

**Julia Sobol, Krzysztof Kordel, Janusz Kołowski, Margit Kis-Wojciechowska,
Zygmunt Przybylski**

Morfologia i diagnostyka mechanizmów złamań kości klatki piersiowej – wykorzystanie w opiniowaniu sądowo-lekarskim

Morphology and diagnostics of mechanisms of chest bone fractures and their use in analyzing forensic medicine results

Z Katedry i Zakładu Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. med. Z. Przybylski

Praca obejmuje analizę wyników 343 dostępnych protokołów sądowo-lekarskich sekcje zwłok. W badanym materiale stwierdzono, że na 343 sekcji przeprowadzone w 2005 roku w 92 stwierdzono złamanie żeber. W pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego morfologii i ustalenia mechanizmów złamań żeber. Przedstawiono większość czynników wpływających na charakter złamań oraz aktualne poglądy na temat możliwości wykorzystania znajomości morfologii i mechanizmów złamań żeber do opiniowania w przypadkach wypadków komunikacyjnych, w przypadkach urazów doznawanych przez ofiary pobic i bójek, a także w czasie sekcji ofiar upadków z wysokości czy przygniecień oraz pod kątem różnicowania obrażeń typu pierwotnego od wtórnych, odróżniania złamań związanych z akcją resuscytacyjną. Osobno zwrócono uwagę na złamania u dzieci, a także na ustalenie kolejności złamań.

The study presents the analysis of 343 available protocols of autopsy results. In the reviewed material, the authors noted that of 343 autopsies performed in 2005, in 92 cases, rib fractures were present. The study reviews the articles on the morphology and determination of the mechanism of rib fracturing. The authors describe the majority of factors that influence the type of fracture, as well as the current views on the possibility of applying the knowledge of morphology and mechanisms of rib fracturing in opinionating in traffic accidents, injuries inflicted to victims of assault and battery, in interpreting autopsy findings in victims of falls from high altitude or crushing by heavy objects, as well as in differentiating between primary and secondary injuries, and also identifying fractures occurring during resuscitation. Fractures in children are

presented separately. The authors also analyze the issue of establishing the sequence of fractures.

Słowa kluczowe: złamania żeber, morfologia, mechanizm

Key words: bone fractures, morphology, mechanism

WSTĘP

W wielu przypadkach badań sekcyjnych spotykamy się ze złamaniami w obrębie kości tułowia, wśród których zdecydowanie najczęściej stwierdzanymi są złamania żeber i mostka. Dokładna analiza zarówno lokalizacji jak i typu złamania może w praktyce sądowo-lekarskiej być pomocna w opiniowaniu. Z codziennej praktyki wynika, że złamania kości tułowia zdecydowanie najczęściej występują w przypadkach obrażeń związanych z wypadkami komunikacyjnymi. Opiniowanie w tego typu zdarzeniach wielokrotnie wiąże się z rekonstrukcją przebiegu wypadku, a w szczególności z próbą usytuowania osób w pojeździe lub praktycznie w każdym przypadku potrącenia pieszego z udzieleniem odpowiedzi na pytanie o jego pozycję w chwili kontaktu z pojazdem.

Innym problemem opiniodawczym, przed którym zawsze stają medycy sądowi przy opiniowaniu w sprawach wypadkowych to próba rozróżnienia obrażeń pierwotnych od wtórnych.

Znajomość mechanizmów złamań kości tułowia pozwala także na próbę różnicowania obrażeń pierwotnych i urazów związanych z akcją resuscytacyjną.

Wiedza ta przydatna może być także w przypadkach urazów doznawanych przez ofiary pobić i bójek, a także w czasie sekcji ofiar upadków z wysokości czy przynięceń.

CEL

W pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego ustalenia mechanizmu złamań żeber. Przedstawiono większość czynników wpływających na charakter powstających złamań, rodzaje złamań. Osobno zwrócono uwagę na złamania u dzieci, a także na ustalenie kolejności złamań. Celem artykułu jest prezentacja mechanizmów i cech morfologicznych złamań żeber.

MATERIAŁ

Główną przyczyną zgonów w ostatnim czasie stanowią różnego rodzaju urazy mechaniczne. Według danych za 2005 roku w Zakładzie Medycyny Sądowej w Poznaniu przeprowadzono 395 sekcji zwłok. W przedstawionej pracy przeanalizowano 343 dostępne protokoły sądowo-lekarskich sekcji zwłok. Materiał ten poddano analizie dokonując oceny przypadków sekcyjnych pod względem liczby poszczególnych rodzajów przyczyn śmierci.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej w Poznaniu w 2005 roku wykonano 343 sekcje zwłok, w tym ogółem w 92 stwierdzono złamania żeber. W ww. roku w 106 przypadkach sekcję zwłok przeprowadzono u ofiar wypadków komunikacyjnych, z pośród których w 72 rozpoznano złamania żeber. W tabeli poniżej przedstawiono rodzaje i okoliczności zgonów z uwzględnieniem ogólnej liczby zgonów danego rodzaju, w odniesieniu do liczby zgonów ze złamaniami żeber.

Złamań żeber nie stwierdzono w przypadkach zgonów z powodu: urazów zadanych narzędziem ostrym (8), działania niskiej temperatury (5), działania wysokiej temperatury (4), rażenia prądem elektrycznym (2), a także w wypadkach, kiedy przyczyna i okoliczności zgonu nie były ustalone (25).

Istotne znaczenie dla medycznej rekonstrukcji wypadków ma ustalenie mechanizmu złamania żeber. Czasami to ustalenie jest utrudnione dużą ilością czynników wpływających na charakter powstałych złamań. Do takich czynników należą: różnica kształtów i innych cech narzędzi powodujących urazy (np. narzędzia z ograniczoną czy ze znaczną powierzchnią), różnica w mechanizmie działania (np. uderzenie, kompresja, powtórne działanie narzędzia na miejsce pierwotnego urazu, różne kierunki

Tabela I. Liczba zgonów określonego rodzaju oraz odniesienie do liczby zgonów ze złamaniem żeber.

Table I. Number of particular causes of death as referred to deaths with rib fractures.

Rodzaje zgonów Causes of death	Ogólna liczba zgonów tego rodzaju Number of specific cause of death	Liczba zgonów tego rodzaju ze złamaniem żeber Number of specific cause of death with rib fracture
Wypadki komunikacyjne / Road accidents:	106	72
• kierowcy i pasażerowie / drivers and passengers	50	33
• potrącenie pieszych i rowerzystów / hit a pedestrian and cyclist	42	27
• wypadki kolejowe / railway accident	8	8
• przetoczenie pojazdu przez człowieka / roll a vehicle over human	3	3
• wypadki motocyklowe / motorcycle accidents	3	1
Upadek z wysokości / Fall down	16	7
Urazy zadane narzędziem tępym / Blunt Injury	9	4
Śmierć z przyczyn chorobowych / Natural death	66	3
Uduszenie gwałtowne / Death by strangulation	63	3
Upadek na tym samym poziomie powierzchni / Fall down to the same surface	30	2
Zatrucie (alkohol, środki farmaceutyczne, tlenek węgla) / Poisoning (alcohol, pharmacists, carbon monoxide)	49	1
Uszkodzenie postrzałowe / Gunshot wound	4	1

działania siły urazu), wiek pokrzywdzonego, kształt klatki piersiowej itd. [1].

Konstrukcyjne właściwości kostnego rusztowania klatki piersiowej w znacznym stopniu determinują jej odporność na urazy zewnętrzne, a także cechy morfologiczne, lokalizację i kształt pierwotnego uszkodzenia [2].

Kształt klatki piersiowej ustala się za pomocą wzoru

$$I = (L/A*B) * 100\%$$

I – indeks klatki piersiowej

L – długość klatki piersiowej (odległość od górnej powierzchni 1-go żebra do najdalszego punktu łuku żebrowego; mierzy się cyrklem kabłąkowym)

A – przednio-tylny wymiar (odległość od punktu w centralnej części mostka do wyrostka ościstego 6-go kręgu piersiowego; mierzy się cyrklem kabłąkowym).

B – poprzeczny wymiar (odległość między najbardziej oddalonymi punktami na poziomie brodawek sutkowych; mierzy się cyrklem kabłąkowym).

Tabela II. Wymiary oraz indeksy klatki piersiowej w zależności od jej kształtu.

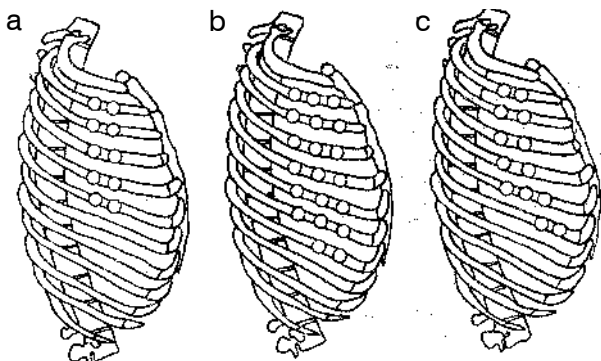
Table II. Measurements of the chest cavity and chest indices dependent on chest shape.

Kształt klatki piersiowej (typ) Chest shape	Przednio-tylna średnica, cm Sagittal diameter, cm	Poprzeczna średnica, cm Transverse diameter, cm	Długość klatki piersiowej, cm Chest length, cm	Indeks klatki piersiowej Chest index
Mężczyźni/ Men				
Płaska/Flat	17.6±0.185	25.7±0.252	34.2±0.316	6.9 i więcej
Cylindryczna/Cylindrical	19.9±0.101	28.1±0.113	33.4±0.151	5.1–6.8
Stożkowata/Conical	23.3±0.353	30.9±0.280	32.6±0.399	5.0 i mniej
Kobiety/Women				
Płaska/Flat	16.1±0.238	23.9±0.328	30.7±0.534	7.5 i więcej
Cylindryczna/Cylindrical	18.9±0.214	25.5±0.316	30.3±0.314	5.4–7.4
Stożkowata/Conical	22.6±0.612	28.5±0.485	29.6±0.691	5.3 i mniej

Kształt klatki piersiowej ma wpływ na lokalizację złamań. Na przykład przy działaniu przedmiotu o dużej powierzchni, z dużą siłą, w kierunku przednio-tylnym, najczęściej złamania będą zlokalizowane jak na podanych rysunkach [3].

Ryc. 1. Schemat najczęstszej lokalizacji złamań żeber przy różnych kształtach klatki piersiowej. Działanie siły w przednio-tylnym kierunku a – płaski kształt, b – cylindryczny, c – stożkowy.

Fig. 1. Schematic presentation of the most frequent locations of rib fractures depending on various shapes of the chest cavity. Note the effects of the force operating in the sagittal plane in a – flat, b – cylindrical, c – conical shapes of the chest cavity.



Niezależnie od kształtu klatki piersiowej przednia część od II- do V pary żeber może być ustawiona bardziej poziomo (poziomy typ klatki piersiowej), kiedy chrząstki żeber w stosunku do mostka tworzą kąt 85-115°, tzn. przednia część żeber (do linii pachowej przedniej) znajduje się na jednym poziomie z miejscem przyczepu części mostkowej do mostka. Inny typ – „pochylony” charakteryzuje się tym, że przyczep części chrzęstnej do mostka tworzy kąt 65-85°. W tym wypadku przednia część żeber znajduje się wyżej miejsca przyczepu części chrzęstnej [4, 5].

Powyżej wymienione cechy klatki piersiowej mają znaczny wpływ na lokalizację i morfologiczne cechy złamań.

Morfologiczne cechy złamań żeber

Złamania żeber najczęściej powstają przy deformacji krzywizny żebra. Takie zgięcie może być zgodne z ogólną krzywizną żebra i zmniejszać promień tej krzywizny (np. przy zgnieceniu klatki piersiowej w przednio-tylnym wymiarze). Takie złamania nazywamy zgięciowymi. Innym mechanizmem złamania żeber jest deformacja krzywizny, która powoduje jej wyprostowanie (np. przy bezpośrednim działaniu siły zewnętrznej na żebro). Takie złamania nazywamy odgięciowymi [6]. Określenie

złamań jako zgięciowe i odgięciowe określa warunki ich powstania w momencie urazu.

W złamaniach odgięciowych dochodzi do rozciągania poprzecznego łuku żebra, powodującego rozciąganie tkanki kostnej na powierzchni wewnętrznej z występowaniem podłużnie ułożonych napięć rozciągających i zginiataniem na powierzchni zewnętrznej w tym samym kierunku. Z tego powodu strefa pierwotnego rozciągania znajduje się na powierzchni wewnętrznej, a strefa zginiatania – na zewnętrznej.

Przy zgięciu łuku żebrowego (złamania zgięciowe) napięcie rozciągające znajduje się na powierzchni zewnętrznej, zginiatające – na wewnętrznej, co powoduje, że strefa pierwotnego rozciągania znajduje się na powierzchni zewnętrznej, a strefa zginiatania – na wewnętrznej [7]. Strefa pierwotnego rozciągania ma następujące cechy: prostoliniowy przebieg głównej szczeliny złamania, najczęściej poprzecznie do długości żebra, do jego górnego i dolnego brzegu; dodatkowe szczeliny najczęściej u brzegu żebra tworzą ostre kąty z główną szczeliną (złamanie podobne do X, Y), czasami szczeliny w kształcie pioruna; drobnoząbkowany brzeg złamania, prawie równy; drobnoziarniste powierzchnie złamania, poprzeczne do powierzchni żebra, całkowicie i ściśle się zestawiają („klucz-zamek”); brak fragmentacji odłamów. Cechy strefy zginiatania: zygzakowaty przebieg głównej szczeliny złamania, ząbki duże, ostre; dodatkowe szczeliny tworzą prosty kąt z główną szczeliną złamania, odchodzą od podstawy ząbków najczęściej w środkowej części linii złamania; gruboząbkowany brzeg złamania z wykruszeniem cząstek kości zbitej; skośne powierzchnie złamania, często z odłamami, ściśle nie zestawiają się; fragmenty odłamów różnego kształtu; cecha „dachówki” – tkanki zbitej jednego odłamu na brzegu złamania i nakładanie jego na skośny brzeg tkanki zbitej drugiego odłamu [8].

Oprócz cech charakterystycznych dla kości zbitej, istnieją charakterystyczne objawy kości gąbczastej. W strefie rozciągania na powierzchni złamania tkanka gąbczasta ma widok „iglastej ścianki”, która się tworzy przy rozciąganiu kostnych blaszek istoty gąbczastej na różnych poziomach w porównaniu z kością zbitą. W strefie zginiatania widoczne jest zginiatanie istoty gąbczastej po jednej stronie z utworzeniem „wnęki” w miejscu pod istotą zbitą [9]. Tworzy się ona przy przemieszczeniu odłamów wzdłuż płaszczyzny żebra i wchodzenie istoty zbitej jednego odłamu do istoty gąbczastej drugiego.

Złamania odgięciowe („prostujące”) powstają na skutek lokalnego kontaktu narzędzia z żebrzem. Nazywane są złamaniem lokalnym czy bezpośrednim. Złamania zgięciowe powstają wskutek maksy-

malnego – przekraczającego granicę wytrzymałości zgięcia żebra (zmniejszenia promienia jego łuku) w oddaleniu od bezpośredniego miejsca kontaktu z narzędziem. Określane są one mianem złamań konstrukcyjnych lub pośrednich. W przypadku złamania tego typu (w oddaleniu) kilku żeber jednocześnie, najczęściej są one rozmieszczone w jednej anatomicznej linii.

W wypadku złamań pełnych (złamania wszystkich warstw kostnych) i niepełnych (złamanie tkanki kostnej wyłącznie na jednej z powierzchni żebra) od strony rozciągania występuje jedna linia złamania w kierunku poprzecznym lub skośnie-poprzecznym; prosta lub falista; brzegi złamania dobrze stykają się, czasami linia ta rozdwa się na brzegach żeber, bez wykruszenia i powstania szczelin poprzecznych. Podczas badania stereomikroskopowego można stwierdzić obecność włókien zbitej części kości, które wydają się być „wyciągnięte”.

Powierzchnia części gąbczastej przy pełnych złamaniach ma charakter równej powierzchni z pojedynczymi drobnymi występami, które powstają na skutek wyciągnięcia beleczek części gąbczastej. Brzegi złamania są równe, dobrze zestawiają się, jeden brzeg jest nieco skośny a drugi – poszarpany, nie mają one wykruszeń i odgięcia brzegów. Od strony zgięcia przy pełnych złamaniach występuje jedna główna szczelina, ale jest ona nierówna – falista lub zygzakowata, czasami obserwuje się powstanie ubytku od głównej szczeliny, gdzie biorą swój początek małe poprzeczne szczelinki.

Ustalenie kolejności złamań żeber

Złamania kości klatki piersiowej mogą powstać od jednokrotnego i od wielokrotnego urazu twardym, tępym przedmiotem, tak więc przy obecności kilku złamań żeber należałoby stwierdzić, od jakiej ilości urazów one powstały. O ile zachodzi podejrzenie, że złamanie powstało od więcej niż jednego uderzenia, trzeba ustalić kolejność ich powstania. Przy dużej ilości złamań, które powstały w krótkim przedziale czasowym, zmiany reaktywne w tkance miękkiej nie zdążą powstać i nie mogą być wykorzystane dla ustalenia czasu i kolejności ich powstania.

Tkanka kostna jest krucha i twarda. Przy wielokrotnym urazie stwierdza się specyficzne cechy złamania, dzięki czemu można odnotować i rozdzielić złamanie na pierwotne i wtórne. Podstawą tych badań jest znalezienie cech dodatkowego zniszczenia brzegów i powierzchni złamań, które powstają przy tworzeniu nowych złamań żeber i dodatkowym zniszczeniu końców odłamów już istniejących złamań [10].

Przy wtórnym działaniu urazowym na już złamaną kość w pobliżu poprzedniego złamania,

w miejscu pierwszego lokalnego złamania na skutek wtórnej deformacji (od drugiego uderzenia czy kompresji) ze strony linii złamania (ze strony wewnętrznej powierzchni) w mechanizmie rozciągania, można obserwować rozszczepienie (odszczepienie) brzegu złamania. Po zadaniu drugiego urazu końce odłamów wracają na swoje miejsce, czy nawet przemieszczają się na zewnątrz. W wyniku tego na powierzchni wewnętrznej tworzą się dodatkowe cechy konstrukcyjnego złamania od zginięcia, tak że jeśli w jednym złamaniu są cechy zginięcia na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchniach, a blisko od niego znajduje się jeszcze jedno złamanie (czy cechy uderzenia, kompresji), to wyżej opisane złamanie powstało jako pierwsze.

Przy wtórnym działaniu urazu na złamanie, na brzegach odłamów widoczne jest wykruszenie cząstek tkanki zbitnej, zgniecenie tkanki zbitnej i gąbczastej [11].

Nieostrożna manipulacja biegłego podczas oględzin zewnętrznych – brutalna palpacja klatki piersiowej (po zdjęciu mostka i rozcięciu mięśni międzyżebrowych), a szczególnie kontrola żeber poprzez ich zginanie i odginanie – mogą doprowadzić do dodatkowych uszkodzeń żeber (artefakty). W danym wypadku ustalenie mechanizmu złamań może być mylącym i w końcu może spowodować niepoprawne ustalenie mechanizmu urazu.

Właściwości złamań żeber w wieku dziecięcym

Preparaty kostne z kości dziecięcych zawierają dużą ilość tkanki chrzęstnej, szybko wysychają i deformują się na powietrzu, w związku z czym należy je przechowywać w 3-5% roztworze formaliny z dodatkiem gliceryny.

Dziecięce żebra są bardziej elastyczne, sprężyste, łatwo przemieszczające się, mają grubą okostną. Anatomiczne właściwości budowy kostnej i chrzęstnej żeber w wieku dziecięcym determinują powstanie następujących zmian urazowych [12]: podokostnowe, niepełne złamanie żebra czy naderwania chrząstki; odwarstwienie okostnej; niepełne złamanie na granicy tkanki kostnej i chrzęstnej; tworzenie złamań nie tylko na powierzchni rozciągania tkanki kostnej, a i po stronie zginięcia.

Złamania żeber w dziecięcym wieku mogą być pełne i niepełne. Każda kość u dzieci jest pokryta grubą i elastyczną okostną, która splata się z chrzęstną i ścięgnami, tworząc bardzo mocny futerał dla każdej kości. W chwili urazu deformowana kość zostaje w „nieruchomej powłoce”, a podczas badania zwłok „zachowuje” swój anatomiczny kształt i tworzy wrażenie całości nieuszkodzonej.

Stwierdzenie urazu następuje tylko po zdjęciu okostnej na całej długości kości. W miejscach urazu

kości stwierdza się ogniskowe odwarstwienia okostnej i podokostnowe podbiegnięcia krwawe.

Odwarstwienie okostnej może być zarówno od strony rozciągania, jak i od strony zginięcia lub łącznie w jednym jak i drugim przypadku, ale zawsze bardziej wyraźnie widoczne od strony największej deformacji kości. Sama kość może być zniszczona tylko częściowo – przy zginięciu w kształcie rynny czy wałka. Od linii złamania po stronie zginięcia odchodzą w poprzecznym kierunku mikroszczelinki [3, 13].

Żebra do badania muszą być pobrane za pomocą nożyczek do cięcia żeber. Badanie przeprowadza się po fiksacji w 10% formalinie i usunięciu tkanek miękkich. W niektórych przypadkach jest wymagane badanie stereomikroskopowe.

WNIOSKI

1. Złamania żeber są obrażeniem bardzo często obserwowanym w codziennej praktyce sądowo-lekarskiej i stanowiły one 26,8% wszystkich sekcji zwłok przeprowadzonych w 2005 roku w Poznańskiej Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej.
2. Podstawowa wiedza z zakresu cech morfologicznych klatki piersiowej oraz znajomość praw fizyki daje możliwości różnicowania charakteru złamania żeber przy zachowaniu szczególnej ostrożności podczas zabezpieczenia materiału.
3. Analiza charakteru złamań żeber uwzględniająca przedstawione w pracy kryteria jest metodą stosunkowo tanią i ogólnodostępną, a jej wartość dowodowa podczas opiniowania sądowo-lekarskiego może być decydująca.
4. W wieku dziecięcym anatomiczne właściwości budowy kostnej i chrzęstnej determinują powstanie złamań żeber.
5. Praktyczne zastosowanie szczegółowego badania złamań żeber w oparciu o przedstawione kryteria przy zastosowaniu oceny mikroskopowej jest uzasadnione i konieczne przynajmniej w odniesieniu do przypadków trudnych i nie jednoznacznych pod względem mechanizmu i kolejności ich powstania.

PIŚMIENNICTWO

1. Blair E., Topuzlu C., Davis J.: Delayed or Missed Diagnosis in Blunt Chest Trauma. J. Trauma. 1971, vol.11, 129-145.

2. Bielajew N.: Soprotiwlenie materialow. Moskwa 1959, 802-855.
3. Krjukow W., Sarkisian B., Jankowskij W., Nowosiolow W., Klewno W., Hohlow W.: Mechanizmy i morfologia perelomow grudnoj kletki i pojasa werchnich konecznostej. Nowosibirsk, Nauka, 1999, vol. 4, 20-28.
4. Adeyemo A., Arigbadu A., Adejuyigbe O.: Thoracic Injuries In Road Traffic Accidents: Analysis of 148 Cases. Injury. 1984, vol.16(1), 30-34.
5. Pierce W., Tyers G.: Blunt Thoracic Trauma. Penn. Med. 1972, vol.75(9), 53-55.
6. Klewno W.: Morfologia i mechanika razruszenia zeber. Barnaul, 1994, 301-326.
7. Krjukow W.: Mechanizmy perelomow kostej. Moskwa, Medicina, 1971, 66-84.
8. Krjukow W., Swesznikow W.: Morfologiczeskaja charakteristika kraew i powerchnostej izlomow pri razlicznych widach mechaniczeskoj trawmy. Tez. dokl. Riga 1985, 241-243.
9. Piekarski K.: Morphology of Bone. Fracture, Waterloo, 1977, vol.1, 607-642.
10. Evans F.: Mechanical Properties of Bone. Springfield 1973, 322-338.
11. Hohlow W.: Powreżdenia grudnoj kletki tupymi predmetami. Smolensk 1996, 193-234.
12. Eichelberger M. R., Randolph J. G.: Thoracic Trauma in Children. Surg. Clin. N. Amer. 1981, vol.61(5), 1181-1197.
13. Smyth B. T.: Chest Trauma in Children. J. Pediatr. Surg. 1979, vol.14, 41-46.

Adres do korespondencji:

Julia Sobol
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu
ul. Święcickiego 6
60-781 Poznań
e-mail: sobol111@yandex.ru