



Praca oryginalna  
Original paper

Magdalena E. Kusior<sup>1</sup>, Katarzyna Pejka<sup>1</sup>, Michał Knapik<sup>1</sup>, Nadja Sajuk<sup>1</sup>, Szymon Kłaptocz<sup>1</sup>,  
Tomasz Konopka<sup>2</sup>

## Analiza charakteru obrażeń u ofiar upadków z wysokości Analysis of the nature of injuries in victims of fall from height

<sup>1</sup>Studenckie Koło Naukowe Medycyny Sądowej, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, Polska

<sup>2</sup>Katedra i Zakład Medycyny Sądowej, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, Polska

<sup>1</sup>Student Scientific Circle of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, Krakow, Poland

<sup>2</sup>Chair and Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, Krakow, Poland

### Streszczenie

**Cel pracy:** Określenie rodzaju i rozległości obrażeń, jakie powstają w zależności od wysokości upadku.

**Material i metody:** Badanie objęło 338 zwłok osób poddanych sekcji sądowo-lekarskiej w Zakładzie Medycyny Sądowej Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w latach 1995–2014, których zgon nastąpił w wyniku obrażeń powstałych wskutek upadku z wysokości od I do X piętra. Dla każdej osoby uzyskano dane dotyczące: płci, wieku, wzrostu, rodzaju obrażeń, obecności we krwi alkoholu oraz innych środków odurzających. Spośród obrażeń przeanalizowano urazy mózgu, narządów klatki piersiowej, jamy brzusznej, a także złamania kości czaszki, kończyn, żeber, kręgosłupa oraz łącznie obecność złamań łopatki, obojczyka i mostka. Analizie poddano częstość występowania poszczególnych obrażeń pomiędzy sobą oraz w zależności od wysokości upadku.

**Wyniki:** Liczba i różnorodność analizowanych obrażeń wzrasta wraz z wysokością. Trzy obrażenia: uraz krezki jelitowej, uraz dwóch nerek oraz złamanie drobnych kości kończyny górnej, występują od wysokości progowej III, IV i VI piętra. Dla 11 obrażeń wykazano istotną statystycznie korelację z wysokością upadku. W pracy wykazano także liczne zależności pomiędzy częstością występowania poszczególnych obrażeń.

**Wnioski:** Obrażenia występujące od wartości progowej mogą wskazywać na minimalną wysokość, z jakiej nastąpił upadek. Obecność obrażeń korelujących ze wzrastającą wysokością oraz ogólna liczba obrażeń zaobserwowanych u ofiar upadków z wysokości mogą być pomocne podczas wnioskowania o wysokości, z jakiej nastąpił upadek.

**Słowa kluczowe:** samobójstwo, uraz wielonarządowy, upadek z wysokości.

### Abstract

**Aim of study:** To assess the types and extent of injuries sustained by victims of fall from height depending on the height of fall.

**Material and methods:** The study included 338 bodies of victims of fatal falls from different heights (from the 1<sup>st</sup> to 10<sup>th</sup> floors) who were subjected to medico-legal autopsy at the Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, between 1995 and 2014. For each individual, selected data were collected including gender, age, body height, injury types and presence of alcohol or other intoxicants in blood. The analysis comprised injuries to the brain, thoracic and abdominal organs, fractures of the skull, extremities, ribs and spine, and fractures of the scapula, clavicle and sternum (considered together). The study focused on determining the frequency of occurrence of different injuries in relation to one another and depending on the height of fall.

**Results:** The number and extent of injuries was found to increase along with the height of fall. Three injury types, including injuries to the mesentery and both kidneys and fractures of upper extremity small bones, were shown to occur from the threshold heights of the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> floors. Eleven injuries demonstrated a statistically significant correla-

tion with the height of fall. The study also revealed a number of correlations between the frequencies of occurrence of different injuries.

**Conclusions:** Injuries found from the threshold value may suggest the minimal height of fall. The presence of injuries which correlate with increasing height, and the overall number of injuries observed in victims of fall from height, may be useful for inferring the height of the fall.

**Key words:** suicide, polytrauma, fall from the height.

## Wprowadzenie

Upadki z wysokości stanowią istotny problem zarówno medycyny klinicznej, jak i medycyny sądowej. W zależności od kraju są trzecią lub nawet drugą co do częstości przyczyną zgonów związanych z wypadkami lub samobójstwami, dotyczącą głównie środowisk miejskich [1, 2]. Upadki z wysokości charakteryzują się różnorodnością obrażeń, zależnych od wielu czynników, takich jak poziom, z którego nastąpił upadek, wiek ofiary, pozycja ciała czy rodzaj podłoża, na które upadła [3]. W literaturze dokonuje się też porównań obrażeń odniesionych na skutek upadku z wysokości z obrażeniami podczas zderzenia czołowego rozpędzonych pojazdów [3], obrażenia te mają najczęściej charakter wielonarządowy.

Intuicyjnie można by założyć, że im wyższa wysokość upadku, tym większa będzie rozległość uszkodzeń ciała, a co za tym idzie – wyższa śmiertelność. W literaturze nie brakuje jednak głosów, że wysokość, z jakiej upada ofiara, nie jest wiarygodnym czynnikiem predykcyjnym ciężkości obrażeń. Badano także użyteczność szeroko stosowanych w traumatologii skal ciężkości obrażeń do oceny urazów wynikłych z upadków z wysokości. Wykazano, że im wyższy poziom upadku, tym większy wynik w skali *Injury Severity Score* (ISS) [1, 4]. Skala ta jednak nie pozwala na dokładne oszacowanie wysokości, gdyż większość ofiar upadków z wysokości uzyskuje wysoki, często maksymalny wynik [2]. W innym badaniu ustalono, że poważny uraz głowy lub szyi, definiowany jako wynik 4 i więcej punktów w *Abbreviated Injury Scale* (AIS), jest silnym czynnikiem predykcyjnym śmiertelności w upadkach z wysokości powyżej 6 metrów [5]. Zwraca się jednak uwagę na ograniczenia stosowania wspomnianych skal, między innymi na fakt, że ISS nie uwzględnia mnogich urazów tej samej okolicy ciała. Wydaje się zatem uzasadnione poszukiwanie nowej skali uwzględniającej specyfikę obrażeń doznanych

## Introduction

Falls from height are a significant problem both in the field of clinical medicine and forensic medicine. Depending on the country, falling is the third – or even second – leading cause of accidental or suicidal death, occurring mainly in urban environment [1, 2]. Falls from height result in diverse injuries which are conditional on a number of factors such as the height of the fall, age and body position of the victim, or features of the surface on which the victim falls [3]. There are also literature reports comparing injuries sustained during falls from height with injuries associated with head-on collisions of cars driving at considerable speed [3]; the injuries usually involve multiple organs.

The intuitive assumption is that the greater the height of the fall, the more extensive the body's injuries and hence the higher mortality. However, the literature also comprises studies pointing out that the height of fall is not a reliable predictor of the severity of injuries. Also, the injury severity scores which are widely used in traumatology have been evaluated to determine their usefulness for the assessment of injuries caused by falls from height. It has been demonstrated that the higher the fall level, the higher the Injury Severity Score (ISS) [1, 4], however the scale does not make it possible to evaluate height accurately, since the majority of victims of falling frequently reach a high (often maximum) ISS score [2]. Another study has shown that a severe head or neck injury, defined as a score of 4 or more in the Abbreviated Injury Scale (AIS), is a strong predictor of mortality in falls from heights in excess of 6 metres [5]. However, attention is drawn to the fact that the above scores have their limitations. For example, ISS does not take into account multiple injuries in the same body region. Therefore, the development of a new scale, suited to the evaluation of specific injuries arising from falls and their correlation with height, seems warranted. Such a new

w wyniku upadku i ich zależność od wysokości, co ma istotne znaczenie zwłaszcza dla orzecznictwa.

## Cel pracy

Celem pracy jest określenie rodzaju i rozległości obrażeń, jakie powstają w zależności od wysokości upadku.

## Materiał i metody

### Kryteria włączenia i wyłączenia

Badanie objęło 338 zwłok osób poddanych sekcji sądowo-lekarskiej w Zakładzie Medycyny Sądowej Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w latach 1995–2014, których zgon nastąpił w wyniku obrażeń powstałych wskutek upadku z wysokości.

Do grupy badanej zakwalifikowano przypadki, w których ofiary upadły ze znanej wysokości, podanej w piętach. Z grupy badanej wykluczono natomiast upadki z nieznannej wysokości, wysokości podanej w metrach oraz upadki z XI i wyższego piętra (ze względu na niewielką liczbę przypadków – łącznie 22). Osoby poddane analizie zmarły na miejscu zdarzenia, podczas transportu do szpitala lub w trakcie hospitalizacji.

### Analizowane dane

Na podstawie protokołów oględzin i otwarcia zwłok dla każdego przypadku uzyskano dane dotyczące: płci, wieku, wzrostu, rodzaju obrażeń, obecności we krwi alkoholu oraz innych środków odurzających. Spośród obrażeń przeanalizowano urazy mózgu, narządów klatki piersiowej (płuc, opłucnej, serca, aorty, innych dużych naczyń, przepony), jamy brzusznej (śledziony, wątroby, jelit, krezki jelitowej, sieci, nerek, pęcherza moczowego), rozerwanie klatki piersiowej lub jamy brzusznej, a także złamania kości czaszki, kończyn, żeber, kręgosłupa oraz łącznie obecność złamań innych kości, tj. łopatki, obojczyka i mostka.

### Analiza obrażeń oraz ich wzajemnych zależności

Na podstawie zebranych danych określono stopień współzależności pomiędzy poszczególnymi obrażeniami, obrażeniami łącznie, wiekiem ofiar oraz

scale would be particularly useful in the process of preparation of forensic expert opinions.

## Aim of the study

The aim of the study was to assess the types and extent of injuries sustained by victims of fall from height depending on the height of fall.

## Material and methods

### Inclusion and exclusion criteria

The study comprised 338 bodies of victims of fatal falls from heights who were subjected to medico-legal autopsy at the Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, between 1995 and 2014.

The study group included cases in which victims fell from a known height expressed in floors. However, the study group excluded falls from an unknown height or height given in metres, as well as falls from the 11th floor or higher floors (because of a small number of cases – 22 in total). The individuals included in the analysis either died at the scene, during transport to the hospital or during hospitalization.

### Data under analysis

Based on external and internal body examination reports, a set of data was collected for each case, including gender, age, body height, injury types and presence of alcohol or other intoxicants in blood. The analysis was performed for injuries to the brain, thoracic organs (lungs, pleura, heart, aorta, other major blood vessels, diaphragm), abdominal organs (spleen, liver, intestines, mesentery, omentum, kidneys, urinary bladder), thoracic or abdominal rupture, fractures of the skull, extremities, ribs and spine, and fractures of the scapula, clavicle and sternum (considered together).

### Analysis of injuries and their mutual relationships

Based on data collected for the study, the degree of correlation was determined between individual injuries, injuries in total, age of victims and alcohol

obecnością alkoholu a wysokością, z jakiej upadła ofiara, pomiędzy wiekiem, wzrostem i obecnością alkoholu a obrażeniami, oraz pomiędzy wiekiem a płcią i wysokością, z jakiej upadła ofiara. Sprawdzono także, czy istnieje korelacja pomiędzy wystąpieniem poszczególnych obrażeń. Jako matematyczną miarę siły korelacji przyjęto współczynnik  $r$  Pearsona. Współczynnik  $r$  może się zawierać w przedziale od 0 do 1 oraz od 0 do  $-1$ . Wartości dodatnie współczynnika  $r$  Pearsona przemawiają za tym, że wraz ze wzrostem wysokości upadku rośnie częstość występowania konkretnego obrażenia. W przypadku wartości ujemnych interpretacja jest przeciwna – wraz ze wzrostem wysokości upadku poszczególne obrażenia obserwuje się coraz rzadziej. Wartość bezwzględna współczynnika  $r$  Pearsona informuje zaś o sile badanej zależności; wartości bliskie 1 lub  $-1$  świadczą więc o silnych korelacjach.

Dla wyników uwzględniono istotność statystyczną:  $*p < 0,05$ ;  $**p < 0,025$ ;  $***p < 0,01$ ;  $****p < 0,001$ . Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica v.12.0.

## Wyniki

W pracy przeanalizowano 338 przypadków upadków z wysokości, w tym 115 kobiet i 222 mężczyzn, obejmujących upadki z wysokości od I do X piętra. W przypadku 31,97% badanych osób wykazano we krwi obecność alkoholu i/lub środków odurzających.

### Rodzaje obrażeń w zależności od wysokości

Większość analizowanych obrażeń była obecna już przy upadkach z wysokości I i II piętra (ryc. 1A–D), w tym obrażenia potencjalnie śmiertelne, na przykład urazy czaszkowo-mózgowe, rozerwanie lub inny ciężki uraz serca, aorty i płuc, pęknięcie śledziony i wątroby czy złamania kręgosłupa szyjnego [4].

Liczba i różnorodność analizowanych obrażeń wzrasta wraz z wysokością (ryc. 2.). Na wysokości II piętra co druga osoba doznała stłuczenia płuc i/lub złamania żeber. Połowa (50%) ofiar, które upadły z wysokości V piętra, miała złamanie kości miednicy i/lub czaszki. Mnogie złamania kości czaszki obecne były u 50% ofiar, które upadły z IX piętra. Przy upadkach z VI piętra u 50% ofiar wykazano obecność złamania kości kończyn górnych – długich i krótkich,

presence, and the height of fall; between age, body height and alcohol presence, and injuries; and between age and gender, and the height of fall. It was also determined whether there was a correlation between the occurrence of different injury types. Pearson's  $r$  coefficient was adopted as a mathematical measure of correlation strength. The values of the coefficient  $r$  could range from 0 to 1 and from 0 to  $-1$ . Positive values of Pearson's  $r$  coefficient indicate that the frequency of a given injury type increases with increasing height of fall. For negative values, the interpretation is the opposite, i.e. an increase in the height of fall is associated with a decreasing frequency of injuries. The absolute value of Pearson's  $r$  coefficient provides information about the strength of a particular correlation under study, so values which are close to 1 or  $-1$  are indicative of strong correlations.

The statistical significance levels adopted for the results were:  $*p < 0.05$ ;  $**p < 0.025$ ;  $***p < 0.01$  and  $****p < 0.001$ . All calculations were performed with the Statistica v.12.0 software.

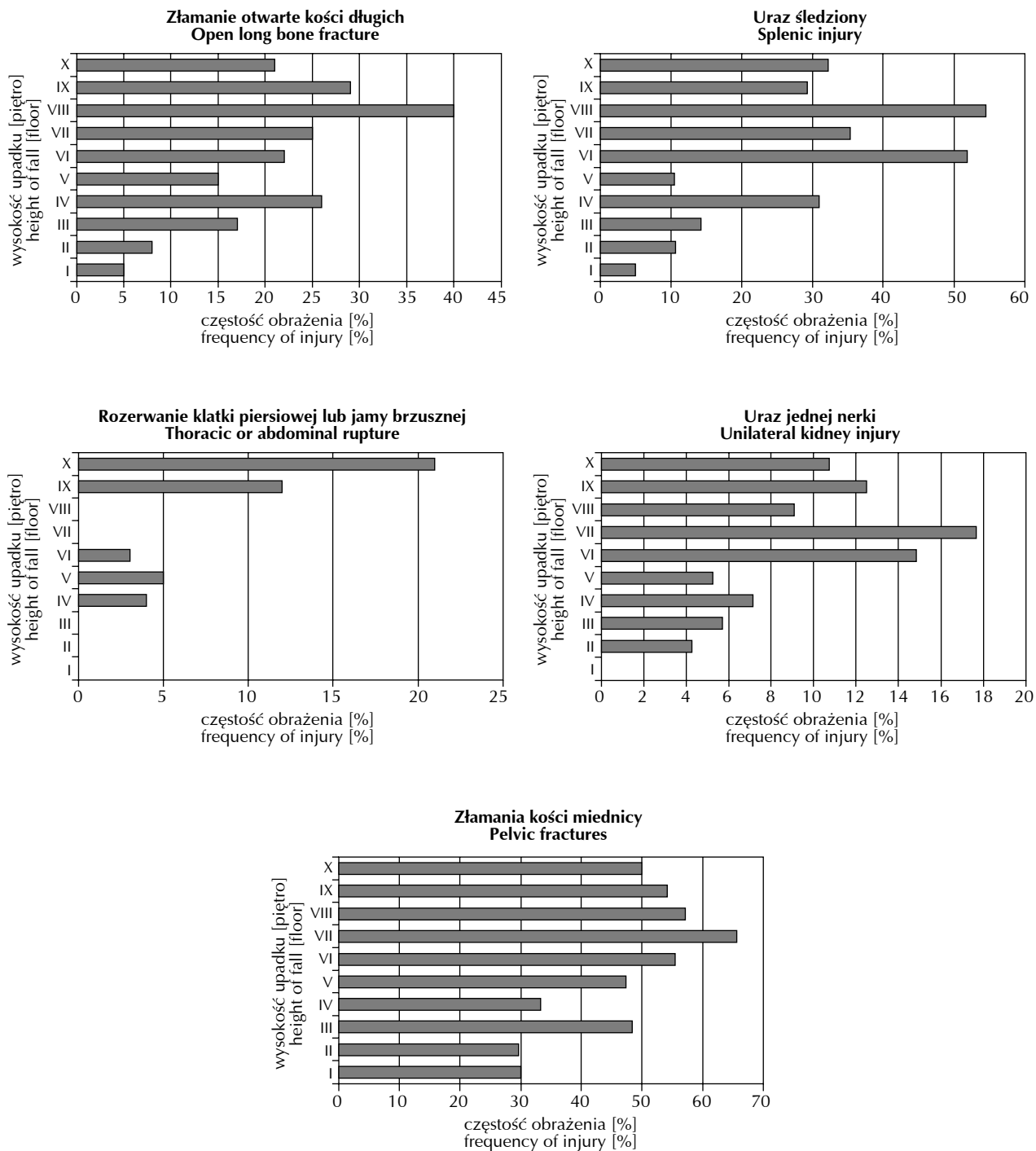
## Results

The study involved an analysis of 338 cases (115 women and 222 men) of falls from different heights ranging from the 1<sup>st</sup> to the 10<sup>th</sup> floor. Alcohol and/or intoxicating agents were detected in the blood of 31.97% of all study subjects.

### Injury types depending on height

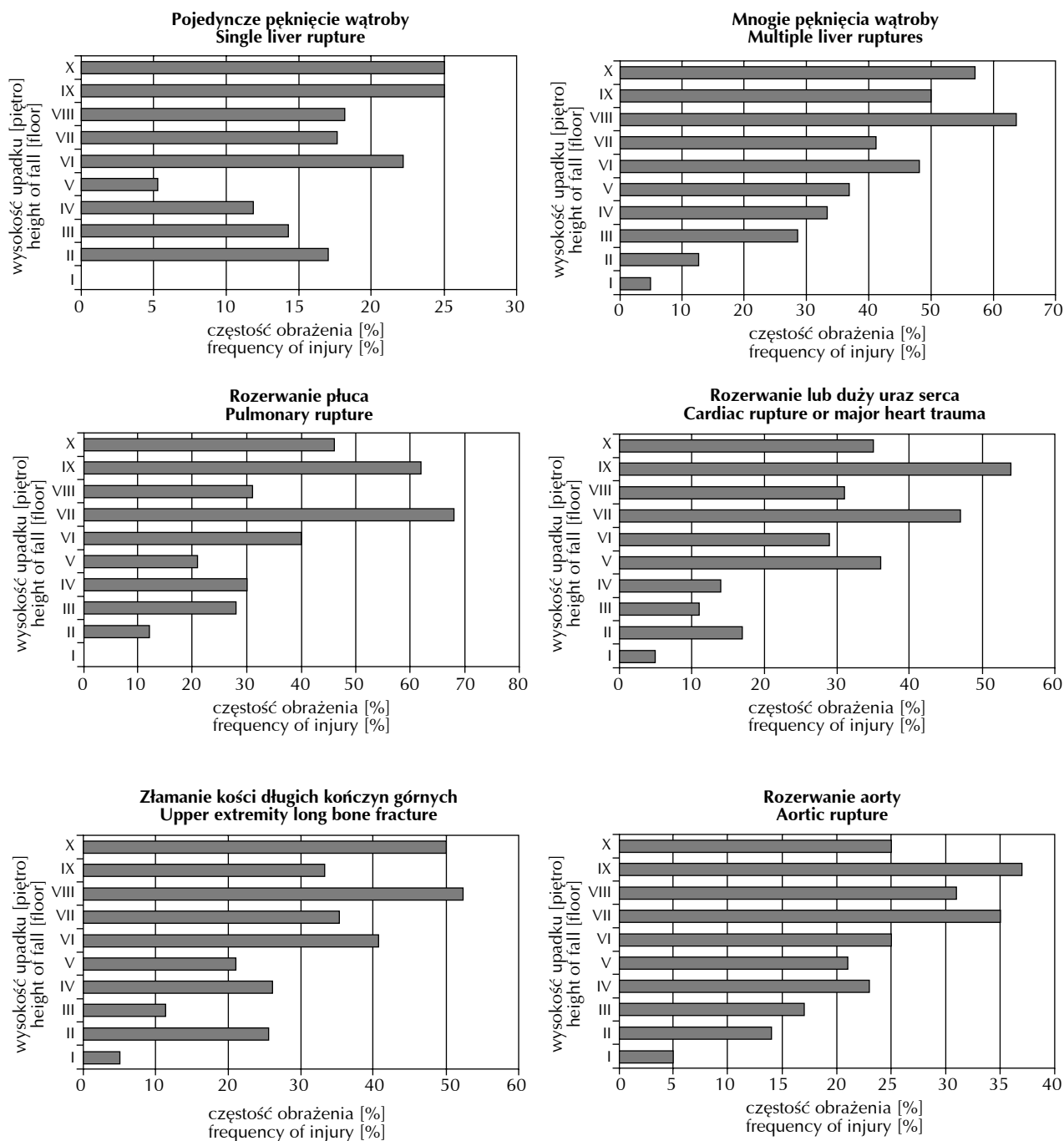
The majority of injuries under analysis were present even in falls from the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> floors (Fig. 1A1–D) including potentially fatal injuries such as craniocerebral trauma, cardiac rupture or other major injury to the heart, aorta and lungs, rupture of the spleen and liver or cervical spine fractures [4].

The number and extent of injuries were found to increase along with the height of fall (Fig. 2). Every other person falling from the height of the 2<sup>nd</sup> floor suffered lung contusion and/or rib fractures. Half of all study subjects who fell from the height of the 5<sup>th</sup> floor sustained pelvic and/or skull fractures. Multiple skull fractures were identified in 50% of the victims who fell from the 9<sup>th</sup> floor. Half of the fatalities due to falling from the 6<sup>th</sup> floor were shown to have sustained fractures of long and short bones in the



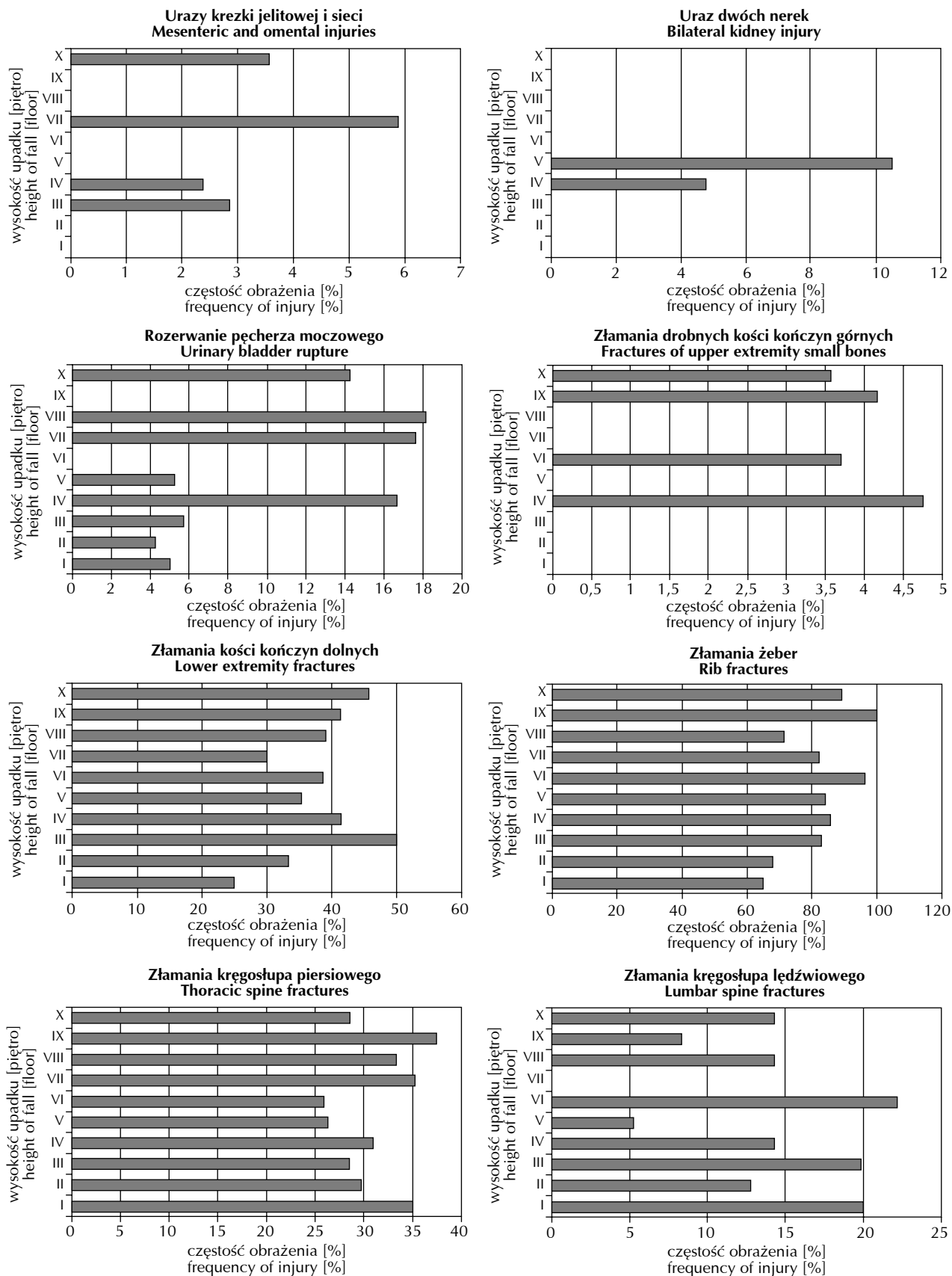
**Ryc. 1A.** Rycina przedstawia częstość występowania poszczególnych obrażeń, wyrażoną jako odsetek osób mających dane obrażenie, w stosunku do wysokości upadku. Na rycinie uwzględniono wyłącznie obrażenia, dla których wykazano istotną statystycznie zależność pomiędzy częstością ich występowania a wysokością upadku ( $p < 0,05$ )

**Fig. 1A.** Figure showing the frequency of different injuries expressed as percentages of victims affected by particular injuries in relation to the height of fall. The figure only includes injuries for which a statistically significant correlation has been demonstrated between the frequency of injuries and the height of fall ( $p < 0.05$ )



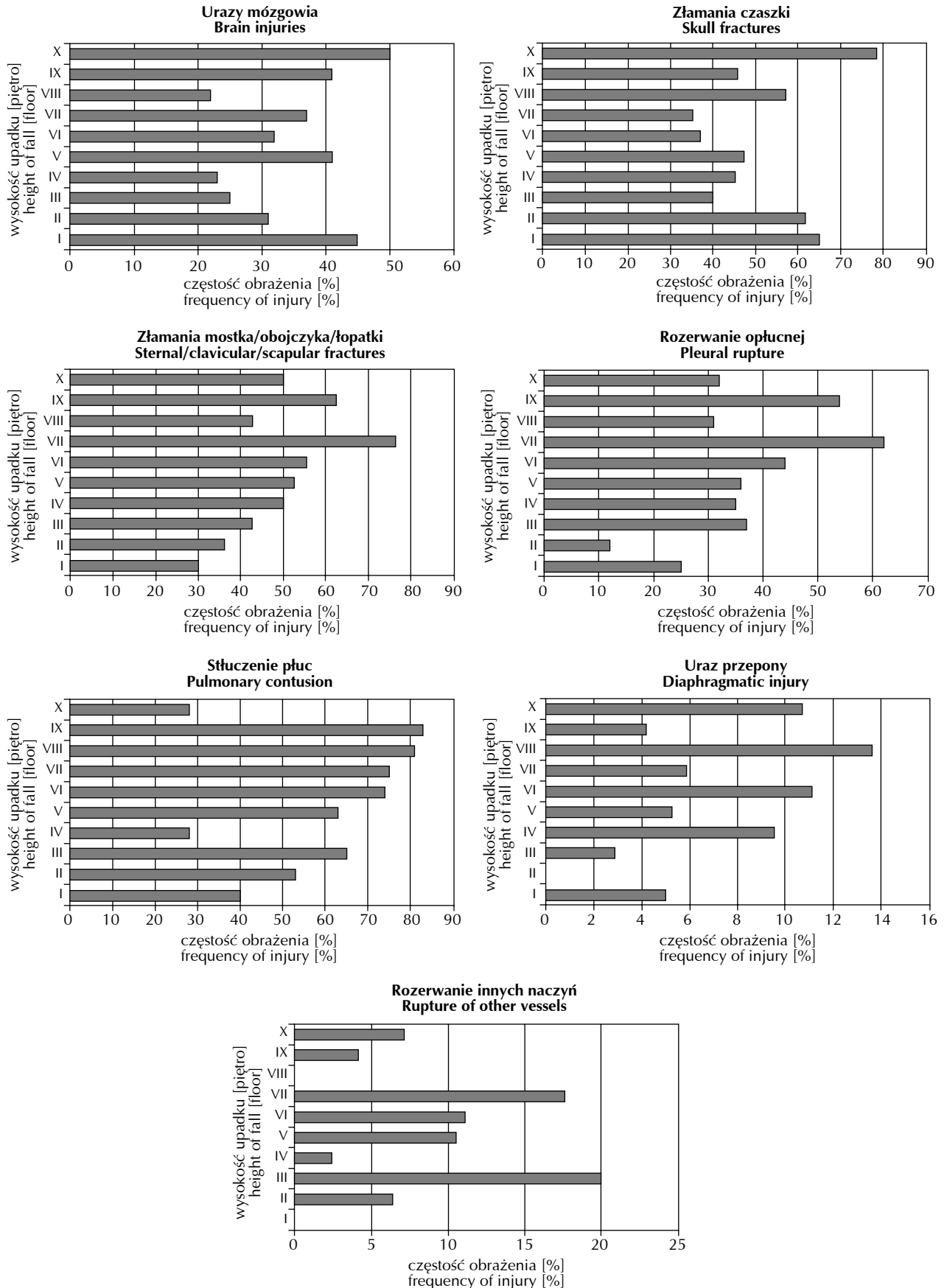
**Ryc. 1B.** Rycina przedstawia częstość występowania poszczególnych obrażeń, wyrażoną jako odsetek osób mających dane obrażenie, w stosunku do wysokości upadku. Na rycinie uwzględniono wyłącznie obrażenia, dla których wykazano istotną statystycznie zależność pomiędzy częstością ich występowania a wysokością upadku ( $p < 0,05$ )

**Fig. 1B.** Figure showing the frequency of different injuries expressed as percentages of victims affected by particular injuries in relation to the height of fall. The figure only includes injuries for which a statistically significant correlation has been demonstrated between the frequency of injuries and the height of fall ( $p < 0.05$ )



Ryc. 1C. Rycina przedstawia częstość występowania poszczególnych obrażeń, wyrażoną jako odsetek osób mających dane obrażenie, w stosunku do wysokości upadku

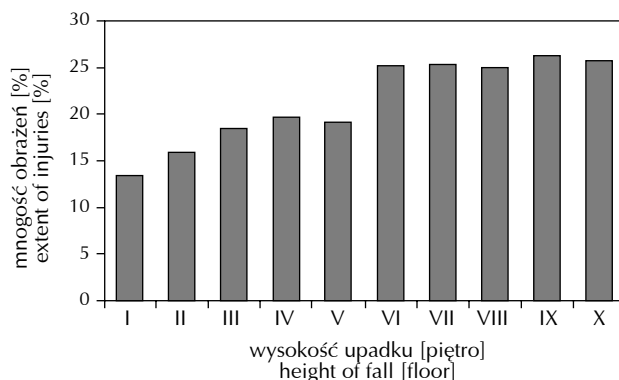
Fig. 1C. Figure showing the frequency of different injuries expressed as percentages of victims affected by particular injuries in relation to the height of fall



Ryc. 1D. Rycina przedstawia częstość występowania poszczególnych obrażeń, wyrażoną jako odsetek osób mających dane obrażenie, w stosunku do wysokości upadku

Fig. 1D. Figure showing the frequency of different injuries expressed as percentages of victims affected by particular injuries in relation to the height of fall





**Ryc. 2.** Rycina przedstawia mnogość obrażeń, jaką zaobserwowano u ofiar upadków z poszczególnych wysokości. Mnogość wyrażono jako odsetek obecnych obrażeń w stosunku do liczby wszystkich analizowanych w tej pracy

**Fig. 2.** Figure showing the multiplicity of injuries observed in victims of falls from different heights. Multiplicity is shown as a percentage of existing injuries in relation to all injuries analyzed in the study

a także pęknięcia śledziony, mnogich pęknięć wątroby oraz rozerwania opłucnej. W wypadku VII piętra zależność tę zaobserwowano dla rozerwania płuca i serca lub dużych naczyń krwionośnych. Upadek z wysokości VIII piętra skutkował obecnością złamań otwartych kości długich w 50% przypadków.

Dla 11 obrażeń wykazano korelację częstości występowania określonego obrażenia w stosunku do wzrastającej wysokości upadku (tabela I). Przedstawione zależności są silne, ze współczynnikiem  $r$  mieszczącym się w zakresie od 0,67 do 0,85. Dotyczą one rozerwania narządów mięsistych – śledziony, wątroby, nerki i płuc, złamań kości: miednicy oraz złamań otwartych kości długich, a także rozerwania serca i dużych naczyń i rozerwania klatki piersiowej lub jamy brzusznej. Najsilniejszą zależność wykazano dla rozerwania aorty ( $r = 0,85$ ) oraz złamania kości długich kończyny górnej ( $r = 0,85$ ).

## Obrażenia obecne od określonej wysokości

Pęknięcie obu nerek i złamanie drobnych kości kończyny górnej zaobserwowano przy upadkach z wysokości, odpowiednio, z IV i VI piętra, natomiast uszkodzenie krezki jelitowej z wysokości III piętra (ryc. 1C). Uraz obu nerek obecny był u 34 ofiar, uraz krezki jelitowej u 37 ofiar, a złamanie drobnych kości kończyny górnej w 7 przypadkach.

upper extremities, splenic ruptures, multiple liver ruptures and pleural ruptures. For falls from the 7<sup>th</sup> floor, the relationship was observed for pulmonary and cardiac ruptures or rupturing of major blood vessels. Falls from the height of the 8<sup>th</sup> floor resulted in open long bone fractures in 50% of all cases.

For 11 injuries, there was a confirmed correlation between the frequency of a specific injury and increasing height of fall (Table I). The relationships identified in the study are strong, with the  $r$  coefficient in the range from 0.67 to 0.85. They apply to the rupture of parenchymal organs (spleen, liver, kidney and lungs), bone fractures (pelvic and open long bone fractures) as well as the rupture of the heart and major blood vessels, the chest or the abdominal cavity. The strongest relationship was determined for aortic rupture ( $r = 0.85$ ) and for upper extremity long bone fractures ( $r = 0.85$ ).

## Injuries occurring from a specific height

Bilateral kidney rupture and fractures of upper extremity small bones were shown to accompany falls from the 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> floors, respectively, and mesenteric injury – falls from the 3<sup>rd</sup> floor (Fig. 1C). Bilateral kidney injury was determined in 34 victims, mesenteric injury – in 37 victims, and fracture of upper extremity small bones – in 7 cases.

**Tabela I.** Obrażenia, których częstość koreluje ze wzrastającą wysokością  
**Table I.** Injuries the frequencies of which correlate with increasing height

Rodzaj obrażeń Injury type	Współczynnik <i>r</i> Pearsona Pearson's <i>r</i> coefficient
złamanie otwarte kości długich open long bone fracture	0,665450**
uraz śledziony splenic injury	0,670180*
rozerwanie klatki piersiowej lub jamy brzusznej thoracic or abdominal rupture	0,685339*
uraz jednej nerki unilateral kidney injury	0,731575***
złamanie kości miednicy pelvic fracture	0,745776**
mnogie pęknięcia wątroby multiple liver ruptures	0,752390***
pojedyncze pęknięcie wątroby single liver rupture	0,752390***
rozerwanie płuca pulmonary rupture	0,794828****
rozerwanie lub duży uraz serca cardiac rupture or major heart trauma	0,828507***
złamanie kości długich kończyn górnych upper extremity long bone fracture	0,846545***
rozerwanie aorty aortic rupture	0,848511***

Tabela przedstawia zależności pomiędzy częstością występowania poszczególnych obrażeń a wysokością upadku, wyrażone poprzez współczynniki korelacji *r* Pearsona. Uwzględniono jedynie istotne statystycznie zależności; \**p* < 0,05; \*\**p* < 0,025; \*\*\**p* < 0,01; \*\*\*\**p* < 0,001.

The table shows relationships between the frequencies of different injuries and the height of fall, expressed by Pearson's correlation coefficient *r*. The table includes only statistically significant values, \**p* < 0.05; \*\**p* < 0.025; \*\*\**p* < 0.01; \*\*\*\**p* < 0.001.

**Tabela II.** Zależności pomiędzy wzrostem, wiekiem, płcią, spożyciem alkoholu oraz obecnością złamań kości kończyny górnej

**Table II.** Relationships between height, age, gender, alcohol ingestion and presence of upper extremity fractures

Analizowane parametry Parameters under study		Współczynnik <i>r</i> Pearsona Pearson's <i>r</i> coefficient
wzrost ofiary victim's height	złamanie kości kończyny górnej upper extremity fracture	0,109332**
wysokość upadku height of fall	wiek ofiary victim's age	-0,345539****
obecność alkoholu i/lub środków odurzających presence of alcohol and/or intoxicants	płeć (kobiety) gender (women)	-0,148514****

Tabela przedstawia zależności pomiędzy wzrostem ofiary a częstością złamań kości kończyn górnych, wysokością upadku a wiekiem ofiary oraz obecnością alkoholu i/lub środków odurzających a płcią ofiary. Uwzględniono jedynie istotne statystycznie zależności, \*\**p* < 0,025; \*\*\*\**p* < 0,001.

The table shows relationships between victim's height and frequency of upper extremity fractures, height of fall and victim's age, and presence of alcohol/intoxicants and victim's gender. The table includes only statistically significant values, \*\**p* < 0.025; \*\*\*\**p* < 0.001.

## Zależności pomiędzy obrażeniami a wiekiem osoby

Przeanalizowano również częstość występowania poszczególnych obrażeń w odniesieniu do wieku ofiar upadków z wysokości (tabela II). Wykazano, że liczba obrażeń wzrasta wraz z wiekiem, podobnie jak rozległy uraz serca i dużych naczyń krwionośnych, złamanie żeber i kręgosłupa piersiowego. Wraz z wiekiem zmniejsza się częstość występowania stłuczenia płuc oraz złamań kości czaszki. Ujemnie koreluje również wysokość, z jakiej ofiara upada (tabela II).

## Dyskusja

W zebranych przez autorów materiale przeważali mężczyźni, w proporcji do kobiet 2 : 1. Wynik ten jest zgodny z tendencjami opisywanymi dotychczas w literaturze [2, 3].

Upadki z wysokości często wiążą się z uprzednim spożyciem alkoholu przez ofiarę. Zależność ta ma dwojakie znaczenie. Alkohol, zaburzając koordynację ruchowo-przestrzenną, zwiększa ryzyko upadku podczas pracy na wysokości, na przykład pracy na budowie. Jest także często spożywany przed próbami samobójczymi, wśród których upadki z wysokości zajmują trzecie miejsce [1].

Udokumentowany jest również związek pomiędzy współwystępowaniem zaburzeń psychicznych a popełnionymi samobójstwami, wśród których upadki z wysokości zwykle wybierają osoby cierpiące na schizofrenię oraz depresję [6]. W analizowanym przez autorów niniejszej pracy materiale rozpoznania te pojawiały się najczęściej.

Upadające ciało układa się tak, aby jego środek ciężkości lokalizował się w najniższej położonym punkcie, a co za tym idzie – jako pierwsze kontakt z podłożem mają głowa i klatka piersiowa [3, 4]. Im wyżej, tym więcej czasu zyskuje ciało na przyjęcie opisanego ułożenia, dlatego tendencja ta staje się bardzo wyraźna w przypadku dużych wysokości, w których urazy czaszkowo-mózgowe są bardzo silne, doprowadzające niekiedy do wymordzenia [3].

W przypadku pośrednich wysokości ciało częściej upada na klatkę piersiową. Opisana prawidłowość wyjaśnia obserwowane rozmieszczenie obrażeń, wśród których na pierwszy plan wysuwają się: stłuczenie płuc, złamanie żeber oraz urazy czasz-

## Relationships between injuries and victim age

The frequency of occurrence of different injury types was also assessed in relation to the age of victims of fall from height (Table II). The number of injuries was shown to rise with age – similarly to certain injury types including extensive cardiac injury and damage to major blood vessels, and fractures of ribs and thoracic spine. On the other hand, the frequency of lung contusion and skull fractures was shown to decrease with age. A negative correlation was also found for the height from which victims fall (Table II).

## Discussion

The material collected for the purpose of the study was dominated by men, with a 2 : 1 men to women ratio. The result is consistent with the tendencies reported in the available literature [2, 3].

Falls from height are often associated with prior alcohol ingestion by the victim. The relationship is dual in nature. By adversely affecting the motor-spatial coordination, alcohol increases the risk of falling during work performed at heights, e.g. on construction sites. Furthermore, alcohol is often consumed shortly prior to suicidal attempts, with falls from height being the third most common means of suicide [1].

Also, there is a documented relationship between the coexistence of mental disorders and successful suicides, among which falls from height are most commonly chosen as a suicide method by individuals with schizophrenia and depression [6]. The two diagnoses were predominant in the material analyzed in the present study.

When falling, the human body positions itself in such a way that the centre of gravity is located in the lowest point. Consequently, the primary impact with the surface is made by the head and chest [3, 4]. The greater the height of fall, the more time the body has to assume this position, so the tendency is evident particularly in falls from great heights. In such cases, craniocerebral injuries are very severe and occasionally lead to excerebration [3].

In falls from moderate heights, the body usually lands on the chest. The rule accounts for the observed pattern of injuries which is dominated by pulmonary contusion, rib fractures and craniocerebral injuries [3, 4]. The three injury types are observed

kowo-mózgowe [3, 4]. Obrażenia te spotykane są już od najniższych spośród analizowanych przez autorów wysokości (ryc. 1.A–C). Wraz ze wzrostem wysokości znacząco rośnie różnorodność obrażeń narządów i ścian klatki piersiowej (tabela I). Zaobserwowano również wzrost częstości występowania obrażeń niektórych narządów jamy brzusznej, co stanowi dość zaskakujący wynik. W cytowanym piśmiennictwie [4, 6] urazy jamy brzusznej pozostają w mniejszości, autorzy podkreślają jednak, że ich obecność wiąże się ze zwiększoną śmiertelnością. Zaobserwowana rozbieżność wynika z odmienności badanych populacji – w niniejszej pracy analizie poddano wyłącznie osoby zmarłe, w piśmiennictwie autorzy [4, 6] obejmują również ofiary upadków, które przeżyły. W analizowanym w tej pracy materiale wraz z wysokością wzrasta częstość urazów wątroby (zarówno pęknięć pojedynczych, jak i mnogich), śledziony oraz nerki. Ciekawą obserwacją jest obecność pęknięcia krezki jelitowej i sieci oraz pęknięcia obu nerek jedynie na określonych wysokościach. Niższe niż podane, progowe wysokości prawdopodobnie nie pozwalają na osiągnięcie odpowiednio dużej – dla uzyskania tych obrażeń – energii przez upadające ciało. Wraz ze wzrostem wysokości ciała, upadając, ma więcej czasu na to, aby skierować się głową w dół, a co za tym idzie – zmniejsza się częstość urazów narządów jamy brzusznej [4], a w szczególności pęknięcia krezki jelitowej i sieci oraz pęknięcia obu nerek. Obecność tych dwóch obrażeń, podobnie jak obecność złamania drobnych kości kończyn górnych, może się okazać istotnym markerem wysokości, z jakiej upadło ciało, wniosek ten wymaga jednak dalszej weryfikacji.

Wykazano również, że opisane wcześniej urazy często ze sobą współwystępują (tabela III). Wśród analizowanych korelacji pomiędzy poszczególnymi obrażeniami a wysokością upadku najsilniejsze korelacje odnotowano właśnie dla obrażeń narządów klatki piersiowej. Ze względu na bliskie anatomiczne położenie, podobne zależności zaobserwowano także dla złamań kości długich kończyn górnych oraz urazów wątroby i śledziony. Podobne zależności są opisywane również w dotychczasowych publikacjach [3, 4, 6]. Należy jednak zauważyć, że w części przypadków podjęto próbę resuscytacji krążeniowo-oddechowej, podczas której mogły powstać dodatkowe, niewynikające z samego mechanizmu upadku obrażenia

from the lowest fall heights analyzed in the present study (Fig. 1A–D). As the height of fall increases, the range of injuries to body organs and chest walls becomes much more diverse (Table I). Another, quite surprising, finding was an increase in the frequency of injuries affecting some of the abdominal organs. In the literature cited in the present study [4, 6], abdominal injuries represent a minority, however the authors emphasize that their presence is associated with increased mortality levels. The observed discrepancy is a result of differences in the study populations. The present analysis involved only deceased individuals, while the above-mentioned literature reports [4, 6] also include fall survivors. The material analyzed in the study shows that the frequency of injuries to the liver (single and multiple ruptures), spleen and kidneys increases in proportion to the height of fall. An interesting finding is that mesenteric and omental ruptures, as well as bilateral kidney ruptures, only accompany certain fall heights. Threshold values which are lower than those specified probably do not make it possible for the falling body to achieve an energy value necessary for sustaining such injuries. In falls from greater heights, the falling body has more time to position itself head down. As a result, the frequency of injuries to the abdominal organs decreases [4], which is notable in particular in mesenteric and omental ruptures, and bilateral kidney ruptures. The presence of these two injury types, similarly to fractures affecting the small bones of upper extremities, may therefore turn out to be a significant marker of fall height, however the proposal requires further verification.

The study also showed the injuries described above to frequently coexist with one another (Table III). Out of all studied relationships between different injury types and fall height, the strongest correlations were found for chest organ injuries. Due to anatomical proximity, similar correlations were also observed for upper extremity long bone fractures and injuries to the liver and spleen. Analogous relationships are also described in the available literature [3, 4, 6]. It must be noted, though, that some of the cases involved cardiorespiratory resuscitation attempts which may have given rise to additional injuries in the region of the sternum and adjacent rib sections. Such resuscitation injuries, unrelated to the mechanism of the fall, potentially complicate the interpretation of injuries in fatal fall victims.

**Tabela III.** Zależności pomiędzy częstością występowania poszczególnych obrażeń  
**Table III.** Relationships between the frequencies of different injuries

Analizowane obrażenia Injuries under study		Współczynnik r Pearsona Pearson's r coefficient
złamanie otwarte kości długich open long bone fracture	uraz przepony / diaphragmatic injury	0,676025
	uraz śledziony / splenic injury	0,839551
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,864464
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,739662
	złamanie kości miednicy / pelvic fracture	0,665314
	rozerwanie klatki piersiowej lub jamy brzusznej / thoracic or abdominal rupture	0,943441
rozerwanie klatki piersiowej lub jamy brzusznej thoracic or abdominal rupture	mnogie złamania czaszki / multiple skull fractures	0,770266
uraz mózgowia / brain injury	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	-0,661211
rozerwanie opłucnej pleural rupture	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,860566
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,709866
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,755803
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,799201
	złamania czaszki / skull fractures	-0,662445
	złamanie żeber / rib fractures	0,742699
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,852615
stłuczenie płuc pulmonary contusion	mnogie złamania czaszki / multiple skull fractures	-0,714914
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,689149
rozerwanie płuca pulmonary rupture	rozerwanie opłucnej / pleural rupture	0,860566
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,837056
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,911528
	pojedyncze pęknięcie wątroby / single liver rupture	0,733466
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,687472
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,925306
	złamanie żeber / rib fractures	0,824235
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,808477
rozerwanie lub duży uraz serca cardiac rupture or major heart trauma	rozerwanie opłucnej / pleural rupture	0,709866
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,837056
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,878455
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,690169
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,764214
	złamanie kręgosłupa lędźwiowego / lumbar spine fracture	-0,634873
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,773237

Tabela III. Cd.  
Table III. Cont.

	<b>Analizowane obrażenia Injuries under study</b>	<b>Współczynnik r Pearsona Pearson's r coefficient</b>
rozerwanie aorty aortic rupture	złamanie otwarte kości długich / open long bone fracture	0,840690
	rozerwanie opłucnej / pleural rupture	0,755803
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,911528
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,878455
	uraz śledziony / splenic injury	0,701407
	pojedyncze pęknięcie wątroby / single liver rupture	0,705579
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,826864
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,859414
	złamanie żeber / rib fractures	0,710328
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,716620
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,762307
uraz przepony diaphragmatic injury	złamanie otwarte kości długich / open long bone fractures	0,676025
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,640120
	uraz śledziony / splenic injury	0,816156
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,724373
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,703828
uraz śledziony splenic injury	złamanie otwarte kości długich / open long bone fracture	0,839551
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,850326
	uraz przepony / diaphragmatic injury	0,816156
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,820767
	pojedyncze pęknięcie wątroby / single liver rupture	0,642675
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,736672
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,847953
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,657623
pojedyncze pęknięcie wątroby single liver rupture	złamanie otwarte kości długich / open long bone fractures	0,658813
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,733466
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,705579
	uraz śledziony / splenic injury	0,642675
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,740091
	złamanie żeber / rib fractures	0,689585
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,771684

**Tabela III. Cd.**  
**Table III. Cont.**

<b>Analizowane obrażenia Injuries under study</b>		<b>Współczynnik r Pearsona Pearson's r coefficient</b>
mnogie pęknięcia wątroby multiple liver ruptures	złamanie otwarte kości długich / open long bone fractures	0,864464
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,687472
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,690169
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,826864
	uraz przepony / diaphragmatic injury	0,724373
	uraz śledziony / splenic injury	0,820767
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,699585
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,876504
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,774943
uraz jednej nerki unilateral kidney injury	rozerwanie opłucnej / pleural rupture	0,799201
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,925306
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,764214
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,859414
	uraz śledziony / splenic injury	0,736672
	pojedyncze pęknięcie wątroby / single liver rupture	0,740091
	mnogie pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,699585
	złamanie żeber / rib fractures	0,814117
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,682992
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,859916
rozerwanie pęcherza moczowego urinary bladder rupture	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	-0,633088
uraz krezki i jelit bowel and mesenteric injury	złamanie żeber / rib fractures	-0,683278
złamanie czaszki skull fracture	złamanie żeber / rib fracture	-0,790029
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,714105
złamanie żeber rib fracture	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,659245
	złamania czaszki / skull fractures	-0,790029
	złamanie kości długich kończyny górnej / upper extremity long bone fracture	0,718890
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,734808
złamanie drobnych kości kończyny górnej fracture of upper extremity small bones	rozerwanie pęcherza moczowego / urinary bladder rupture	-0,633088
	złamanie żeber / rib fractures	0,718890

Tabela III. Cd.  
Table III. Cont.

Analizowane obrażenia Injuries under study		Współczynnik <i>r</i> Pearsona Pearson's <i>r</i> coefficient
złamanie kości długich kończyny górnej upper extremity long bone fracture	złamanie otwarte kości długich / open long bone fractures	0,739662
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,811875
	uraz przepony / diaphragmatic injury	0,703828
	uraz śledziony / splenic injury	0,847953
	pojedyncze pęknięcie wątroby / single liver rupture	0,771684
	mnoгие pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,876504
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,682992
złamanie kręgosłupa piersiowego thoracic spine fracture	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,641384
złamanie kręgosłupa lędźwiowego lumbar spine fracture	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	-0,700878
złamanie kości miednicy pelvic fracture	złamanie otwarte kości długich / open long bone fractures	0,665314
	rozerwanie opłucnej / pleural rupture	0,789566
	stłuczenie płuc / pulmonary contusion	0,689149
	rozerwanie płuca / pulmonary rupture	0,812000
	rozerwanie lub duży uraz serca / cardiac rupture or major heart trauma	0,765088
	rozerwanie aorty / aortic rupture	0,815677
	uraz śledziony / splenic injury	0,657623
	mnoгие pęknięcia wątroby / multiple liver ruptures	0,774943
	uszkodzenie jednej nerki / unilateral kidney injury	0,843890
	złamanie żeber / rib fractures	0,718561
	złamania kręgosłupa piersiowego / thoracic spine fractures	0,641384
	złamanie kości miednicy / pelvic fractures	0,855383

Tabela przedstawia zależności między częstością występowania poszczególnych obrażeń. Zależności te wyrażono poprzez współczynniki *r* Pearsona. Uwzględniono jedynie istotne statystycznie zależności,  $p < 0,05$ .

The table shows relationships between the frequencies of different injuries, expressed by Pearson's correlation coefficient *r*. The table includes only statistically significant values,  $p < 0.05$ .

w zakresie mostka oraz przylegających części żeber, co może utrudnić interpretację tego rodzaju obrażeń.

W zebranych danych od wysokości upadków z V piętra znacząco wzrasta częstość występowania urazów mogących być przyczyną zgonu, takich jak rozległe obrażenia czaszkowo-mózgowe, pęknięcie wątroby i śledziony [4]. Od wysokości V piętra obserwuje się również zwiększenie różnorodności

The study data show that falls from the height of the 5<sup>th</sup> floor and higher are associated with a significant increase in the frequency of potentially fatal injuries such as extensive craniocerebral traumas, and liver and spleen ruptures [4]. The 5<sup>th</sup> floor is also a height from which an increased diversity and total number of injuries under study are observed (Fig. 2). In the literature, the 5<sup>th</sup> floor is reported as the



i liczebności ogółu analizowanych obrażeń (ryc. 2.). W literaturze wysokość V piętra podawana jest jako ta, przy której znacznie wzrasta ryzyko zgonu [3].

Silna korelacja dla współwystępowania złamań otwartych kości długich wraz z grupą obrażeń dodatnio korelujących ze wzrastającą wysokością wynika z faktu, że wraz ze wzrostem wysokości znacząco wzrasta częstość występowania poszczególnych obrażeń. Urazy mózgowia i mnogie pęknięcia wątroby, podobnie jak rozerwanie klatki piersiowej lub jamy brzusznej i mnogie złamania kości czaszki, należą do obrażeń zagrażających życiu [4], współistniejących przy dużych wysokościach (tabela III). Ich powstanie wymaga zadziałania odpowiednio dużej siły na upadające ciało [3].

Kolejną obserwacją jest malejąca częstość występowania urazów narządów klatki piersiowej, przy jednocześnie wzrastającej liczbie urazów czaszkowo-mózgowych (tabela III). Obserwację tę można interpretować dwojako – zgodnie z opisaną zależnością upadające ciało w pierwszej kolejności uderza klatką piersiową o podłoże, a tym samym narządy tam zlokalizowane pochłaniają dużą część energii, amortyzując tym samym głowę ofiary. Warto jednak zauważyć, że tuż po kontakcie z podłożem ciało przemieszcza się jeszcze, często się przesuując, co obserwuje się podczas sekcji w postaci charakterystycznych, podłużnych otarć naskórka. Prawdopodobnie w tym samym momencie odchyleniu do tyłu ulega głowa ofiary, w sposób analogiczny do obserwowanego podczas wypadków komunikacyjnych, skutkując w ten sposób zmniejszeniem częstości występowania urazów czaszkowo-mózgowych.

Liczne doniesienia sugerują zależność pomiędzy wiekiem a ciężkością obrażeń [3]. W przypadku osób starszych upadek z wysokości niższej niż V piętro niesie ze sobą duże ryzyko zgonu ze względu na gorszy wyjściowy stan fizyczny pacjentów [3]. Obserwacja ta została potwierdzona także w niniejszej pracy (tabela II). Można to tłumaczyć pojawiającymi się wraz z wiekiem chorobami współwystępującymi, a także zmniejszoną elastycznością tkanek i zdolnością do ich ewentualnej regeneracji [3]. Wraz z wiekiem zmniejsza się częstość złamań kości czaszki. Wynika to z postępującego wraz z wiekiem skostnienia i zgrubienia kości czaszki, a także wzmocnienia zarośnięcia jej szwów, co nadaje jej zwiększoną odporność na urazy mechaniczne. U osób starszych częściej obserwowano rozerwanie

threshold associated with a significant increase in death risk [3].

The strong correlation observed for the coexistence of open long bone fractures together with a group of injuries exhibiting a positive correlation with increasing height stems from the fact that an increase in height is linked to a marked increase in the frequency of different injuries. Brain injuries and multiple liver ruptures, similarly to thoracic or abdominal ruptures and multiple skull fractures, are recognized as life-threatening injuries [4] coexisting at falls from great heights (Table III). For them to arise, the falling body must be affected by a suitably large force [3].

Another observation relates to a decreasing frequency of thoracic organ injuries with a simultaneously rising frequency of craniocerebral injuries (Table III). The observation lends itself to a dual interpretation in conformity with the previously described relationship. For a falling body, the first point of contact with the surface is the chest, so thoracic organs absorb a considerable part of energy, cushioning the head of the victim. It must be noted, though, that immediately after hitting the surface the body continues its movement, which is seen at autopsy in the form of characteristic longitudinal skin abrasions. Probably at the same time, the victim's head is tilted backwards in a way that is commonly observed during traffic accidents, resulting in a decreased frequency of craniocerebral injuries.

There are multiple reports pointing to a relationship between age and severity of injuries [3]. In elderly people, falling from a height lower than the 5<sup>th</sup> floor level referred to above carries a high risk of death because of their worse baseline physical status [3]. The observation was also confirmed by our analysis (Table II). It can be attributed to the presence of concomitant diseases developing with age as well as reduced tissue elasticity and capacity for regeneration [3]. The frequency of skull fractures is known to decrease with age. The observation is related to the ossification and thickening of skull bones that progress with age, and the reinforcement of sutural fusion which makes the skull more resistant to mechanical trauma. Elderly people were shown to have sustained cardiac or aortic wall rupture more frequently. The finding can probably be attributed to a reduced elasticity of these tissues (Ta-

serca lub ściany aorty, co prawdopodobnie wynika ze zmniejszonej elastyczności tych tkanek (tabela II). Podobnie wzrasta częstość złamania kręgow kęgosłupa, żeber oraz kości długich kończyn górnych, co może się wiązać z postępującą wraz z wiekiem osteoporozą [3]. Większa w tej populacji podatność na złamanie kości wpływa na zwiększenie ryzyka zgonu podczas upadku z wysokości [3].

Przedstawiona w powyższym artykule analiza posłuży autorom jako materiał wyjściowy do opracowania skali pomocnej w oszacowaniu wysokości upadku na podstawie obserwowanych obrażeń, uwzględniającej:

- ogólną liczbę obrażeń,
- obrażenia, dla których wykazano istotną statystycznie korelację w odniesieniu do wzrastającej wysokości upadku – punktację przyznaną za poszczególne obrażenia obliczono na podstawie odpowiednich współczynników  $r$  Pearsona,
- obrażenia, które występują od określonej, progowej wysokości (uraz obu nerek oraz złamanie drobnych kości kończyny górnej).

Ze względu na mnogość i różnorodność obrażeń spotykanych u ofiar upadków z wysokości obecnie nie istnieje skala, która umożliwiłaby w wiarygodny sposób precyzyjne (z dokładnością do piętra) określenie wysokości upadku. Podczas wnioskowania na temat wysokości upadku należy się kierować ogólnymi, wcześniej opisanymi zależnościami. Pomocna może się okazać obecność jednego z trzech szczególnych urazów: urazu krezki jelitowej, dwóch nerek lub złamania drobnych kości kończyny górnej, które wskazują na minimalną wysokość upadku, odpowiednio z III, IV i VI piętra.

## Wnioski

- Ofiarami upadków z wysokości najczęściej stają się osoby w wieku średnim, z dwukrotną przewagą mężczyzn.
- Jedna trzecia osób w momencie upadku znajduje się pod wpływem alkoholu i/lub substancji odurzających.
- Większość obrażeń jest spotykana już od wysokości I piętra, a wraz ze wzrostem wysokości rośnie częstość i mnogość obserwowanych obrażeń.
- Dla 11 obrażeń wykazano istotną statystycznie korelację z wysokością upadku.
- Trzy obrażenia: uraz krezki jelitowej, uraz dwóch nerek oraz złamanie drobnych kości kończyny gór-

ble II). By the same token, there was an increased frequency of vertebral fractures, as well as fractures of the ribs and upper extremity long bones, which may be linked to age-related osteoporosis [3]. An increased susceptibility to bone fractures in the population contributes to an increased level of risk of death during falls from height [3].

The analysis presented in the paper will be used by the authors as a starting point for developing a medical score that would be helpful for evaluating the height of fall based on identified injuries, including:

- total number of injuries,
- injuries shown to be correlated in a statistically significant manner with an increasing height of fall (scores assigned to different injuries were calculated on the basis of appropriate Pearson's  $r$  coefficients),
- injuries occurring from a certain threshold value (bilateral kidney injury and fracture of small bones in upper extremity).

In view of the multiplicity and diversity of injuries which occur in victims of falls from height, there is currently no score that would make it possible to determine the height of fall in a reliable and precise manner (with an accuracy to one floor). Inferences about the height of fall should be drawn on the basis of previously described general relationships. A useful indicator can be the presence of one of three specific injury types: mesenteric injury, bilateral kidney injury or fracture of small bones in upper extremity. The three injuries correspond to minimum fall heights: 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> floors, respectively.

## Conclusions

- Victims of falls from height are usually middle-aged individuals, men twice as often as women.
- One third of victims are under the influence of alcohol and/or intoxicants at the moment of the fall.
- The majority of injuries already occur as a result of falls from the height of the 1<sup>st</sup> floor, and as the height of fall increases, there is a rise in the frequency and multiplicity of injuries.
- Eleven injuries demonstrated a statistically significant correlation with the height of fall.
- Three injury types – mesenteric injury, bilateral kidney injury and fracture of upper extremity small bones – were shown to occur from the

nej, występują od wysokości progowej, co wskazuje na minimalną wysokość, z jakiej nastąpił upadek.

threshold height, which indicates the minimum height of falling.

---

*Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.*

---

*The authors declare no conflict of interest.*

## **Piśmiennictwo**

### **References**

1. Teh J, Firth M, Sharma A, Son AW, Reznek R, Chan O. Jumpers and fallers: a comparison of the distribution of skeletal injury. *Clin Radiol* 2003; 58: 483-486.
2. Lau G, Ooi PL, Phoon B. Fatal falls from a height: the use of mathematical models to estimate the height of fall from the injuries sustained. *Forensic Sci Int* 1998; 93: 33-44.
3. Risser D, Bonsch A, Schneider B, Bauer G. Risk of dying after a free fall from height, *Forensic Sci Int* 1996; 78: 187-191.
4. Beale JP, Wyatt JP, Beard D, Busuttill A, Graham CA. A five year study of high falls in Edinburgh. *Injury* 2000; 31: 503-508.
5. Liu C, Wang C, Shih H, Wen Y, Wu J, Huang C, Hsu H, Huang M, Huang M. Prognostic factors for mortality following falls from height. *Injury* 2009; 40: 595-597.
6. Rocos B, Achraya M, Chesser TJ. The pattern of injury and workload associated with managing patients after suicide attempt by jumping from a height. *Open Orthop J* 2015; 9: 395-398.

### **Adres do korespondencji**

Magdalena E. Kusior  
Studenckie Koło Naukowe Medycyny Sądowej  
Collegium Medicum  
Uniwersytet Jagielloński  
Kraków, Polska  
e-mail: magdalena.kusior9@gmail.com

### **Address for correspondence**

Magdalena E. Kusior  
Student Scientific Circle of Forensic Medicine  
Jagiellonian University Medical College  
Krakow, Poland  
e-mail: magdalena.kusior9@gmail.com