

Wojciech Wierzchołowski

**Ocena zależności morfologii obrażeń  
w obrazach tomografii komputerowej całego ciała  
od mechanizmu urazu**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: dr hab. med. Marek Stajgis

Poznań 2015

*Składam serdeczne podziękowania promotorowi  
Panu dr hab. med. Markowi Stajgisowi  
za wsparcie, pomoc i życzliwość okazane w trakcie pracy nad rozprawą*

## SPIS TREŚCI

INDEKS SKRÓTÓW .....	5
1.WSTĘP.....	6
1.1.Epidemiologia urazów w Polsce i na świecie.....	6
1.2. Uraz i obrażenia-definicje i rodzaje.....	8
1.2.1. Uraz a obrażenia.....	8
1.2.2.Rodzaje obrażeń .....	8
1.3. Rejestry urazów .....	9
1.4. Wybrane skale ciężkości obrażeń.....	10
1.4.1. Skala AIS.....	10
1.4.2. Wskaźnik ISS .....	11
1.4.3. Skala MAIS .....	12
1.5. Przyczyny urazów i lokalizacje obrażeń .....	12
1.6. Postępowanie z pacjentami z po urazach .....	13
1.6.1 Czynniki czasu .....	13
1.6.2 Centra urazowe.....	13
1.6.3.Protokół ATLS .....	14
1.6.4. Tomografia komputerowa całego ciała (WBCT) w diagnostyce pacjentów po urazach. ....	15
1.6.4.1. Wskazania do WBCT.....	16
1.6.4.2. Przygotowanie organizacyjne i zasady wykonywania WBCT .....	18
1.6.4.3 Narazenie na promieniowanie jonizujące.....	19
1.6.4.4. Analiza obrażeń w badaniach WBCT .....	20
1.6.4.5. Mechanizm urazu a obraz obrażeń w WBCT .....	22
2. CELE PRACY.....	23
3. MATERIAŁ I METODA.....	24
3.1.Materiał.....	24

3.2. Metoda .....	25
3.2.1. Ocena lokalizacji obrażeń .....	25
3.2.2. Ocena specyficznych rodzajów obrażeń .....	25
3.2.3. Ocena ciężkości poszczególnych rodzajów obrażeń rozpoznanych w badaniu WBCT z zastosowaniem skali AIS oraz określenie ogólnej ciężkości obrażeń w oparciu o wskaźniki ISS oraz MAIS. ....	27
3.3 Analiza statystyczna .....	27
3.3.1 Lokalizacja obrażeń.....	27
3.3.2. Specyficzne rodzaje obrażeń .....	27
3.3.3. Ciężkość poszczególnych obrażeń w skali AIS oraz ogólna ciężkość obrażeń wyrażona wskaźnikami ISS oraz MAIS.....	27
4. WYNIKI.....	28
4.1. Lokalizacja obrażeń.....	28
4.2. Rodzaje obrażeń .....	38
4.3. Ciężkość obrażeń w skali AIS .....	48
4.4. Ogólna ciężkość obrażeń-wskaźniki ISS i MAIS.....	56
5. OMÓWIENIE .....	58
6. DYSKUSJA .....	68
7. WNIOSKI.....	72
8. STRESZCZENIE .....	73
9. SUMMARY .....	75

## **INDEKS SKRÓTÓW**

- AIS - skrócona skala obrażeń (Abbreviated Injury Scale)
- ATLS - Advanced Trauma Life Support
- FAST - ultrasonograficzne badanie jamy brzusznej ukierunkowane na uraz  
( Focused Assessment with Sonography in Trauma)
- ISS - wskaźnik ciężkości obrażeń ( Injury Severity Score)
- MAIS - maksymalna skrócona skala obrażeń (Maximum Abbreviated Injury Scale)
- TK - tomografia komputerowa
- WBCT - tomografia komputerowa całego ciała (whole-body computed tomography)

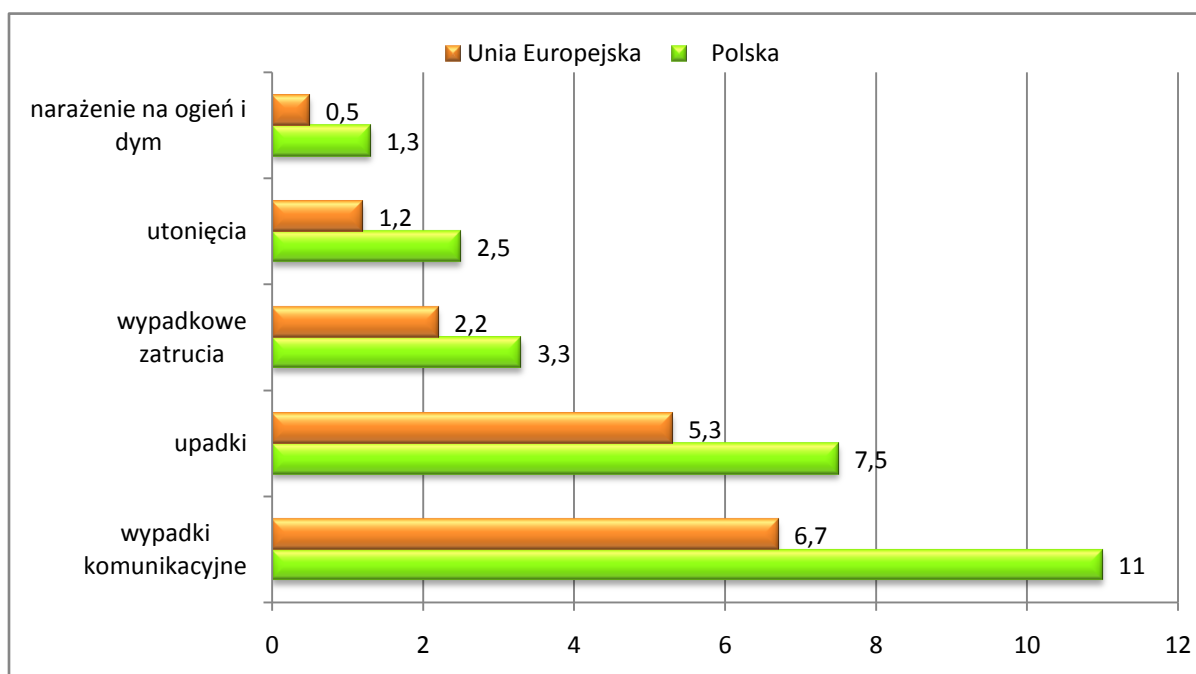
## 1.WSTĘP

### 1.1.Epidemiologia urazów w Polsce i na świecie

Urazy są poważnym problemem, który przekracza ich wymiar zdrowotny, gdyż mają one również szerokie implikacje społeczne oraz ekonomiczne. Liczba urazów, przede wszystkim będących konsekwencją wypadków komunikacyjnych, systematycznie rośnie. Jest to wynik rozwoju motoryzacji oraz szybkiego zwiększania się ilości pojazdów uczestniczących w ruchu, ale również pochodna zmian stylu życia, pośpiechu oraz rosnącej mobilności. Z drugiej strony, szczególnie w krajach o niedostatecznie rozwiniętej infrastrukturze komunikacyjnej, przyczyną wypadków jest zły stan dróg. W niektórych krajach, w tym w Polsce, czynnikiem znacząco wpływającym na wzrost urazowości jest alkohol i inne substancje psychoaktywne.

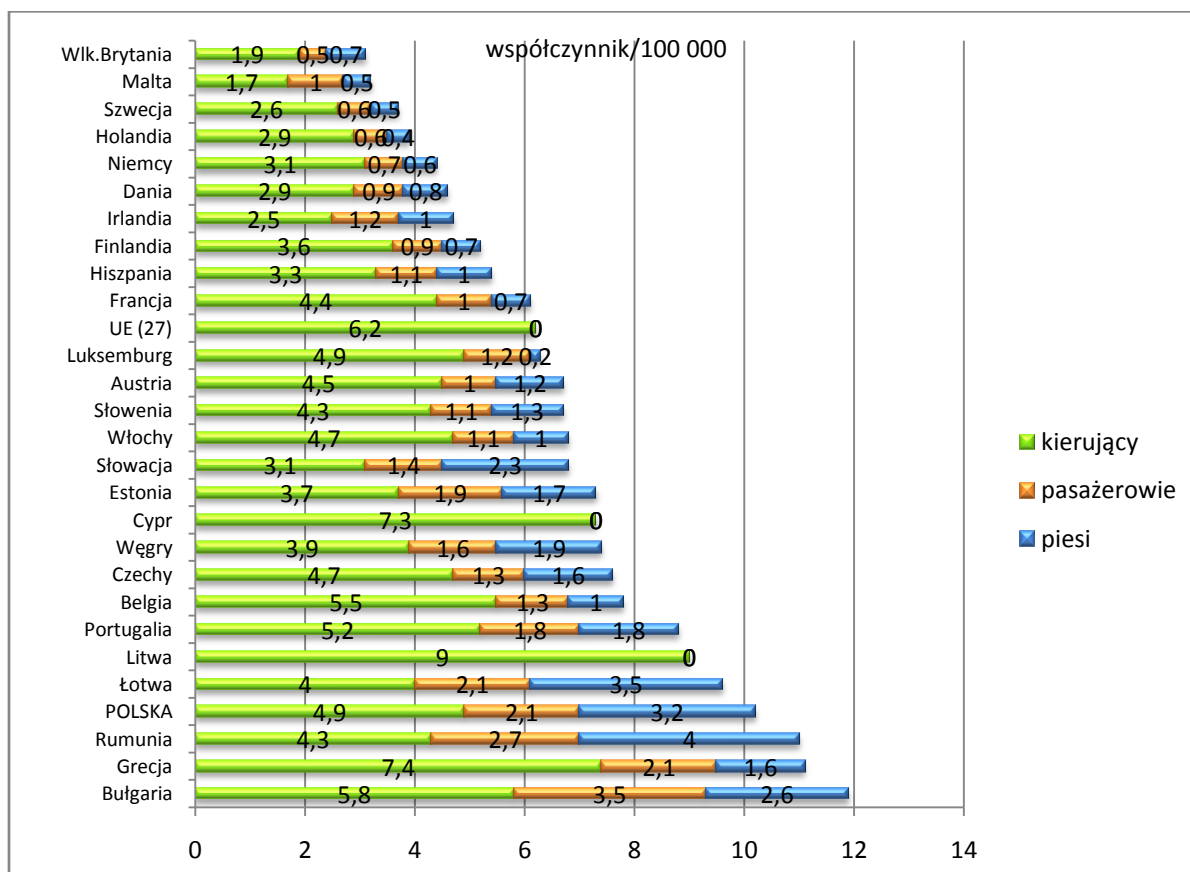
Według danych WHO każdego roku na świecie ulega urazom około 75 milionów ludzi, spośród nich 23% umiera albo doznaje nieodwracalnego uszczerbku na zdrowiu [1]. Z danych tej organizacji wynika również, iż urazy są przyczyną 9% śmiertelności w wymiarze globalnym [2].

W Polsce urazy są czwartą pod względem częstości przyczyną śmierci (6,5% zgonów w 2010 r., zaś najczęstszą przyczyną zgonów na skutek urazów są wypadki komunikacyjne [3].



Ryc. 1 Standaryzowane współczynniki umieralności z powodu wypadków według głównych przyczyn w Polsce i w krajach Unii Europejskiej (WHO 2010) [3]

Z danych policji wynika, iż w 2012 r. doszło do 37046 wypadków komunikacyjnych, w których zginęło 3571 osób, zaś rannych zostało 45 792 [4]. Znamienne dla struktury wypadków komunikacyjnych w Polsce jest wysoki odsetek ofiar śmiertelnych wśród niechronionych uczestników ruchu (poruszających się jednoślადami i pieszych), sięga on 39%.



Ryc. 2 Rzeczywisty współczynnik umieralności z powodu wypadków drogowych w Polsce i krajach UE w podziale na uczestników ruchu drogowego (CARE 2010) [3]

Obok znaczącej liczby ofiar wypadków komunikacyjnych w Polsce podkreślana jest również inna niekorzystna cecha ich struktury- bardzo wysoka śmiertelność na tle innych krajów Unii Europejskiej. Współczynnik liczby ofiar na 100 zdarzeń komunikacyjnych sięga 10, 2 i plasuje nasz kraj na czołowym, obok Bułgarii, miejscu.

Wypadki drogowe w Polsce prowadzą, prócz oczywistych następstw społecznych, także do wielkich kosztów ekonomicznych. Zdaniem ekspertów Banku Światowego całkowite koszty wypadków drogowych (bezpośrednie i pośrednie-utrata zdolności do pracy, wydatki socjalne) wynoszą w naszym kraju około 10 miliardów dolarów [3].

Drugą przyczyną zgonów na skutek urazów są upadki. W 2010 roku w Polsce spowodowały one śmierć 3755 osób. Umieralność mężczyzn z powodu upadków ( 11,1 na 100 000 ludności ) jest znacznie wyższa niż kobiet ( 4,7 na 100 000 ludności). Około trzech czwartych zgonów będących następstwami upadków dotyczy osób powyżej 55 roku życia [3].

## **1.2. Uraz i obrażenia-definicje i rodzaje.**

### **1.2.1. Uraz a obrażenia**

Uraz polega na uszkodzeniu ciała lub jego części (tkanki lub narządu) na skutek działania czynnika zewnętrznego (np. upadku). Zależnie od rodzaju czynnika wywołującego uszkodzenia można mówić o urazach mechanicznych, termicznych czy chemicznych. Pojęcie urazu nie jest tożsame z obrażeniami-uraz jest przyczyną, która wywołuje obrażenia, a ich charakter jest zależny od rodzaju czynnika działającego na ciało [5].

### **1.2.2. Rodzaje obrażeń**

W Polsce próbę uporządkowania nazewnictwa obrażeń w zależności od ich charakteru i lokalizacji podjął Brongel i współautorzy, którzy w swojej książce [5] wyróżniają:

- mnogie obrażenia ciała (MOC)
- obrażenia wielonarządowe (OW)
- wielomiejscowe obrażenia ciała (WOC)
- izolowane (pojedyncze) obrażenia ciała (IOC)

Mnogie obrażenia ciała są obrażeniami dwóch lub więcej okolic ciała, z których każde z osobna jest wskazaniem do hospitalizacji.

Obrażenia wielonarządowe to obrażenia minimum dwóch narządów w jednej okolicy anatomicznej (np. dwa narządy jamy brzusznej).

Wielomiejscowe obrażenia ciała są obrażeniami różnych okolic, jednak bez stworzenia zagrożenia dla życia.

Izolowane obrażenia ciała są związane z jedną okolicą ciała bądź pojedynczym narządem.



### **1.3. Rejestry urazów**

W wielu państwach wysoko rozwiniętych prowadzi się rejestry urazów. Rejestry są rozbudowanymi zbiorami informacji, dotyczących epidemiologii jak i różnorodnych aspektów klinicznych związanych z tematyką urazów. Zawierają one między innymi dane demograficzne pacjentów, informacje o okolicznościach powstania urazów, opiece przedszpitalnej oraz rodzaju działań diagnostycznych i terapeutycznych podjętych już w trakcie pobytu pacjenta w ośrodku urazowym. Rejestry dają szczegółowy wgląd w funkcjonowanie systemu opieki nad pacjentami po urazach i pozwalają dokonać oceny jakości leczenia w poszczególnych ośrodkach. Są niezwykle cennym źródłem wiedzy umożliwiającym śledzenie tendencji w zakresie przyczyn i następstw urazów, ocenę charakteru występujących patologii w odniesieniu do szerokiego spektrum kryteriów, jak też regionalną specyfikę urazów. Dzięki rejestrom możliwe jest opracowanie programów prewencji, monitorowanie efektów ich wprowadzenia oraz ustanowienie systemowych wytycznych postępowania w określonych sytuacjach związanych z urazami [6,7,8]. W roku 2011 istniało na świecie 17 dużych rejestrów urazów, z których 11 miało charakter krajowy, 4 stanowy, zaś 2 były międzynarodowe [9]. W Polsce nie prowadzi się jak dotąd narodowego rejestru urazów (2013 r.).

W Europie podjęto działania, których celem ma być powstanie Europejskiego Rejestru Urazów. Wstępem do jego realizacji stała się inicjatywa EuroTARN, w ramach której 78 jednostek opieki zdrowotnej z 18 krajów stworzyło w okresie 2002-2003 r. wspólną platformę wymiany danych, które posłużyła do oceny możliwości wygenerowania jednolitej bazy informacji o urazach. Podstawą ich pozyskiwania był formularz, w którym znalazły się dane demograficzne pacjentów, opis mechanizmu urazu, a także detalicznie opisane fazy działań diagnostycznych i leczniczych na etapie przedszpitalnym i w trakcie hospitalizacji, ze szczególnym uwzględnieniem czasu realizacji poszczególnych czynności. Z zakresu diagnostyki obrazowej znalazła się w formularzu pozycja „czas wykonania pierwszego zdjęcia klatki piersiowej oraz pierwszej tomografii komputerowej głowy”[10].

#### **1.4. Wybrane skale ciężkości obrażeń**

Problem właściwej oceny ciężkości urazowych uszkodzeń ciała jest od dawna dyskutowany w literaturze poświęconej zagadnieniom traumatologii. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat opracowano wiele skal stopniowania ciężkości obrażeń opartych na umownie ustalonych wartościach liczbowych. Są pośród nich skale anatomiczne, fizjologiczne oraz łączące cechy poprzednio wymienionych [5]. Spośród najpowszechniej stosowanych skal można wymienić skróconą skalę obrażeń- abbreviated injury scale (AIS), wskaźnik ciężkości obrażeń- injury severity score (ISS), skalę śpiączki Glasgow- Glasgow coma scale (GCS) oraz zmodyfikowany wskaźnik urazowy- revised trauma score (RTS). Istnieje również polska modyfikacja skal AIS oraz ISS opracowana przez Brongela [11], nazwana liczbową skalą obrażeń (LSO).

##### **1.4.1. Skala AIS**

Skrócona skala obrażeń (AIS) jest całościowo opracowanym systemem stworzonym dla oceny ciężkości różnych rodzajów obrażeń, opartym na kryterium anatomicznym. System ten, stworzony i rozwijany przez amerykańskie Stowarzyszenie na Rzecz Rozwoju Medycyny Motoryzacyjnej (AAAM), przeszedł przez lata ewolucję. Początkową intencją jego twórców była standaryzacja opisu obrażeń związanych z wypadkami komunikacyjnym. W swojej pierwszej edycji słownik rodzajów obrażeń zawierał 73 pozycje [12]. W kolejnych jego wydaniach katalog stale rozszerzano, w ostatnich wydaniach znajduje się w nim około 2000 szczegółowo opisanych pozycji [13]. Zmiany urazowe uporządkowano według lokalizacji w dziewięciu grupach: obrażenia głowy, twarzy, szyi, klatki piersiowej, brzucha (łącznie z narządami miednicy), kręgosłupa, kończyn górnych, miednicy kostnej wraz z kończynami dolnymi oraz obrażenia zewnętrzne dotyczące skóry, w tym oparzenia. W najnowszym słowniku dodano grupę „inne urazy”, zawierającą między innymi obrażenia będące następstwem porażenia prądem [13]. Specyficznym rodzajom obrażeń przypisano 7-cyfrowe indywidualne kody, w których ostatnia cyfra oznacza ich ciężkość. W skali AIS ciężkość obrażeń opisuje się wartościami punktowymi od 1 do 6, przy czym wartość 1 przypisuje się obrażeniom drobnym, zaś wartość 6 odpowiada zmianom śmiertelnym [14,15].

Tab.1 Punktacja skróconej skali obrażeń AIS z przykładowymi przypadkami na podst.[14]

<b>AIS</b>	<b>stopień ciężkości urazu</b>	<b>przykłady</b>
<b>1</b>	drobny	złamanie palca
<b>2</b>	umiarkowany	nieprzemieszczone złamanie kości piszczelowej
<b>3</b>	poważny	perforacja okrężnicy
<b>4</b>	ciężki	niecałkowite przerwanie ściany aorty piersiowej
<b>5</b>	krytyczny	obustronne krwiaki śródmózgowe
<b>6</b>	śmiertelny	penetrujący uraz pnia mózgu

Skala AIS pozwala na ocenę ciężkości obrażenia w danej okolicy anatomicznej, ale nie umożliwia określenia ogólnego stopnia ciężkości stanu pacjenta ze zmianami urazowymi kilku okolic ciała [15].

#### **1.4.2. Wskaźnik ISS**

W 1974 Baker i współpracownicy badając grupę 2128 pacjentów, którzy doznali mnogich obrażeń, wykazali, iż wskaźnik śmiertelności wzrasta, gdy obrażenia dotyczą dwóch lub więcej okolic ciała, nawet jeśli nie są to zmiany zagrażające życiu [16]. Na podstawie tych spostrzeżeń autorzy opracowali wskaźnik ciężkości obrażeń (ISS). Jego wartość oblicza się jako sumę kwadratów najwyższych wartości liczbowych skali AIS z trzech spośród sześciu okolic anatomicznych. Należą do nich- nieco odmiennie niż w słowniku AIS- następujące obszary: głowa i szyja, twarz, klatka piersiowa, jama brzuszna i miednica kostna wraz z kończynami oraz powłoki ciała [16]. Poszczególne odcinki kręgosłupa zostały w tym systemie włączone do odpowiednich okolic, nie ma również zróżnicowania na kończyny górne i dolne. Maksymalna wartość wskaźnika ISS może sięgnąć 75. Wartość tę przypisuje się również automatycznie w chwili, gdy wartość AIS w jakiegokolwiek z okolic wynosi 6, co oznacza obrażenia śmiertelne.

Boyd w swojej publikacji zaproponował przyjęcie wartości ISS wynoszącej 15 jako kryterium progowego, powyżej którego stan pacjentów byłby definiowany jako poważny [17] i choć pojawiły się inne propozycje, szczególnie w odniesieniu do populacji dziecięcej oraz pacjentów powyżej 65 roku życia [18,19], nadal jest powszechnie akceptowana i szeroko stosowana. Ponadto niektórzy autorzy w oparciu o wartość ISS wprowadzają dodatkowe

rozdzielenie, wyodrębniając grupy pacjentów z obrażeniami o stopniu łagodnym (ISS<9), umiarkowanym (9-15), ciężkim (16-25) oraz głębokim (>25) [20].

Mimo licznych zastrzeżeń podnoszonych w publikacjach, ISS pozostaje złotym standardem w stopniowaniu ciężkości urazu [5,21]

### **1.4.3. Skala MAIS**

Maksymalna skrócona skala obrażeń -maximum abbreviated injury scale (MAIS) wywodzi się bezpośrednio z AIS i odpowiada najwyższej wartości AIS spośród wszystkich obrażeń wykazanych u danego pacjenta, pozwalając w prosty sposób scharakteryzować ogólną ciężkość obrażeń.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż skala MAIS została rekomendowana przez grupę wysokiego szczebla ds. bezpieczeństwa drogowego Komisji Europejskiej jako proponowaną opcję dla wspólnej definicji ciężkości obrażeń u ofiar wypadków komunikacyjnych na terenie państw Unii Europejskiej [23].

## **1.5. Przyczyny urazów i lokalizacje obrażeń**

W zakresie przyczyn urazów w rejestrach dominują wypadki komunikacyjne (23,6-74,4 %) oraz upadki (20,7-47%) [24,25,26]. W największym na świecie rejestrze- amerykańskim National Trauma Data Bank, spośród obrażeń poważnych (AIS≥3), na czele znajdują się obrażenia głowy, a dalej kończyn dolnych, klatki piersiowej, kręgosłupa oraz brzucha [24]. W przykładowym rejestrze europejskim, niemieckim Trauma Register DGU, najczęstsze były obrażenia klatki piersiowej, tuż za nimi obrażenia głowy, a następnie obrażenia kręgosłupa, kończyn górnych, kończyn dolnych oraz brzucha [25]. W niektórych rejestrach można znaleźć uszczegółowione dane w odniesieniu do wyodrębnionych grup pacjentów. I tak na przykład we francuskim rejestrze regionalnym, który obejmuje tylko urazy komunikacyjne, pacjentów podzielono na podgrupy zależnie od rodzaju środka lokomocji [26]. Dane dotyczące lokalizacji obrażeń przedstawiają się w tym rejestrze następująco:

-w podgrupie kierowców/pasażerów samochodów najczęstsze były obrażenia kręgosłupa, kolejno zaś kończyn górnych, klatki piersiowej oraz głowy

-w podgrupie motocyklistów dominowały obrażenia miednicy i kończyn dolnych, a dalej kończyn górnych, głowy oraz kręgosłupa

-w podgrupie rowerzystów najczęściej stwierdzano obrażenia kończyn górnych i dolnych, twarzy oraz głowy

-w podgrupie pieszych na czele były obrażenia miednicy i kończyn dolnych, następnie kończyn górnych, głowy i twarzy.

## **1.6. Postępowanie z pacjentami z po urazach**

Podstawowymi czynnikami decydującymi o losach pacjenta, który doznał obrażeń ciała, są ich rozległość i ciężkość, czas, jaki mija od chwili zdarzenia do podjęcia działań leczniczych oraz pełne rozpoznanie zakresu i charakteru obrażeń. W tym względzie zasadnicza rola przypada diagnostyce obrazowej. Właściwe rozpoznanie jest podstawą strategii terapeutycznej.

### **1.6.1 Czynniki czasu**

Czynnik czasu ma znaczenie przede wszystkim w początkowej fazie postępowania z chorym po urazie. Przekonanie o jego roli wyrasta z koncepcji „złotej godziny” oraz specyficznej, trójmodalnej dystrybucji czasowej prawdopodobieństwa wystąpienia zgonu wskutek urazu [27].

Pojęcie „złotej godziny” zostało wprowadzone w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia przez Cowleya [28]. Termin ten uwypukla znaczenie pierwszej godziny, jaka mija od urazu, dla losu pacjenta. Podjęcie w tym wczesnym okresie właściwego leczenia, przede wszystkim chirurgicznego, determinuje prawdopodobieństwo przeżycia chorego. W przekonaniu Cowleya w pierwszych 60 minutach po urazie dokonuje się szereg zmian metabolicznych w ustroju, zwłoka w leczeniu czyni je nieodwracalnymi i wiodącymi do śmierci, nawet po wielu dniach czy tygodniach. Natomiast Trunkey w swojej pracy wykazał, iż występowanie zgonów, będących następstwem urazów, wykazuje charakterystyczny rozkład w czasie: 50% zgonów następuje na miejscu, 30% w ciągu pierwszych 4 h od urazu oraz 20% w okresie późniejszym [29].

### **1.6.2 Centra urazowe**

W 1966 roku opublikowano w Stanach Zjednoczonych raport poświęcony kwestii wypadków i ich następstw, który stał się kamieniem milowym w organizacji systemu opieki nad pacjentami po urazach [30]. Początkowo w USA, a następnie w innych krajach wysoko rozwiniętych stworzono systemy oparte na regionalnych centrach urazowych. Zadaniem centrów jest zapewnienie kwalifikowanej, skoordynowanej i wielospecjalistycznej pomocy pacjentom, którzy doznali urazów. Obejmuje ona jej fazę przedszpitalną jak i leczenie oraz rehabilitację w ramach hospitalizacji. Centra dają możliwość szybkiej i pełnej diagnostyki oraz wdrożenia kompleksowej opieki nad pacjentem w stanie zagrożenia życia

spowodowanego ciężkim urazem w jednym szpitalu o wszechstronnych możliwościach. Takie podejście pozwoliło z jednej strony na istotne obniżenie śmiertelności, z drugiej zaś zredukowało kalectwo pourazowe [31,32].

Wskaźniki śmiertelności pourazowej są w Polsce, na tle krajów zachodnich, istotnie wyższe. Śmiertelność na skutek urazów jest w naszym kraju wyższa o połowę, zaś w przypadku mnogich obrażeń ciała ponad dwukrotnie [33]. Te niekorzystne wskaźniki stały się jednym z istotnych czynników, które wpłynęły po latach starań środowiska traumatologów na decyzję o powołaniu centrów urazowych w Polsce.

### **1.6.3. Protokół ATLS**

Wytyczne dotyczące sposobu postępowania z pacjentami po urazach zawarte są w protokole Advanced Trauma Life Support (ATLS) opracowanym i rozwijanym przez Amerykańskie Towarzystwo Chirurgiczne od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku [34]. Obecnie rekomendacje ATLS są obowiązującym na świecie standardem. Celem, który przyświecał twórcom tego protokołu było stworzenie jednolitego schematu postępowania z pacjentami po urazach, zaś podstawą jego koncepcji były reguły, „jako pierwsze lecz to, co pierwsze zabija” oraz „nie powoduj kolejnych obrażeń” [34]. Usystematyzowane podejście stwarza podstawę dla pełnej oceny stanu klinicznego chorego i ustalenia priorytetów terapeutycznych. Jego efektem powinno być maksymalne skrócenie czasu od urazu do rozpoczęcia leczenia, a także uniknięcie urazów wtórnych.

Protokół ATLS obejmuje dwa etapy oceny pacjenta po urazie: ocenę wstępną oraz powtórna. W ramach oceny wstępnej ( ang. primary survey), prócz czynności pozwalających zidentyfikować zmiany stanowiące bezpośrednie zagrożenie życia, opisanych angielskim akronimem mnemotechnicznym ABCDE (airways, breath, circulation, disability, exposure), mogą znaleźć się również badania obrazowe takie jak ultrasonografia jamy brzusznej ukierunkowana na uraz ( protokół FAST, ang. focused assessment with sonography in trauma), zdjęcia klatki piersiowej, miednicy oraz szyjnego odcinka kręgosłupa. Powtórna ocena ( ang. secondary survey) polega na szczegółowym badaniu fizykalnym pacjenta oraz- jeśli to konieczne- wykonaniu kolejnych badań obrazowych, w tym tomografii komputerowej (TK) [35].

#### **1.6.4. Tomografia komputerowa całego ciała (WBCT) w diagnostyce pacjentów po urazach.**

Postępowanie z pacjentami po urazach cechuje się szeregiem specyficznych problemów. U wielu chorych występują zaburzenia świadomości, które mogą być następstwem urazu lub efektem znieczulenia, co utrudnia bądź wyklucza możliwość zebrania wywiadu. Z kolei informacje dotyczące historii pacjenta są z reguły niedostępne albo bardzo skąpe [36]. Ponadto obrażenia stanowiące bezpośrednie zagrożenie życia, zwłaszcza w wypadku urazów tępych, niejednokrotnie nie manifestują się w sposób pozwalający na ich wczesne rozpoznanie [37]. Ograniczone jest również znaczenie badania fizykalnego [38]. Z tych powodów rola diagnostyki obrazowej jest kluczowa w rozpoznaniu zmian urazowych i decyduje o przyjętym kierunku leczenia [39, 40].

Jak wspomniano, metodami wykorzystywanymi na początkowym etapie diagnostyki obrazowej zmian urazowych mogą być radiografia, ultrasonografia, a także tomografia komputerowa. Zgodnie z wytycznymi protokołu ATLS już w pierwszych minutach po przyjęciu pacjenta, w trakcie oceny wstępnej, powinny być wykonane zdjęcia przednio-tylne miednicy i klatki piersiowej oraz profilowe (boczne) zdjęcie kręgosłupa szyjnego. W przypadku podejrzenia urazu narządów jamy brzusznej i miednicy przeprowadza się badanie ultrasonograficzne FAST w poszukiwaniu objawów krwawienia do jamy otrzewnej. Wstępna ocena chorego po urazie, obejmująca również wykonanie wymienionych badań obrazowych, powinna zakończyć się w czasie do 30 minut od chwili przyjęcia pacjenta do ośrodka urazowego [36]. Tomografię komputerową-zgodnie ze wskazaniami ATLS-wykonuje się jako badanie uzupełniające ocenę powtórzną pacjenta, pod warunkiem że jego stan na to pozwala, gdyż uznawane jest za „badanie czasochłonne” [41]. Zdarzają się bardziej radykalne oceny, w których określa się tomografię komputerową mianem „tunelu śmierci” jako sprawczego czynnika opóźnienia leczenia [42].

Wprowadzenie tomografii komputerowej całego ciała ( ang. whole-body computed tomography- WBCT) jako narzędzia podstawowego w procesie diagnostyki obrażeń, w sposób zasadniczy zmieniło poglądy na temat roli i znaczenia tego badania w algorytmie postępowania z pacjentami po urazach [43]. Wydaje się, iż rekomendacje ATLS odnoszące się do diagnostyki obrazowej, przynajmniej częściowo się zdezaktualizowały, bowiem wykonanie WBCT w codziennej praktyce stało się integralną częścią oceny wstępnej pacjenta i w zasadzie eliminuje konieczność przeprowadzenia wielu czynności z zakresu oceny powtórnej [43]. Z tego powodu te elementy protokołu ATLS, które dotyczą diagnostyki obrazowej stały się przedmiotem dyskusji i krytyki [35].

Spiralna tomografia komputerowa została wprowadzona do użytku w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych, zmieniając oblicze diagnostyki obrazowej. Znaczne, bo 8-krotne skrócenie czasu badania uzyskano po wprowadzeniu aparatów z 4 rzędami detektorów w 1998 roku [44]. Dało to możliwość obrazowania całego ciała i stało się asumptem do rozważań i prac nad zastosowaniem tej techniki do kompleksowej diagnostyki zmian urazowych.

Pierwsze prace opisujące zastosowanie WBCT jako głównego narzędzia diagnostyki obrażeń mnogich pochodzą z przełomu XX i XXI wieku [45-49]. W publikacji Ptaka i jego współpracowników opisano zastosowanie wielorzędowej tomografii komputerowej całego ciała u 5 pacjentów po urazach, wykazując praktyczną wykonalność takiego badania, jego bezpieczeństwo oraz kliniczną przydatność [48]. W porównaniu do tomografii jednorzędowej stwierdzono ponad 10 krotne skrócenie czasu badania i 3 krotne zwiększenie liczby zbadanych pacjentów w określonym czasie. W tym okresie panowało przekonanie, iż badanie WBCT stanie się dodatkowym etapem oceny pacjenta w protokole ATLS, w publikacjach pojawiła się nawet nazwa trzeciej fazy oceny pacjenta (tertiary survey) [45].

Postęp w rozwoju tomografii komputerowej zaowocował przede wszystkim zwiększaniem się liczby rzędów detektorów promieniowania, w roku 2002 pojawiły się aparaty 16-rzędowe, w 2004 64-rzędowe, zaś w 2009 320-rzędowe. Konsekwencją tego rozwoju stało się z jednej strony znaczne skrócenie czasu badania, z drugiej zaś skokowy wzrost rozdzielczości liniowej i kontrastowej uzyskiwanych obrazów [50-52]. Z kolei spotęgowanie potencjału obliczeniowego komputerów zrodziło nowe, szybkie techniki rekonstrukcyjne, dające niespotykane dotąd możliwości wtórnej obróbki obrazów źródłowych, a tym samym możliwość uzyskiwania precyzyjniejszych informacji w procesie diagnostycznym [52].

Zarówno radykalne skrócenie czasu badania, jednoczesne objęcie wielu okolic ciała oraz wysoka jakość obrazów zadecydowały o utwierdzeniu znaczenia WBCT jako podstawowego narzędzia we wczesnej diagnostyce zmian urazowych [43].

#### **1.6.4.1. Wskazania do WBCT**

WBCT stała się metodą diagnostyki obrazowej o kluczowym znaczeniu w toku postępowania z pacjentami po urazach [53-55]. Umożliwiając wykrycie większości zmian urazowych w krótkim czasie, technika ta pozwala zaplanować właściwie ukierunkowaną strategię terapeutyczną. [53,56].

Jednym z podstawowych zagadnień, wobec których staje zespół lekarzy zajmujących się pacjentem z podejrzeniem obrażeń, jest wybór najbardziej optymalnej metody diagnostycznej



w danych okolicznościach klinicznych. WBCT, mimo omówionych zalet, jest badaniem kosztownym, a ponadto jego wykonanie wiąże się z narażeniem pacjenta na dużą dawkę promieniowania jonizującego [57]. Konieczność doprecyzowania kryteriów kwalifikacji do wykonania WBCT zaowocowała publikacjami podejmującymi ten problem [54, 58,59].

Wskazania mogą być trojkiego rodzaju: związane z mechanizmem urazu, wartościami parametrów życiowych pacjenta, bądź rodzajem obrażeń wykazanych w trakcie badania fizykalnego.

Tab. 2 Kryteria kwalifikacji pacjenta do badania WBCT, przynajmniej 1 parametr z jednej z trzech kategorii musi być spełniony [54]

<b>Mechanizm urazu</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Upadek z wysokości &gt;5m</li> <li>2.Wypadek komunikacyjny <ul style="list-style-type: none"> <li>-rozbitcie pojazdu przy dużej prędkości</li> <li>-rozbitcie pojazdu z uwięzieniem pasażerów wewnątrz pojazdu</li> <li>-rozbitcie pojazdu z wyrzuceniem pasażerów z jego wnętrza</li> <li>-rozbitcie pojazdu ze śmiercią innej osoby uczestniczącej w wypadku</li> <li>-przewrócenie/dachowanie pojazdu</li> <li>-kolizja z pieszym z jego przejechaniem/wyrzuceniem</li> </ul> </li> </ol>
<b>Wartości parametrów życiowych</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Ciśnienie krwi&lt;80 mmHg</li> <li>2.Częstość oddechów &lt;10 albo &gt;29</li> <li>3.Saturacja krwi tlenem&lt;90%</li> <li>4.Intubacja pacjenta lub wartość GCS&lt;9 na miejscu zdarzenia.</li> </ol>
<b>Zmiany stwierdzane klinicznie</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Wiotka (cepowata) klatka piersiowa</li> <li>2.Otwarta rana klatki piersiowej lub brzucha</li> <li>3.Niestabilna miednica</li> <li>4.Złamanie 2 lub więcej kości długich</li> <li>5.Amputacja kończyny proksymalnie od nadgarstka lub kostki</li> </ol>

Kryteria, przedstawione w powyższej tabeli, bywają modyfikowane i uściślane. Wskazuje się na ryzyko wystąpienia poważnego urazu przy upadku z wysokości powyżej 3 m, zaś „dużą prędkość”, przy której doszło do wypadku komunikacyjnego, określa się na powyżej 30 mil na godzinę (około 48 km/h) [58]. W niektórych publikacjach podnosi się również znaczenie

wstępnie wyznaczonej wartości wskaźnika ISS wynoszącej co najmniej 16, jako miary poważnego urazu [54]. Ponieważ jednak na etapie wstępnej oceny klinicznej pacjenta rzadko możliwe jest ustalenie rodzaju i rozległości wszystkich obrażeń, tak wyznaczona wartość ISS nie wydaje się pewną podstawą do powzięcia decyzji, szczególnie jeśli jest niższa od wskazanego poziomu [58,60].

#### **1.6.4.2. Przygotowanie organizacyjne i zasady wykonywania WBCT**

Czas jest jedną z najistotniejszych kwestii we wczesnej fazie postępowania z pacjentami po ciężkich urazach, dlatego właściwa organizacja badania, obejmująca transport pacjentów do pracowni, niezbędne czynności z tym związane oraz wykonanie samego badania zakończonego opisem, jest niezwykle istotna [56].

Pracownie tomografii komputerowej zazwyczaj zlokalizowane są poza oddziałami ratunkowymi, nierzadko w odległych częściach szpitala. Wydłuża to w istotny sposób procedurę wykonania badań, narażając pacjentów na konieczność przekładania z wózków transportowych i stwarzając przy tym niebezpieczeństwo ekstubacji czy wysunięcia się cewników [56,61]. Za pożądane uznaje się obecnie zlokalizowanie pracowni na obszarze oddziału ratunkowego. Z danych podawanych w literaturze wynika, iż przeprowadzenie diagnostyki obrazowej w jednym miejscu pozwala zaoszczędzić około 15 minut [61]. Optymalnym i przyjętym w wielu centrach urazowych rozwiązaniem jest integracja sali resuscytacyjnej z pracownią TK. Umożliwia ono ograniczenie do minimum czasu transportu pacjenta, a w razie konieczności pozwala na przeprowadzenie w tym samym miejscu zabiegów ratujących życie takich jak torakotomia czy laparotomia [54,56].

W publikacji Hubera-Wagnera i współpracowników udowodniono ścisłą zależność pomiędzy odległością oddziału ratunkowego od pracowni TK a prawdopodobieństwem przeżycia pacjentów po ciężkich urazach, wskazując, iż odległość przekraczająca 50 m ma istotny wpływ na pogorszenie wyników leczenia [62]

O właściwym przebiegu procesu diagnostycznego prócz rozwiązań infrastrukturalnych decyduje również odpowiednia organizacja pracy. Dostępność do aparatury musi być całodobowa, przez 7 dni w tygodniu. Należy również podkreślić fakt, iż lekarz radiolog powinien wchodzić w skład zespołu urazowego [53].

Rozpoczęcie badania WBCT następuje po zabezpieczeniu funkcji życiowych pacjenta i usunięciu zmian bezpośrednio zagrażających życiu, które można rozpoznać klinicznie [55]. Badaniu można poddać również pacjentów niestabilnych hemodynamicznie,

przy czym w trakcie jego trwania musi być kontynuowana podaż płynów i prowadzone stałe monitorowanie parametrów czynności życiowych [55, 63].

Zakres badania WBCT obejmuje głowę, szyję, klatkę piersiową oraz jamę brzuszną wraz z miednicą [50,64]. Dolną granicą tego zakresu może być okolica spojenia łonowego, choć częściej wskazuje się poziom proksymalnych odcinków kości udowych [64, 65]. Początkową fazę badania stanowi wykonanie topogramu, który stanowi punkt wyjścia do jego zaplanowania, a jednocześnie ma pewną wartość diagnostyczną, szczególnie w ocenie struktur kostnych oraz położenia cewników [45]. Postuluje się, by topogram nie obejmował jedynie wymienionych wyżej okolic, ale by uwidaczniał całe ciało łącznie z kończynami dolnymi, pozwalając na zobrazowanie ewentualnych zmian urazowych w ich obrębie i modyfikację protokołu badania [50, 66]. Nie ma ustalonego ściśle jednolitego wzorca badania WBCT, pozostaje on przedmiotem dyskusji [65]. Ma to związek zarówno z charakterystykami technicznymi różnych typów aparatów, jak i wypracowanymi sposobami wykonywania badań w danym ośrodku, w tym również metodyką podawania środka kontrastowego.

Dożylnie podanie środka kontrastowego stanowi integralną część urazowego badania WBCT, bowiem w tej jego fazie mogą być uwidocznione zmiany w zakresie narządów mięsaszowych, ogniska aktywnego krwawienia, a także urazowe patologie naczyń krwionośnych [65,66,67]. Istnieje wiele propozycji sposobów podawania środka kontrastowego, przy czym generalnie akceptowaną zasadą pozostaje iniekcja dużej jego dawki u pacjentów dorosłych [65]. Z piśmiennictwa wynika, iż dominują dwie odmienne techniki obrazowania po dożylnym podaniu środka kontrastowego. W pierwszej z nich, nazywanej tradycyjną lub „segmentową”, bada się głowę i szyję bez podania środka kontrastowego, następnie zaś klatkę piersiową w fazie tętnicznej wzmocnienia kontrastowego oraz jamę brzuszną wraz z miednicę we wczesnej fazie wrotnej. Druga technika polega na wykonaniu angiografii TK od poziomu koła tętniczego mózgu do spojenia łonowego [58]. Obie techniki mają liczne modyfikacje, które dotyczą ilości faz oraz szybkości i sposobu podawania środka kontrastowego [65,68]. Zależnie od sytuacji klinicznej zmieniony może być również zakres obrazowania, na przykład poprzez uzupełnienie o angiografię kończyn dolnych w przypadku podejrzenia uszkodzenia tętnic na skutek złamań [58,65,66].

#### **1.6.4.3 Narażenie na promieniowanie jonizujące**

Tomografia komputerowa niewątpliwie zrewolucjonizowała medyczną diagnostykę obrazową, stając się jednym z jej podstawowych narzędzi. Konsekwencją tej sytuacji jest

stałe zwiększanie się liczby badań. W 1980 wykonano w Stanach Zjednoczonych 3 miliony badań, zaś w roku 2007 blisko 70 mln [69]. Wywołało to znaczny wzrost narażenia pacjentów na promieniowanie jonizujące, które jest uznawane za czynnik rakotwórczy [70-73]. W wypadku badań WBCT wartości skumulowanej dawki efektywnej osiągają najwyższe poziomy, niejednokrotnie istotnie przekraczające 20 milisivertów [71], co odpowiada w przybliżeniu 10-letniej dawce naturalnego promieniowania tła. Pacjenci poddani takim badaniom należą więc do grupy najbardziej zagrożonych wystąpieniem ubocznych efektów oddziaływania promieniowania na organizm [74,75]. Działania ukierunkowane na obniżenie dawki skupione są przede wszystkim na opracowywaniu nowych algorytmów matematycznych stanowiących podstawę generowania obrazów źródłowych. Umożliwiają one zachowanie odpowiedniej ich jakości przy istotnie zredukowanej dawce promieniowania [71,76]. Obecnie trwa badanie prospektywne, którego celem jest wypracowanie optymalnego protokołu badania WBCT u pacjentów po urazach, mającego na celu redukcję dawki promieniowania [77].

Nie mniej istotną kwestią pozostaje również kwalifikacja pacjentów do wykonania tomografii komputerowej. W publikacjach zwraca się uwagę, iż pacjenci po urazach traktowani są w tym względzie bardziej liberalnie i w rezultacie również z tego powodu otrzymują najwyższe dawki promieniowania [78]. Takie postępowanie jest uzasadniane korzyściami dla pacjentów płynącymi z szybkiego postawienia rozpoznania i wdrożenia właściwej terapii [79].

#### **1.6.4.4. Analiza obrazów w badaniach WBCT**

Ocena obrazów badania powinna być dokonywana przez radiologa jeszcze w trakcie jego trwania, tak by w razie konieczności zmodyfikować metodykę pod kątem zakresu badania oraz ewentualnej potrzeby wykonania uzupełniających faz opóźnionych po dożylnym podaniu środka kontrastowego [58,80]. Ponadto podnosi się propozycje, aby jeszcze w trakcie pozostawiania pacjenta w aparacie wstępnie zidentyfikować najgroźniejsze obrażenia. Następnie powinna być przeprowadzona powtórna, szczegółowa analiza obrazów badania i ustalenie pełnej listy zmian urazowych z jednoczesną oceną stopnia ich ciężkości w skali AIS. Na tej podstawie można wyznaczyć wskaźnik ISS, który będzie stanowił integralną część wniosków zawartych w opisie badania przekazywanego zespołowi urazowemu. [58].

Pierwsza sugestia dotycząca „gorącego raportowania” wydaje się kontrowersyjna. Opublikowano prace wskazujące na wysoki odsetek nierozpoznanych obrażeń w tej fazie

opracowania wyników badań WBCT [81]. Natomiast postulat użycia skali AIS oraz wskaźnika ISS do oceny ciężkości obrażeń w WBCT stanowi godną uwagi koncepcję. Powstaje w ten sposób możliwość obiektywnej, syntetycznej oceny stanu pacjenta, niezależnie od mnogości uwidocznionych zmian urazowych, oraz uczynienia przekazu opisu znacznie bardziej czytelnym. Należy podkreślić potencjalną przydatność takiej oceny w sytuacjach, gdy mamy do czynienia z licznymi ofiarami urazów jednocześnie. Segregacja oparta na wartości ISS wyznaczonej w wyniku analizy obrazów badania WBCT, prócz ustaleń wynikłych z bezpośredniej oceny stanu klinicznego pacjentów, mogłaby usprawnić proces decyzyjny związany z ich przepływem. Takie podejście nie umniejsza w żadnym stopniu znaczenia wstępnego badania fizykalnego, jest oczywiste, iż niektóre z ciężkich obrażeń- na przykład amputacje czy zmiżdżenia kończyn- daje się rozpoznać bez żadnych badań obrazowych. Tym niemniej większość ze zmian będących następstwem urazów, w tym bezpośrednio zagrażających życiu, wykrywa się dopiero w trakcie badań obrazowych, przede wszystkim w WBCT.

Opisy badań WBCT zawierają zwykle dużą ilość informacji, co nawet przy wykorzystaniu standaryzowanych formularzy może przysparzać trudności przy określaniu priorytetów terapeutycznych. W polskich warunkach nie stosuje się ujednoczonych druków opisowych, na czym przejrzystość przekazu dodatkowo cierpi. Wprowadzenie wskaźnika ISS jako integralnego elementu opisu badania WBCT sprzyjałoby wypracowaniu wspólnego języka z członkami zespołu urazowego.

Wskaźnik ISS mógłby posłużyć jako obiektywny miernik stopnia ciężkości obrażeń nie tylko w odniesieniu do pojedynczych pacjentów, ale całych grup. Z badawczego punktu widzenia otwiera to interesującą perspektywę analizy przesłanek będących podstawą kwalifikowania pacjentów do badania WBCT. Pomimo wypracowania wskazań zaprezentowanych szeroko w piśmiennictwie [54,58,82], wydaje się, że nie zawsze są one przestrzegane. Może to skutkować kierowaniem pacjentów do WBCT niejako „na wyrost” ( ang. overtriage). Z kolei analiza ISS w grupach pacjentów tworzonych w oparciu kryterium mechanizmu urazów, potencjalnie mogłaby uwidocznić zależności pomiędzy stanem pacjentów a okolicznościami, w jakich doznali obrażeń.

Wyniki tak zarysowanych badań mogą stać się osnową wypracowania bardziej optymalnego sposobu postępowania z pacjentami po urazach, przyjmowanymi w stan szpitalnych oddziałów ratunkowych.

W krajowym piśmiennictwie można znaleźć publikacje poświęcone zastosowaniu i znaczeniu skali AIS oraz wskaźnika ISS w praktyce klinicznej [83-85]. Natomiast nie

doszukano się opracowania, które omawiałoby zastosowanie anatomicznych skal ciężkości obrażeń w aspekcie WBCT.

#### **1.6.4.5. Mechanizm urazu a obraz obrażeń w WBCT**

Pacjenci, kierowani do badania WBCT z podejrzeniem obrażeń, stanowią niejednorodną grupę z punktu widzenia mechanizmu urazów. Zdecydowanie dominują pośród nich ofiary wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości [82,86,87]. Wypadki komunikacyjne mogą dotyczyć zarówno chronionych uczestników ruchu drogowego, do których zalicza się kierowców i pasażerów pojazdów samochodowych, oraz niechronionych-poruszających się jednoślადami i pieszych. Odmienność mechanizmów urazów wpływa na zróżnicowanie profili obrażeń [88].

Rodzi to pytanie, czy istnieje zależność pomiędzy mechanizmami a lokalizacją i charakterem obrażeń, wykazanych w badaniach WBCT? Skłania także do rozważenia, czy jest związek pomiędzy mechanizmem urazu a ciężkością obrażeń w poszczególnych okolicach anatomicznych? W ślad za tym pojawia się kwestia ewentualnych różnic ciężkości ogólnego stanu pacjentów, wynikłych z obrażeń, których doznali w odmiennych okolicznościach.

WBCT stanowi dobrą podstawę do podjęcia próby takiej analizy z uwagi na swój potencjał-możliwość szczegółowego zobrazowania obrażeń w różnych okolicach ciała w trakcie jednego badania. Oprócz poszukiwania zależności spektrów obrażeń od mechanizmu ich powstania, szeroko rozumiany ogląd zmian urazowych uwidocznionych w WBCT w całej grupie pacjentów, może stać się osnową pośredniej, retrospektywnej oceny zasadności posługiwania się tym badaniem w ośrodku autora. Wydaje się to interesujące nie tylko z poznawczego punktu widzenia, ale również dlatego że WBCT jest metodą, która niesie ze sobą ryzyko następstw narażenia pacjenta na dużą dawkę promieniowania jonizującego, a ponadto jest procedurą kosztowną. W związku z tymi czynnikami decyzja o skierowaniu pacjenta do WBCT powinna być podejmowana w oparciu o ściśle sprecyzowane przesłanki.

Powyższe kwestie stały się fundamentem dla sprecyzowania celów niniejszej pracy.

## **2. CELE PRACY**

WBCT jest obecnie metodą z wyboru w procesie diagnostyki obrazowej pacjentów z podejrzeniem mnogich zmian urazowych. Wśród nich przeważają ofiary wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości. Zróżnicowanie mechanizmów powstawania obrażeń jest źródłem odmienności ich profili w poszczególnych grupach pacjentów. Jednocześnie analiza zakresu i charakteru obrażeń w grupie badawczej jako całości daje możliwość dokonania retrospektywnej oceny prawidłowości kwalifikowania pacjentów do WBCT.

Celami pracy są:

1. Ocena lokalizacji obrażeń u pacjentów kierowanych do WBCT z podejrzeniem mnogich zmian urazowych, uwzględniająca odmienność mechanizmów ich powstania.
2. Ocena specyficznych rodzajów obrażeń uwidocznionych w badaniach WBCT w poszczególnych okolicach anatomicznych w zależności od mechanizmu urazu.
3. Ocena ciężkości poszczególnych obrażeń wykazanych w badaniach WBCT z zastosowaniem skali AIS wraz z całościową oceną ciężkości obrażeń dokonaną w oparciu o wskaźniki ISS oraz MAIS.
4. Analiza lokalizacji, charakteru i ciężkości obrażeń w całej grupie badawczej jako kryteriów oceny adekwatności kierowania do badania WBCT

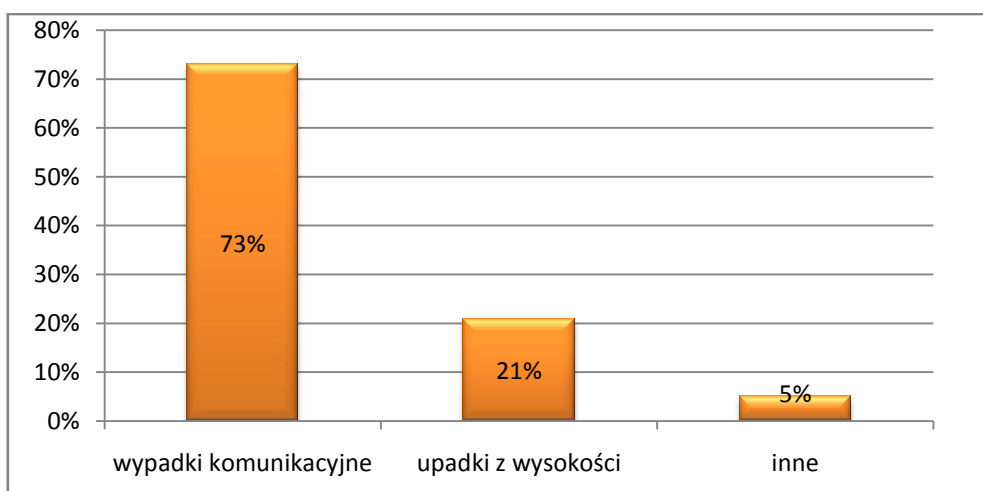
### 3. MATERIAŁ I METODA

#### 3.1. Materiał

Materiał badawczy stanowiły badania WBCT wykonane u 202 pacjentów skierowanych ze Szpitalnego Oddziału Ratunkowego Szpitala Wojewódzkiego SPZOZ w Zielonej Górze z podejrzeniem zmian urazowych. Badania przeprowadzono w okresie od lutego 2010 do września 2012 roku w pracowni tomografii komputerowej Zakładu Diagnostyki Obrazowej Szpitala Wojewódzkiego SP ZOZ w Zielonej Górze przy użyciu 64-rzędowego aparatu General Electric LightSpeed VCT. Obrazy badań stanowiących materiał niniejszej pracy zostały zarchiwizowane w systemie PACS oraz dodatkowo na płytach CD.

W badanej grupie dominowały ofiary wypadków komunikacyjnych-147 pacjentów oraz ofiary upadków z wysokości-43 pacjentów. Trzecia grupa, w której znalazło się 12 pacjentów, miała zróżnicowany charakter-włączono do się w niej ofiary innych urazów, w tym napadów i pobić, a także osoby znalezione z objawami obrażeń, doznanych w niejasnych okolicznościach. Tę grupę pacjentów wyłączono z analiz statystycznych z uwagi na brak precyzyjnych informacji dotyczących mechanizmu urazów.

Dla celów badawczych najliczniejszą grupę pacjentów-ofiar wypadków komunikacyjnych podzielono na trzy podgrupy: chronionych uczestników wypadków ( kierowców oraz pasażerów samochodów) liczącą 84 osoby, niechronionych –pieszych (38 osób) oraz niechronionych-kierowców i pasażerów jednoślądów (25 pacjentów)



Ryc.3 Odsetkowy podział badanej grupy pacjentów w zależności od przyczyn urazów



### **3.2. Metoda**

Dokonano retrospektywnej oceny badań WBCT przy zastosowaniu stacji roboczej firmy General Electric Advantage Workstation 4.5. Analizie poddawano zarówno obrazy źródłowe w płaszczyźnie poprzecznej, jak i obrazy wtórnie rekonstruowane. Do uzyskiwania obrazów wtórnych wykorzystywano fabryczne oprogramowanie stacji zawierające narzędzia obróbki dwuwymiarowej (technika rekonstrukcji wielopłaszczyznowej- MPR), obróbki przestrzennej ( technika odwzorowania objętości VR, technika projekcji maksymalnej i minimalnej intensywności MIP/MiniP, technika cieniowanej powierzchni SSD) oraz narzędzia segmentacji (wycinania oraz automatycznego usuwania kości).

#### **3.2.1. Ocena lokalizacji obrazów**

Stwierdzone w badaniach WBCT obrażenia wyszczególniono zależnie od ich lokalizacji w następujący sposób:

- obrażenia głowy
- obrażenia twarzy
- obrażenia klatki piersiowej
- obrażenia narządów brzucha i miednicy
- obrażenia kręgosłupa
- obrażenia struktur kostnych miednicy oraz kończyn dolnych
- obrażenia kończyn górnych

#### **3.2.2. Ocena specyficznych rodzajów obrażeń**

Oceny rodzajów obrażeń dokonano w zakresie pięciu okolic anatomicznych:

- głowy
- klatki piersiowej
- jamy brzusznej oraz miednicy
- miednicy
- kręgosłupa

Wśród obrażeń głowy wyróżniono:

- złamania kości czaszki
- obrażenia wewnątrzczaszkowe, które są następstwem urazu kontaktowego (bezpośredniego):
  - krwiaki nadtwardówkowe

- stłuczenia/zranienia mózgowia
- krwawienia śródmózgowe
- krwawienia podpajęczynówkowe
- obrażenia wewnątrzczaszkowe, które są następstwem urazu niekontaktowego (pośredniego, bezwładnościowego):
- krwiaki podtwardówkowe
- uszkodzenia aksonalne

Wśród obrażeń klatki piersiowej wyróżniono:

- obrażenia ściany klatki piersiowej (żeber i mostka)
- obrażenia płuc i drzewa oskrzelowego
- krwawienia do jamy opłucnej
- odmę opłucnową
- obrażenia śródpiersia

Wśród obrażeń narządów jamy brzusznej oraz miednicy wyróżniono:

- obrażenia śledziony
- obrażenia wątroby
- obrażenia nerek
- pozostałe obrażenia

Wśród obrażeń miednicy wyróżniono:

- złamania stabilne
- złamania niestabilne
- złamania panewki stawu biodrowego

Wśród obrażeń kręgosłupa wyróżniono:

- obrażenia stabilne
- obrażenia niestabilne

### **3.2.3. Ocena ciężkości poszczególnych rodzajów obrażeń rozpoznanych w badaniu WBCT z zastosowaniem skali AIS oraz określenie ogólnej ciężkości obrażeń w oparciu o wskaźniki ISS oraz MAIS.**

Oceniono ciężkość obrażeń w siedmiu okolicach anatomicznych przy pomocy skali AIS. Podstawą oceny był słownik AIS w najnowszej edycji z 2005 roku zaktualizowany w roku 2008 [13]. Dokonywano porównania morfologii obrażeń stwierdzanych w badaniu WBCT z ich charakterystyką podaną w słowniku, przypisując wartość punktową zawartą w indywidualnym kodzie danego rodzaju zmian.

W oparciu o wartości punktowe skali AIS odpowiadające różnym rodzajom obrażeń w poszczególnych okolicach anatomicznych wyznaczono dla każdego z pacjentów wskaźnik ciężkości obrażeń (ISS).

## **3.3 Analiza statystyczna**

### **3.3.1 Lokalizacja obrażeń**

Dokonano oceny porównawczej częstości występowania obrażeń w wyszczególnionych okolicach anatomicznych w grupach pacjentów w oparciu o test  $\chi^2$ , przyjmując znamienne poziomy istotności  $p < 0,05$

### **3.3.2. Specyficzne rodzaje obrażeń**

Dokonano oceny porównawczej częstości występowania specyficznych rodzajów obrażeń w wyszczególnionych okolicach anatomicznych w grupach pacjentów w oparciu o test  $\chi^2$ , przyjmując znamienne poziomy istotności  $p < 0,05$

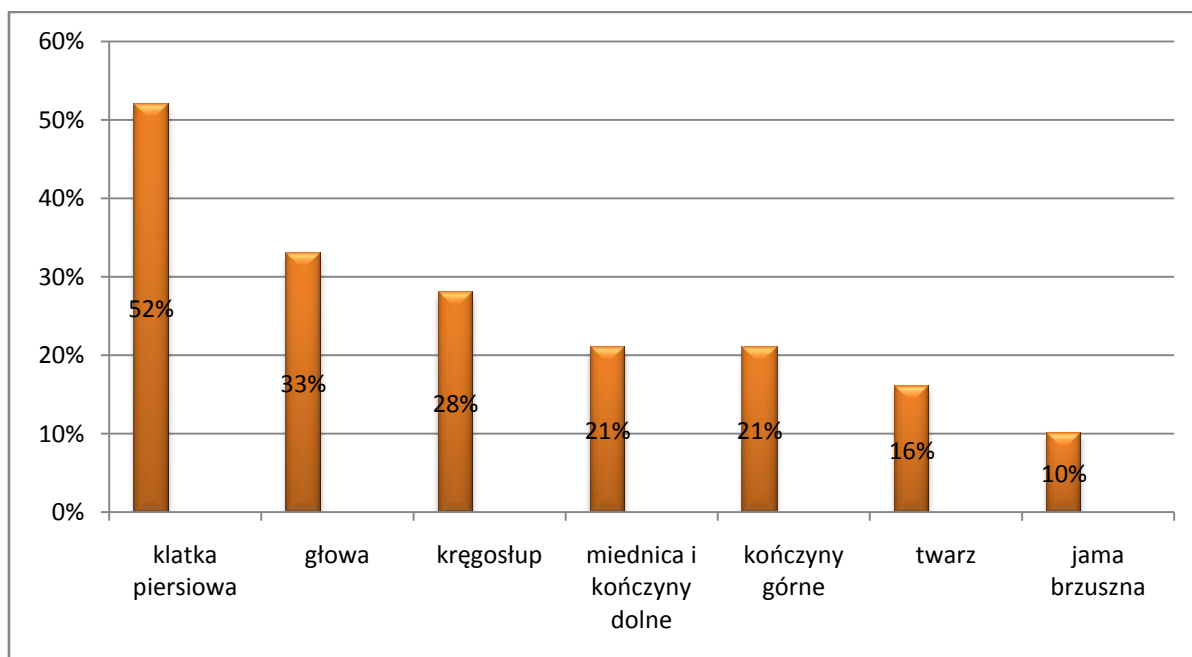
### **3.3.3. Ciężkość poszczególnych obrażeń w skali AIS oraz ogólna ciężkość obrażeń wyrażona wskaźnikami ISS oraz MAIS**

Dokonano oceny porównawczej częstości występowania obrażeń o wartościach  $AIS \geq 3$  w wyszczególnionych okolicach anatomicznych w grupach pacjentów w oparciu o test  $\chi^2$ . Porównano średnie wartości wskaźników ISS oraz MAIS w grupach pacjentów przy pomocy testu Kruskala-Wallisa. W obu analizach przyjęto znamienne poziomy istotności  $p < 0,05$ .

## 4. WYNIKI

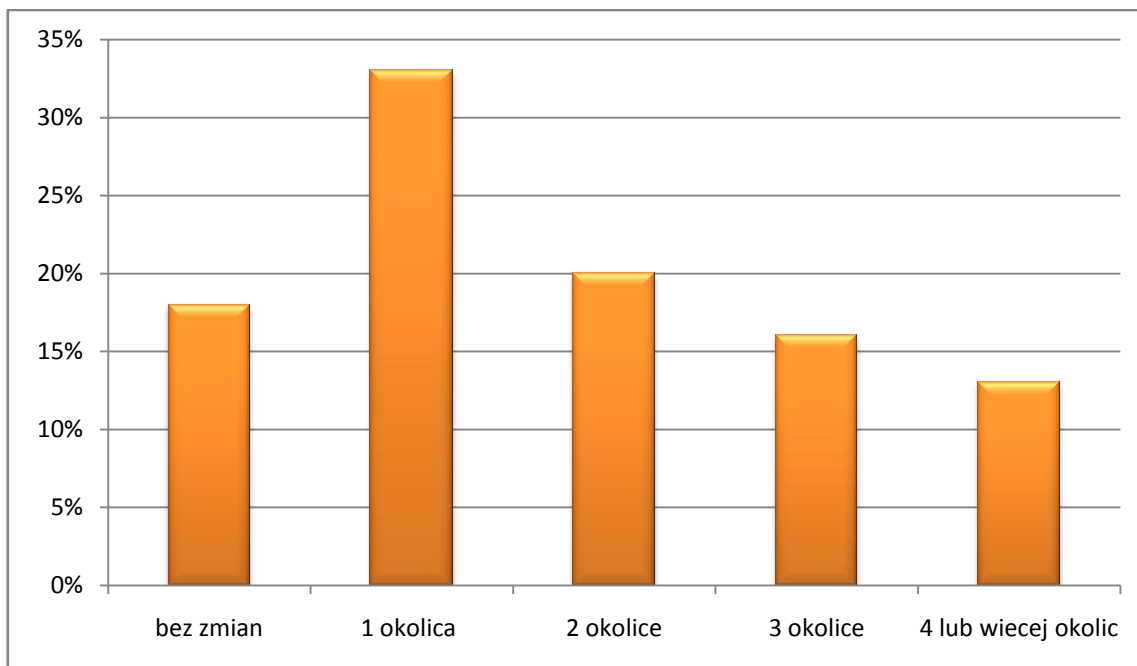
### 4.1. Lokalizacja obrażeń

W całej badanej grupie 202 obrażenia stwierdzono u 166, co stanowi 82% . Najczęstsze były obrażenia klatki piersiowej (106), następnie obrażenia głowy (65), kręgosłupa (56), miednicy oraz kończyn dolnych (43), kończyn górnych (42), twarzy (33), najmniej liczne były obrażenia narządów jamy brzusznej (20).



Ryc.4 Odsetkowy podział obrażeń w całej badanej grupie pacjentów w zależności od okolic anatomicznych

Spośród 166 pacjentów z uwidocznionymi obrażeniami u 66 stwierdzono je tylko w jednej okolicy anatomicznej, u 40 zmiany dotyczyły dwóch okolic, u 33 obrażenia występowały w trzech okolicach anatomicznych, 27 pacjentów miało obrażenia w czterech lub więcej okolicach anatomicznych.



Ryc.5 Odsetkowy podział obrażeń w całej badanej grupie pacjentów w zależności od ilości okolic anatomicznych, w których stwierdzono obrażenia

W całej badanej grupie u ponad połowy pacjentów (51%) nie stwierdzono żadnych obrażeń lub dotyczyły one tylko jednej okolicy anatomicznej.

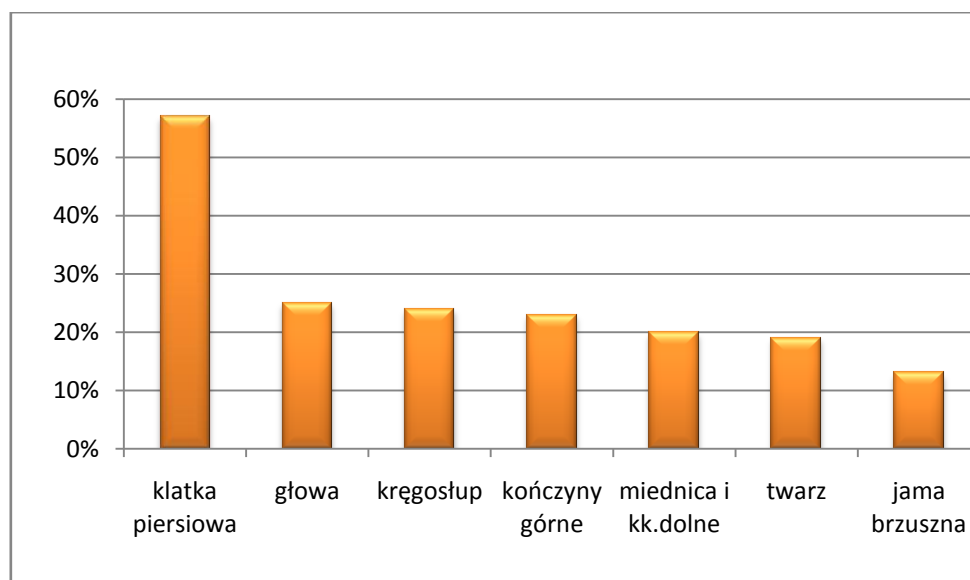
W grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych odsetek ten wynosił 48%, pieszych 47%, poruszających się jednoślādami 40%, natomiast w grupie ofiar upadków z wysokości 60%.

#### 4.1.1. Lokalizacja obrażeń u chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych.

W grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych obrażenia najczęściej występowały w zakresie narządów klatki piersiowej i dotyczyły ponad połowy pacjentów. Obrażeń tych było ponad dwa razy więcej niż zmian urazowych głowy.

Tab. 3 Obrażenia w poszczególnych okolicach anatomicznych w grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych

Okolica anatomiczna	Ilość
1.Klatka piersiowa	48
2.Głowa	21
3.Kręgosłup	20
4.Kończyny górne	19
5.Miednica i kk.dolne	17
6.Twarz	16
7.Jama brzuszna	11



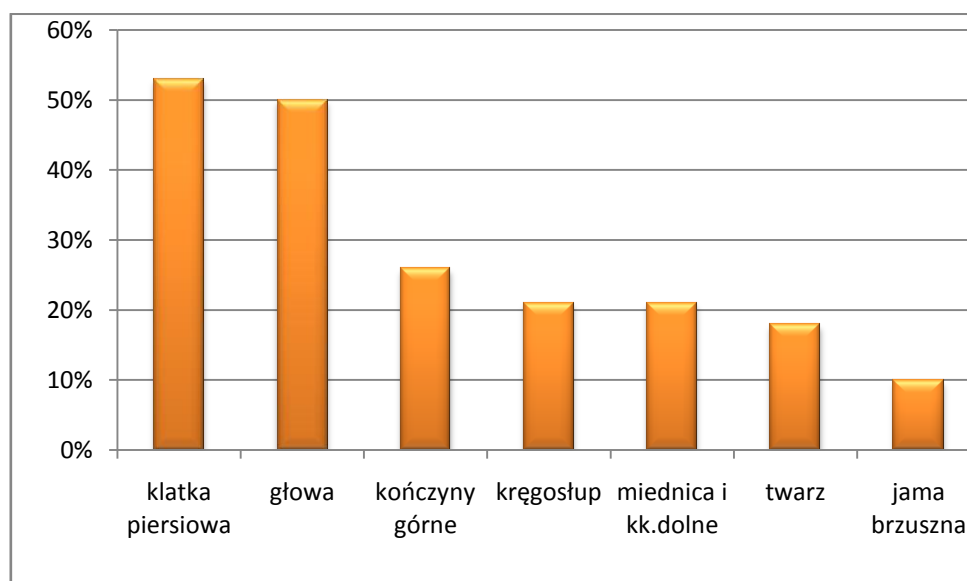
Ryc. 6 Odsetkowy podział obrażeń w grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych w okolicach anatomicznych

#### 4.1.2.Lokalizacja obrażeń u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych

W grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych najczęstsze były zmiany urazowe klatki piersiowej, kolejno zaś głowy. Przewaga obrażeń klatki piersiowej była nieznaczna.

Tab. 4 Obrażenia w poszczególnych okolicach anatomicznych w grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych

Okolica anatomiczna	Ilość
1.Klatka piersiowa	20
2.Głowa	19
3.Kończyny górne	10
4.Kręgosłup	8
5. Miednica i kończyny dolne	8
6.Twarz	7
7.Jama brzuszna	4



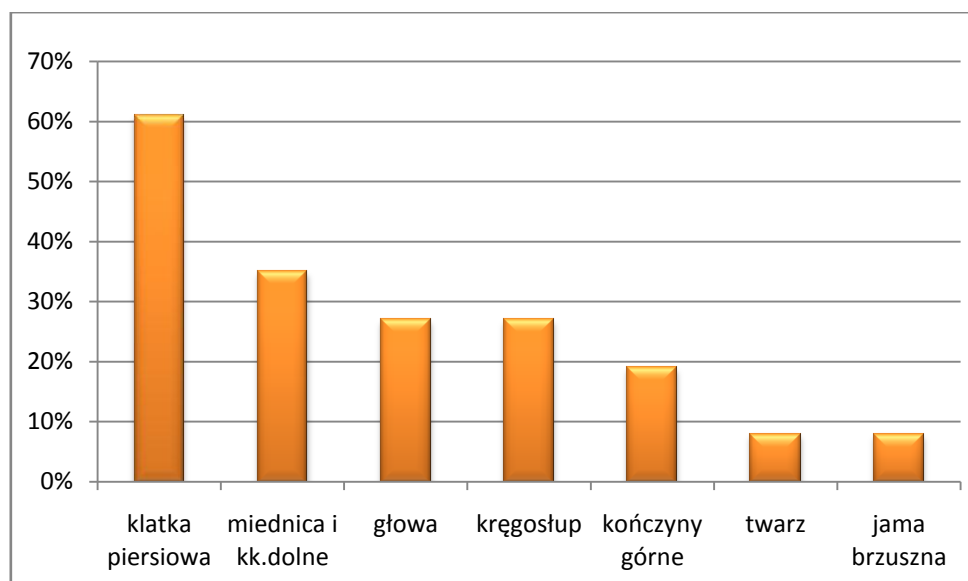
Ryc.7 Odsetkowy podział obrażeń w grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych w okolicach anatomicznych

#### 4.1.3. Lokalizacja obrażeń u poruszających się jednośladami ofiar wypadków komunikacyjnych.

W tej grupie pacjentów najliczniej występowały obrażenia klatki piersiowej, kolejne pod względem częstości były zmiany w zakresie miednicy oraz kończyn dolnych.

Tab. 5 Obrażenia w poszczególnych okolicach anatomicznych w grupie poruszających się jednośladami ofiar wypadków komunikacyjnych

Okolica anatomiczna	Ilość
1.Klatka piersiowa	16
2. Miednica i kończyny dolne	9
3.Głowa	7
4.Kręgosłup	7
5. Kończyny górne	5
6.Twarz	2
7.Jama brzuszna	2



Ryc.8 Odsetkowy podział obrażeń w grupie poruszających się jednośladami ofiar wypadków komunikacyjnych w okolicach anatomicznych

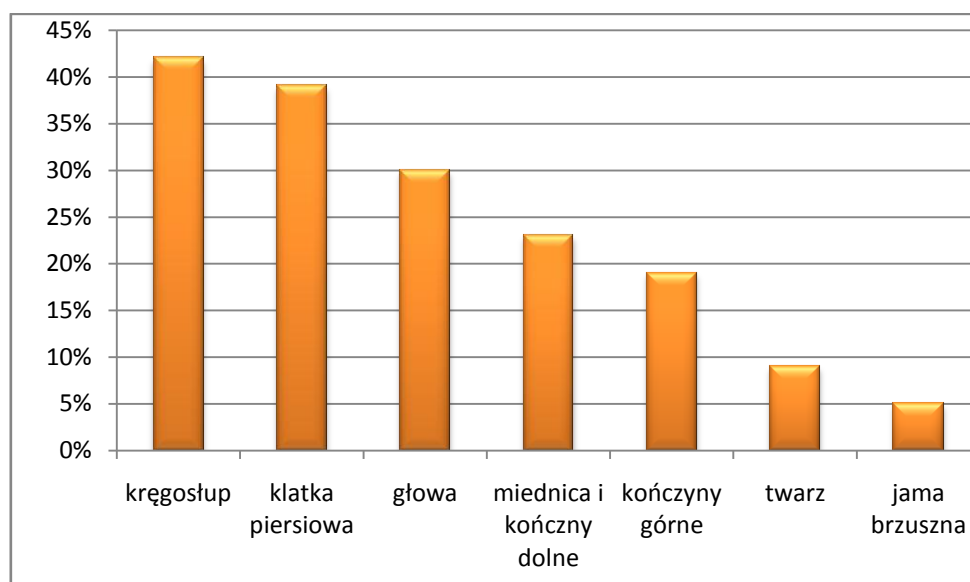


#### 4.1.4 .Lokalizacja obrażeń u ofiar upadków z wysokości

U ofiar skutek upadków z wysokości najczęściej występowały zmiany w zakresie kręgosłupa, ich ilość nieznacznie tylko przewyższała zmiany w obrębie klatki piersiowej.

Tab. 6 Obrażenia w poszczególnych okolicach anatomicznych w grupie ofiar upadków z wysokości

Okolica anatomiczna	Ilość
1.Kręgosłup	18
2.Klatka piersiowa	17
3.Głowa	13
4.Miednica i kończyny dolne	10
5.Kończyny górne	8
6.Twarz	4
7.Jama brzuszna	2



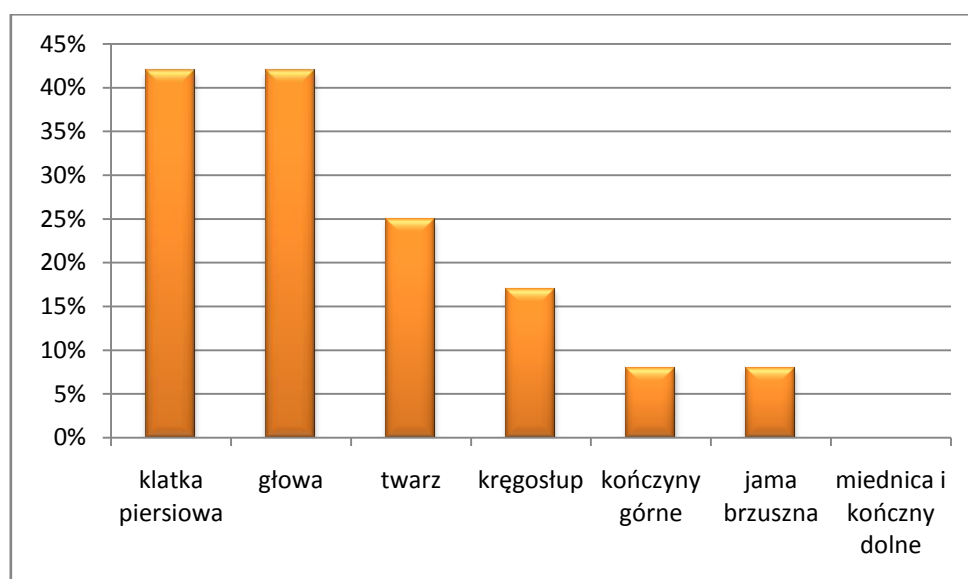
Ryc.9 Odsetkowy podział obrażeń w grupie ofiar upadków z wysokości okolicach anatomicznych

#### 4.1.5. Lokalizacja obrażeń u ofiar innych zdarzeń

W tej grupie pacjentów najczęstsze były obrażenia klatki piersiowej oraz głowy, nie występowały w niej w ogóle obrażenia miednicy oraz kończyn dolnych.

Tab. 7 Obrażenia w poszczególnych okolicach anatomicznych w grupie ofiar innych zdarzeń

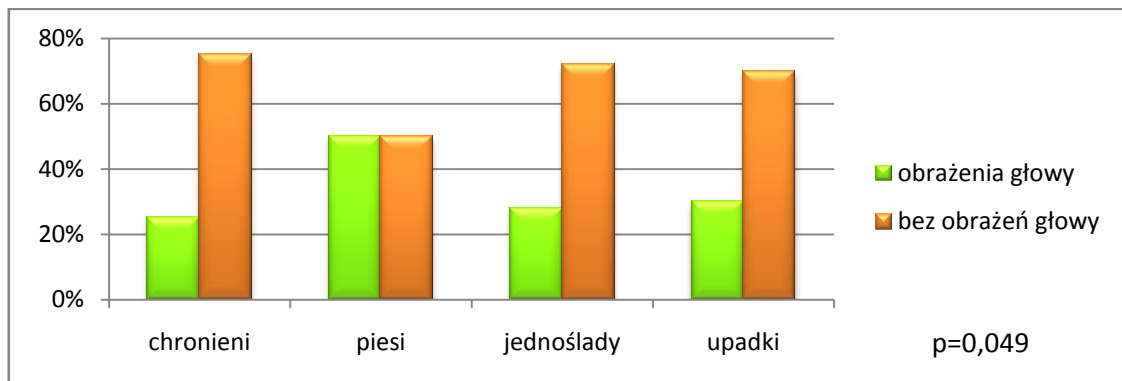
Okolica anatomiczna	Ilość
1.Klatka piersiowa	5
2.Głowa	5
3.Twarz	3
4.Kręgosłup	2
5.Kończyny górne	1
6.Jama brzuszna	1
7.Miednica i kończyny dolne	0



Ryc.10 Odsetkowy podział obrażeń w grupie ofiar innych zdarzeń w okolicach anatomicznych

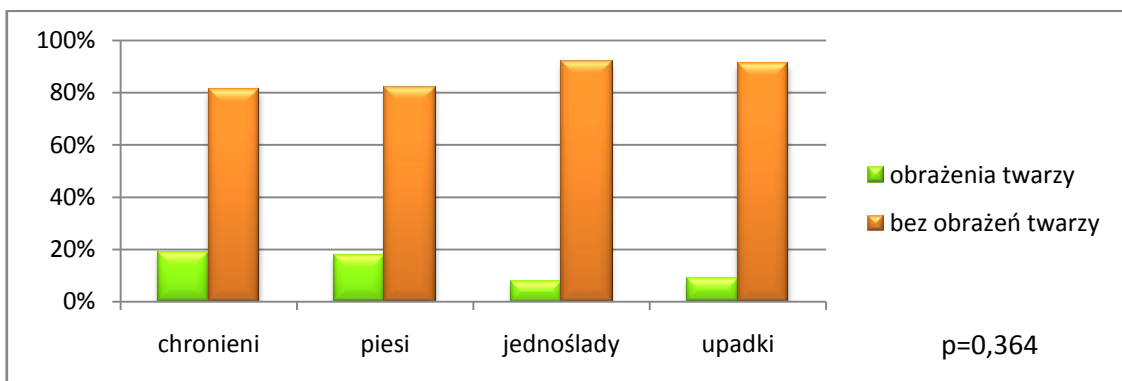
#### 4.1.6. Analiza statystyczna

##### Głowa



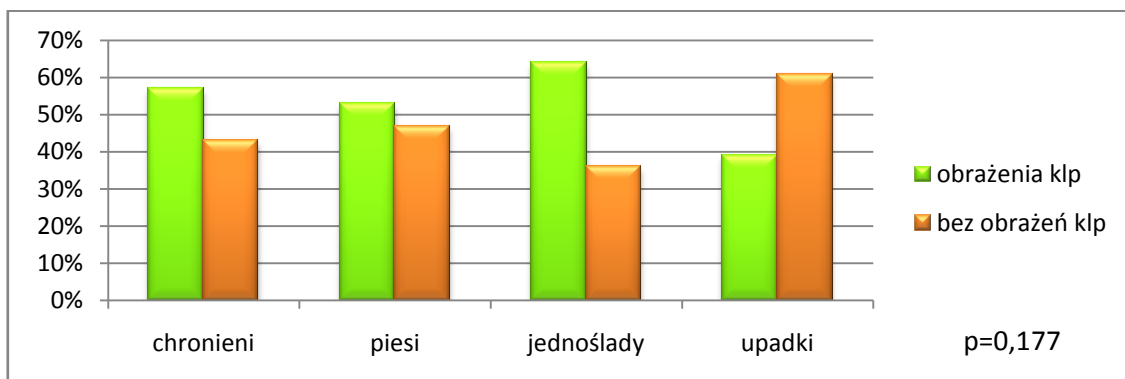
Ryc.11 Występowanie obrażeń głowy w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

##### Twarz



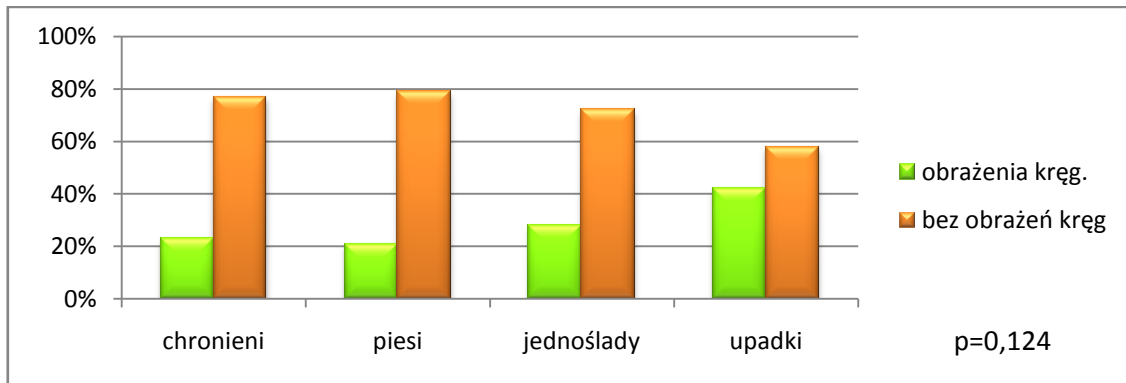
Ryc.12 Występowanie obrażeń twarzy w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

##### Klatka piersiowa

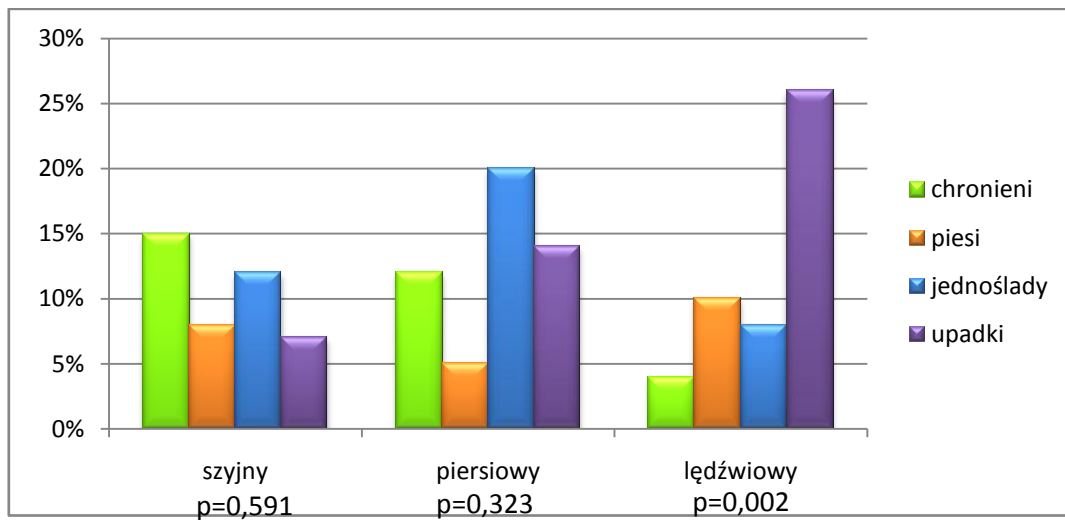


Ryc.13 Występowanie obrażeń kl.piersiowej w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

## Kręgosłup

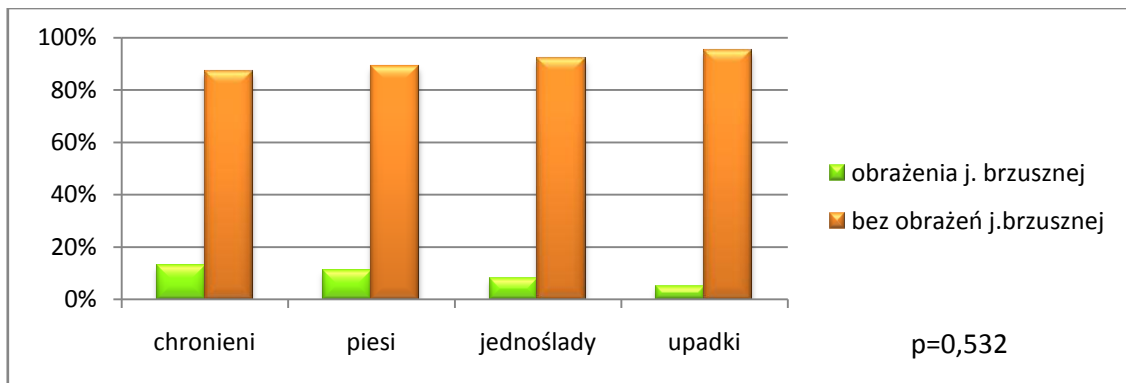


Ryc.14 Występowanie obrażeń kręgosłupa w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$



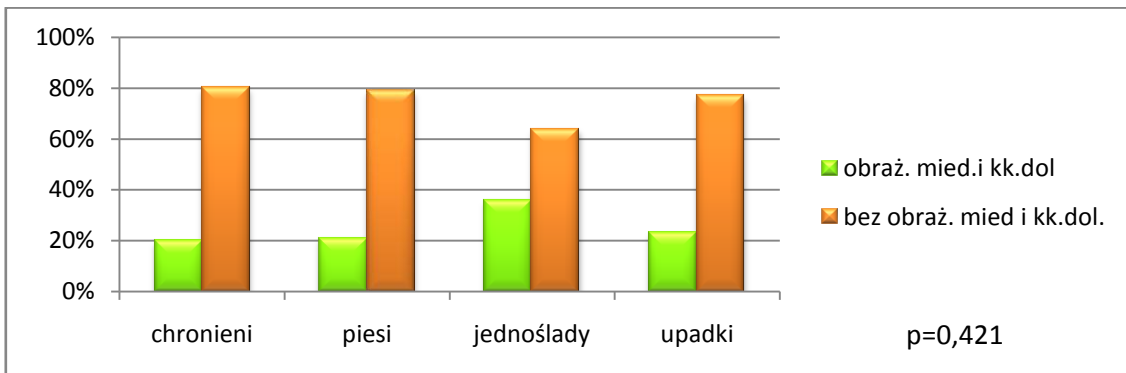
Ryc.15 Występowanie obrażeń w poszczególnych odcinkach kręgosłupa w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

### Jama brzuszna



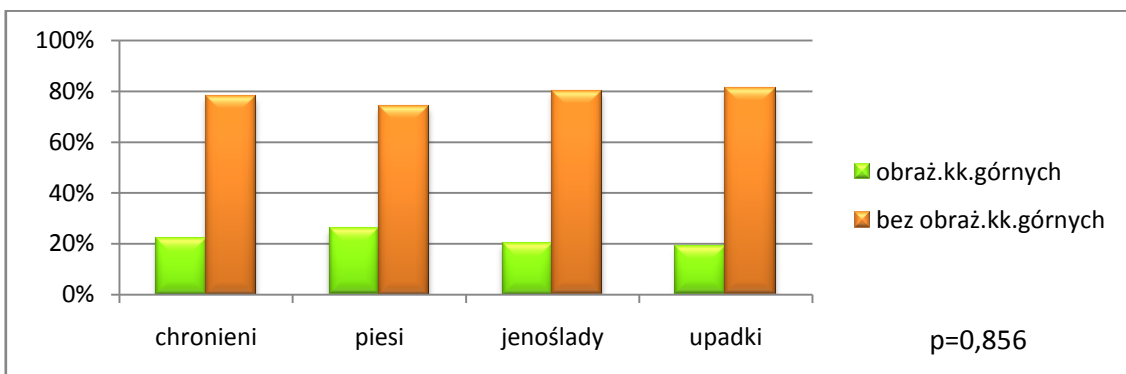
Ryc.16 Występowanie obrażeń j. brzusznej w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

### Miednica kostna z kończynami dolnymi



Ryc.17 Występowanie obrażeń miednicy i kk. dolnych w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

### Kończyny górne



Ryc. 18 Występowanie obrażeń kończyn górnych w grupach pacjentów wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

Analiza statystyczna wykazała w badanym materiale częstsze występowanie obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz obrażeń lędźwiowego odcinka kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości.

## 4.2. Rodzaje obrażeń

### 4.2.1. Obrażenia głowy

Wśród obrażeń głowy wyróżniono złamania czaszki oraz pośrednie i bezpośrednie wewnątrzczaszkowe zmiany urazowe.

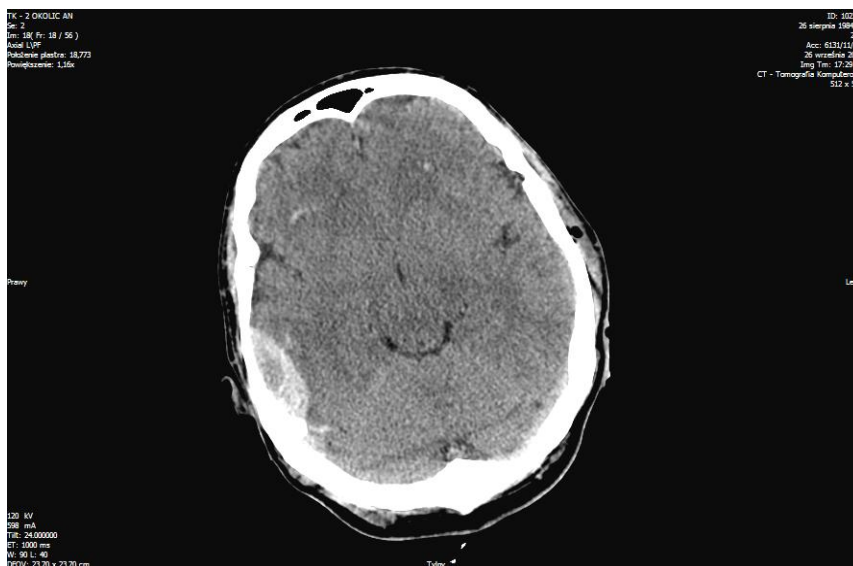
Tab.8 Występowanie poszczególnych rodzajów obrażeń głowy w grupach pacjentów

	<b>czaszka</b>	<b>obrażenia bezpośrednie</b>	<b>obrażenia pośrednie</b>
<b>chronione ofiary wk</b>	10	10	10
<b>piesze ofiary wk</b>	13	13	6
<b>ofiary wk na jednoślad.</b>	4	4	4
<b>ofiary upadków</b>	11	9	4

Wśród obrażeń wewnątrzczaszkowych o charakterze bezpośrednim we wszystkich grupach najczęstsze były zmiany w zakresie mózgowia- stłuczenia, krwiaki śródmiażdżowe oraz krwawienia podpajęczynówkowe. Krwiaki nadtwardówkowe wykazano jedynie u 4 pacjentów, spośród nich 2 były chronionymi ofiarami wypadków komunikacyjnych (ryc.19).

U chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych obrażenia pośrednie częściej miały postać uszkodzeń aksonalnych (6 przypadków), zaś u pieszych częściej manifestowały się one jako krwiaki podtwardówkowe (4 przypadki). W pozostałych grupach nie zaobserwowano różnic.

W grupach pieszych ofiary wypadków komunikacyjnych oraz ofiar upadków obrażenia mózgowia o charakterze bezpośrednim występowały ponad dwukrotnie częściej niż obrażenia pośrednie. Pozostałe grupy pacjentów wykazywały podobną częstość występowania obu rodzajów obrażeń.



Ryc. 19 Krwiał nadwardówkowy oraz ogniska krwotoczne w istocie białej u chronionej ofiary wypadku komunikacyjnego

#### 4.2.2. Obrażenia klatki piersiowej

Zmiany urazowe w zakresie klatki piersiowej podzielono według kryterium topograficznego, wyróżniając obrażenia ściany klatki piersiowej, płuc, opłucnej oraz śródpiersia.

Tab. 9 Występowanie poszczególnych rodzajów obrażeń klatki piersiowej w grupach pacjentów

	obrażenia ściany klp	obrażenia płuc	odma	krwawienie do opłucnej	obrażenia śródpiersia
<b>chronione ofiary wk</b>	24	33	16	9	1
<b>piesze ofiary wk</b>	16	12	7	7	0
<b>ofiary wk na jednośląd</b>	8	14	11	4	0
<b>ofiary upadków</b>	12	12	11	8	1

Za wyjątkiem grupy pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych, najliczniej reprezentowanym rodzajem obrażeń były zmiany urazowe w zakresie płuc, pośród których zdecydowanie przeważały stłuczenia. Pojedynczo występowały przypadki pęknięcia lub rozerwania tkanki płucnej z wytworzeniem krwiaka albo pourazowej torbieli rzekomej (pneumatocoele), niekiedy wypełnionej krwią (hemopneumatocoele)- stwierdzono je tylko u 4 pacjentów: 2 chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz 2 ofiar upadków z wysokości (ryc.20).

Obrażenia ściany klatki piersiowej zajmowały pierwszą pozycję u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych. W ponad połowie przypadków w tej grupie ( 9 pacjentów) stwierdzono złamania 3 lub więcej żeber po jednej stronie.

Odma opłucnowa uplasowała się na kolejnej pozycji pod względem częstości występowania poszczególnych rodzajów obrażeń klatki piersiowej. Wyjątek stanowi grupa ofiar wypadków na jednośladach, w której ustępuje ona jedynie obrażeniom płuc. Odma w około 55% przypadków współistniała z obrażeniami ściany klatki piersiowej (25 pacjentów). W żadnym przypadku nie stwierdzono znamion prężności odmy. Krwawienie do jamy opłucnej współistniało z obrażeniami ściany w ponad 80% przypadków (23 pacjentów), zaś z odmą w ponad 70 % przypadków (20 pacjentów). W grupie ofiar chronionych stwierdzono 100% koincydencję krwawienia oraz odmy opłucnowej.

Najmniej liczne były zmiany urazowe struktur śródpiersia-w jednym wypadku było to urazowe odwarstwienie błony wewnętrznej aorty piersiowej, w drugim krwawienie do osierdzia.



Ryc. 20 Stłuczenie płuc z obecnością wypełnionej krwią torbieli pourazowej



### 4.2.3. obrażenia narządów jamy brzusznej

Obrażenia jamy brzusznej zróżnicowano według kryterium narządowego.

Tab.10 Występowanie poszczególnych rodzajów obrażeń narządów jamy brzusznej w grupach pacjentów

	<b>obrażenia śledziony</b>	<b>obrażenia wątroby</b>	<b>obrażenia nerek</b>	<b>obrażenia pozostałych narz.</b>
<b>chronione ofiary wk</b>	7	2	2	2
<b>piesze ofiary wk</b>	1	1	1	2
<b>ofiary wk na jednośląd</b>	1	1	1	0
<b>ofiary upadków</b>	1	1	0	0

We wszystkich grupach pacjentów stwierdzono przypadki obrażeń śledziony, przy czym najliczniej występowały one w grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych. Oceniając charakter tych obrażeń według pięciostopniowej skali ciężkości Amerykańskiego Towarzystwa Chirurgii Urazowej (American Association for the Surgery of Trauma- AAST) w 7 przypadkach zakwalifikowano jako odpowiadające II stopniowi, w 2 przypadkach jako zmiany III stopnia (stwierdzono je wyłącznie u chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych), w 1 I stopnia.

Przypadki pourazowego uszkodzenia wątroby również wystąpiły we wszystkich grupach pacjentów. W 3 przypadkach były to obrażenia II stopnia w skali AAST, u pojedynczych pacjentów rozpoznano zmiany IV oraz V stopnia.

Obrażenia nerek uwidoczniono wyłącznie u ofiar wypadków komunikacyjnych. W grupie ofiar chronionych były to w 2 przypadkach zmiany II stopnia w skali AAST, w grupach pieszych i poruszających się jednoślądami stwierdzono pojedyncze przypadki zmian III stopnia.

Inne zmiany urazowe w zakresie jamy brzusznej dotyczyły krezki, cewy pokarmowej i dużych naczyń żylnych (ryc. 21)



Ryc. 21 Uraz krezki z aktywnym krwawieniem

#### 4.2.4. Obrażenia kręgosłupa

Podział zmian urazowych w zakresie kręgosłupa oparto na kryterium ich stabilności.

Tab. 11 Występowanie poszczególnych rodzajów obrażeń kręgosłupa w grupach pacjentów

	<b>obrażenia stabilne</b>	<b>obrażenia niestabilne</b>
<b>chronione ofiary wk</b>	20	6
<b>piesze ofiary wk</b>	7	2
<b>ofiary wk na jednośląd</b>	9	1
<b>ofiary upadków</b>	11	9

W wszystkich grupach pacjentów obrażenia stabilne były częstsze. O ile jednak dominacja tych zmian u ofiar wypadków komunikacyjnych jest duża, o tyle u ofiar upadków nieznaczna (ryc.22)

Pośród zmian stabilnych najczęstsze były izolowane złamania wyrostków poprzecznych i kolczystych ( u 22 pacjentów).



Ryc.22 Wybuchowe złamanie trzonu kręgowego L3 z ciasnotą kanału kręgowego

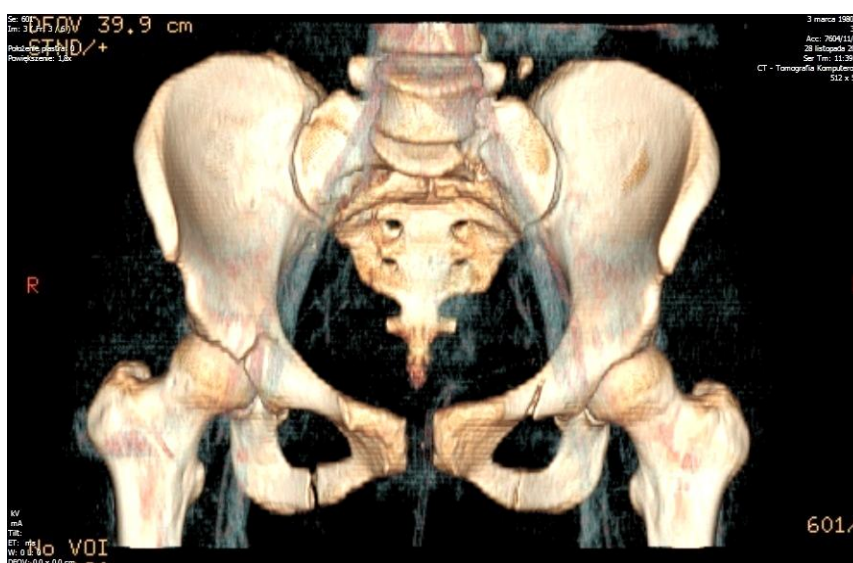
#### 4.2.5. Obrażenia miednicy

Zmiany urazowe w zakresie miednicy podzielono na stabilne i niestabilne, dodatkowo wyróżniając złamania panewki stawu biodrowego.

Tab. 12 Występowanie poszczególnych rodzajów obrażeń miednicy w grupach pacjentów

	<b>złamania panewki</b>	<b>obrażenia stabilne</b>	<b>obrażenia niestabilne</b>
<b>chronione ofiary wk</b>	15	5	7
<b>piesze ofiary wk</b>	0	5	1
<b>ofiary wk na jednośląd</b>	5	2	0
<b>ofiary upadków</b>	5	4	5

W grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych najczęściej występowały złamania panewki stawu biodrowego. Jednocześnie w tej grupie stwierdzono we wszystkich przypadkach niestabilnych zmian urazowych miednicy współistnienie złamań panewek (ryc. 23). Złamania panewki okazały się również najczęstszą formą obrażeń miednicy u ofiar poruszających się jednośladami, w tej jednak grupie w ogóle nie stwierdzono złamań niestabilnych. W grupie ofiar upadków z wysokości częstość złamań panewek była podobna jak złamań niestabilnych, jednak nie obserwowano tu podobnej koincydencji jak w grupie ofiar chronionych. Złamań panewek nie wykazano w grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych.



Ryc. 23 Niestabilne złamanie miednicy ze współistniejącym złamaniem panewki

Zmiany obejmujące miednicę rozpatrywano również w aspekcie mechanizmu urazu, uwzględniającego dominujący kierunek wektora siły oddziaływującej na pacjenta. W tym celu wykorzystano klasyfikację złamań miednicy Younga-Burgessa.

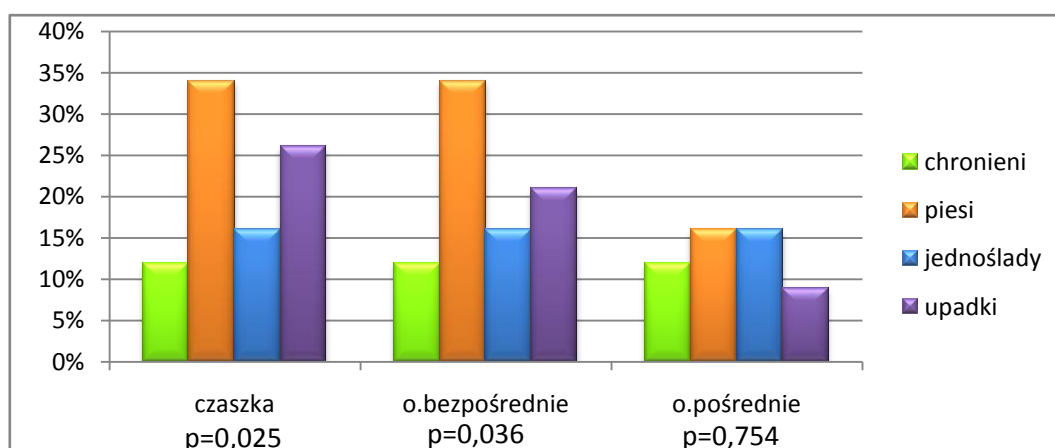
Tab. 13 Występowanie typów złamań miednicy wg Younga-Burgessa w grupach pacjentów

	LC I	LC II	LCIII	AP	VS	kombino wane
chronieni	2	2	4	1	0	3
piesi	2	3	1	0	0	0
jednośląd	2	0	0	0	0	0
upadki	2	2	3	0	1	1

We wszystkich grupach pacjentów najliczniej reprezentowane są zmiany będące następstwem oddziaływania sił z kierunku bocznego. Pojedynczo obserwowano obrażenia wynikłe z oddziaływania wektora siły od przodu (w grupie chronionych ofiar wypadków) oraz w pionie (u ofiary upadku z wysokości).

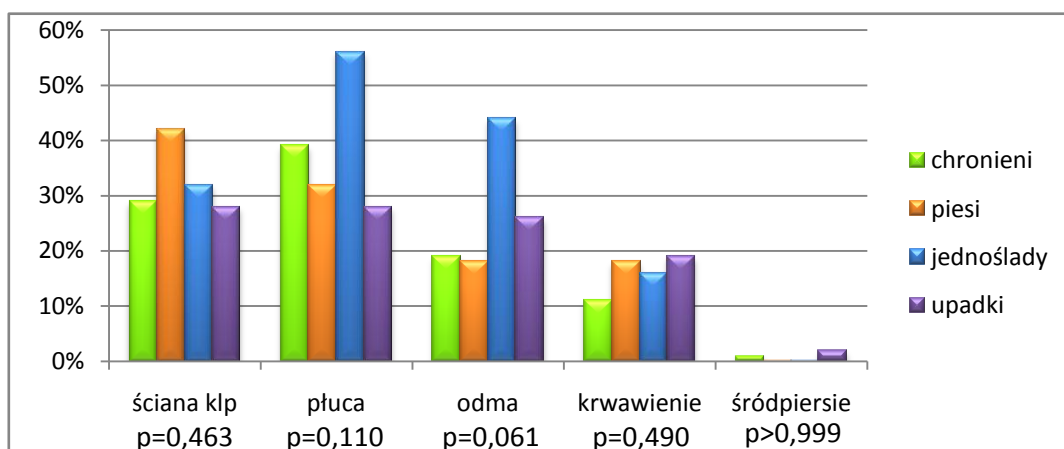
#### 4.2.6. Analiza statystyczna.

##### Głowa



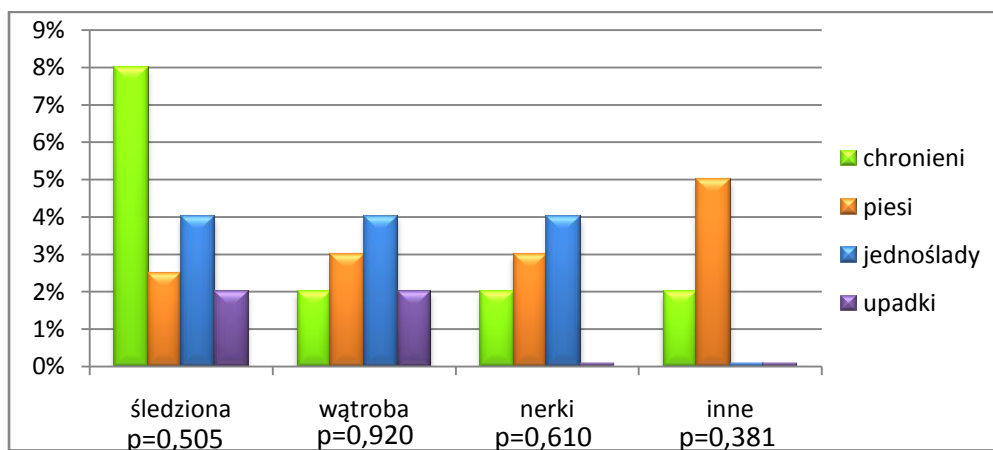
Ryc.24 Odsetkowy udział poszczególnych rodzajów obrażeń głowy w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

### Klatka piersiowa



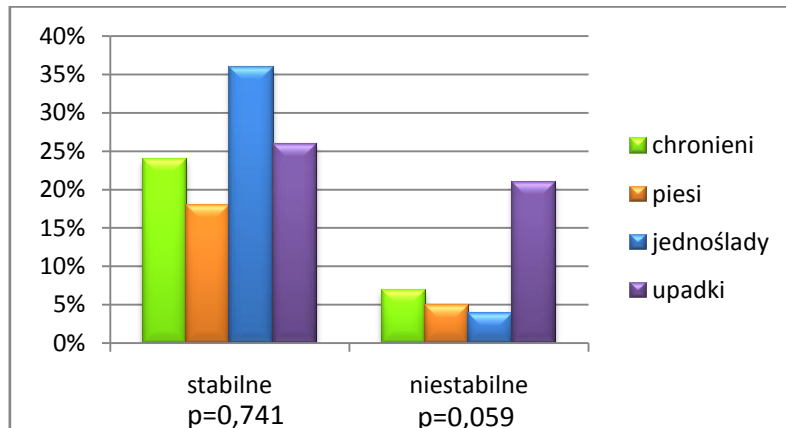
Ryc.25 Odsetkowy udział poszczególnych obrazów kl. piersiowej w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

### Jama brzuszna



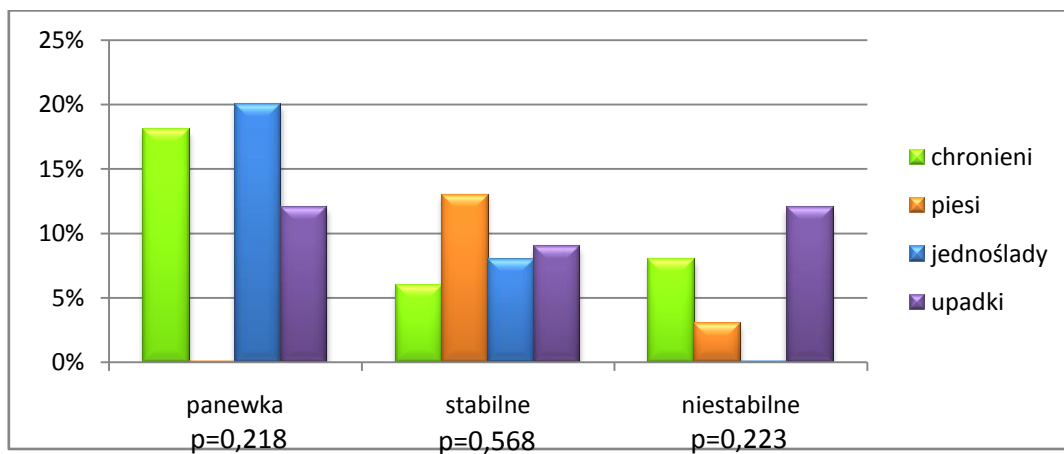
Ryc.26 Odsetkowy udział poszczególnych obrazów j. brzusznej w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

## Kręgosłup

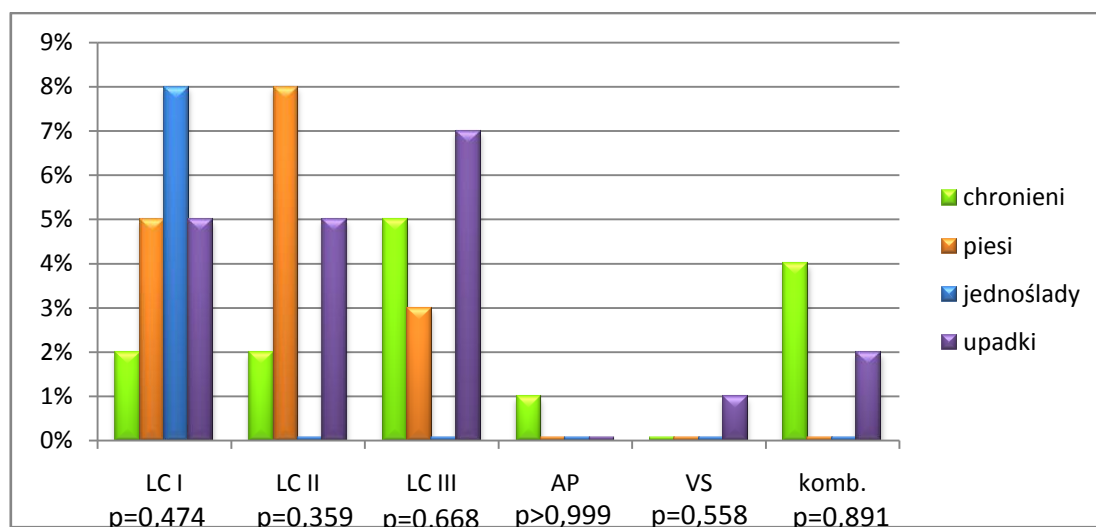


Ryc. 27 Odsetkowy udział poszczególnych rodzajów kręgosłupa w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

## Miednica



Ryc.28 Odsetkowy udział poszczególnych rodzajów obrażeń miednicy w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$



Ryc. 29 Odsetkowy udział poszczególnych typów złamań miednicy w grupach pacjentów wraz z wynikami testu  $\chi^2$

W przeprowadzonej analizie statystycznej wykazano istotne różnice w odniesieniu do obrażeń głowy, stwierdzając częstsze występowanie bezpośrednich (kontaktowych) obrażeń wewnątrzczaszkowych u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz złamań czaszki w tej samej grupie pacjentów oraz w grupie ofiar upadków z wysokości.

#### 4.3. Ciężkość obrażeń w skali AIS

Wszystkie stwierdzone w badaniu WBCT obrażenia oceniono w skali AIS, przypisując im wartość punktową od 0 do 5. W przypadku występowania w danej okolicy anatomicznej kilku rodzajów obrażeń do analiz przyjmowano najwyższą wartość punktową opisującą najcięższą ze zmian.

Rozpatrując całą badaną grupę w aspekcie występowania obrażeń poważnych, ciężkich oraz krytycznych ( $AIS \geq 3$ ), najczęściej stwierdzano je w zakresie klatki piersiowej (69 przypadków), głowy (57 przypadków), miednicy oraz kończyn dolnych (22 przypadki), jamy brzusznej (14 przypadków), kręgosłupa (13 przypadków) oraz twarzy (4 przypadki). Nie stwierdzono natomiast tego typu obrażeń w obrębie kończyn górnych (tab.14).



Tab. 14 Występowanie obrażeń AIS $\geq$ 3 w całej grupie pacjentów

	<b>AIS=3</b>	<b>AIS=4</b>	<b>AIS=5</b>
<b>Klatka piersiowa (n=69)</b>	51	18	0
<b>Głowa (n=57)</b>	19	19	19
<b>Miednica i kk dolne (n=22)</b>	22	0	0
<b>Jama brzuszna (n=14)</b>	11	2	1
<b>Kręgosłup (n=13)</b>	10	0	3
<b>Twarz (n=4)</b>	4	0	0
<b>Kończyny górne (n=0)</b>	0	0	0

Podobnie przedstawia się rozkład występowania obrażeń o wartościach AIS $\geq$ 3 w poszczególnych okolicach w grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych (tab. 15)

Tab. 15 Występowanie obrażeń AIS  $\geq$ 3 u chronionych ofiar wk

	<b>AIS=3</b>	<b>AIS=4</b>	<b>AIS=5</b>
<b>Klatka piersiowa (n=29)</b>	19	10	0
<b>Głowa (n=17)</b>	5	6	6
<b>Miednica i kk dolne (n=8)</b>	8	0	0
<b>Jama brzuszna (n=7)</b>	6	1	0
<b>Kręgosłup (n=5)</b>	3	0	2
<b>Twarz (n=3)</b>	3	0	0
<b>Kończyny górne (n=0)</b>	0	0	0

Zbliżona jest także do niej dystrybucja zmian u ofiar wypadków poruszających się jednoślādami (tab.16)

Tab. 16 Występowanie obrażeń AIS $\geq$ 3 u ofiar wk poruszających się jednoślādami

	<b>AIS=3</b>	<b>AIS=4</b>	<b>AIS=5</b>
<b>Klatka piersiowa (n=14)</b>	9	5	0
<b>Głowa (n=6)</b>	1	4	1
<b>Miednica i kk dolne (n=3)</b>	3	0	0
<b>Jama brzuszna (n=2)</b>	1	0	1
<b>Twarz (n=1)</b>	1	0	0
<b>Kręgosłup (n=0)</b>	0	0	0
<b>Kończyny górne (n=0)</b>	0	0	0

W grupach pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz ofiar upadków z wysokości na ciele znalazły się obrażenia głowy, a dopiero po nich zmiany urazowe w zakresie klatki piersiowej (tab.17 i 18)

Tab. 17 Występowanie obrażeń AIS $\geq$ 3 u pieszych ofiar wk

	<b>AIS=3</b>	<b>AIS=4</b>	<b>AIS=5</b>
<b>Głowa (n=17)</b>	11	2	4
<b>Klatka piersiowa (n=12)</b>	11	1	0
<b>Jama brzuszna (n=4)</b>	3	1	0
<b>Miednica i kk dolne (n=3)</b>	3	0	0
<b>Kręgosłup (n=2)</b>	1	0	1
<b>Twarz (n=0)</b>	0	0	0
<b>Kończyny górne (n=0)</b>	0	0	0

Tab. 18 Występowanie obrażeń AIS $\geq$ 3 u ofiar upadków z wysokości

	<b>AIS=3</b>	<b>AIS=4</b>	<b>AIS=5</b>
<b>Głowa (n=13)</b>	2	5	6
<b>Klatka piersiowa (n=11)</b>	9	2	0
<b>Miednica i kk dolne (n=8)</b>	8	0	0
<b>Kręgosłup (n=5)</b>	5	0	0
<b>Jama brzuszna (n=0)</b>	0	0	0
<b>Twarz (n=0)</b>	0	0	0
<b>Kończyny górne (n=0)</b>	0	0	0

Występowanie obrażeń o charakterze krytycznym (AIS=5) stwierdzono w badanym materiale w trzech okolicach anatomicznych- w zakresie głowy, kręgosłupa oraz jamy brzusznej.

Obrażenia krytyczne głowy stanowiły 1/3 zmian o wartości AIS $\geq$ 3. Pośród nich w ponad 40% przypadków ( u 8 pacjentów) rozpoznano rozlane uszkodzenia aksonalne (TAI) z obecnością ognisk krwotocznych w ciele modzelowatym (ryc. 30).



Ryc. 30 Ognisko krwotoczne w ciele modzelowatym

Obrażenia krytyczne w zakresie kręgosłupa wystąpiły u 3 pacjentów, którzy byli ofiarami wypadków komunikacyjnych ( 2 chronionych i 1 pieszy ). Badania wykazały u nich całkowite bądź znacznego stopnia zwicznienia kręgosłupa z towarzyszącymi złamaniami kręgów, których konsekwencją było przerwanie ciągłości rdzenia kręgowego ( ryc.31)



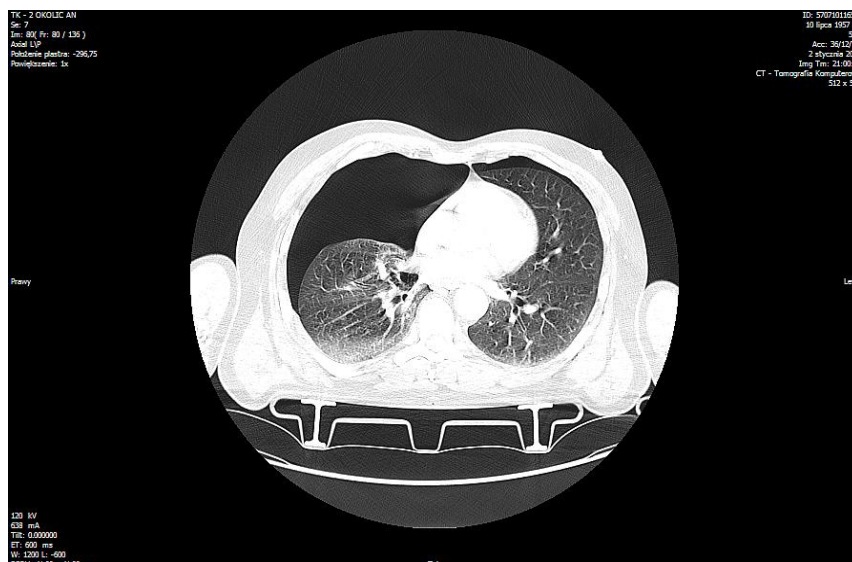
Ryc. 31 Całkowite zwicznienie piersiowego odcinka kręgosłupa na poziomie Th 5-Th 6 z wieloodłamowym złamaniem kręgów ( obraz w rekonstrukcji wielopłaszczyznowej- MPR)

Wśród stosunkowo nielicznych obrażeń narządów jamy brzusznej 70% stanowiły zmiany o wartości punktowej AIS $\geq$ 3. U 1 pacjenta w badaniu WBCT wykazano obrażenia o charakterze krytycznym. Był to mężczyzna poruszający się skuterem, potrącony przez samochód ciężarowy. Doszło u niego do rozległego i wielomiejscowego rozerwania mięszu wątroby (ryc.32).



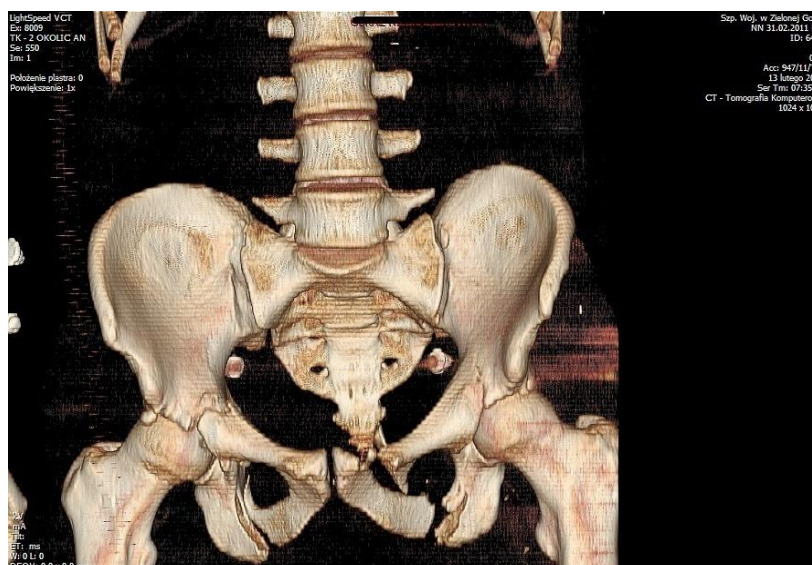
Ryc. 32 Wielomiejscowe rozerwania mięszu wątroby (AAST V st.)

W obrębie klatki piersiowej stwierdzono obrażenia o stopniu ciężkości AIS $\geq$ 3 u 69 pacjentów, spośród nich u 17 wykazano obrażenia ciężkie (AIS=4) i w znacznej większości byli oni ofiarami wypadków komunikacyjnych (15). W 9 przypadkach obrażeń ciężkich rozpoznano masywną odmę opłucnową z dużym, przekraczającym 50% objętości zapadnięciem się płuca (ryc. 33) Odmie towarzyszyły zazwyczaj złamania żeber, w pojedynczym wypadku były to złamania skutkujące powstaniem tzw. jednostronnej cepowatej klatki piersiowej.



Ryc. 33 Obustronna odma opłucnowa, po stronie prawej z zapadnięciem płuca

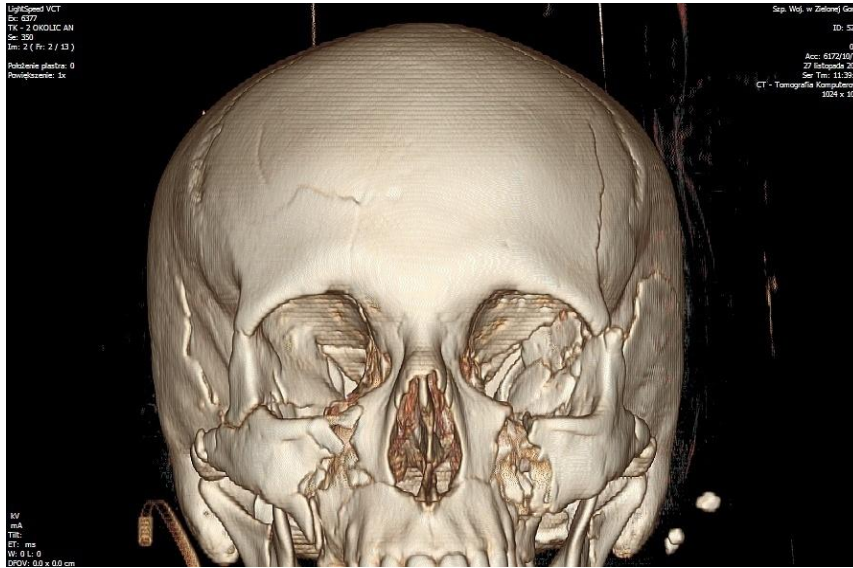
Najcięższe zmiany urazowe w zakresie miednicy i kończyn dolnych miały charakter poważny, ale nie ciężki czy krytyczny w świetle punktacji AIS (ryc. 34). Najliczniej występowały one u chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości.



Ryc. 34 Złamania w zakresie kości łonowych z rozerwaniem więzadeł przednich prawego stawu krzyżowo-biodrowego (obraz w rekonstrukcji przestrzennej VRT)

Podobnie przedstawiała się sytuacja z obrażeniami w obszarze twarzy, trzeba jednak przy tym podkreślić, iż w słowniku AIS zaledwie 3 spośród ponad 130 rozmaitych rodzajów

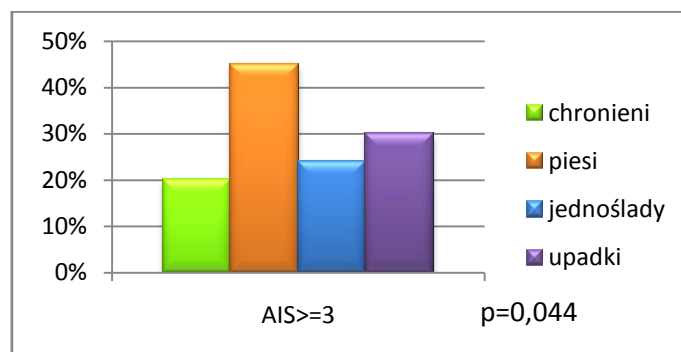
obrażeń w tej okolicy ma wartość punktową  $\geq 3$  [13]. Wszystkie poważne obrażenia twarzy uwidoczniło u ofiar wypadków komunikacyjnych, przede wszystkim chronionych ( ryc. 35)



Ryc. 35 Złożone, wielomiejscowe złamanie kości twarzoczaszki ( obraz w rekonstrukcji przestrzennej VRT)

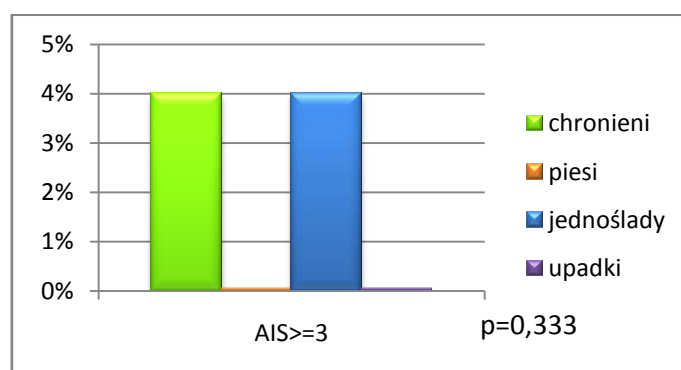
#### 4.3.1. Analiza statystyczna

##### Głowa



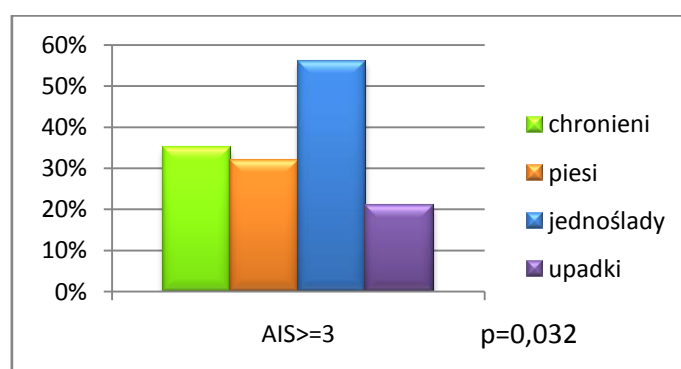
Ryc. 36 Odsetkowy udział obrażeń głowy AIS  $\geq 3$  wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

## Twarz



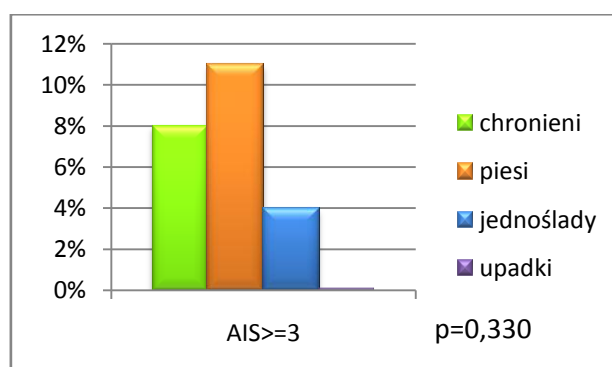
Ryc. 37 Odsetkowy udział obrażeń twarzy AIS>=3 wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

## Klatka piersiowa



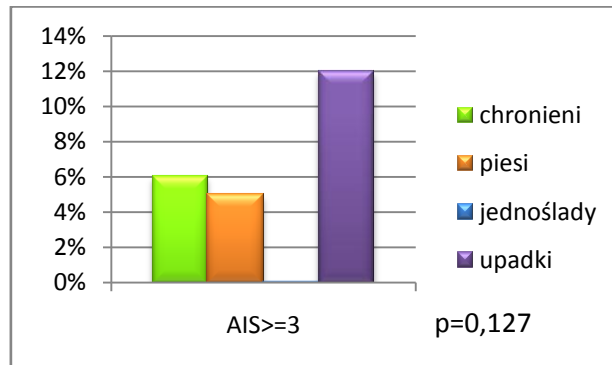
Ryc. 38 Odsetkowy udział obrażeń kl. piersiowej AIS>=3 wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

## Jama brzuszna



Ryc.39 Odsetkowy udział obrażeń j. brzusznej AIS>=3 wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

## Kręgosłup



Ryc.40 Odsetkowy udział obrażeń kręgosłupa AIS>=3 wraz z wynikiem testu  $\chi^2$

Wyniki przeprowadzonych testów statystycznych wykazały częstsze występowanie obrażeń głowy o stopniu ciężkości AIS>=3 u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz obrażeń klatki piersiowej o stopniu ciężkości AIS>=3 u ofiar wypadków poruszających się jednośladami.

#### 4.4. Ogólna ciężkość obrażeń-wskaźniki ISS i MAIS.

W oparciu o wartości punktowe AIS odpowiadające obrażeniom uwidocznionym w badaniach WBCT u każdego z pacjentów wyznaczono wartości wskaźników ISS oraz MAIS charakteryzujące ogólną ciężkość obrażeń u poszczególnych chorych.

Średnia wartość ISS w całej badanej grupie wyniosła 13,73 (SD 12,15), natomiast MAIS 2,61 (SD 1,54)

W grupie chronionych ofiar wypadków komunikacyjnych najwyższa wartość ISS wynosiła 41. Dotyczyła ona pacjenta, który doznał krytycznych obrażeń głowy (masywny krwiak nadtwardówkowy, AIS=5) oraz ciężkich obrażeń płuc (obustronne stłuczenia, po jednej ze stron zajmujące więcej niż 1 płat, AIS=4). Średnia wartość ISS w tej grupie pacjentów wyniosła 12,92 (SD 12,08), zaś wartość MAIS 2,49 (SD 1,56).

W grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych najwyższa wartość ISS osiągnęła 59. Wyznaczono ją u pacjentki potrąconej przez samochód ciężarowy. W dwóch okolicach anatomicznych wystąpiły obrażenia o charakterze krytycznym- w obrębie głowy (duży krwiak podtwardówkowy z przemieszczeniem układu komorowego, AIS=5) oraz w piersiowym odcinku kręgosłupa ( złamania kręgów oraz całkowite, boczne zwichnięcie piersiowego odcinka kręgosłupa, AIS=5), a nadto doszło do niestabilnego złamania miednicy



(AIS=3). Średnia wartość ISS w grupie wyniosła 14,87 (SD 13,63), natomiast MAIS 2,55 (SD 1,62).

Najwyższa wartość ISS u pacjenta z grupy ofiar wypadków komunikacyjnych poruszających się jednośladaami wyniosła 36. Był to motocyklista, u którego rozpoznano ciężkie obrażenia głowy (krwiak nadwardówkowy ze współistniejącym stłuczeniem mózgu, AIS=4) oraz klatki piersiowej (masywne stłuczenie obu płuc, AIS=4) a także obrażenia twarzy o umiarkowanym stopniu ciężkości. Średnia wartość ISS wyznaczona w tej grupie wyniosła 16,24 (SD 11,32), a MAIS 2,96 (SD 1,27).

Pośród ofiar upadków najwyższy wskaźnik ISS wyniósł 43. Pacjentka miała krytyczne obrażenia w zakresie głowy (obraz urazu aksonalnego z ogniskiem krwotocznym w spoidle, AIS=5) oraz poważne obrażenia klatki piersiowej w postaci odmy opłucnowej i stłuczenia jednego płuca (AIS=3), a także miednicy (wielomiejscowe złamania, AIS=3). Średnia wartość ISS w tej grupie pacjentów wyniosła 13,26 (SD 12,11), zaś MAIS 2,72 (SD 1,50).

W grupie Inne najwyższa wartość ISS wyniosła 26. Chory został znaleziony z ciężkimi obrażeniami głowy (duży krwiak śródmózgowy z towarzyszącym krwawieniem podpajęczynówkowym), złamaniem nosa oraz poważnymi obrażeniami klatki piersiowej (mnogie złamania żeber z odmą opłucnową).

#### 4.4.1 Analiza statystyczna

Do porównania średnich wartości ISS oraz MAIS w poszczególnych grupach pacjentów wykorzystano test Kruskala-Wallisa

Tab.19 Porównanie średnich wartości ISS i MAIS w grupach pacjentów z wynikami testu K-W

parametr	chronieni	piesi	jednoślady	upadki	poziom istotności
ISS	12,92	14,87	16,24	13,26	<b>p=0,543</b>
MAIS	2,49	2,55	2,96	2,72	<b>p=0,599</b>

W oparciu o wynik testu Kruskala-Wallisa nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami w odniesieniu do średnich wartości ISS oraz MAIS.

## 5. OMÓWIENIE

Analizowaną grupę 202 pacjentów poddanych badaniu WBCT, podzielono według kryterium mechanizmu urazu. 147 osób (73%) było ofiarami wypadków komunikacyjnych, spośród nich znalazło się 84 chronionych uczestników wypadków-kierowców i pasażerów samochodów (42%), 38 niechronionych-pieszycy (19%) oraz 25 niechronionych poruszających się jednośladami (12%). 43 osoby (21%) doznały upadku z wysokości, zaś pozostałych 12 pacjentów (6%) zaliczono do grup „Inne”.

W publikacji Smith'a i współpracowników, pochodzącej z dużego ośrodka urazowego w szpitalu uniwersyteckim w Coventry, przedstawiono ocenę zastosowania WBCT w diagnostyce urazów opartą na materiale z okresu 6 miesięcy [86]. W grupie liczącej 256 pacjentów było 167 ofiar wypadków komunikacyjnych (65%), w tym 109 chronionych (43%), 34 niechronionych poruszających się jednośladami (13%), 24 pieszycy (9%) oraz 50 ofiar upadków z wysokości (20%).

Bardon i współpracownicy również przedstawili dane z centrum urazowego I stopnia [87]. W ciągu roku wykonano w nim badania WBCT u 462 pacjentów kierowanych z podejrzeniem obrażeń mnogich. Spośród nich 314 doznało urazów w wypadkach komunikacyjnych (68%). W tej grupie było 208 uczestników chronionych (45%), 55 użytkowników jednośladów (12%) oraz 51 pieszycy (11%). 56 pacjentów odniosło obrażenia w wyniku upadku z wysokości (12%).

Artykuł Stengela i współpracowników, w którym omówiono ocenę kwestię czułości badania WBCT u pacjentów po urazach, oparto na analizie badań 982 osób [82]. 591 było ofiarami wypadków komunikacyjnych (60,2%). W skład tej grupy weszły 260 ofiary chronione (26%), 219 pacjentów poruszających się jednośladami (22%) oraz 94 pieszycy (10%). Ofiary upadków z wysokości stanowiły 28 % .

W porównaniu z przedstawionymi publikacjami w materiale własnym zwraca uwagę istotnie wyższy odsetek pieszycy ofiar wypadków komunikacyjnych skierowanych do badania WBCT. Odzwierciedla to pośrednio potwierdzoną w statystykach większą na tle innych krajów ilość wypadków z udziałem pieszycy w Polsce [4].

Jednym z celów pracy było ustalenie, czy w badanej grupie występują zależności pomiędzy mechanizmem powstania obrażeń, a ich lokalizacją w badaniach WBCT. W tym celu wyodrębniono zgodnie z metodologią słownika AIS 7 okolic anatomicznych i oceniono dystrybucję zmian urazowych w ich zakresie w wyszczególnionych grupach pacjentów.

W całej analizowanej grupie liczącej 202 pacjentów obrażenia najliczniej występowały w zakresie klatki piersiowej (52%), a następnie głowy (32%) i kręgosłupa (28%), na ostatniej pozycji znalazły się zmiany urazowe narządów jamy brzusznej (10%).

W publikacji Huttera i współpracowników analizującej wpływ badania WBCT na przeżywalność pacjentów po urazach, w grupie 223 pacjentów najczęściej stwierdzano obrażenia głowy (64%), następnie klatki piersiowej (30%) i kręgosłupa (25%). Obrażenia jamy brzusznej wykazano u 9% pacjentów [89].

W pracy Stengela i współpracowników dominowały obrażenia klatki piersiowej i głowy, jednak za nimi znajdowały się obrażenia narządów jamy brzusznej [82]. Podobnie przedstawia się ta kolejność również w pracy zespołu Salima [90].

Wielu autorów badało lokalizację zmian urazowych w badaniach WBCT, biorąc pod uwagę jedynie przypadki obrażeń o ciężkości AIS $\geq$ 3. Zastosowanie tego wyznacznika w niniejszym materiale nie wpłynęło na kolejność na dwóch pierwszych pozycjach- najczęstsze pozostały obrażenia klatki piersiowej, a następnie głowy, po nich jednak nastąpiły- odmiennie niż poprzednio- obrażenia miednicy i kończyn dolnych, a dalej jamy brzusznej. Podobnie jest w pracach Wurmba i współpracowników, a także Hubera-Wagnera i jego zespołu [53,79,91] Podniesienie poziomu wartości AIS powyżej 3, zawężającego pole analizy do przypadków ciężkich i krytycznych, przesuwając w sposób zdecydowany na pierwsze miejsce obrażenia głowy. Za nimi znalazły się zmiany urazowe klatki piersiowej oraz jamy brzusznej na równi z obrażeniami kręgosłupa. W publikacji Yeguiayana przedstawiono analogiczne uporządkowanie [92].

W badanym materiale w grupie ofiar wypadków komunikacyjnych, niezależnie od kategorii uczestnika wypadku, obrażenia najczęściej występowały w zakresie klatki piersiowej. W grupach ofiar chronionych oraz pieszych na kolejnej pozycji znajdowała się głowa, zaś u poruszających się jednośladammi miednica i kończyny dolne.

Wnioski z publikacji Markogiannakisa i współpracowników, w której omówiono tematykę zależności profilu obrażeń od rodzaju wypadku komunikacyjnego, są odmienne [88]. W grupach pieszych oraz poruszających się jednośladammi ofiar wypadków na pierwszym miejscu znalazły się obrażenia głowy, za nimi są obrażenia kończyn, natomiast zmiany w zakresie klatki piersiowej plasują się na trzeciej pozycji. Z kolei w grupie ofiar chronionych najczęściej występowały obrażenia kończyn, wyprzedzając zmiany urazowe głowy. Należy jednak zastrzec, iż wspomniana publikacja nie uwzględnia kryterium wykonania badania WBCT jako podstawowego narzędzia rozpoznania obrażeń. Ponieważ decyzja o jego zleceniu wynika z klinicznie uzasadnionego podejrzenia obrażeń mnogich,

w materiale własnym najprawdopodobniej nie znaleźli się pacjenci z izolowanymi obrażeniami głowy czy kończyn, skierowani do selektywnej tomografii komputerowej bądź wyłącznie do wykonania zdjęć rentgenowskich, co musiało wpłynąć na ustaloną kolejność.

Analiza obrazów o stopniu ciężkości AIS $\geq$ 3 w materiale własnym utrzymuje pierwotne uporządkowanie okolic najczęstszego ich występowania u ofiar chronionych oraz ofiar poruszających się jednośladami. Są to klatka piersiowa, głowa oraz miednica wraz z kończynami dolnymi. Natomiast u ofiar pieszych na czołową pozycję wysuwają się obrażenia głowy, za nimi zaś znajdują się zmiany urazowe klatki piersiowej oraz jamy brzusznej.

W grupie ofiar upadków z wysokości obrażenia najczęściej stwierdzano w zakresie kręgosłupa, następnie zaś klatki piersiowej oraz głowy.

Obrażenia układu kostno-mięśniowego są typowe dla upadków z wysokości. Dotyczą one przede wszystkim kręgosłupa oraz kończyn dolnych i miednicy [93,94]. O ile we własnym materiale potwierdza się dominacja obrażeń kręgosłupa, o tyle zmian urazowych miednicy i kończyn dolnych stwierdzono stosunkowo niewiele- znalazły się dopiero na czwartej pozycji. Tę istotną różnicę tłumaczy standardowy zakres badania WBCT, którego dolną granicę stanowi wysokość bliższych odcinków kości udowych. Większość zmian urazowych kończyn dolnych u ofiar upadków z wysokości występuje w częściach obwodowych kończyn- przede wszystkim okolicy stawów skokowo-goleniowych oraz kości piętowych [93]. Jeśli pojawiły się one w badanej grupie pacjentów, nie zostały objęte polem badania..

Przyjęcie kryterium punktowego AIS $\geq$ 3 u ofiar upadków z wysokości sprawiło, iż na pierwszym miejscu znalazły się obrażenia głowy, a następnie klatki piersiowej i miednicy z kończynami dolnymi. W ten sposób powtarza się profil obrażeń charakterystyczny dla całej badanej grupy pacjentów, niezależnie od mechanizmu powstania obrażeń, z występowaniem najcięższych obrażeń w zakresie głowy i klatki piersiowej.

W analizowanym przez autora materiale obrażenia głowy w 72% przypadków współistniały z obrażeniami klatki piersiowej, przy czym odsetek tak skojarzonych obrażeń był najwyższy w grupie poruszających się jednośladami (86%), zaś najniższy w grupie ofiar upadków z wysokości (45%).

W pracy Sampsona i współpracowników omawiającej wyniki badań WBCT 296 pacjentów po urazach odsetek obrażeń klatki piersiowej towarzyszących obrażeniom głowy był istotnie niższy i wynosił 54 % [95].

Współwystępowanie obrażeń klatki piersiowej z wewnątrzczaszkowymi zmianami urazowymi istotnie wpływa na rokowanie. Konsekwencją obrażeń klatki piersiowej może być

bowiem upośledzenie wymiany gazowej, a w rezultacie hipoksemia oraz niedotlenienie mózgu i związany z tym wtórny udar [87,96]

W przeprowadzonej analizie statystycznej opartej na teście niezależności Chi-kwadrat wykazano, iż w analizowanym materiale w grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych częściej niż w pozostałych grupach występowały obrażenia głowy.

W biodynamicznych modelach, odwzorowujących mechanizm powstawania obrażeń u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych, wyróżnia się trzy zasadnicze fazy przebiegu wypadku: fazę kontaktu pieszego z pojazdem, fazę lotu oraz fazę sunięcia [97]. Zmiany urazowe, które powstają na poszczególnych etapach zdarzenia dzieli się na pierwotne (powstałe na skutek bezpośredniego kontaktu ciała z pojazdem-zderzakiem, nadwoziem) oraz wtórne, do których dochodzi w kolejnych fazach wypadku. Ponadto można wyróżnić obrażenia powstałe na skutek urazu bezpośredniego lub pośredniego. Uraz bezpośredni może skutkować obrażeniami pierwotnymi, tzw. zderzakowymi, wtórnymi wynikłymi z uderzenia w nadwozie lub szybę, trzeciorzędowymi będącymi następstwem upadku na jezdnię oraz czwartorzędowymi, do których dochodzi na skutek przejechania przez pojazd. W urazie pośrednim obrażenia powstają w wyniku oddziaływania sił bezwładności oraz sił zginających [98].

Ta ogólna charakterystyka mechaniki wypadku komunikacyjnego z udziałem pieszych pokazuje, iż prawdopodobieństwo pojawienia się obrażeń głowy w tej grupie jest znaczne. Mogą one bowiem wystąpić w różnych fazach zdarzenia i mieć charakter pierwotny lub wtórny, a także być konsekwencją zarówno urazu bezpośredniego jak i pośredniego. Dodatkową, istotną przesłanką, sprzyjającą powstawaniu obrażeń głowy u pieszych jest brak czynników ochronnych. W przypadku wypadków komunikacyjnych z udziałem pojazdów rolę ochronną spełni ich konstrukcja, pasy bezpieczeństwa oraz poduszki powietrzne, zaś w przypadku zdarzeń z udziałem jednoślądów-kaski stosowane przez kierowców i pasażerów.

W pracach porównujących występowanie obrażeń głowy u pieszych oraz poruszających się jednoślądami ich częstość jest jednak- odmiennie niż w niniejszej pracy- podobna [99,100]. Analizy te również nie uwzględniają aspektu badania WBCT. Poruszający się jednoślądami częściej niż inne ofiary wypadków komunikacyjnych są narażeni na izolowane obrażenia głowy [100]. Tacy pacjenci kierowani są z reguły tylko do diagnostyki obrazowej głowy i szyi i mogli nie znaleźć się w badanej przez autora grupie.

W badanej w niniejszej pracy grupie pacjentów zaznaczył się trend ( $p=0.124$ ) do częstszego występowania obrażeń kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości. Wprowadzenie dodatkowego czynnika różnicującego w postaci wyszczególnienia odcinków kręgosłupa

ujawniło w analizie statystycznej istotnie częstsze występowanie zmian urazowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości ( $p=0,002$ ).

Odcinek lędźwiowy oraz dolny fragment odcinka piersiowego są charakterystycznymi lokalizacjami obrażeń kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości [93,94]. Podatność tej części kręgosłupa na obrażenia przy upadkach z wysokości wiąże się z brakiem stabilizacji przez inne struktury kostne, dużą ruchomością i zmianą przebiegu fizjologicznej krzywizny.

W materiale autora zmiany urazowe w lędźwiowym odcinku kręgosłupa stwierdzono u 26% pacjentów po upadkach z wysokości. W pracy Richtera odsetek ten jest istotnie wyższy i wynosi 66 % [93]. Jednak zwraca uwagę w tej analizie znaczna średnia wartość wysokości, z której nastąpił upadek wynosząca 7,2m. Natomiast Velmahos i współpracownicy badając grupę 414 ofiar upadków z wysokości stwierdzili zmiany obrażenia kręgosłupa w odcinku Th10-L3 u 23% pacjentów [94].

W analizowanej przez autora grupie u 4 ofiar upadków z uszkodzeniami lędźwiowego odcinka kręgosłupa (36% ) stwierdzono jedynie złamania wyrostków poprzecznych kręgów. Choć ten rodzaj złamań uważa się za lekkie obrażenia, do ich powstania dochodzi na skutek oddziaływania znacznych sił. Dlatego nierzadko towarzyszą im obrażenia, często poważne, w innych okolicach ciała [101]. We własnym materiale u 3 ofiar upadków potwierdzono tę zależność-w dwóch przypadkach współistniały niestabilne złamania miednicy, w jednym zaś mnogie złamania żeber z masywnym krwawieniem do opłucnej. Związek ten znalazł potwierdzenie również w innych grupach pacjentów- we wszystkich przypadkach złamań wyrostków poprzecznych ( łącznie 6 pacjentów) wykazano inne zmiany urazowe, w większości poważne lub ciężkie. W 3 zmiany dotyczyły jednocześnie klatki piersiowej oraz jamy brzusznej i miednicy, w 2 klatki piersiowej, zaś w 1 miednicy.

W badanym przez autora materiale wykazano częstsze występowanie bezpośrednich (kontaktowych) obrażeń wewnątrzczaszkowych u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych ( $p=0,025$ ).

Istnieje wiele klasyfikacji obrażeń mózgowia, które oparte są na odmiennych kryteriach [102]. W tej, która uwzględnia czynnik mechanizmu urazu, wyróżnia się obrażenia wynikłe z bezpośredniego uderzenia głowy oraz takie, w których zmiany urazowe są wynikiem ruchu mózgowia wewnątrz czaszki na skutek oddziaływania sił bezwładności. Do pierwszej z grup zalicza się stłuczenia mózgu, krwawienia podpajęczynówkowe oraz krwiaki nadtwardówkowe, do drugiej zaś przypadki uszkodzeń aksonalnych oraz krwiaki podtwardówkowe [102].

Większość przypadków obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych powstaje na skutek uderzenia w elementy pojazdu lub podłoże- przeważa zatem mechanizm bezpośredni, kontaktowy [103]. Najczęściej stwierdzanymi rodzajami obrażeń w omawianej grupie chorych są krwawienia podpajęczynówkowe oraz stłuczenia mózgowia. [103,104].

Podobnie jest w materiale własnym- ten rodzaj obrażeń wykazano w WBCT u 69% pieszych z zmianami urazowymi w zakresie mózgowia.

Demetriades i współpracownicy wskazują również na zależność występowania krwawienia podpajęczynówkowego od wieku pacjentów- im są starsi, tym ten rodzaj obrażeń pojawia się częściej [104]. Tę samą prawidłowość autorzy pracy wykazali również w odniesieniu do krwiaka podtwardówkowego, zaliczanego do obrażeń mózgowia typu pośredniego.

W badanym przez autora materiale krwiaki podtwardówkowe wykazano u 25% pieszych z obrażeniami mózgowia, zarazem stanowiły one większość ( 4 z 6) obrażeń typu pośredniego. Jak wspomniano, w materiale własnym wśród pieszych ofiar wypadków niemal połowę stanowili pacjenci powyżej 55 roku życia, co koreluje z spostrzeżeniami Demetriadesa.

W dwóch grupach pacjentów wykazano częstsze niż w pozostałych grupach występowanie złamań czaszki- u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz u ofiar upadków z wysokości ( $p=0,036$ ).

Chociaż rozpoznanie zmian urazowych mózgowia stanowi najważniejszy cel badania WBCT w zakresie głowy, wykrycie złamań kości sklepienia i podstawy czaszki ma również bardzo istotne znaczenie kliniczne. Złamania mogą bowiem prowadzić do licznych powikłań takich jak płynotok, zapalenie opon mózgowych, porażenie nerwu twarzowego, głuchota oraz uszkodzenia naczyń, w tym rozwarstwienie tętnicy szyjnej czy przetoka szyjno-jamista [105]. Wymienione powikłania, z uwagi na uwarunkowania anatomiczne, bywają zwykle konsekwencją złamań w zakresie podstawy czaszki.

Złamania podstawy czaszki są charakterystyczne dla urazów wysokoenergetycznych towarzyszących wypadkom komunikacyjnym oraz upadkom z wysokości [106]. Obserwacja ta potwierdza się w materiale własnym: wśród wszystkich 38 przypadków złamań czaszki w 37 zajmowały one podstawę (97%).

Jakkolwiek w pozostałych okolicach anatomicznych nie wykazano istotnych statystycznie różnic między grupami pacjentów w zakresie specyficznych rodzajów obrażeń, na komentarz zasługują te, w których zaznaczył się wyraźny trend zbliżający się do poziomu istotności statystycznej. Trend ten uwidocznił się w częstszym występowaniu odmy opłucnowej u ofiar

wypadków komunikacyjnych poruszających się jednoślადami ( $p=0,061$ ) oraz niestabilnych obrażeń kręgosłupa u ofiar upadków ( $p=0,059$ ).

Odma opłucnowa występuje u 30-40% pacjentów z tępyimi urazami klatki piersiowej [107]. Jej przyczyną może być uszkodzenie opłucnej przez złamane żebra lub pękanie pęcherzyków płucnych lub oskrzeli, wynikłe ze wzrostu ciśnienia w drogach oddechowych [108].

W całej badanej przez autora grupie odnę opłucnową stwierdzono u 42% pacjentów z obrażeniami klatki piersiowej. W grupie ofiar wypadków poruszających się jednoślადami odsetek ten wyniósł 69%, przy czym współlistnienie odmy oraz złamań żeber wykazano tylko u nieco ponad 1/3 pacjentów. Wydaje się, że wpływ na tę proporcję ma średnia wieku pacjentów ze zdecydowaną przewagą osób poniżej 40 roku życia. U osób młodych podatność struktur kostnych klatki piersiowej na złamania jest istotnie niższa [109]. Fakt ten ma dwojakie następstwa: z jednej strony rzadsze występowanie złamań, szczególnie żeber, z drugiej zaś potencjalnie większa podatność narządów klatki piersiowej na obrażenia z uwagi na mniejszy udział złamań kości w rozpraszaniu energii urazu [110].

Zmiany urazowe w zakresie kręgosłupa stwierdza się u 22-54% ofiar upadków z wysokości [93]. W badanej przez autora grupie odsetek ten wyniósł 42%, niemal w połowie przypadków obrażenia miały charakter niestabilny.

Podział złamań kręgosłupa na stabilne i niestabilne wprowadzony został przez Denisa w 1983 r. [111]. Ocenę stabilności kręgosłupa oparł on na koncepcji trójkolumnowej jego budowy, wyróżniając kolumnę przednią, do której zaliczył 2/3 przednie trzonu kręgowego oraz krążka międzykręgowego wraz z więzadłem podłużnym przednim, środkową, którą tworzą tylna 1/3 trzonu oraz krążka międzykręgowego wraz z więzadłem podłużnym tylnym oraz kolumnę tylną, w skład której wchodzi nasady oraz blaszki łuku, stawy międzywyrostkowe oraz więzadła żółte i nad- i międzykolcowe. Urazy kręgosłupa mają niestabilny charakter, jeśli obejmują wszystkie trzy kolumny, tylko środkową bądź dwie sąsiadujące.

Złamania kręgosłupa, do jakich dochodzi na skutek upadków z wysokości, są głównie następstwem oddziaływania siły zgniatającej w osi kręgosłupa- w efekcie najczęściej dochodzi do złamań zgnieciowo-kompresyjnych kręgow, przede wszystkim o typie wybuchowym (ang. burst fracture) [112]. Ten typ złamań w świetle definicji Denisa ma charakter niestabilny.

Analiza materiału własnego potwierdza powyższą zależność- w grupie ofiar upadków z wysokości złamania wybuchowe kręgow stanowiły 2/3 niestabilnych złamań w zakresie kręgosłupa.



Skala AIS jest często używanym systemem określania ciężkości obrażeń w aspekcie zastosowania badania WBCT [82,89,92,113]. Daje ona podstawę do przełożenia języka opisu morfologii obrażeń na wartości punktowe, obiektywizujące ich znaczenie kliniczne. Ma to tym istotniejsze znaczenie, iż w badaniu WBCT często wykrywa zmiany urazowe, niekiedy liczne, których ranga kliniczna nie jest pierwszorzędna. Stąd powszechnie stosowane kryterium wartości AIS=3, wyznaczające granicę obrażeń poważnych.

W kolejnym etapie pracy porównano ciężkość obrażeń w poszczególnych okolicach anatomicznych w zależności od mechanizmu ich powstania.

Spośród pacjentów w całym badanym materiale poważne obrażenia klatki piersiowej wykazano u 34% pacjentów, głowy u 28%, miednicy i kończyn dolnych u 11%, jamy brzusznej u 7%, kręgosłupa u 6%, zaś twarzy u 2%.

Kanz i współpracownicy w swojej pracy przedstawili analizę wyników badań WBCT 4817 pacjentów po urazach. W tej grupie poważne obrażenia klatki piersiowej stwierdzono u 61,9 % pacjentów, głowy u 56,3%, kończyn u 50,6% zaś jamy brzusznej u 25,6% [113]. Jednak jednym z podstawowych kryteriów włączenia pacjentów do tej grupy badawczej był ich stan kliniczny w chwili przyjęcia do szpitala, określony przez wartość wskaźnika ISS>15, co z góry zawęziło zakres przypadków do poważnych.

W analizie statystycznej badanej grupy pacjentów wykazano występowanie zależności stopnia ciężkości obrażeń od mechanizmu ich powstania w dwóch okolicach anatomicznych -w zakresie głowy oraz klatki piersiowej.

Stwierdzono częstsze występowanie poważnych obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych na tle pozostałych grup ( $p=0,044$ ).

Spośród uczestników wypadków komunikacyjnych piesi są najbardziej narażeni na ciężkie obrażenia głowy, co jest główną przyczyną najwyższej śmiertelności w tej podgrupie.[88,100]. Wynika to z mechaniki wypadku z udziałem pieszych oraz braku czynników ochronnych. Istotnymi czynnikami wpływającymi na ciężkość obrażeń głowy są ponadto wiek pacjenta oraz rodzaj pojazdu, z którym zderzył się pieszy [104,114]. Im starszy wiek, tym większe staje się ryzyko wystąpienia poważnych obrażeń. W analizowanym przez autora materiale aż 44% pacjentów stanowili piesi powyżej 55 roku życia, natomiast pacjenci najmłodsi (poniżej 14 roku życia) jedynie 10%.

W prezentowanym w niniejszej pracy materiale zaobserwowano częstsze na tle pozostałych grup występowanie poważnych obrażeń klatki piersiowej u ofiar wypadków poruszających się jednoślადami ( $p=0,032$ ).

W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach obowiązuje prawo nakładające obowiązek zakładania kasków przez użytkowników motocykli i motorowerów. Wprowadzenie tej regulacji ograniczyło liczbę poważnych obrażeń głowy pośród wymienionych uczestników ruchu drogowego, wpływając na spotykany w niej profil obrażeń i powodując, iż na czołową pozycję wysunęły się poważne obrażenia klatki piersiowej [115-118]. Częstość ich występowania podawana w publikacjach waha się od 13 do 81%, zależnie od przyjętej metodologii badawczej. We własnym materiale stanowiły one 56%.

W analizie Bambacha i Mitschella, opartej na danych blisko 20 tysięcy ofiar wypadków poruszających się jednośladami, najczęściej stwierdzanym rodzajem poważnych obrażeń klatki piersiowej były mnogie ( $\geq 4$ ) złamania żeber, następnie stłuczenia płuc oraz odma opłucnowa [115]. W materiale własnym występowanie mnogich złamań żeber oraz stłuczeń płuc była porównywalne.

W piśmiennictwie podkreśla się zależność pomiędzy rodzajem obrażeń klatki piersiowej a wiekiem pacjentów, wskazując na częstsze występowanie mnogich złamań żeber u motocyklistów powyżej 40 roku życia [109,119]. W materiale własnym wśród ofiar wypadków jednośladów, u których stwierdzono poważne obrażenia klatki piersiowej, dominowały osoby poniżej 40 roku życia (64%), co mogło wpłynąć na charakter obrażeń.

Zwraca się również uwagę na rodzaj pojazdu, którym poruszała się ofiara wypadku- cięższe obrażenia wstępują u motocyklistów w porównaniu z poruszającymi się skuterami czy motorowerami [120]. Fakt ten tłumaczy się znaczeniem czynnika prędkości, a tym samym energii pochłoniętej w trakcie zdarzenia.

Ta prawidłowość ma odzwierciedlenie we własnym materiale- 9 spośród 14 pacjentów z poważnymi obrażeniami klatki piersiowej poruszało się motocyklami.

Tham i współpracownicy opublikowali pracę poświęconą spektrum obrażeń u motocyklistów, w której wykazali statystycznie częstsze występowanie poważnych obrażeń klatki piersiowej w stosunku do innych ofiar wypadków komunikacyjnych. [118]. Jednocześnie zwrócili uwagę na interesujący fakt, iż w tej grupie pacjentów, pomimo porównywalnej w aspekcie mechanizmu urazu podatności klatki piersiowej i jamy brzusznej na obrażenia, częstość ich występowania w drugiej z wymienionych okolic jest znacznie niższa. Dysproporcja ta występuje również w materiale analizowanym przez autora- obrażenia narządów klatki piersiowej stwierdzono u 16 pacjentów, natomiast zmiany urazowe jamy brzusznej jedynie u 2. Tylko w jednym przypadku wykazano współistnienie poważnych obrażeń klatki piersiowej z tego typu zmianami w narządach jamy brzusznej.

Wskaźniki ISS oraz MAIS umożliwiają ocenę ogólnej ciężkości stanu pacjentów na podstawie wartości punktowych opisujących ciężkość obrażeń w poszczególnych okolicach anatomicznych.

Średnia wartość ISS wyznaczona dla całej badanej przez autora grupy pacjentów w oparciu o ocenę obrażeń uwidoczonych w badaniach WBCT wyniosła 13,73 (SD 12,15). Pośród 202 zbadanych pacjentów u 69 (34,2%) wartość ISS przekroczyła 15, a jednocześnie obrażenia stwierdzono u nich w dwóch lub więcej okolicach anatomicznych, co uznawane jest za kryterium urazów mnogich [82]. W tej podgrupie średnia wartość ISS wyniosła 27,46 (SD 8,30)

W opracowaniu Stengela i współpracowników średnia wartość ISS w grupie 982 pacjentów zakwalifikowanych do badania WBCT na podstawie kryteriów zawartych w rekomendacjach Niemieckiego Towarzystwa Chirurgii Urazowej wyniosła 14,1 [82]. 36,7% chorych spełniało kryteria urazu mnogiego ze średnią wartością ISS wynoszącą 27,7 (SD 12.1). Są to wartości bardzo zbliżone do wykazanych w materiale własnym.

W artykule Smitha i współpracowników średnia ISS w grupie pacjentów kierowanych do WBCT na podstawie kryteriów związanych wyłącznie z okolicznościami urazu wyniosła 12,9 (SD 10,7) [86]. Praca Tillou i współpracowników prezentująca dane 284 pacjentów, u których wykonano WBCT średnia wartość ISS jest niższa i wynosi 11, praca nie zawiera jednak ścisłych informacji odnośnie reguł określających wskazania do wykonania badania [121].

Tylko w nielicznych prezentacjach średnie wartości ISS u chorych poddanych WBCT są istotnie wyższe. W publikacji Huttera i współpracowników wynosi ona 28,3, mimo że przyjęty zakres wskazań był podobny do przyjętego w pracy Stengela [89].

W przeprowadzonej przez autora analizie porównano średnie wartości wskaźników ISS oraz MAIS w grupach pacjentów zróżnicowanych przez mechanizm urazu. Najwyższe średnie wartości tych wskaźników stwierdzono w grupach ofiar wypadków komunikacyjnych poruszających się jednoślადami (odpowiednio 16,24 i 2,96) oraz pieszych (14,87 i 2,55), jednak nie wykazano różnic o znaczeniu statystycznym pomiędzy grupami.

## 6. DYSKUSJA

Wielorzędowa tomografia komputerowa całego ciała (WBCT) w znaczący sposób zmieniła tryb postępowania z pacjentami po urazach. Technika ta pozwala w krótkim czasie i z dużą precyzją uwidocznić obrażenia w różnych okolicach ciała, stwarzając możliwość przyjęcia optymalnej strategii terapeutycznej [54]. Niezwykle istotna jest możliwość wczesnego rozpoznania takich zmian urazowych, które we wczesnej fazie nie mają żadnej manifestacji klinicznej, natomiast wymagają obserwacji w ramach hospitalizacji [121]. Jednocześnie stale rosnąca liczba pacjentów kierowanych do centrów urazowych stwarza presję na skrócenie ścieżki diagnostycznej [122]. Badanie WBCT jest wiarygodnym narzędziem pozwalającym sprostać tym wyzwaniom.

Wskazane wyżej czynniki sprawiają, iż podejście do zlecenia WBCT jest coraz bardziej liberalne. Ma to swoje odbicie również w piśmiennictwie omawiającym znaczenie tego badania w diagnostyce następstw urazów. Daje się zauważyć postępującą na przestrzeni ostatnich 5-7 lat ewolucję poglądów, od przekonania, iż najistotniejszą przesłanką decyzji o skierowaniu pacjenta do WBCT jest poważny stan kliniczny, do uwypuklenia znaczenia okoliczności urazu [53, 82]. Z drugiej strony podnoszą się głosy, że taki sposób postępowania skutkuje coraz większym zagrożeniem zdrowotnym dla pacjentów, wynikłym z narażenia na istotne dawki promieniowania jonizującego. [72,74]. Nie mniej istotną sprawą stają się kwestie ekonomiczne, związane z wysokim kosztem badania WBCT [57,123]. Gupta i współpracownicy przytoczyli w swojej publikacji interesującą informację, z której wynika, iż liczba badań diagnostycznych wykonanych w związku z urazami zwiększyła się trzykrotnie w okresie 1998-2007, przy czym nie odnotowano związanego z tym adekwatnego wzrostu rozpoznań obrażeń zagrażających życiu [57]. Mimo wszystko wydaje się, iż trend mniej rygorystycznego postrzegania wskazań do WBCT będzie się umacniał, szczególnie po publikacji licznych prac potwierdzających pozytywny wpływ zastosowania tego badania na redukcję śmiertelności pośród ofiar urazów [79,89,91,92,113].

Zdecydowaną większość pacjentów poddawanych badaniom WBCT stanowią ofiary wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości [82,86,87]. W materiale własnym przedstawia się to podobnie. W niniejszej pracy podjęto próbę oceny, czy w poszczególnych grupach pacjentów- z uwagi na odmienny mechanizm powstawania obrażeń- ujawniają się istotne różnice dotyczące lokalizacji, rodzaju oraz ciężkości zmian urazowych wykazanych w WBCT.

Przeprowadzone badania oparte na materiale 202 pacjentów ujawniły relatywnie niewiele zależności o statystycznym znaczeniu.

W analizie lokalizacji zmian urazowych wykazano częstsze występowanie obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz obrażeń lędźwiowego odcinka kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości.

Nie znaleziono publikacji, w których porównywane byłyby umiejscowienia obrażeń wyłącznie w oparciu o badania WBCT, stąd własne obserwacje odniesiono do prac omawiających bardziej ogólnie spektra urazowych uszkodzeń ciała w powiązaniu z mechanizmem ich powstania. Wyniki prezentowane w piśmiennictwie wskazują na porównywalną częstość występowania obrażeń głowy u pieszych oraz poruszających się jednośladami [99,100]. Niezgodność pomiędzy własnymi spostrzeżeniami a zaprezentowanymi w literaturze można tłumaczyć niedostateczną reprezentacją zmian urazowych głowy u ofiar wypadków na jednośladach w badanym przez autora materiale. Ponieważ założeniem pracy była wyłącznie ocena zmian w WBCT, można przypuszczać, iż do badanej grupy nie trafiła część pacjentów z izolowanymi obrażeniami głowy, częstymi u motocyklistów [100].

Częstsze występowanie zmian urazowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości znajduje natomiast potwierdzenie w piśmiennictwie, niezależnie od podniesionego powyżej zastrzeżenia. [93,94]

W ocenianym przez autora materiale uderza niski odsetek urazowych uszkodzeń kończyn dolnych na tle danych zawartych w rejestrach urazów oraz pracach przedstawiających zależność profilu obrażeń i okoliczności ich powstania [26,88,93]. Jest to oczywista konsekwencja przyjętego standardowo zakresu badania WBCT. Powyższa obserwacja nasuwa myśl, by zmodyfikować protokół badania, wdrażając obligatoryjnie konieczność uwidocznienia całych kończyn dolnych na wykonywanym na wstępie badania tzw. skanie pilotującym. W przypadku stwierdzenia zmian urazowych w tej fazie badania jego zakres należałoby stosownie poszerzyć. Precyzyjna ocena charakteru złamań, informacja o przestrzennym położeniu odłamów, a także, co wydaje się szczególnie ważne, uwidocznienie aktywnego krwawienia mogłyby wpłynąć pozytywnie na wyniki leczenia. Z piśmiennictwa wynika, iż najbardziej zagrożonymi wystąpieniem skomplikowanych obrażeń kończyn dolnych są piesze ofiary wypadków komunikacyjnych oraz ofiary upadków z wysokości [104,124]. Te grupy pacjentów mogłyby odnieść największą korzyść z łatwej do wprowadzenia modyfikacji protokołu badania.

Kolejny kierunek badań w niniejszej pracy dotyczył specyficznych rodzajów obrażeń w określonych okolicach anatomicznych. Stwierdzono, że wewnątrzczaszkowe obrażenia typu bezpośredniego statystycznie częściej wystąpiły w badaniach WBCT u pieszych ofiar

wypadków komunikacyjnych. Ta obserwacja potwierdza wnioski z analiz przedstawionych w publikacjach [103,104]. Drugi rodzaj obrażeń, którego występowanie wyróżniło się w analizie statystycznej, stanowiły złamania czaszki. Występowały one częściej u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz ofiar upadków z wysokości. W obu mechanizmach urazu często występuje bezpośrednie uderzenie niechronionej głowy w elementy pojazdu bądź podłoże, co tłumaczy wykazaną zależność [103,125]. Zaskakujące okazało się jednak, że niemal 100% złamań czaszki zobrazowanych w badaniach WBCT, wykazano w zakresie kości jej podstawy. To spostrzeżenie nasuwa wniosek odnoszący się do codziennej praktyki. Duże prawdopodobieństwo występowania złamań podstawy czaszki u ofiar wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości, a więc pacjentów stanowiących zdecydowaną większość chorych kierowanych do badania WBCT, skłaniać powinno do szczególnej uwagi w ocenie tej skomplikowanej anatomicznie okolicy. Zazwyczaj oznacza to konieczność wykonania wielu dodatkowych rekonstrukcji, co w warunkach deficytu czasu może być sporym wyzwaniem. Trzeba jednak pamiętać o bardzo istotnym znaczeniu klinicznym rozpoznania złamań w tej okolicy z powodu możliwości wystąpienia poważnych, często manifestujących się z opóźnieniem powikłań takich jak płynotok, głuchota czy porażenie nerwu twarzowego [105].

Ocena ciężkości obrażeń u pacjentów poddanych badaniu WBCT wykazała częstsze niż w innych grupach występowanie poważnych obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych. Jest to konkluzja, którą potwierdza piśmiennictwo [100]. Urazy głowy u pieszych są najczęstszą przyczyną śmierci w tej podgrupie ofiar wypadków komunikacyjnych [100].

Poważne obrażenia klatki piersiowej okazały się w badanym materiale charakterystyczne dla ofiar wypadków poruszających się jednośladami. Podobne wnioski prezentowane są w literaturze [115]. Z tym rodzajem obrażeń wiąże się wysoka śmiertelność sięgająca 25% i ustępująca jedynie śmiertelności związanej z urazami mózgowia [126]. Co ważne, obecność obrażeń klatki piersiowej w istotny sposób pogarsza rokowanie pacjentów ze współistniejącymi zmianami urazowymi mózgowia. Jest to bardzo częsta koincydencja u ofiar z obrażeniami mnogimi- w badanym materiale takie skojarzenie stwierdzono aż u 86% ofiar wypadków poruszających się jednośladami.

Ostatnim obszarem analizy była ocena ogólnej ciężkości obrażeń wykazanych w badaniach WBCT. Wykorzystano w niej wskaźnik ciężkości obrażeń (ISS) oraz maksymalną skalę ciężkości obrażeń (MAIS).

Średnia wartość ISS w całej badanej grupie pacjentów była zbliżona do danych przytaczanych w większości publikacji [82,86,122]. Co istotne, porównywalny był odsetek chorych spełniających kryteria urazu mnogiego [82]. Jest to przesłanka do wnioskowania, iż w ośrodku autora kwalifikacja pacjentów do WBCT była zgodna z obowiązującymi wskazaniami.

W dokonanej ocenie porównawczej nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy średnimi wartościami ISS oraz MAIS w poszczególnych grupach pacjentów-nie wykazano istnienia zależności ogólnej ciężkości obrażeń stwierdzanych w WBCT od mechanizmu urazu. Ta obserwacja może mieć pewne znaczenie praktyczne, jako wskazówka dla zespołu urazowego podejmującego decyzję o skierowaniu chorych do tego badania. W przypadku jednoczesnego napływu kilku pacjentów w podobnym stanie klinicznym, spełniających kryteria kwalifikacji do WBCT, mechanizm urazu nie wydaje się być istotną determinantą wspomagającą decyzję o ustaleniu kolejności, w jakiej powinni zostać zbadani.

## 7. WNIOSKI

1. W grupie pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych statystycznie częściej stwierdzano w badaniach WBCT obrażenia głowy, bezpośrednie (kontaktowe) obrażenia mózgowia oraz złamania czaszki. Obrażenia głowy w tej grupie pacjentów statystycznie częściej miały poważny charakter.

2. W grupie ofiar wypadków komunikacyjnych poruszających się jednośladaми statystycznie częściej stwierdzano w badaniach WBCT poważne obrażenia w zakresie klatki piersiowej.

3. W grupie ofiar upadków z wysokości statystycznie częściej wykazywano w badaniach WBCT obrażenia lędźwiowego odcinka kręgosłupa oraz złamania czaszki.

4. Nie wykazano związku pomiędzy mechanizmem urazu a ogólną ciężkością obrażeń stwierdzanych w badaniach WBCT.

Ogólna ciężkość obrażeń, a także odsetek chorych spełniających kryteria urazu mnogiego wskazują na zgodne z rekomendacjami kwalifikowanie badanej grupy pacjentów do wykonania WBCT.



## 8.STRESZCZENIE

Tomografia komputerowa całego ciała (WBCT) stała się diagnostyczną metodą z wyboru we wczesnym wykrywaniu obrażeń u pacjentów z mnogimi urazami. Technika ta pozwala na uwidocznienie większości zmian urazowych w krótkim czasie i z dużą dokładnością, dając możliwość bezzwłocznego wdrożenia właściwego leczenia. Decyzja o skierowaniu pacjenta do WBCT powinna być oparta na określonych kryteriach związanych ze stanem klinicznym, mechanizmem urazu bądź innymi okolicznościami urazu, wskazującymi na jego poważny charakter i potwierdzonymi obserwacją na miejscu zdarzenia. Pacjenci poddawani badaniom WBCT są narażeni na dużą dawkę promieniowania jonizującego i dlatego ściśle przestrzeganie wskazań jest istotne. Z drugiej strony potwierdzono, iż zastosowanie WBCT jako rutynowego narzędzia w diagnostyce zmian urazowych obniżyło śmiertelność wśród pacjentów po urazach i dlatego zauważa się tendencję do bardziej liberalnego traktowania tych wskazań.

Większość pacjentów kierowanych do WBCT z podejrzeniem mnogich obrażeń stanowią ofiary wypadków komunikacyjnych oraz upadków z wysokości. Ofiary wypadków komunikacyjnych nie tworzą jednolitej grupy z punktu widzenia mechanizmu urazu, są wśród nich kierowcy i pasażerowie pojazdów samochodowych oraz piesi i poruszający się jednoślādami.

Celem pracy było porównanie profili obrażeń wykazanych w badaniach WBCT w wymienionych grupach pacjentów. Jako dodatkowy cel pracy dotyczący całej grupy badawczej wyznaczono analizę adekwatności kierowania pacjentów do WBCT.

Materiał badawczy stanowiła grupa 202 pacjentów po urazach, których poddano badaniom WBCT. W grupie tej znalazło się 147 ofiar wypadków komunikacyjnych oraz 43 ofiary upadków z wysokości, pozostałych pacjentów zakwalifikowano do grupy „Inne”. Ofiary wypadków komunikacyjnych podzielono na poruszające się pojazdami samochodowymi (84), jednoślādami (25) oraz pieszych (38). Dokonano retrospektywnej oceny obrazów źródłowych badań WBCT jak i obrazów rekonstruowanych, generowanych przy pomocy oprogramowania w stacji roboczej. Poddano ocenie lokalizację obrażeń, a także ich rodzaj oraz ciężkość. W każdej ze zdefiniowanych okolic ciała ustalono odmienne kryteria różnicujące specyficzne rodzaje obrażeń. Ciężkość każdej z wykrytych zmian oszacowano przy zastosowaniu skali AIS, dodatkowo oceniono ogólną ciężkość obrażeń przy użyciu wskaźnika ISS. Dokonano porównania uzyskanych danych w odniesieniu do poszczególnych grup pacjentów.

Badania WBCT wykazały zmiany urazowe u 166 pacjentów (82%). Najczęściej występowały one w zakresie klatki piersiowej oraz głowy. Taką samą kolejność wykazano

u ofiar wypadków komunikacyjnych poruszających się pojazdami samochodowymi oraz u pieszych. W grupie ofiar poruszających się jednoślādami obrażenia najczęściej wykazywano w obrębie klatki piersiowej, a następnie miednicy oraz kończyn dolnych. U ofiar upadków z wysokości dominowały obrażenia kręgosłupa i klatki piersiowej. W analizie statystycznej wykazano częstsze występowanie obrażeń głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz zmian urazowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa u ofiar upadków z wysokości.

Porównanie specyficznych rodzajów obrażeń w poszczególnych grupach pacjentów wykazało częstsze występowanie bezpośrednich (kontaktowych) obrażeń wewnątrzczaszkowych u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych. Ponadto w tej grupie pacjentów oraz w grupie ofiar upadków z wysokości częściej stwierdzano złamania czaszki.

Większość obrażeń o stopniu ciężkości AIS $\geq$ 3 wykryto w zakresie klatki piersiowej oraz głowy. Analiza występowania zmian o takim charakterze ujawniła częstsze ich występowanie w obrębie głowy u pieszych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz w zakresie klatki piersiowej u ofiar poruszających się jednoślādami. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami pacjentów w aspekcie ogólnej ciężkości obrażeń, ocenianej przy użyciu wskaźnika ISS oraz skali MAIS.

Średnia wartość wskaźnika ISS w całej badanej grupie pacjentów oraz odsetek chorych spełniających kryteria urazu mnogiego posłużyły jako kryteria oceny kwalifikacji pacjentów do badania WBCT. Konfrontacja z danymi z piśmiennictwa pozwala na wnioskowanie o przestrzeganiu ustalonych rekomendacji w tym zakresie.

## 9. SUMMARY

Whole-body CT (WBCT) has become a modality of choice for early detection of injuries in polytraumatized patients. It allows to visualize most injuries in a short time with high accuracy, thus giving a possibility to start proper therapy immediately. The decision to order WBCT should be based on defined criteria which can concern clinical state of a patient, mechanism of trauma or circumstances observed at the scene by doctors or paramedics and confirming a suspicion of severe trauma. Patients undergoing WBCT are exposed to a high dose of ionizing radiation so these criteria should be strictly obeyed. On the other hand, it has been proved, that the use of WBCT reduces mortality in trauma patients and that is why liberal policy of using this modality has become a fact.

The majority of patients requiring WBCT are victims of road traffic accidents (RTA) followed by victims of fall from height. RTA victims are not a homogenous group as for the mechanism of trauma. It could be divided into car occupants and vulnerable road users such as pedestrians and cyclists.

The aim of the study was the comparison of the injury profiles presented in WBCT examinations in aforementioned groups of patients. An assessment of the adequacy of ordering WBCT scans was set as additional goal of the analysis.

Material comprised of 202 patients who underwent WBCT examinations with suspected multiple injuries. Among them 147 were RTA victims, 43 were victims of falls from height and the rest of the group was classified as 'others'. RTA victims were divided into car occupants (84 patients), pedestrians (38) and cyclists (25). Native and reconstructed scans were analyzed retrospectively. Distribution of the injured body regions, specific types and severity of injuries were assessed. For each body region criteria differentiating the specific types of injuries were established. The severity of each injury was described according to Abbreviated Injury Scale (AIS). Additionally, combined severity of injuries were evaluated by calculating Injury Severity Score (ISS). The comparison of the data between groups of patients was performed.

WBCT revealed injuries in 166 patients (82%). The thorax was the most frequently affected body region, followed by head. The same order appeared in two subgroups of RTA victims, namely in car occupants and pedestrians. In cyclists injuries of thorax were also the most frequent but followed by injuries of pelvis and lower extremities. Victims of falls from height suffered injuries of spine and thorax the most frequently. Head injuries in pedestrians and lumbar spine injuries in victims of falls from height were found as more frequent in relation to other groups of patients.

The comparison of specific types of injuries revealed contact brain injuries as being more frequent in pedestrians. Skull fractures occurred more frequently in pedestrians and victims of falls from height as well.

The majority of injuries with AIS $\geq$ 3 were detected in thorax and head. An analysis of AIS patterns showed a significantly higher incidence of head and thorax injuries with AIS $\geq$ 3 in pedestrians and cyclists respectively. There's was no significant difference between mean values of ISS and MAIS in specified groups of patients.

Mean ISS value of the entire group of patients and the percentage of polytraumatized patients was similar to the ones presented in literature concerning using of WBCT in the diagnostic workup of trauma patients. It allows to conclude that indications for WBCT were set in accordance with established triage rules.

## PIŚMIENNICTWO

1. Dąbrowski A, Lichota E, Skrzypek A, Wojtaszek M i wsp. Wstrząs urazowy-problem współczesnej medycyny i zdrowia publicznego. *Zdr Publ* 2009;119(1):112-119
2. WHO health topics, [www.who.int/topics/injuries/en/](http://www.who.int/topics/injuries/en/) [dostęp 9.12.2013]
3. Państwowy Zakład Higieny Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania, [www.pzh.gov.pl/page/fileadmin/user\\_upload/statystyka/Raport\\_stanu\\_zdrowia\\_2012.pdf](http://www.pzh.gov.pl/page/fileadmin/user_upload/statystyka/Raport_stanu_zdrowia_2012.pdf) [dostęp 10.09.2013]
4. Roczny raport drogowy policji. <http://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html> [dostęp 10.09.2013]
5. Brongel L, Lasek J, Słowiński K (red.) *Podstawy współczesnej chirurgii urazowej*. Wydawnictwo Medyczne, Kraków, 2008.
6. Moore L, Clark D.E. The value of trauma registries. *Injury, Int.J. Care Injured* 2008;39:686-695
7. Nwomeh BC, Lowell W, Kable R, Haley i wsp. History and development of trauma registry: lessons from developed to developing countries. *World J Emerg Surg* 2006;1:32
8. Rutledge R The goals, development and use of trauma registries and trauma data sources in decision making in injury. *Surg Clin North Am.* 1995;75(2):305-326
9. Tohira H, Jacobs I, Mountain D, Gibson N i wsp. International comparison of regional trauma registries. *Injury, Int.J.Care Injured* 2012;43:1924-1930
10. The EuroTARN Writing Committee on behalf of the EuroTARN Group. A comparison of European Trauma Registries. The first report from the EuroTARN Group. *Resuscitation* 2007;75: 286-297
11. Brongel L Własna modyfikacja skali punktowej AIS i wskaźnika ciężkości obrażeń ISS: Liczbowa Skala Obrażeń (LSO). *Pol Prz Chir* 1988; 60: 986-993
12. Gennarelli TA, Wodzin E AIS 2005: A contemporary injury scale *Injury, Int.J.Care Injured* 2006; 37:1083-1091
13. Gennarelli TA, Wodzin E Abbreviated Injury Scale 2005 Update 2008. Association for The Advancement of Automotive Medicine (CD)
14. Lefering R Trauma score systems for quality assessment. *Eur J Trauma* 2002; 28:52-63
15. Stevenson M, Segui-Gomez M, Lescohier I, Di Scala C i wsp. An overview of the injury severity score and the new injury severity score *Inj Prev* 2001;7:10-13
16. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974;14:187-196.
17. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma* 1987;27(4):370-378
18. Hannan EL, Hicks Waller C, Szypulski Farrell L, Rosati C Elderly trauma inpatients in New York state:1994-1998. *J Trauma* 2004;56:1297-1304
19. Osmond MH, Brennan-Barnes M, Shepard AL A 4-year review of severe pediatric trauma in eastern Ontario: a descriptive analysis. *J Trauma* 2002;52:8-12
20. Bolorunduro OB, Villegas C, Oyetunji TA, Haut ER i wsp. Validating the Injury Severity

Score (ISS) in Different Populations: ISS predicts mortality better among Hispanics and females J Surg Res 2011;166:40-44

21.Lavoie A, Moore L, LeSage N, Liberman M i wsp. The Injury Severity Score or the New Injury Severity Score for predicting intensive care unit admission and hospital length of stay? Injury, Int.J.Care Injured 2005; 36:477-483

22.Aharonson-Daniel L, Givon A, Stein M, Peleg K Different AIS triplets: different mortality predictions in identical ISS and NISS. J Trauma 2006;61:711-717

23.Dokument roboczy Komisji w sprawie bezpieczeństwa drogowego-kolejne etapy strategii zapobiegania obrażeniom [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/injury\\_next\\_steps.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/injury_next_steps.pdf) [dostęp 7.10.2013]

24.Raport Narodowego Banku Danych o Urazach Amerykańskiego Towarzystwa Chirurgicznego <http://www.facs.org/trauma/ntdb/pdf/ntdb-annual-report-2012.pdf> [dostęp 24.09.2013]

25.Rejestr urazów Niemieckiego Towarzystwa Chirurgii Urazowej [http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/tr-dgu-jahresbericht\\_2012.pdf](http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/tr-dgu-jahresbericht_2012.pdf) [dostęp 24.09.2013]

26.Rejestr ofiar wypadków komunikacyjnych regionu Rodan we Francji <http://www.rarr.inrets.fr/IMG/pdf/RapportActivite2011.pdf> [dostęp 10.12.2013]

27.Lockey D.J. Prehospital trauma management. Resuscitation 2001;48:5-15

28.Cowley RA, Hudson F, Scanlan E, Gill W i wsp. An economical and proved helicopter program for transporting the emergency critically ill and injured patient in Maryland J Trauma 1973;13(12):1029-1038

29.Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. Sci Am 1983;249(2):28-35

30.Lansink KWW, Leenen LPH. Do designated trauma systems improve outcome? Curr Opin Crit Care 2007;13:686-690

31.Papa L, Langland-Orban B, Kallenborn C, Tepas JJ i wsp. Assessing effectiveness of a mature trauma system: association of trauma center presence with lower injury mortality rate. J Trauma 2006;61:261-267.

32.Rhodes M, Aronson J, Moerkirk G, Petrash E Quality of life after the trauma center. J Trauma 1988;28(7):931-938

33.Brongel L (red.) Złota godzina, czas życia, czas śmierci. Wydawnictwo Medyczne, Kraków 2007

34.Van Olden GDJ, Meeuwis JD, Bolhuis HW, Boxma H i wsp. Clinical impact of Advanced Trauma Life Support. Am J Emerg Med 2004;22:522-525

35.Kool DR, Blickman JG Advanced Trauma Life Support ®. ABCDE from a radiological point of view. Emerg Radiol 2007;14:135-141

36.Hessmann MH, Hofmann A, Kreitner KF, Lott C i wsp. The benefit of multislice computed tomography in the emergency room in polytraumatized patients. Eur J Trauma 2005;31:231-238

37. Mahoney EJ, Biffi WL, Harrington DT, Cioffi WG Isolated brain injury as a cause of hypotension in the blunt trauma patient. *J Trauma* 2003;55:1065-1069
38. Schurink GWH, Bode PJ, Van Luijt PA, Van Vugt AB The value of physical examination in the diagnosis of patients with blunt abdominal trauma: a retrospective study. *Injury* 1997; 4:261-265
39. Poletti PA, Wintermark M, Schnyder P, Becker CD Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation). *Eur Radiol* 2002;12:969-978
40. Soto JA, Anderson SW Multidetector CT of blunt abdominal trauma. *Radiology* 2012; 3:678-693
41. Advanced Trauma Life Support for Doctors – Student Course Manual (2008); Committee on Trauma, American College of Surgeons. Chicago
42. Mackay A Is the “tunnel of death” a suitable modality for investigating the severely traumatized child? *Aust N Z J Surg* 1999; 69: 587-588
43. Banerjee P, Rudra S, Ghosh M, Panose P CT scans in primary survey for polytrauma patients. *Advances in Computed Tomography* 2013; 2: 46-51
44. Kopp AF, Klingenbeck-Regn K, Heuschmid M, Kütner A i wsp. Multislice computed tomography: basic principles and clinical applications. *Electromedica* 2000;68:94-105
45. Leidner B, Beckman MO Standardized whole-body computed tomography as a screening tool in blunt multitrauma patients. *Emerg Radiol* 2001;8:20-28
46. Löw R, Düber C, Schweden F, Lehmann L i wsp. Whole-body spiral CT in primary diagnosis of patients with multiple trauma in emergency situations. *Rofo* 1997;5:382-388
47. Philipp MO, Kubin K, Hörmann M, Metz VM Radiological emergency room management with emphasis on multidetector-row CT. *Eur J Radiol* 2003; 48: 2-4
48. Ptak T, Rhea JT, Novelline RA Experience with continuous, single pass whole-body multidetector CT protocol for trauma: the three-minute multiple trauma CT scan. *Emerg Radiol* 2001; 8: 250-256
49. Lisenmaier U, Rieger J, Brandl T, Rock C i wsp. New method for fast spiral CT of trauma patients: RUSH CT. *Emerg Radiol* 2000; 7: 135-141
50. Rieger M, Czermak B, El Attal R, Sumann G i wsp. Initial clinical experience with a 64-MDCT whole-body scanner in an emergency department: better time management and diagnostic quality? *J Trauma* 2009;66:648-657
51. Körner M, Geyer LL, Wirth S, Reiser MF i wsp. 64-MDCT in mass casualty incidents: volume reading boosts radiological workflow. *Am J Roentgenol* 2011; 197: 399-404
52. Prokop M New challenges in MDCT. *Eur Radiol Suppl* 2005;15 [Suppl 5]:35-45
53. Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, Keil T i wsp. Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries: the focus on time. *J Trauma* 2009; 66: 658-665

54. Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, Roewer N i wsp. Whole-body multislice computed tomography as the primary and sole diagnostic tool in patients with blunt trauma: searching for its appropriate indication. *Am J Emerg Med* 2007;25:1057-1062
55. Hilbert P, zur Nieden K, Hofmann GO, Hoeller I i wsp. New aspects in the emergency room management of critically injured patients: a multi-slice CT-oriented care algorithm. *Injury, Int.J.Care Injured* 2007; 38: 552-558
56. Ping Fung Kon Jin PH, Goslings JC, Ponsen KJ, van Kuijk C i wsp. Assessment of new trauma workflow concept implementing a sliding CT scanner in the trauma room: the effect on workup times. *J Trauma* 2008; 64: 1320-1326
57. Gupta M, Schriger DL, Hiatt JR, Cryer HG i wsp. Selective use of computed tomography compared with routine whole body imaging in patients with blunt trauma. *Ann Emerg Med.* 2011; 58(5): 407-416
58. Dreizin D, Munera F Blunt polytrauma: evaluation with 64-section whole-body CT angiography. *Radiographics* 2012; 32: 609-631
59. Wurmb TE, Quaisser C, Balling H, Kredel M i wsp. Whole-body multislice computed tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emerg Med J* 2011; 28: 300-304
60. Senkowski CK, Mc Kenney MG Trauma scoring systems: a review *J Am Coll Surg* 1999; 189: 491-503
61. Häuser H, Bohndorf K, Rüter A Traumatologic emergency in the shock department. Analysis of the spectrum and temporal aspects of diagnostic imaging. *Unfallchirurg.* 1998; 101:129-136
62. Huber-Wagner S, Mand C, Ruchholtz S, Kühne CA i wsp. Effect of the localisation of the CT scanner during trauma resuscitation on survival- A retrospective, multicentre study. *Injury.* 2014; 45 Suppl 3: S76-82
63. Chan O Primary computed tomography survey for major trauma. *Br J Surg* 2009; 96: 1377-1378
64. Fanucci E, Fiaschetti V, Rotili A, Floris R i wsp. Whole body 16-row multislice CT in emergency room: effects of different protocols on scanning time, image quality and radiation exposure. *Emerg Radiol* 2007; 13: 251-257
65. Loupatatzis C, Schindera S, Gralla J, Hoppe H I wsp. Whole-body computed tomography for multiple traumas using a triphasic injection protocol. *Eur Radiol* 2008; 18: 1206-1214
66. Anderson SW, Lucey BC, Rhea JT, Soto JA 64 MDCT in multiple trauma patients: imaging manifestations and clinical implications of active extravasation. *Emerg Radiol* 2007; 14:151-159
67. Rademacher G, Stengel D, Siegmann S, Petersein J i wsp. Optimization of contrast agent volume for helical CT in the diagnostic assessment of patients with severe and multiple injuries. *J Comput Assist Tomogr* 2002; 26: 113-118



68. Yaniv G, Portnoy G, Simon D, Bader S i wsp. Revised protocol for whole-body CT for multi-trauma patients applying triphasic injection followed by a single-pass scan on a 64-MDCT. *Clin Radiol* 2013; 68: 668-675
69. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim KP i wsp. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med* 2009; 169 (22): 2078-2086
70. Amis ES, Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB i wsp. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. *J Am Coll Radiol* 2007; 4: 272-284
71. Grupp U, Schäfer ML, Meyer H, Lembcke A i wsp. Reducing radiation dose in emergency CT scans while maintaining equal image quality: just a promise or reality for severely injured patients? *Emerg Med Int* 2013, doi: 10.1155/2013/984645
72. Brenner DJ, Elliston CD Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology* 2004; 232: 735-738
73. Sodickson A, Baeyens P, Andriole KP, Prevedello LM i wsp. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology* 2009; 251: 175-184
74. Salottolo K, Bar-Or R, Fleishman M, Maruyama G i wsp. Current utilization and radiation dose from computed tomography in patients with trauma. *Crit Car Med* 2009; 37: 1336-1340
75. Tien HC, Tremblay LN, Rizoli SB, Gelberg J i wsp. Radiation exposure from diagnostic imaging in severely injured trauma patients. *J Trauma* 2007;62:151-156
76. Desai GS, Uppot RN, Yu EW, Kambadakone AR i wsp. DV Impact of iterative reconstruction on image quality and radiation dose in multidetector CT of large body size adults *Eur Radiol* 2012; 22(8): 1631-1640
77. Stengel D, Ottersbach C, Kahl T, Nikulka C i wsp. Dose reduction in whole-body computed tomography of multiple injuries (DoReMI): protocol for a prospective cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014;22:15. doi: 10.1186/1757-7241-22-15
78. Winslow JE, Hinshaw JW, Hughes MJ, Williams RC i wsp. Quantitative assessment of diagnostic radiation doses in adult blunt trauma patients. *Ann Emerg Med* 2008; 52(2): 93-97
79. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M i wsp. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009; 373(9673): 1455-1561
80. Nguyen D, Platon A, Shanmuganathan K, Mirvis SE i wsp. Evaluation of a single-pass continuous whole-body 16-MDCT protocol for patients with polytrauma. *Am J Roentgenol* 2009; 192: 3-10
81. Eurin M, Haddad N, Zappa M, Lenoir T Incidence and predictors of missed injuries in trauma patients in the initial hot report of whole-body CT scan. *Injury.* 2012; 43(1):73-77
82. Stengel D, Ottersbach C, Matthes G, Weigeldt M i wsp. Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection of injuries in patients with major blunt trauma. *Can Med Assoc J* 2012; 184: 869-876

83. Gwoździwicz J, Lipiński J, Lasek J, Marks W i wsp. Punktowe skale ciężkości obrażeń w ocenie wyników leczenia chorych z mnogimi obrażeniami ciała. *Now Lek* 1999; 68: 329-337
84. Januszewski J. Mnogie obrażenia ciała w świetle danych z wyjazdów do wypadków zespołu specjalistycznego. *Zdr Publ* 2010;120: 271-277
85. Lisieska-Tyszko S, Lipiński J, Lasek J, Jackiewicz A i wsp. Skojarzone obrażenia piersiowo-brzuszne. *Now Lek* 2008; 77:101-106
86. Smith CM, Woolrich-Burt L, Wellings R, Costa MI. Major trauma CT scanning: the experience of a regional trauma centre in the UK. *Emerg Med J* 2011; 28(5): 378-382
87. Bardon M, Young N, Sindhusake P, Lee T i wsp. Correlation of CT findings remote from prime area of interest: a multitrauma study. *Open Access Emergency Medicine* 2012;4: 75-83
88. Markogiannakis H, Sanidas E, Messaris E, Koutentakis D i wsp. Motor vehicle trauma: analysis of injury profiles by road-user category. *Emerg Med J* 2006; 23: 27-31
89. Hutter M, Woltmann A, Hierholzer C, Gärtner C i wsp. Association between a single-pass whole-body computed tomography policy and survival after blunt major trauma: a retrospective cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2011;19, doi: 10.1186/1757-7241-19-73.
90. Salim A, Sangthong B, Martin M, Brown C i wsp. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury: results of a prospective study. *Arch Surg.* 2006 ; 141(5): 468-73
91. Huber-Wagner S, Biberthaler P, Häberle S, Wierer M i wsp. Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients-a retrospective, multicentre study. *PLoS One.* 2013 Jul 24;8(7), doi: 10.1371/journal.pone.0068880
92. Yeguiayan JM, Yap A, Freysz M, Garrigue D i wsp. Impact of whole-body computed tomography on mortality and surgical management of severe blunt trauma. *Crit Care* 2012;16 (3): R 101, doi: 10.1186/cc11375
93. Richter D, Hahn MP, Ostermann PAW, Ekkernkamp A i wsp. Vertical deceleration injuries: a comparative study of the injury patterns of 101 patients after accidental and intentional high falls. *Injury* 1996; 27(9): 655-659
94. Velmahos GC, Spaniolas K, Alam HB, de Moya M i wsp. Falls from height: spine, spine, spine! *J Am Coll Surg.* 2006; 203(5): 605-611
95. Sampson MA, Colquhoun KBM, Hennessy NLM. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. *Clin Radiol* 2006; 61: 365-369
96. Dai D, Yuan Q, Sun Y, Yuan F, Su Z. Impact of Thoracic Injury on Traumatic Brain Injury Outcome. 2013; *PLoS ONE* 8(9): e74204, doi: 10.1371/journal.pone.0074204
97. Cieślik M, Kalwarska M, Łagan S. Biomechanika zderzenia z pieszym a ekspertyza wypadku drogowego. *Aktualne Problemy Biomechaniki* 2011; 5: 13-18

- 98.Gorczyca T, Góra J, Gorczyca D, Maciejewska B i wsp. Wypadki drogowe z udziałem pieszych- problem współczesnej medycyny i zdrowia publicznego. *Zdr Publ* 2011;121(1): 90-94
- 99.[Cook A, Sheikh A Trends in serious head injuries among English cyclists and pedestrians. *Inj Prev* 2003; 9: 266-267
- 100.Majdan M, Mauritz W, Wilbacher I, Janciak I i wsp. Traumatic brain injuries caused by traffic accidents in five European countries: outcome and public health consequences. *Eur J Public Health* 2012; 23(4): 682-687
- 101.Patten RM, Gunberg SR, Brandenburger DK Frequency and importance of transverse process fractures in the lumbar vertebrae at helical abdominal CT in patients with trauma. *Radiology* 2000; 215: 831-834
- 102.Saatman KE, Duhaime AC, Bullock R, Maas AIR i wsp. Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. *J Neurotrauma* 2008; 25: 719-738
- 103.Schmucker U, Beirau M, Frank M, Stengel D i wsp. Real-world car-to-pedestrian-crash data from an urban centre. *J Trauma Manag Outcomes* 2010; 4(1): 2, doi: 10.1186/1752-2897-4-2.
- 104.Demetriades D, Murray J, Martin M, Velmahos G i wsp. Pedestrians injured by automobiles: relationship of age to injury type and severity. *J Am Coll Surg.* 2004; 199 (3): 382-387
- 105.Samii M , Tatagiba M . Skull base trauma: diagnosis and management. *Neurol Res* 2002; 24 ( 2 ): 147 – 156
- 106.Arivazhagan A, Garg N, Indira Devi B, Rose Dawn B i wsp. Complete ophthalmoplegia associated with clival fracture following trauma: Case report and clinico-anatomical correlation *Indian J Neurotrauma* 2007; 4 (1) : 49-52
- 107.Miller LA Chest wall, lung, and pleural space trauma *Radiol Clin North Am.* 2006; 44(2): 213-24
- 108.Mirka H, Ferda J, Baxa J Multidetector computed tomography of blunt chest trauma: indications, technique and interpretation *Insights Imaging* 2012; 3: 433–449
- 109.Jackson TL, Mello MJ Injury patterns and severity amongst motorcyclists treated in US emergency departments, 2001–2008: a comparison of younger and older riders. *Inj Prev* 2013; 19(5): 297-302
- 110.Shorr RM, Crittenden M, Indeck M, Hartunian SL i wsp. Blunt thoracic trauma. Analysis of 515 patients. *Ann Surg.* 1987; 206 (2): 200-5
- 111.Denis F The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983 ; 8: 817–831
- 112.Parizel PM, van der Zijden T, Gaudino S, Spaepen M i wsp. Trauma of the spine and spinal cord: imaging strategies. *Eur Spine J* 2010; 19 ( Suppl 1):S8–S17.

- 113.Kanz KG, Paul AO, Lefering R , Kay MV i wsp. Trauma management incorporating focused assessment with computed tomography in trauma (FACTT) - potential effect on survival. *J Trauma Manag Outcomes* 2010; 4: 4, doi: 1186/1752-2897-4-4
- 114.Roudsari BS, Mock CN, Kaufman R, Grossman D i wsp. Pedestrian crashes: higher injury severity and mortality rate for light truck vehicles compared with passenger vehicles. *Inj Prev* 2004; 10: 154-158
- 115.Bambach MR , Mitchell RJ The rising burden of serious thoracic trauma sustained by motorcyclists in road traffic crashes. *Accident Anal Prev* 2014; 62: 248-258
- 116.Kraus JF, Peek-Asa C, Cryer HG Incidence, severity, and patterns of intrathoracic and intra-abdominal injuries in motorcycle crashes. *J Trauma* 2002; 52 (3):548-53.
- 117.Ankarath S, Giannoudis PV, Barlow I, Bellamy MC i wsp. Injury patterns associated with mortality following motorcycle crashes. *J Trauma* 2002; 33 (6): 473-477
- 118.Tham KY, Seow E, Lau G Pattern of injuries in helmeted motorcyclists in Singapore. *Emerg Med J* 2004; 21:478–482
- 119.Dischinger PC, Ryb GE, Ho SM, Braver ER Injury patterns and severity among hospitalized motorcyclists: a comparison of younger and older riders. *Proceedings of the 50th Association for the Advancement of Automotive Medicine* 2006; 237-249
- 120.Moskal A, Martin JL, Lenguerrand E, Laumon B Injuries among motorized two-wheelers in relation to vehicle and crash characteristics in Rhone, France. *Praca zaprezentowana na 20th Enhanced Safety Vehicles Conference w Lyonie w 2007 roku [www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pdf/ESV/.../07-0232-O.pdf; dostęp 15.12.2014]*
- 121.Poletti PA, Mirvis SE, Shanmuganathan K, Takada T i wsp. Blunt abdominal trauma patients: can organ injury be excluded without performing computed tomography? *J Trauma* 2004; 57:1072–1081
- 122.Tillou A, Gupta M, Baraff LJ, Schriger DL i wsp. Is the use of pan-computed tomography for blunt trauma justified? A prospective evaluation. *J Trauma*. 2009 ; 67(4): 779-87
- 123.Kimura A, Tanaka N Whole-body computed tomography is associated with decreased mortality in blunt trauma patients with moderate-to-severe consciousness disturbance: a multicenter, retrospective study. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013; 75(2):202-206
- 124.Auñón-Martín I, Doussoux PC, Baltasar JL, Polentinos-Castro E i wsp. Correlation between pattern and mechanism of injury of free fall. *Strat Traum Limb Recon* 2012 ; 7(3):141-145
- 125.Teh J, Firth M, Sharma A, Wilson A i wsp. Jumpers and fallers: a comparison of the distribution of skeletal injury. *Clin Radiol*. 2003 ; 58(6): 482-6
- 126.Oikonomou A, Prassopoulos P. CT imaging of blunt chest trauma. *Insights Imaging*. 2011; 2(3):281-295