated survival time depending on the location of injury site and its type

Orientacyjny przedział czasu Estimated time range	Rodzaj obrażeń Injury type
Prowadzące do natychmiastowego zgonu Immediately fatal	Uszkodzenia rdzenia przedłużonego, szyjnego odcinka rdzenia kręgowego Injuries to medulla oblongata, cervical spinal cord
Prowadzące do zgonu w ciągu sekund–minut Fatal within seconds to minutes	Uszkodzenie łuku aorty, dużego naczynia tętniczego, np. tętnicy szyjnej, tętnic płucnych Injury to aortic arch, large arterial vessel, e.g. cervical artery, pulmonary arteries
Prowadzące do zgonu w ciągu minut–godzin Fatal within minutes to hours	Rany kłute serca, inne rany klatki piersiowej i jamy brzusznej uszkadzające bogato ukrwione narządy mięsiste lub duże naczynia krwionośne, urazy czaszkowo-mózgowe Puncture wounds to the heart; other wounds to the chest and abdomen damaging well-vascularized parenchymatous organs or large blood vessels, craniocerebral injuries

W wielu przypadkach ważną kwestią jest ustalenie, czy ofiara mogła kontynuować walkę, uciec, stawiać opór, a nawet spowodować obrażenia u kogoś innego przed swoim upadkiem i śmiercią [2, 3, 6, 7, 29].

Według Thoresena i Rognum aktywność fizyczną po doznaniu obrażeń stwierdzano w 21% przypadków zgonów z powodu ran kłutych [6].

Rodzaj aktywności zależy od rodzaju doznanych obrażeń. W przypadku ran kłutych, gdzie przyczyną zgonu jest utrata krwi, aktywność w początkowym okresie może być taka sama jak przed doznaniem obrażeń [3, 7, 17]. Przy uszkodzeniach układu ruchu (złamania kości, uszkodzenia mięśni) i układu nerwowego (uszkodzenia nerwów obwodowych) rodzaj aktywności limitowany będzie przez zakres uszkodzeń [2, 3]. Brak możliwości poruszania się po urazie głowy jest obserwowany u osób, które doznały bezpośrednich obrażeń struktur mózgu odpowiedzialnych za przetwarzanie i przewodzenie bodźców ruchowych. Należą do nich: górna część rdzenia kręgowego, pień mózgu, mózdzek, znaczne fragmenty międzymózgowia i śródmózgowie w zakresie jąder podstawy, kora ruchowa i znaczna część torebki wewnętrznej [8, 31, 32]. W przypadku postrzałów pocisk niekoniecznie musi uszkodzić wymienione struktury bezpośrednio, wystarczy, że w następstwie postrzału dojdzie do wzrostu ciśnienia wewnątrzczaszkowego uszkadzającego je pośrednio [8, 31, 32].

W sytuacji silnego stresu i wyrzutu adrenaliny ból często bywa tłumiony i dopiero hemodynamiczne następstwa utraty krwi powodują ograniczenie aktywności

someone before eventual collapse and death [2, 3, 6, 7, 29].

According to Thoresen and Rognum, physical activity after trauma was found in 21% of victims who died due to stab wounds [6].

The type of activity depends on the type of injury. In case of stab wounds, when death is caused by blood loss, the victim's activity level may initially stay the same as before the injury [3, 7, 17]. In cases of damage to the motor system (bone fractures, muscle damage), or the nervous system (damage to peripheral nerves) the type of activity will be limited by the extent of sustained damage [2, 3]. Inability to move following a head injury is observed in people who have suffered direct injuries to the brain structures responsible for the processing and conduction of motor stimuli. These structures include: the upper part of the spinal cord, brain stem, cerebellum, significant parts of the diencephalon and the basal ganglia in the midbrain, the motor cortex and a significant part of the internal capsule [8, 31, 32]. In case of gunshot wounds, the projectile does not necessarily need to directly injure the above-mentioned structures because the increase of intracranial pressure caused by the trauma will damage them indirectly [8, 31, 32].

In many cases, severe stress and adrenaline increase suppresses the sensation of pain. Then, decrease in physical activity may be eventually caused by to the hemodynamic consequences of blood loss

ności fizycznej [8]. Z literatury kazuistycznej wynika, że w skrajnym przypadku osoba postrzelona w klatkę piersiową z odległości 3–4 metrów ze strzelby kaliber 12 z bezpośrednim uszkodzeniem serca była w stanie przejść ok. 20 metrów [20]. W przypadku punktowej rany klutej serca penetrującej do lewej komory opisano ponad dwugodzinną aktywność fizyczną [8]. W odniesieniu do ran postrzałowych opisywane są nierzadkie przypadki wielokrotnych postrzałów samobójczych [8, 19, 21, 23, 24]. Obserwowano np. dwukrotne postrzały samobójcze głowy [8, 24] – we wszystkich ośmiu przypadkach podanych przez autorów pierwszy postrzał nie uszkadzał mózgowia.

W 1995 r. Karger opisał łącznie 35 przypadków postrzałów głowy, które nie powodowały natychmiastowego braku aktywności fizycznej; z tego w 28 doszło do uszkodzenia jedynie płatów czołowych, natomiast w pozostałych 7 pociski powodowały ograniczone uszkodzenia tkanki mózgowej, omijając ośrodki powodujące unieruchomienie [31, 32].

W przypadkach urazów czaszkowo-mózgowych, zwłaszcza krwiaków śródczaszkowych, po odzyskaniu przytomności ofiara może być początkowo w pełni aktywna. Dopiero ucisk przez narastający krwiak stopniowo powoduje ograniczenie aktywności i narastanie objawów neurologicznych [1–3].

Wnioski

Powyższy przegląd potwierdza intuicyjnie sformułowaną przez autorów tezę, opartą na ich zawodowym doświadczeniu, że ustalenie czasu przeżycia oraz czasu zdolności ofiary do aktywności fizycznej jest obarczone dużą niepewnością. Poza sytuacjami, gdy dysponujemy obiektywnymi danymi, np. zapisem z monitoringu rejestrującym ofiarę, lub docho- dzi do rozległych uszkodzeń mózgu czy struktur pnia mózgu i rdzenia przedłużonego, w praktyce istnieje możliwość określenia tylko orientacyjnych ram czasowych przeżycia i możliwej aktywności fizycznej.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

[8]. Case studies document extreme cases, such as a person shot in the chest from a distance of 3–4 metres with a 12-gauge shotgun with direct damage to the heart being able to walk about 20 meters after the injury [20]. In another instance, the victim with a puncture wound to the heart that penetrated the wall of the left ventricle remained physically active for over two hours [8]. When it comes to gunshot wounds, cases of multiple gunshot suicides are not infrequent [8, 19, 21, 23, 24]. Some instances involve 2 gunshots to the head [8, 24]. In all of the eight cases documented by the authors the bullet fired first had missed the brain.

In 1995, Karger described a total of 35 cases of gunshot wounds to the head that did not cause immediate incapacitation; 28 cases involved damage to the frontal lobes. In the remaining 7 cases, bullets caused limited damage to the brain tissue, bypassing the centers where trauma would cause incapacitation [31, 32].

In cases of cranio-cerebral injuries, especially intracranial hematomas, the victim may remain active for a short time after regaining consciousness. However, the pressure from the growing hematoma will gradually reduce the victim's activity and increase the severity of neurological symptoms [1–3].

Conclusions

The present review confirms its authors' intuitive knowledge, backed up by their professional experience, that determination of the length of survival time and the time during which an injured victim is still capable of physical activity is marked by uncertainty.

Except in cases where we have external data such as a CCTV recording of the victim, or the injuries damaged the brain stem or the medulla oblongata, in practice only a rough estimate of survival time and potential for physical activity is possible.

The authors declare no conflict of interest.

Piśmiennictwo

References

1. Raszeja S, Nasiłowski W, Markiewicz J. *Medycyna Sądowa. Podręcznik dla Studentów*. PZWL, Warszawa 1990.
2. Madea B. *Handbook of Forensic Medicine*, 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex 2014.
3. Knight B, Sauko P. *Knight's Forensic Pathology*, 4th ed. CRC Press 2015.
4. Acosta JA, Yang JC, Winchell RJ, Simons RK, Fortlage DA, Hollingsworth-Fridlund P, Hoyt DB. Lethal injuries and time to death in a level I trauma centre. *J Am Coll Surg* 1998; 186: 528-533.
5. Sauaia A, Moore F, Moore E, Moser KS, Brennan R, Read RA, et al. Epidemiology of trauma deaths: a reassessment. *J Trauma* 1995; 38: 185-193.
6. Thoresen SO, Rognum TO. Survival time and acting capability after fatal injury by sharp weapons. *Forensic Sci Int* 1986; 31: 181.
7. Karger B, Niemeyer J, Brinkmann B. Physical activity following fatal injury from sharp pointed weapons. *Int J Legal Med* 1999; 112: 188-191.
8. Karger B. Multiple gunshot suicides: potential for physical activity and medico-legal aspects. *Int J Legal Med* 1997; 110: 188-192.
9. Kondo T, Ishida Y. Molecular pathology of wound healing. *Forensic Sci Int* 2010; 203: 93-98.
10. Cecchi R. Estimating wound age: looking into the future. *Int J Legal Med* 2010; 124: 523-536.
11. Patel S, Maheshwari A, Chandra A. Biomarkers for wound healing and their evaluation. *J Wound Care* 2016; 25: 46-55.
12. Kobek M, Skowronek R, Jankowski Z, Pałasz A. Angiogeneza w stłuczeniach mózgu. *Arch Med Sadowej Kryminol* 2015; 65: 112-124.
13. Chen JH, Quan L, Ishikawa T, Michiue T, Wang Q, Zhu BL, et al. Postmortem lung weight with regard to survival time. *Leg Med* 2009; 11 (Suppl. 1): 238-240.
14. Quan L, Zhu BL, Ishikawa T, Michiue T, Zhao D, Ogawa M, et al. Postmortem serum erythropoietin level as a marker of survival time in injury deaths. *Forensic Sci Int* 2010; 200: 117-122.
15. Hazeldine J, Naumann DN, Toman E, Davies D, Bishop JRB, Su Z, et al. Prehospital immune responses and development of multiple organ dysfunction syndrome following traumatic injury: A prospective cohort study. *PLoS Med* 2017; 14: e1002338.
16. Furukawa H, Tsuchiya K, Ogata K, Kabuto Y, Iida Y. Penetrating knife injury to the heart. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 48: 142-144.
17. Franchi A, Kolopp M, Coudane H, Martrille L. Precise survival time and physical activity after fatal left ventricle injury from sharp pointed weapon: a case report and a review of the literature. *Int J Legal Med* 2016; 130: 1299-1301.
18. Kobrine AI, Timmins E, Rajjoub RK, Rizzoli HV, Davis DO. Demonstration of massive traumatic brain swelling within 20 minutes after injury. Case report. *J Neurosurg* 1977; 46: 256-258.
19. Al-Alousi LM. Automatic rifle injuries: suicide by eight bullets. *Am J Forensic Med Pathol* 1990; 11: 275-281.
20. DiMaio VJM. *Gunshot wounds. Practical aspects of firearms, ballistics and forensic techniques*. Elsevier, New York – Amsterdam – Oxford 1985.
21. Fatteh A, Gore SB, Mann GT, Garvin K. Suicide with two guns: A unique case. *J Forensic Sci* 1980; 25: 883-885.
22. Habbe D, Thomas GE, Gould J. Nine-gunshot suicide. *Am J Forensic Med Pathol* 1989; 10: 335-337.
23. Hudson P. Suicide with two guns fired simultaneously. *J Forensic Sci* 1982; 27: 6-7.
24. Mason MF, Rose E, Alexander F. Four non-lethal head wounds resulting from improper revolver ammunition: report of a case. *J Forensic Sci* 1967; 12: 205-213.
25. Shiono H, Takaesu Y. Suicide by self-inflicted stab wound of the chest. *Am J Forensic Med Pathol* 1986; 7: 72-73.
26. Start RD, Milroy CM, Green MA. Suicide by self-stabbing. *Forensic Sci Int* 1992; 56: 89-94.
27. Introna F, Smialek JE. Suicide from multiple gunshot wounds. *Am J Forensic Med Pathol* 1989; 10: 275-284.
28. Pereira BMT, Nogueira VB, Calderan TRA, Villac MP, Petrucci O, Fraga GP. Penetrating cardiac trauma: 20-y experience from a university teaching hospital. *J Surg Res* 2013; 183: 792-797.
29. Levy V, Rao VJ. Survival time in gunshot and stab wound victims. *Am J Forensic Med Pathol* 1988; 9: 215-217.
30. Spitz WU, Petty CS, Fisher RS. Physical activity until collapse following fatal injury by firearms and sharp pointed weapons. *J Forensic Sci* 1961; 6: 290-300.
31. Karger B. Penetrating gunshots to the head and lack of immediate incapacitation. I. Wound ballistics and mechanisms of incapacitation. *Int J Legal Med* 1995; 108: 53-61.
32. Karger B. Penetrating gunshots to the head and lack of immediate incapacitation. II. Review of case reports. *Int J Legal Med* 1995; 108: 117-126.
33. Kraus J, Conroy C, Cox P, Ramstein K, Fife D. Survival times and case fatality rates of brain-injured persons. *J Neurosurg* 1985; 63: 537-543.
34. Kobrine AI, Timmins E, Rajjoub RK, Rizzoli HV, Davis DO. Demonstration of massive traumatic brain swelling within 20 minutes after injury. Case report. *J Neurosurg* 1977; 46: 256-258.

35. Fife D. Time from injury to death (survival time) among fatally injured pedestrians. *Injury* 1987; 18: 315-318.
36. Wyatt JP, Beard D, Busuttill A. Quantifying injury and predicting outcome after trauma. *Forensic Sci Int* 1998; 95: 57-66.
37. Adams VI, Carrubba C. The Abbreviated Injury Scale: application to autopsy data. *Am J Forensic Med Pathol* 1998; 19: 246-251.
38. Friedman Z, Kugel C, Hiss J, Marganit B, Stein M, Shapira S. The Abbreviated Injury Scale: a valuable tool for forensic documentation of trauma. *Am J Forensic Med Pathol* 1996; 17: 233-238.

Adres do korespondencji

Piotr Engelgardt
Katedra Medycyny Sądowej
Wydział Nauk Medycznych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Warszawska 30
10-082 Olsztyn, Polska
e-mail: piotr.eng@gmail.com

Nadesłano: 16.12.2017

Zaakceptowano: 27.02.2018

Address for correspondence

Piotr Engelgardt
Department of Forensic Medicine
Faculty of Medical Sciences
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
30 Warszawska St.
10-082 Olsztyn, Poland
e-mail: piotr.eng@gmail.com

Submitted: 16.12.2017

Accepted: 27.02.2018

