

lek. Marlena Bereźniak

***„Diagnostyka rentgenowska ostrych uszkodzeń kręgosłupa
piersiowo-lędźwiowego z uwzględnieniem chorób usztywniających”***

**Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki medyczne**

Promotor: prof. dr hab. n. med. Marek Gołębiowski

Promotor pomocniczy: dr n. med. Piotr Palczewski

Zakład: I Zakład Radiologii Klinicznej



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2025 r.

Słowa kluczowe w języku polskim: urazy kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego, urazy kręgosłupa, urazyiskoenergetyczne, usztywniony kręgosłup, ankyloza, tomografia komputerowa, zdjęcie rentgenowskie

Słowa kluczowe w języku angielskim: thoracolumbar trauma, spine trauma, minor trauma, rigid spine, ankylosis, computed tomography, radiographs

Kubie, najważniejszej Osobie w moim życiu.

1. WYKAZ PUBLIKACJI STANOWIĄCYCH ROZPRAWĘ DOKTORSKĄ

1. Marlena Bereźniak, Krzysztof Piłat, Grzegorz Benke, Jarosław Czerwiński, Marta Byrdy-Daca, Jan Świątkowski, Katarzyna Sułkowska, Paweł Łęgosz, Marek Gołębiowski, Piotr Palczewski. Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a computed tomography study. Pol J Radiol, 2025; 90: 215-223. doi: <https://doi.org/10.5114/pjr/203852>

Punktacja IF: 0,9 Punktacja MNiSW: 70

2. Marlena Bereźniak, Krzysztof Piłat, Jan Niwiński, Marta Byrdy-Daca, Jan Świątkowski, Paweł Łęgosz, Marek Gołębiowski, Piotr Palczewski. Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT. Pol J Radiol 2025; 90: e260-e266. doi: <https://doi.org/10.5114/pjr/204202>

Punktacja IF: 0,9 Punktacja MNiSW: 70

Łączna punktacja IF: **1,8**

Łączna punktacja MEiN: **140 pkt.**

SPIS TREŚCI

1. WYKAZ PUBLIKACJI STANOWIĄCYCH ROZPRAWĘ DOKTORSKĄ	4
2. WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW (W KOLEJNOŚCI ALFABETYCZNEJ)	6
3. STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM	7
4. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM	9
5. WSTĘP	11
6. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY	15
7. OMÓWIENIE PRAC TWORZĄCYCH CYKL PUBLIKACJI	16
8. KOPIE OPUBLIKOWANYCH PRAC	20
9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	36
10. PIŚMIENNICTWO	37
11. OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ	41
12. OŚWIADCZENIA WSZYSTKICH WSPÓŁAUTORÓW	42

2. WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW (W KOLEJNOŚCI ALFABETYCZNEJ)

AO – Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

AS (ang. ankylosing spondylitis) – zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa

ASDs (ang ankylosing spinal disorders) – choroby usztywniające kręgosłupa

CT – computed tomography

DISH (ang. disseminated idiopathic skeletal hyperostosis) – rozsiana samoistna hiperostoza szkieletu

DS (ang. degenerative spondylosis) – spondyloza zwyrodnieniowa

RSS – zespół "sztywnego kręgosłupa" (ang. rigid spine syndrome)

RTG – zdjęcie rentgenowskie

TK – tomografia komputerowa

TL – thoracolumbar

X-ray – radiograph

3. STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM

Częstość występowania złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego u pacjentów z tępych urazami wynosi 6.9%. Szczególną grupę stanowią pacjenci z chorobami usztywniającymi kręgosłupa, u których 39% urazów spowodowane jest upadkiem z wysokości własnej. Usztywnienie kręgosłupa zmienia jego biomechanikę zwiększając podatność na urazy i zwiększając ryzyko powikłań neurologicznych nawet po niewielkich urazach.

Badania przeprowadzone w ramach cyklu publikacji polegały na ocenie tomografii komputerowej (TK) i zdjęć rentgenowskich (RTG) wykonanych po urazie kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego u pacjentów bez i z usztywnieniem kręgosłupa.

Celami pracy były: 1) ocena lokalizacji i morfologii złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa w zależności od obecności i typu usztywnienia kręgosłupa; 2) porównanie częstości występowania złamań niestabilnych oraz złamań wielopoziomowych i złamań w wielu regionach u pacjentów z krótko- i długoodcinkowym usztywnieniem kręgosłupa; 3) ocena skuteczności RTG w wykrywaniu świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa u pacjentów bez i z chorobami usztywniającymi kręgosłupa, przy użyciu TK jako metody referencyjnej; 4) analiza wpływu doświadczenia osoby oceniającej na czułość, swoistość i skuteczność diagnostyczną RTG.

Pierwsza praca analizuje wpływ różnych typów usztywnienia na lokalizację i morfologię złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa. Zarówno w grupie pacjentów bez usztywnienia jak i z usztywnionym kręgosłupem złamania najczęściej lokalizowały się w okolicy przejścia piersiowo-lędźwiowego, a w grupie z usztywnieniem złamania najczęściej dotyczyły segmentu usztywnionego (46.96%). W grupie z usztywnionym kręgosłupem częściej występowały złamania wielopoziomowe oraz złamania niestabilne typu B i C (odpowiednio 2.53 i 2.1 razy częściej niż w grupie kontrolnej). Złamania wielopoziomowe i niestabilne dotyczyły niemal wyłącznie pacjentów z długoodcinkowym (≥ 4 segmentów) usztywnieniem. Częstość występowania złamań wielopoziomowych w niesąsiadujących segmentach kręgosłupa i złamań w wielu regionach kręgosłupa była odpowiednio 2.1 i 1.76 razy wyższa w grupie z usztywnionym kręgosłupem niż w grupie kontrolnej.

Druga praca ocenia wartość diagnostyczną RTG w odniesieniu do TK w wykrywaniu ostrych złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego po urazachiskoenergetycznych. Czułość RTG w wykrywaniu złamań była niska: odpowiednio 44.1% dla rezydenta i 53.6% dla specjalisty, przy wysokiej swoistości (95.5% i 98.8%). Odsetek nierozpoznanych złamań

był wyższy u pacjentów z usztywnieniem kręgosłupa niż w grupie bez usztywnienia, a złamania zlokalizowane w odcinku piersiowym były częściej nierozpoznane niż w odcinku lędźwiowym. Błędna klasyfikacja złamań ostrych jako przewlekłe deformacje została zidentyfikowana jako ważna przyczyna nierozpoznanych złamań typu A.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że badania RTG niezależnie od doświadczenia oceniającego nie zapewniają wystarczającej dokładności diagnostycznej w ocenie świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa u pacjentów po urazachiskoenergetycznych, zwłaszcza w przypadkach usztywnionego kręgosłupa, w których to częściej występują złamania wielopoziomowe, złamania w wielu regionach kręgosłupa oraz złamania niestabilne typu B i C.

4. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM

The incidence of thoracolumbar (TL) fractures in patients with blunt trauma is 6.9%. A special group consists of patients with ankylosing spinal disorders, in whom 39% of injuries are caused by falls from standing height. Ankylosis alters spinal biomechanics, increasing susceptibility to injury and raising the risk of neurological complications even after minor trauma.

The studies conducted as part of this publication series involved the evaluation of computed tomography (CT) and radiographs (X-rays) performed after TL spine trauma in patients with and without rigid spine.

The aims of the study were: 1) assessment of location and morphology of TL spine fractures depending on the presence and type of ankylosis; 2) comparison of the frequency of unstable fractures, multilevel fractures, and fractures in multiple spinal regions in patients with short- and long-segment ankylosis; 3) evaluation of the effectiveness of X-rays in detecting acute TL spine fractures in patients with and without ankylosing spinal disorders, using CT as the reference method; 4) analysis of the impact of reader experience on the sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy of X-rays.

The first study analyses the impact of different types of spinal ankylosis on the location and morphology of TL spine fractures. In both groups of patients without and with rigid spine, fractures were most commonly located in the TL junction, and in the rigid spine group, most fractures were located within the ankylosed spinal segment (46.96%). In the rigid spine group, multilevel fractures and unstable type B and C fractures occurred more frequently (2.53 and 2.1 times more often than in the control group, respectively). Multilevel and unstable fractures were seen almost exclusively in patients with long-segment (≥ 4 segments) ankylosis. The frequency of multilevel non-contiguous spine fractures and fractures in multiple spinal regions was 2.1 and 1.76 times higher in the rigid spine group than in the control group, respectively.

The second study evaluates the diagnostic value of X-rays compared to CT in detecting acute TL spine fractures after minor trauma. The sensitivity of X-ray in fracture detection was low: 44.1% for the resident and 53.6% for the attending radiologist, respectively, with high specificity (95.5% and 98.8%). The rate of unrecognized fractures was higher in rigid spine group than in the non-rigid spine group, and fractures located in the thoracic region were more frequently unrecognized than in the lumbar region.

Misclassification of acute fractures as chronic deformation was identified as an important cause of unrecognized type A fractures.

Based on the conducted analyses, it can be concluded that X-rays, regardless of the experience, do not provide sufficient diagnostic accuracy in evaluating acute TL spine fractures in patients after minor trauma, especially in cases of rigid spine, where multilevel fractures, fractures in multiple spinal regions, and unstable type B and C fractures occur more frequently.

5. WSTĘP

Złamania kręgosłupa są istotną przyczyną długotrwałej niepełnosprawności oraz obciążenia społeczno-ekonomicznego [1]. Częstość występowania złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego u pacjentów z tępyimi urazami wynosi 6.9% [2]. U osób młodych dominują urazy wysokoenergetyczne, natomiast u pacjentów starszych złamania kręgosłupa są najczęściej wynikiem niewielkich urazów [2,3]. Szczególną grupę stanowią pacjenci ze zmianami usztywniającymi kręgosłupa, u których 39% urazów spowodowane jest upadkiem z wysokości własnej [4].

Ograniczenie ruchomości kręgosłupa nie jest specyficznym objawem. Sztywność kręgosłupa (ang. rigidity) pochodzenia mięśniowego występuje w późnym stadium różnych miopatii [5]. Zespół "sztywnego kręgosłupa" (RSS, ang. rigid spine syndrome) jest powoli postępującą wrodzoną dystrofią mięśniową występującą w dzieciństwie, charakteryzującą się przykurczami mięśni grzbietu [6]. W odróżnieniu od RSS, pojęcie „usztywniony kręgosłup” (ang. rigid spine) to ogólne określenie stanów prowadzących do spontanicznego, pooperacyjnego, poinfekcyjnego lub pourazowego kostnienia i/lub fuzji elementów kręgosłupa. Najczęstszymi nieoperacyjnymi przyczynami usztywnienia kręgosłupa są tzw. choroby usztywniające kręgosłupa (ASDs, ang. ankylosing spinal disorders), do których zalicza się rozsianą samoistną hiperostozę szkieletu (DISH, ang. disseminated idiopathic skeletal hyperostosis), zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa (AS, ang. ankylosing spondylitis) i spondylozę zwyrodnieniową (DS, degenerative spondylosis) [7]. ASDs charakteryzują się postępującą utratą ruchomości kręgosłupa na skutek kostnienia jego elementów.

AS jest najczęstszą seronegatywną spondyloartropatią osiową, której częstość występowania wynosi 0,03–1,8% i zmienia się w zależności od częstości występowania antygeny HLA-B27 w populacji [8,9]. Mężczyźni chorują 2 razy częściej niż kobiety, szczyt zapadalności występuje w 3. dekadzie życia. U osób genetycznie predysponowanych powtarzające się obciążenia biomechaniczne w miejscach przyczepu więzadeł, ścięgien i torebek stawowych (entez) mogą powodować stan zapalny [10]. Pierwszą manifestacją choroby jest najczęściej zapalenie stawów krzyżowo-biodrowych. Wraz z postępem choroby dochodzi do wstępującego zajęcia kręgosłupa z wytworzeniem syndesmofitów, ankylozy stawów międzywyrostkowych oraz skostnienia więzadeł nad- i międzykolcowych [11].

DISH jest powszechnie spotykaną (występuje u 25% mężczyzn i 15% kobiet powyżej 50 roku życia), postępującą chorobą charakteryzującą się występowaniem mostujących

osteofitów na przednio-bocznych krawędziach trzonów kręgów oraz skostnieniami i zwapnieniami tkanek miękkich pozakręgosłupowych (więzadeł, entez i torebek stawowych) [12]. W przeszłości DISH uważano za chorobę niezapalną, obecnie coraz częściej postuluje się rolę przewlekłego procesu zapalnego o małym nasileniu w jej etiopatogenezie [13,14]. Istnieje co najmniej 25 różnych klasyfikacji służących rozpoznawaniu DISH. Najczęściej stosowanymi są opracowane w 1976 roku przez Resnicka i Niwayamę kryteria pozwalające na rozpoznanie tylko zaawansowanej postaci DISH [15]. W związku ze starzeniem się społeczeństwa oraz rosnącą częstością występowania czynników ryzyka DISH, takich jak otyłość, cukrzyca typu 2 czy zespół metaboliczny, przewiduje się wzrost liczby pacjentów z tą chorobą w nadchodzących dekadach [12,16-18]. Celem wczesnego rozpoznawania choroby wprowadzono kryteria Kuperus [19].

Zarówno DISH, jak i AS powodują długoodcinkowe (≥ 4 segmentów) usztywnienie kręgosłupa, zmieniając jego biomechanikę. W warunkach fizjologicznych kręgosłup cechuje się elastycznością pozwalającą mu na efektywną absorpcję energii urazu poprzez kontrolowane odkształcenia struktur kostno-więzadłowych. W AS wtórnie do współistnienia osteoporozy, wielopoziomowych skostnień i ankylozy w stawach międzykręgowych oraz pogłębionej kifozy, przesuwającej środek ciężkości ku przodowi, kręgosłup łamie się jak kawałek kredy/marchewki. Szczelina złamania przebiega poprzecznie przez trzon kręgu lub częściej przez skostniały region krążka międzykręgowego, obejmując kolumnę przednią i tylną [20-22]. W DISH mostujące zmiany wytwórcze wzdłuż przednio-bocznych części kręgosłupa najgrubsze na poziomie krążków międzykręgowych tworzą sztywne ramię dźwigni przenoszące obciążenie na przednią powierzchnię kręgów i krążki międzykręgowe, prowadząc w przypadku urazu do poprzecznych złamań przechodzących przez środkową część trzonu kręgu z zaoszczędzeniem elementów tylnych [23]. Dodatkową konsekwencją zmienionej biomechaniki usztywnionego kręgosłupa jest koncentracja naprężeń w miejscach przejścia między segmentem usztywnionym a sąsiednim nieusztywnionym, co wiąże się ze zwiększonym ryzykiem złamań w tej lokalizacji. Pacjenci z AS mają większe ryzyko wystąpienia wewnątrzkanalowego krwaka nadtwardówkowego i deficytów neurologicznych po urazie niż pacjenci z innymi ASDs [24]. Wpływ obecności pre-DISH na złamania kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego według mojej wiedzy nie został jeszcze zbadany.

Choroba zwyrodnieniowa (DS, ang. degenerative spondylosis) jest najpowszechniejszym schorzeniem kręgosłupa; szacuje się, że 95% mężczyzn i 60% kobiet powyżej 60 roku życia ma co najmniej jeden objaw DS w badaniu obrazowym [25].

Obecność osteofitów na przednich krawędziach trzonów kręgów i zmian wytwórczych w stawach międzykręgowych może skutkować usztywnieniem kręgosłupa, prowadząc do zmniejszenia obciążenia mechanicznego oraz zaniku kostnego w przedniej części trzonów kręgów predysponując do złamań kompresyjnych [7,26].

Krótkoodcinkowe (< 4 segmentów) usztywnienie kręgosłupa prawdopodobnie ma mniej wyraźny wpływ na jego biomechanikę, jednak zagadnienie to nie zostało szeroko zbadane. W piśmiennictwie znaleźć można jedynie pojedyncze opisy przypadków złamań kręgosłupa przez usztywniony zwyrodnieniowo segment kręgosłupa lub przez nabyty blok kostny o innej etiologii [27].

Konwencjonalne zdjęcia rentgenowskie (RTG), powszechnie dostępne i niedrogie, długo były akceptowane jako podstawowa metoda diagnostyczna złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego pozwalająca ortopedom i neurochirurgom na szybką ocenę ustawienia kręgosłupa. Współczesne wytyczne i rekomendacje prezentują zróżnicowane opinie dotyczące roli RTG w diagnostyce urazów kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego. Wytyczne Koreańskiego Towarzystwa Radiologicznego oraz wytyczne amerykańskie (American College of Radiology Appropriateness Criteria) rekomendują tomografię komputerową (TK) jako metodę pierwszego wyboru u pacjentów z podejrzeniem złamania kręgosłupa niezależnie od mechanizmu urazu [28,29]. Natomiast zalecenia europejskie z 2016 roku i 2023 roku dopuszczają stosowanie RTG jako metody diagnostycznej pierwszego wyboru u pacjentów po niewielkich urazach bez deficytów neurologicznych [30,31].

Opóźnienie w rozpoznaniu złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego ma bardzo istotne znaczenie. Błędna lub opóźniona diagnoza może prowadzić do nieodpowiedniego leczenia, skutkując większą częstością powikłań neurologicznych i niekorzystnymi wynikami odległymi. Na stwierdzone u 15%–41% pacjentów z usztywnionym kręgosłupem opóźnienie rozpoznania wpływają: brak wyraźnej historii urazu, rozbieżności między lokalizacją odczuwanego bólu a rzeczywistym miejscem urazu oraz stosunkowo niewielkie nasilenie bólu nakładające się na uprzednio istniejące już dolegliwości bólowe kręgosłupa [32–35]. Dodatkowo obecność zmian strukturalnych kręgosłupa, takich jak skolioza, pogłębiona kifoza, skostnienie więzadeł kręgosłupa i osteoporoza prowadzą do trudności w identyfikacji złamań i różnicowania przewlekłych deformacji ze świeżymi urazami w RTG [36].

Wobec różnic pomiędzy wytycznymi i rekomendacjami dotyczącymi diagnostyki obrazowej złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego dokonałam oceny skuteczności diagnostycznej RTG w rozpoznaniu złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego.

W opracowaniu szczególny nacisk położyłam na przypadki pacjentów z chorobami usztywniającymi.

Ze względu na brak dostępnych analiz dotyczących pre-DISH w kontekście złamań kręgosłupa i ograniczoną liczbę dostępnych doniesień naukowych analizujących wpływ krótkoodcinkowego usztywnienia kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego na lokalizację i morfologię złamań przeprowadziłam kompleksową ocenę tych zmian w TK kręgosłupa piersiowego i/lub lędźwiowego u pacjentów ze świeżymi urazami. Wykonałam też analizę porównawczą złamań u pacjentów z krótko- i długoodcinkowym usztywnieniem kręgosłupa.

6. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY

Założenie:

Obecność i rodzaj usztywnienia kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego wywierają wpływ na mechanizm i morfologię złamań oraz na skuteczność diagnostyczną wybranych metod obrazowych.

Cele przedstawionej pracy doktorskiej:

1. Ocena lokalizacji i morfologii złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa w zależności od obecności i typu usztywnienia kręgosłupa.
2. Porównanie częstości występowania złamań niestabilnych oraz złamań wielopoziomowych i złamań w wielu regionach u pacjentów z krótko- i długoodcinkowym usztywnieniem kręgosłupa.
3. Ocena skuteczności konwencjonalnych zdjęć rentgenowskich w wykrywaniu świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowych kręgosłupa u pacjentów bez i z chorobami usztywniającymi kręgosłupa przy użyciu tomografii komputerowej jako metody referencyjnej.
4. Analiza wpływu doświadczenia osoby oceniającej na czułość, swoistość i dokładność diagnostyczną zdjęć rentgenowskich.

7. OMÓWIENIE PRAC TWORZĄCYCH CYKL PUBLIKACJI

Postawione cele badawcze zrealizowano w dwóch pracach badawczych, których omówienie przedstawiono poniżej.

Publikacja nr 1 wchodząca w skład cyklu rozprawy doktorskiej

Marlena Bereźniak, Krzysztof Piłat, Grzegorz Benke, Jarosław Czerwiński, Marta Byrdy-Daca, Jan Świątkowski, Katarzyna Sulkowska, Paweł Łęgosz, Marek Gołębiowski, Piotr Palczewski. Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a computed tomography study. Pol J Radiol, 2025; 90: 215-223. doi: <https://doi.org/10.5114/pjr/203852>

Niniejszy artykuł stanowi oryginalną pracę badawczą, której celem była ocena wpływu występowania zmian usztywniających kręgosłupa i ich typu (krótko- i długoodcinkowych) na lokalizację i morfologię złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa.

W pracy dokonano również przeglądu literatury dotyczącej ostrych urazów kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego ze szczególnym uwzględnieniem złamań kręgosłupa w chorobach i nabytych nieoperacyjnych zmianach usztywniających, takich jak rozsiana samoistna hiperostoza szkieletu, zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa, spondyloza zwyrodnieniowa i pourazowe bloki kostne.

Materiał badawczy stanowiła dokumentacja medyczna, w tym badania TK kręgosłupa piersiowego i/lub lędźwiowego pacjentów przyjętych do szpitala akademickiego (ośrodek III stopnia referencyjności, niebędący centrum urazowym) w latach 2014–2020 z powodu świeżych urazów kręgosłupa. Do badania włączono 372 pacjentów, u których wykonano TK kręgosłupa piersiowego i/lub lędźwiowego w ciągu 6 tygodni od urazu. Badania włączone do analizy były zanonimizowane i oceniane przez dwóch doświadczonych radiologów na zasadzie konsensusu pod kątem obecności zmian usztywniających kręgosłupa oraz lokalizacji i typu złamania wg klasyfikacji Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) Spine. Analizowano także dane demograficzne, mechanizm urazu (nisko- lub wysokoenergetyczny) oraz dane kliniczne (m.in. objawy neurologiczne, dolegliwości bólowe, konieczność leczenia szpitalnego).

Pacjentów podzielono na dwie grupy: z usztywnionym kręgosłupem (17.47%) oraz grupę kontrolną bez usztywnienia (82.53%). Pacjenci w grupie z usztywnieniem byli starsi w porównaniu do pacjentów z grupy kontrolnej (średnia wieku 78.70/64.34 lata, mediana 81/68 lat).

Większość pacjentów z usztywnieniem kręgosłupa doznała urazuiskoenergetycznego (58.46%) lub nie zgłaszała żadnego wyraźnego urazu (15.38%). Rozpoznano 607 złamań u 372 pacjentów: 115 (18.95%) w grupie ze usztywnionym kręgosłupem i 492 (81.05%) w grupie kontrolnej.

W obu grupach złamania najczęściej lokalizowały się w okolicy przejścia piersiowo-lędźwiowego (Th12–L1), w grupie z usztywnieniem złamania najczęściej zlokalizowane były w segmencie usztywnionym (46.96%) lub w sąsiednim nieusztywnionym (34.78%). W grupie z usztywnionym kręgosłupem częściej występowały złamania wielopoziomowe (41.54% vs. 30.29%) oraz złamania niestabilne typu B i C (odpowiednio 2.53 i 2.1 razy częściej niż w grupie kontrolnej). Złamania wielopoziomowe i niestabilne występowały niemal wyłącznie u pacjentów z długoodcinkowym (≥ 4 segmentów) usztywnieniem, podczas gdy u pacjentów z krótkoodcinkowym usztywnieniem przeważały jednopoziomowe złamania typu A. Częstość występowania złamań wielopoziomowych w niesąsiadujących segmentach kręgosłupa i złamań w wielu regionach kręgosłupa była odpowiednio 2.1 i 1.76 razy wyższa w grupie z usztywnionym kręgosłupem w porównaniu do grupy kontrolnej.

Na podstawie przedstawionych wyników badania wykazano znaczną liczbę niestabilnych i wielopoziomowych złamań u pacjentów z długoodcinkowym usztywnieniem kręgosłupa, do oceny których jako metody z wyboru należy użyć TK.

Publikacja nr 2 wchodząca w skład cyklu rozprawy doktorskiej

Marlena Bereźniak, Krzysztof Pilat, Jan Niwiński, Marta Byrdy-Daca, Jan Świątkowski, Paweł Łęgosz, Marek Gołębiowski, Piotr Palczewski. Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT. Pol J Radiol 2025; 90: e260-e266. doi: <https://doi.org/10.5114/pjr/204202>

Niniejszy artykuł stanowi oryginalną pracę badawczą, której celem była ocena wartości diagnostycznej RTG w wykrywaniu świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa u pacjentów po urazachiskoenergetycznych przy zastosowaniu TK jako standardu referencyjnego. Dodatkowo badanie miało na celu ocenę wpływu obecności chorób usztywniających kręgosłupa oraz doświadczenia oceniającego na skuteczność diagnostyczną RTG.

W pracy dokonano przeglądu literatury dotyczącej złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa oraz aktualnych międzynarodowych wytycznych diagnostycznych.

Materiał badawczy stanowiły badania RTG i TK kręgosłupa piersiowego i/lub lędźwiowego pacjentów przyjętych do szpitala akademickiego (ośrodek III stopnia

referencyjności, niebędący centrum urazowym) w latach 2014–2020 z powodu świeżych niskoenergetycznych urazów kręgosłupa. Do badania włączono 63 pacjentów, u których wykonano zarówno RTG jak i TK kręgosłupa piersiowego i/lub lędźwiowego, wyodrębniając dwie grupy (z usztywnieniem i bez usztywnienia kręgosłupa) dopasowane pod względem wieku i płci.

Badania TK były zanonimizowane i oceniane przez dwóch doświadczonych radiologów na zasadzie konsensusu pod kątem lokalizacji i typu złamania wg klasyfikacji AO Spine.

Badania RTG były zanonimizowane i oceniane niezależnie przez rezydenta czwartego roku oraz specjalistę radiologii i diagnostyki obrazowej z 10-letnim doświadczeniem w radiologii mięśniowo-szkieletowej. W analizie uwzględniono takie parametry jak czułość, swoistość, dokładność diagnostyczna, wartość predykcyjna oraz zgodność między obserwatorami (współczynnik kappa).

Czułość RTG w wykrywaniu złamań była niska: odpowiednio 44.1% dla rezydenta i 53.6% dla specjalisty, przy wysokiej swoistości (95.5% i 98.8%). Odsetek nierozpoznanych złamań był wyższy u pacjentów z usztywnieniem kręgosłupa (61.2% u rezydenta i 51.0% u specjalisty) niż w grupie bez usztywnienia (odpowiednio 51.0% i 40.0%), a złamania zlokalizowane w odcinku piersiowym były częściej nierozpoznane niż w odcinku lędźwiowym.

Nierozpoznane przez rezydenta złamania obejmowały 10 stabilnych złamań i 20 niestabilnych złamań (u pacjentów z usztywnionym kręgosłupem oraz 6 stabilnych złamań (typ A0-A2) i 11 niestabilnych złamań (10 typu A3-A4 i 1 typu B-C) u pacjentów bez usztywnienia. Nierozpoznane przez specjalistę złamania obejmowały 9 stabilnych złamań (typ A0-A2) i 16 niestabilnych złamań (12 typu A3-A4 i 4 typu B-C) u pacjentów z usztywnionym kręgosłupem oraz 5 stabilnych złamań (typ A0-A2) i 9 niestabilnych złamań (9 typu A3-A4) w grupie bez usztywnienia.

Błędna klasyfikacja złamań ostrych jako przewlekłe deformacje została zidentyfikowana jako ważna przyczyna nierozpoznanych złamań typu A (w 6 przypadkach przez specjalistę radiologa, w 8 przez rezydenta).

Zgodność między obserwatorami w identyfikacji złamań była umiarkowana ($\kappa=0.44$, wskaźnik zgodności 89.7%) w grupie z usztywnieniem kręgosłupem i znaczna ($\kappa=0.67$, wskaźnik zgodności 95.1%) w grupie bez usztywnienia.

Na podstawie wyników badania wykazano, że badania RTG nie mają wystarczającej dokładności diagnostycznej w ocenie świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego

kręgosłupa u pacjentów po urazach niskoenergetycznych, szczególnie w przypadkach obejmujących usztywniony kręgosłup. W związku z tym TK powinna być preferowaną metodą diagnostyczną, zwłaszcza w przypadkach podejrzenia złamania u pacjentów z usztywnieniem kręgosłupa lub z przewlekłymi deformacjami kręgów. W ocenie RTG kręgosłupa lędźwiowego szczególną uwagę należy zwrócić na objęty badaniem odcinek kręgosłupa piersiowego.

Original paper

Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a computed tomography study

Marlena Bereźniak^{1,A,B,C,D,E,F}, Krzysztof Piłat^{1,B,C,D}, Grzegorz Benke^{2,C,D,E}, Jarosław Czerwiński^{3,B}, Marta Byrdy-Daca^{1,E,F}, Jan Świątkowski^{2,A}, Katarzyna Sułkowska^{1,D,E}, Paweł Łęgosz^{2,D,E}, Marek Gołębiowski^{1,E}, Piotr Palczewski^{1,A,B,D,E,F}

¹1st Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, Poland

²Department of Orthopaedics and Traumatology of the Locomotor System, Medical University of Warsaw, Poland

³Department of Emergency Medicine, Medical University of Warsaw, Poland

Abstract

Purpose: To assess the influence of long- and short-segment spinal ankylosis on the characteristics and course of acute thoracolumbar fractures.

Material and methods: Computed tomography (CT) studies of 372 patients who were diagnosed with acute thoracolumbar spine fracture in our hospital between 2014 and 2020 were retrospectively reviewed. Demographic data, presence or absence of rigid spine conditions, location, and fracture morphology according to the *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) spine classification were assessed. Statistical analysis was performed using the χ^2 test.

Results: A total of 65 patients with fractures through ankylosed segment or immediately adjacent segment (rigid spine group) and 307 controls were identified. Most rigid spine patients suffered minor trauma. In both groups most of the fractures were located in the thoracolumbar junction, and type A1 fractures were most common, followed by types A3 and A4. Multilevel fractures were more common in rigid spine patients (41.54% vs. 30.29%). Most of the rigid spine fractures (46.96%) were located within the fused spinal segment, with the midportion of the fused spinal segment being the most common location of types B and C fractures. Long-segment fusion was associated with unstable type B and C fractures. In short-segment fusion, single level type A fractures were most common. Spinal cord injury occurred only in patients with delayed diagnosis.

Conclusions: When plain films are used as a first-line diagnostic test for thoracolumbar spine trauma in stable patients without abnormal neurological signs or symptoms, and long-segment spinal ankylosis is observed, thoracolumbar CT should be used for further evaluation.

Key words: rigid spine, ankylosis, thoracolumbar trauma, spine trauma, minor trauma, computed tomography.

Introduction

Rigid spine refers to congenital or acquired ankylosis of spinal elements. Degenerative spondylosis (DS), disseminated idiopathic skeletal hyperostosis (DISH), and ankylosing spondylitis (AS) are the most common ankylosing spinal diseases (ASDs). DS is the most widespread spinal condition, with an estimated 95% of men and 70%

of women over 60 years old showing at least one feature of spinal arthritis on imaging [1]. The prevalence of DISH in people over 50 years of age is estimated at 25% in men and 15% in women [2]. AS, which typically begins before age 30 years, has a significantly lower prevalence (between 0.1% and 1.4%) [3]. Before the systematic analysis by Westerveld *et al.* [4], the literature on fractures in rigid spines mostly consisted of case reports and series.

Correspondence address:

Marlena Bereźniak, 1st Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, 5 Chałubińskiego St., 02-004 Warsaw, Poland,
e-mail: marlena.berezniak@gmail.com

Authors' contribution:

A Study design · B Data collection · C Statistical analysis · D Data interpretation · E Manuscript preparation · F Literature search · G Funds collection

Westerveld's study highlighted the distinct course of spinal fractures in patients with DISH and AS [4]. These patients more often experience fractures after minor trauma, have unstable fractures, and are more likely to suffer medical complications [4]. Both DISH and AS cause long-segment spinal ankylosis, significantly altering spinal biomechanics [4,5]. In DISH, ligament ossification causes bony bridging of multiple vertebral bodies, particularly at the T7 to T11 levels [6]. In AS, inflammation promotes syndesmophyte formation and apophyseal joint ankylosis, ultimately leading to a completely ankylosed spine [7,8]. Conditions causing short-segment ankylosis supposedly have a less pronounced effect on spinal biomechanics, but this has not been studied as extensively. Reports of fractures associated with block vertebrae are scarce [9]. A concept of early DISH (pre-DISH) has been introduced to define spinal changes that fall short of meeting Resnick's criteria; however, with time they are bound to progress to DISH [10].

To the best of our knowledge, the effect of pre-DISH on spinal susceptibility to trauma has not been investigated. Finally, despite its high prevalence, advanced DS has mostly been discussed in the context of cord injury without radiologic abnormality, rather than fracture characteristics [11].

At our tertiary referral non-trauma centre, complications from minor trauma in elderly patients are commonly encountered. Thoracolumbar fractures are prevalent in this population and are prone to being overlooked by clinicians and radiologists [12,13]. Many of these patients have rigid spine conditions. To prevent missing occult spinal fractures in this population, early-stage computed tomography (CT) scanning has been encouraged at our institution. The main purpose of this study was to assess the impact of different types of spinal ankylosis (both long- and short-segment) on the morphology and course of acute thoracolumbar fractures and, based on the results, to reevaluate the diagnostic algorithm.

Material and methods

This is a retrospective, Institutional Ethics Committee-approved study (AKBE/188/2022) of acute thoracolumbar

fractures in patients admitted to the emergency department (ED) of our academic tertiary non-trauma referral centre hospital between January 2014 and December 2020. Informed patient consent was waived due to the retrospective nature of the study.

Study group identification

Patients were identified by searching CT reports for the following phrases: acute fracture, fracture, thoracic spine, lumbar spine, thoracolumbar spine.

The inclusion criteria were as follows: acute thoracolumbar fractures other than isolated spinous or transverse process fractures and available fully diagnostic CT scans. Fractures were classified as acute when diagnosed within 6 weeks of a traumatic event, provided cortical disruption or impaction of the trabeculae and/or thickening of prevertebral soft tissues were present [14].

The exclusion criteria were as follows: chronic fractures with signs of remodeling, pathological fractures, insufficiency fractures other than osteoporotic, and history of prior spine surgery.

Patients were divided into a rigid spine group with fractures involving ankylosed or adjacent non-ankylosed spinal segments (intervertebral disc and vertebra located immediately above or below the ankylosed segment) and a control group without spinal ankylosis or with fractures involving only distant non-ankylosed spinal segments.

Patients in the rigid spine group were further divided into DISH, pre-DISH, AS, DS, and block vertebrae subgroups. The diagnoses of DISH and pre-DISH were made according to Resnick and Kuperus criteria [15,16] (Table 1). All patients with AS had a pre-established diagnosis. The DS group comprised patients without features of DISH/AS, who had bridging osteophytes or facet joint ankylosis associated with loss of intervertebral disc height and facet joint osteoarthritis. Spinal ankylosis was further classified as either short (< 4 vertebrae) or long segment (≥ 4 vertebrae).

Data analysis

Patient characteristics: The age and sex of all patients in the rigid spine and control groups were recorded. The medi-

Table 1. Criteria for the diagnosis of DISH and pre-DISH (early DISH)

Resnick and Niwayama criteria for the diagnosis of DISH
Flowing ossification along the anterolateral margins of at least 4 adjacent vertebral bodies AND
Relative preservation of intervertebral disk height of the involved segments without associated signs of degenerative disk changes AND
Absence of apophyseal joint ankylosis and inflammatory changes of the sacroiliac joint
Kuperus criteria for the diagnosis of pre-DISH (early DISH)
Segment with a complete bone bridge with an adjacent segment of at least a near-complete bone bridge AND
Another adjacent segment with at least the presence of newly formed bone OR
At least 3 adjacent segments with a near-complete bone bridge

cal records of rigid spine patients were analysed for trauma mechanism, presenting symptoms, neurological status, and course of treatment.

Computed tomography: Due to the retrospective nature of the study, CT scanning protocols varied. However, all scans had a maximum slice thickness of 2.0 mm, were reconstructed using bone and soft tissue algorithms, and included multiplanar reformations.

Consensus reading of CT scans was performed by 2 radiologists with more than 10 years of experience in musculoskeletal radiology, who classified fractures according to the *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) thoracolumbar classification system [17]. Furthermore, fractures were classified as single- or multilevel (contiguous and noncontiguous) and involving multiple spinal regions. As previously suggested, the following regions were distinguished: thoracic, lumbar, and thoracolumbar junction (T11 to L1) [18,19].

Statistical analysis

Statistica 13.3 software (StatSoft, Inc., Tulsa, US) was used for statistical analysis. The age of patients was described using the statistical measures mean, median, and interquartile range, because it did not match normal distribution. The control and rigid spine groups were compared using the χ^2 test, and statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Patient characteristics

Out of 372 patients who met the inclusion criteria (Figure 1), 65 (17.47%) were placed in the rigid spine group (33 with DISH, 13 pre-DISH, 11 DS, 3 AS, 5 block vertebrae), and 307 (82.53%) in the control group (Table 2). Patients in the rigid spine group were older compared to controls: mean 78.70/64.34 years, median 81/68 years, interquartile range 9 (85-76)/32.5 (82.5-50), respectively.

All patients with DISH and AS had long-segment ankylosis. Short-segment ankylosis was present in all pa-

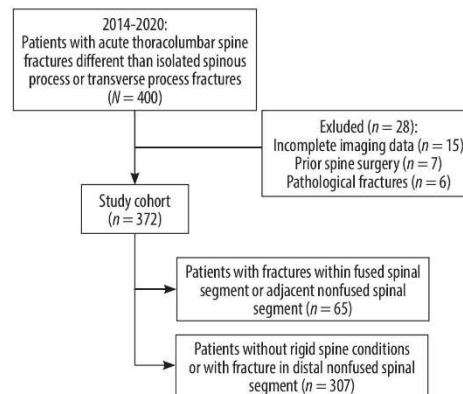


Figure 1. Flowchart of cohort identification

tients with pre-DISH (by definition), block vertebrae, and all but 2 patients with DS (one with 6-level and the other with 5-level ankylosis due to a combination of bridging osteophytes and facet joint ankylosis).

Among the rigid spine patients, 10 (15.38%) reported no recent trauma, 38 (58.46%) suffered low-energy trauma, and 17 (26.15%) reported high-energy trauma. Three patients had a GCS score of 12: one with schizophrenic psychosis and 2 with alcohol intoxication. Two patients exhibited Frankel grade D neurologic deficits, both with delayed diagnoses (by 28 and 63 days). Forty-eight rigid spine patients (72.31%) reported spinal pain at presentation (Table 3). One patient was pain-free and presented with dyspnoea. In 3 patients with GCS 12, pain location could not be established.

Of the 44 (67.69%) hospitalised patients, 25 (56.82%) underwent surgery. Eight were hospitalised for non-orthopaedic reasons, and 11 for pain management. During hospitalisation, 2 patients died of acute coronary syndrome during non-surgical stays and one from a cardiopulmonary event within one week after surgery. No patients developed new neurological deficits during hospitalisation.

Table 2. Demographic characteristics of patients in the rigid spine and control groups

Parameter	Rigid-spine group						Controls	p-value
	DISH	Pre-DISH	DS	Block vertebrae	AS	Total		
Number of patients (% female)	33 (54.55)	13 (69.23)	11 (54.55)	5 (60.00)	3 (33.33)	65 (56.92)	307 (58.96)	0.762
Mean age								
Total	80.45	77.31	76.55	79.80	71.67	78.70	64.34	0.139
Female	81.88	79.11	77.33	86.33	84.00	80.89	73.33	0.458
Male	78.73	73.25	75.60	70.00	65.50	75.82	51.42	0.006

AS – ankylosing spondylitis, ASD – ankylosing spinal diseases, DISH – disseminated idiopathic skeletal hyperostosis, DS – degenerative spondylosis

Table 3. Pain location in rigid spine patients

Region	Number (%)
Spine (total)	48 (73.85)
Thoracic	4 (8.33)
Lumbar	35 (72.92)
Thoracic and lumbar	9 (18.75)
Extra spinal location	13 (20.00)

CT fracture characteristics

CT was performed within 24 hours after trauma in 58 patients (92.06%). In 7 patients, the mean diagnostic delay was 21.71 days (range 3-63 days) due to minor initial pain ($n = 5$), pain in another region ($n = 1$), or an unrecognised fracture on the initial radiograph ($n = 1$). In 5 cases, the delay was patient related, and in 2 it was doctor related.

Overall, 607 fractures were recorded in 372 patients: 115 (18.95%) in the rigid spine group and 492 (81.05%) in the controls. Most fractures in both groups involved the thoracolumbar junction, with L1 being the most commonly affected level, followed by T12 and L2 (Figure 2).

Multilevel fractures occurred in 27 (41.54%) rigid spine patients and 93 (30.29%) controls (Table 4). A statistically significant higher incidence of single level ($p = 0.039$) and multilevel non-contiguous ($p = 0.016$) fractures were

in rigid spine group compared to controls. Statistically significantly more patients with rigid spine displayed fractures in multiple spinal regions ($p = 0.017$). The frequency of multilevel noncontiguous fractures and fractures in multiple spinal regions was 2.1 and 1.76 times higher in the rigid spine group.

Most rigid spine fractures (46.96%) were located within the ankylosed spinal segment, while 40 (34.78%) were in an adjacent non-ankylosed segment, with the lower segment most commonly affected. All type C and all but one type B fractures were located in the mid-portion of the ankylosed segment. Additional fractures in a distant non-ankylosed segment (18.26%) were identified with a mean distance of 2.14 vertebral bodies (range 1-6) from the ankylosed segment.

Type A fractures were most common in both groups (Table 5). In rigid spine patients, 14 fractures were type B (1 B1, 6 B2, 7 B3), with 3 purely transdiscal (all B3). Only 2 rigid spine patients and 3 controls had type C fractures. Fracture types differed significantly between the rigid spine and control groups ($p = 0.0015$). B and C fractures were 2.53 times more frequent in the rigid spine group. Multilevel and unstable (type B and C) fractures were seen almost exclusively in patients with long-segment ankylosis, while single-level type A fractures prevailed in short-segment ankylosis patients. In 5 rigid spine patients, there was a discrepancy between spinal pain location and the fracture level on CT.

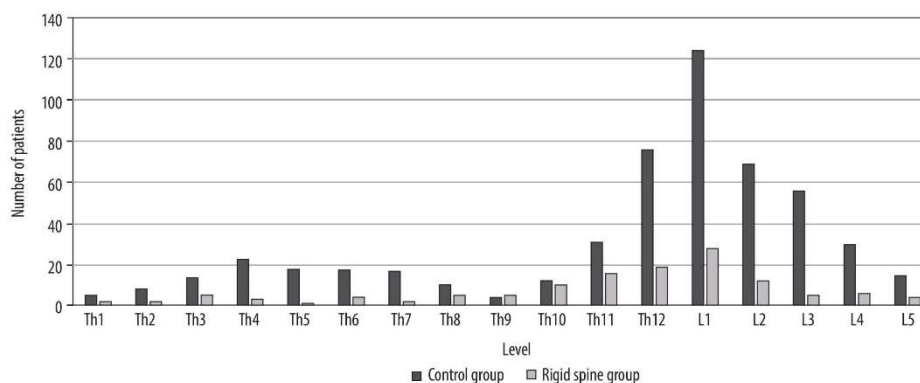

Figure 2. Fracture distribution in rigid spine patients and controls

Table 4. Fracture patterns in the rigid spine and control groups

Fracture type (number of patients)	Rigid spine group			Controls (%)	p-value
	Long-segment fusion (≥ 4 levels)	Short-segment fusion (< 4 levels)	Total (%)		
Single level	20	18	38 (58.46)	214 (69.71)	0.039
Multilevel contiguous	8	6	14 (21.54)	61 (19.87)	0.380
Multilevel non-contiguous	10	3	13 (20.00)	32 (10.42)	0.016
Multiple regions	12	4	16 (24.62)	43 (14.01)	0.017

Table 5. Fracture morphology according to the Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) classification

Fracture type (number of fractures)	Rigid spine group									Control, <i>n</i> (%)
	Long-segment fusion (≥ 4 levels)				Short-segment fusion (< 4 levels)				Total, <i>n</i> (%)	
	DISH	AS	DS	Total	Pre-DISH	Block vertebrae	DS	Total		
A0	7	0	0	7	1	0	4	5	12 (10.43)	44 (8.94)
A1	23	3	0	26	5	3	5	13	39 (33.91)	205 (41.67)
A2	0	0	0	0	0	0	1	1	1 (0.87)	5 (1.02)
A3	10	2	2	14	6	1	5	12	26 (22.61)	119 (24.19)
A4	12	0	0	12	4	1	4	9	21 (18.26)	92 (18.70)
B1	1	0	0	1	0	0	0	0	1 (0.87)	1 (0.20)
B2	3	1	0	4	2	0	0	2	6 (5.22)	22 (4.47)
B3	5	1	1	7	0	0	0	0	7 (6.09)	1 (0.20)
C	0	2	0	2	0	0	0	0	2 (1.74)	3 (0.61)

AS – ankylosing spondylitis, ASD – ankylosing spinal diseases, DISH – disseminated idiopathic skeletal hyperostosis, DS – degenerative spondylosis

Discussion

In nearly one-fifth of the patients in our study, fractures involved an ankylosed or adjacent spinal segment. In these patients, we noted a significantly higher incidence of unstable and multilevel fractures, mainly attributable to long-segment spinal ankylosis. In the rigid spine group, all but one hyperextension fracture (type B3) were related to DISH (Figure 3), while translation injuries (type C) occurred only in AS. A single hyperextension fracture that was not DISH related was seen in a DS patient with long-segment DISH-like ankylosis, where facet joint an-

kylosis precluded a DISH diagnosis. These findings align with previous studies. In 2009, Westerveld *et al.* reviewed fractures in AS and DISH patients, revealing that most thoracolumbar fractures were hyperextension fractures (71.4% in DISH and over 93.7% in AS) [4].

Subsequent studies confirmed the high incidence of hyperextension fractures in AS and DISH patients and noted that type C fractures are rare in non-ankylosed spines and more associated with AS than DISH [20-25]. The tendency for unstable fractures is explained by comparing an ankylosed spine to a long lever arm transmitting stress to vertebrae at the ankylosis margins or a long

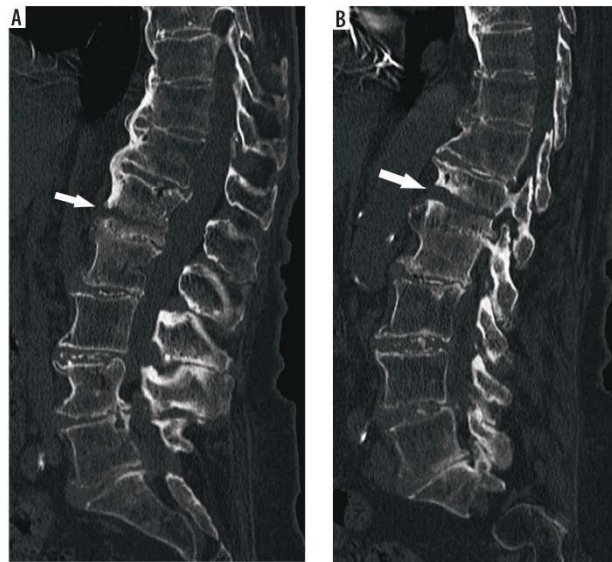


Figure 3. Hyperextension fracture in 92-year-old women with disseminated idiopathic skeletal hyperostosis after a fall from standing height. (A) Midline and (B) paramidline sagittal CT images show a transverse transvertebral distraction fracture of L1 (arrows) with preservation of the posterior spinal elements

bone fracturing in its midportion. Mixed results regarding the location of rigid spine fractures in previous studies suggest both theories are valid [26-29].

In our study, almost all type B and C fractures occurred in the midportion of the ankylosed segment, while compression fractures (type A) were more common at its caudal end. We observed a significantly higher proportion of type A fractures in rigid spine patients than previously reported; however, previous studies often included cases with cervical fractures, which are often purely transdiscal and, most importantly, did not include cases with short-segment ankylosis [4,20,21,30,31]. In the latter group, we found almost exclusively type A fractures. In the pre-DISH subgroup, we observed 2 type B2 fractures but no hyperextension fractures, suggesting that early DISH affects spinal mechanics differently than fully developed disease. In the remaining short-segment ankylosis patients, only type A fractures were observed. Overall, short-segment ankylosis does not seem to alter spinal mechanics sufficiently to promote complicated distraction/translation injuries.

The incidence of multilevel fractures (41.54%) in rigid spine patients in our study was substantially higher than previously reported (3.5-22.0%), even when compared to a study using whole-spine CT as a reference standard [21,31-35]. This suggests that a cohort study using cross-

sectional imaging is still needed to estimate the true incidence of multilevel fractures in patients with spinal ankylosis. Multilevel fractures were more common in patients with long-segment ankylosis (Figures 4 and 5).

The low incidence of associated spinal cord injury (SCI) in rigid spine patients in our study sharply contrasts with previous reports of SCI rates from 38% to 97% [28,36-43]. However, most earlier studies analysed cervical and thoracolumbar fractures together, with the former being a known risk factor for SCI [25,30]. In a study by Caron *et al.* [21], 75% of cervical fractures were associated with SCI, compared to 33% of thoracic fractures. Many previous reports were also short case series, making selection bias likely [28,39,40,42,43]. Recent studies report lower SCI rates (9.2-35.1%), but still higher than in our study [18,30,33,34]. This discrepancy is probably due to 2 factors: pre-hospital patient triage and a policy of early use of CT in older patients with spinal trauma advocated in our institution, which reduced the number of delayed diagnoses. Moreover, another spinal cord injury centre in our area receives patients with overt neurological deficits. Most patients in our study suffered minor trauma or spontaneous fractures, with neurological deficits occurring only in patients with delayed diagnoses. In a study by Balling *et al.* [18], neurological complications did not occur in acute low-energy injuries. Diagnosis was delayed



Figure 4. Hyperextension fracture in 56-year-old man with disseminated idiopathic skeletal hyperostosis after high-energy trauma. (A) Sagittal CT image shows fracture (arrow) through T8 vertebral body extending into T8-T9 intervertebral disc (discovertebral fracture) with preservation of the posterior spinal elements. (B) Coronal CT MIP image through the lumbar spine shows additional fractures of right transverse processes of L1 and L2 (arrowheads)



Figure 5. Multilevel noncontiguous hyperextension fractures in 73-year-old man with ankylosing spondylitis after a fall from standing height. (A) Sagittal CT image of thoracolumbar spine shows hyperextension fractures (arrows) through the T10-T11 and T12-L1 disc spaces (transdiscal fractures) extending to the ankylosed facet joints and an ossified supraspinous ligament (arrowheads). (B) Sagittal STIR MRI confirms the presence of a 3-column fracture showing fractures through the ankylosed T10-T11 and T12-L1 facet joints (arrows)

in only 8% of rigid spine patients in our study, lower than in previous reports (19–50%) [32]. Delayed diagnosis is a known risk factor for SCI [21,30,32,44]. Caron *et al.* [21] observed that delayed diagnosis occurred mainly in non-displaced fractures after trivial injuries and was associated with an 81% likelihood of neurological worsening. Reportedly, thoracolumbar fractures have higher diagnostic delay rates than cervical fractures, often progressing from neurologically intact to paralysed, especially when doctor-related delay is involved [44]. Delayed neurological deficits can occur days to months after the initial injury [30].

Our study has limitations: a moderate study group size and potential selection bias from pre-hospital patient triage. Additionally, few patients underwent magnetic resonance imaging (MRI), so the impact of this modality on treatment cannot be addressed. Nonetheless, we believe our findings and previous studies justify emphasising that among patients with rigid spine fractures, there is a subgroup of neurologically intact minor trauma patients with unstable fractures, who are at risk of delayed neurological worsening. An appropriate diagnostic algorithm is crucial to prevent complications in patients after thoracolumbar trauma; however, protocols suggested in the literature vary. There is a general agreement that hemodynamically stable patients with multiple injuries, should undergo whole-body contrast enhanced CT, which allows for the assessment of both internal organs and bones [45]. The main differences apply to minor trauma patients: US trauma protocols and recent Korean guidelines recommend using CT regardless of trauma mechanism due to the low diagnostic accuracy of plain films, while European guidelines do not preclude using radiographs as the first-line diagnostic study in stable patients without neurological deficits [45–48]. Standing radiographs are especially useful for the assessment of spinal curvatures for surgical decision-making in the early phase during patient admission or early follow-up of conservative treatment, providing more reliable estimation than supine CT [45]. The German Society for Orthopaedics and Trauma 2018 guidelines, which specifically address fractures in ASDs, recommend a 2-step diagnostic process starting with plain films and targeted CT, followed by whole-spine CT

or MRI when a fracture is confirmed [49]. This approach has been criticised as time-inefficient and burdened with unnecessary radiation by Lantsman *et al.* [35], who recommended whole-spine CT in all DISH patients after minor trauma, except those with unspecified pain locations. They found that applying a targeted CT approach to their study group would have missed 57% of acute fractures due to discrepancies between patients' symptoms and fracture location [35]. Our results, with a high incidence of unstable and multilevel fractures, also support long CT scans in patients with ASDs. However, in 20% of our patients, spinal complaints were masked by pain in another location (Table 3). Finally, like Katoh *et al.* [44], we observed that a significant number of patients reported no apparent injury episode. Therefore, we suggest at least thoracolumbar CT in neurologically intact patients with long-segment spinal ankylosis (≥ 4 vertebrae): 1) after any relevant trauma (major trauma, fall from standing height), even if the spine is painless; and 2) when the spine is painful, even if there is no trauma history. If ASD is known beforehand, plain film imaging may be omitted. In patients with short-segment ankylosis, compression fractures are most likely, and plain films should suffice for initial treatment planning in most cases.

Conclusions

We observed a significant number of unstable and multilevel fractures in neurologically intact patients with long-segment spinal ankylosis. When plain films are used as initial diagnostic test for suspected thoracolumbar trauma and long-segment spinal ankylosis (≥ 4 segment) is observed, thoracolumbar CT should be used for further evaluation.

Disclosures

1. Institutional review board statement: The study was approved by the Institutional Ethics Committee (approval number: AKBE/188/2022).
2. Assistance with the article: None.
3. Financial support and sponsorship: None.
4. Conflict of interest: None.

References

1. Lindsey T, Dydyk AM. Spinal Osteoarthritis. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
2. Weinfeld RM, Olson PN, Maki DD, Griffiths HJ. The prevalence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) in two large American Midwest metropolitan hospital populations. *Skeletal Radiol* 1997; 26: 222–225.
3. Braun J, Sieper J. Ankylosing spondylitis. *Lancet* 2007; 369: 1379–1390.
4. Westerveld LA, Verlaan JJ, Oner FC. Spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders: a systematic review of the literature on treatment, neurological status and complications. *Eur Spine J* 2009; 18: 145–156.
5. Rustagi T, Drazin D, Oner C, York J, Schroeder GD, Vaccaro AR, et al. Fractures in spinal ankylosing disorders: a narrative review of disease and injury types, treatment techniques, and outcomes. *J Orthop Trauma* 2017; 31: S57–S74.
6. Belanger TA, Rowe DE. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: musculoskeletal manifestations. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; 9: 258–267.

7. Jang JH, Ward MM, Rucker AN, Reveille JD, Davis JC Jr, Weisman MH, et al. Ankylosing spondylitis: patterns of radiographic involvement – a re-examination of accepted principles in a cohort of 769 patients. *Radiology* 2011; 258: 192-198.
8. Ostergaard M, Lambert RG. Imaging in ankylosing spondylitis. *Ther Adv Musculoskelet Dis* 2012; 4: 301-311.
9. Woo JY, Pee YH, An Y, Lim JH, Jang IT. A case of acute compression fracture in block vertebra. *Spine J* 2016; 16: e189-e190. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.10.010.
10. Kuperus JS, Buckens CF, Šprem J, Oner FC, de Jong PA, Verlaan JJ. The natural course of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis in the thoracic spine of adult males. *J Rheumatol* 2018; 45: 1116-1123.
11. Szwedowski D, Walecki J. Spinal Cord Injury without Radiographic Abnormality (SCIWORA) – clinical and radiological aspects. *Pol J Radiol* 2014; 79: 461-464.
12. Old JL, Calvert M. Vertebral compression fractures in the elderly. *Am Fam Physician* 2004; 69: 111-116.
13. Lenchik L, Rogers LF, Delmas PD, Genant HK. Diagnosis of osteoporotic vertebral fractures: importance of recognition and description by radiologists. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 949-958.
14. Panda A, Das CJ, Baruah U. Imaging of vertebral fractures. *Indian J Endocrinol Metab* 2014; 18: 295-303.
15. Kuperus JS, Oudkerk SE, Foppen W, Mohamed Hoessein FA, Gielis WP, Waalwijk J, et al. Criteria for early-phase diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: development and validation. *Radiology* 2019; 291: 420-426.
16. Resnick D, Niwayama G. Radiographic and pathologic features of spinal involvement in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH). *Radiology* 1976; 119: 559-568.
17. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38: 2028-2037.
18. Balling H, Weckbach A. Hyperextension injuries of the thoracolumbar spine in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015; 40: E61-E67. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000676.
19. Maigne R. Pain syndromes of the thoracolumbar junction: a frequent source of misdiagnosis. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1997; 8: 87-100.
20. Westerveld LA, van Bemmel JC, Dhert WJ, Oner FC, Verlaan JJ. Clinical outcome after traumatic spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders compared with control patients. *Spine J* 2014; 14: 729-740.
21. Caron T, Bransford R, Nguyen Q, Agel J, Chapman J, Bellabarba C. Spine fractures in patients with ankylosing spinal disorders. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35: E458-E464. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181cc764f.
22. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: a meta-analysis. *J Orthop* 2016; 13: 383-388.
23. Shah NG, Keraliya A, Harris MB, Bono CM, Khurana B. Spinal trauma in DISH and AS: is MRI essential following the detection of vertebral fractures on CT? *Spine J* 2021; 21: 618-626.
24. Vazan M, Ryang YM, Barz M, Török E, Gempt J, Meyer B. Ankylosing spinal disease-diagnosis and treatment of spine fractures. *World Neurosurg* 2019; 123: e162-e170. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.108.
25. Ren C, Zhu Q, Yuan H. Imaging features of spinal fractures in ankylosing spondylitis and the diagnostic value of different imaging methods. *Quant Imaging Med Surg* 2021; 11: 2499-2508.
26. Murakami Y, Mashima N, Morino T, Fukuda T, Iwase M, Hino M, et al. Association between vertebral fracture and diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019; 44: E1068-E1074. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003151.
27. Mac Millan M, Stauffer ES. Traumatic instability in the previously fused cervical spine. *J Spinal Disord* 1991; 4: 449-454.
28. Paley D, Schwartz M, Cooper P, Harris WR, Levine AM. Fractures of the spine in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 267: 22-32.
29. Taljanovic MS, Hunter TB, Wisneski RJ, Seeger JF, Friend CJ, Schwartz SA, et al. Imaging characteristics of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis with an emphasis on acute spinal fractures: review. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 193 (3 Suppl): S20-S24.
30. Teunissen FR, Verbeek BM, Cha TD, Schwab JH. Spinal cord injury after traumatic spine fracture in patients with ankylosing spinal disorders. *J Neurosurg Spine* 2017; 27: 709-716.
31. Hendrix RW, Melany M, Miller F, Rogers LF. Fracture of the spine in patients with ankylosis due to diffuse skeletal hyperostosis: clinical and imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 162: 899-904.
32. Okada E, Yoshii T, Yamada T, Watanabe K, Katsumi K, Hiyama A, et al. Spinal fractures in patients with Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: a nationwide multi-institution survey. *J Orthop Sci* 2019; 24: 601-606.
33. Lukasiewicz AM, Bohl DD, Varthi AG, Basques BA, Webb ML, Samuel AM, et al. Spinal fracture in patients with ankylosing spondylitis: cohort definition, distribution of injuries, and hospital outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016; 41: 191-196.
34. Kandregula S, Birk HS, Savardekar A, Newman WC, Beyl R, Trosclair K, et al. Spinal fractures in ankylosing spondylitis: patterns, management, and complications in the United States – analysis of latest nationwide inpatient sample data. *Neurospine* 2021; 18: 786-797.
35. Dan Lantsman C, Barkay G, Friedlander A, Barbi M, Stern M, Eshed I. Whole spine CT scan for the detection of acute spinal fractures in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis patients who sustained low-energy trauma. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020; 45: 1348-1353.
36. Einsiedel T, Schmelz A, Arand M, Wilke HJ, Gebhard F, Hartwig E, et al. Injuries of the cervical spine in patients with ankylosing spondylitis: experience at two trauma centers. *J Neurosurg Spine* 2006; 5: 33-45.
37. Meyer PR, Jr. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis in the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 359: 49-57.
38. Rowed DW. Management of cervical spinal cord injury in ankylosing spondylitis: the intervertebral disc as a cause of cord compression. *J Neurosurg* 1992; 77: 241-276.
39. Trent G, Armstrong GW, O'Neil J. Thoracolumbar fractures in ankylosing spondylitis. High-risk injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 227: 61-66.
40. Hitchon PW, From AM, Brenton MD, Glaser JA, Torner JC. Fractures of the thoracolumbar spine complicating ankylosing spondylitis. *J Neurosurg* 2002; 97: 218-222.
41. Olerud C, Frost A, Bring J. Spinal fractures in patients with ankylosing spondylitis. *Eur Spine J* 1996; 5: 51-55.

42. Burkus JK, Denis F. Hyperextension injuries of the thoracic spine in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. Report of four cases. *J Bone Joint Surg Am* 1994; 76: 237-243.
43. Grisolia A, Bell RL, Peltier LF. Fractures and dislocations of the spine complicating ankylosing spondylitis: a report of six cases. 1967. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 422: 129-134.
44. Katoh H, Okada E, Yoshii T, Yamada T, Watanabe K, Katsumi K, et al. A comparison of cervical and thoracolumbar fractures associated with diffuse idiopathic skeletal hyperostosis-a nationwide multicenter study. *J Clin Med* 2020; 9: 208. DOI: 10.3390/jcm9010208.
45. Wendt K, Nau C, Jug M, Pape HC, Kdolsky R, Thomas S, et al. ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures: January 2023. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2024; 50: 1261-1275.
46. National Clinical Guideline Centre (UK). Spinal Injury: Assessment and Initial Management. National Institute for Health and Care Excellence (NICE), London 2016.
47. Lee GY, Hwang JY, Kim NR, Kang Y, Choi M, Kim J, et al. Primary imaging test for suspected traumatic thoracolumbar spine injury: 2017 Guidelines by the Korean Society of Radiology and National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency. *Korean J Radiol* 2019; 20: 909-915.
48. Beckmann NM, West OC, Nunez D Jr, Kirsch CFE, Aulino JM, Broder JS, et al. ACR Appropriateness Criteria® Suspected Spine Trauma. *J Am Coll Radiol* 2019; 16: S264-S285.
49. Reinhold M, Knop C, Kneitz C, Disch A. Spine fractures in ankylosing diseases: recommendations of the spine section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J* 2018; 8 (2 Suppl): 56S-68S.

Original paper

Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT

Marlena Bereźniak^{1,A,B,C,D,E,F}, Krzysztof Piłat^{1,B,C,D}, Jan Niwiński^{1,B}, Jan Świątkowski^{2,A}, Marta Byrdy-Daca^{1,E,F},
Paweł Łęgosz^{2,D,E}, Marek Gołębiowski^{1,A,D,E,F}, Piotr Palczewski^{1,A,C,D,E,F}

¹1st Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, Poland

²Department of Orthopaedics and Traumatology of the Locomotor System, Medical University of Warsaw, Poland

Abstract

Purpose: To evaluate the diagnostic value of X-ray in detecting acute thoracolumbar (TL) fractures in minor trauma patients, using computed tomography (CT) as the reference standard, and to assess the impact of rigid spine conditions and reader experience on performance.

Material and methods: This retrospective single-centre study included patients with acute TL fractures from minor trauma between July 2014 and December 2020, who underwent both X-ray and CT. On CT, the presence or absence of rigid spine conditions, location, and fracture morphology were assessed. Two independent readers (a radiology resident and an attending radiologist) evaluated the radiographs, blinded to CTs. Sensitivity, specificity, and accuracy were calculated, and interobserver agreement was assessed using Cohen's κ coefficient.

Results: Sixty-three patients (32 with rigid spines, 31 without) with 84 fractures were included. The resident radiologist showed lower diagnostic accuracy than the attending radiologist, with more false positives in the rigid-spine group. In both groups, unrecognised fractures were more common for the resident radiologist (61.2% in rigid-spine patients and 48.6% in non-rigid-spine patients) compared to the attending radiologist (51.0% and 40.0%, respectively). Thoracic fractures were more frequently missed than lumbar fractures. Interobserver agreement was moderate ($\kappa = 0.44$) in the rigid-spine group and substantial ($\kappa = 0.67$) in the non-rigid-spine group.

Conclusions: Radiographs cannot reliably exclude unstable TL fractures in minor trauma patients. Attention should be paid to the lower thoracic region when evaluating lumbar radiographs.

Key words: MDCT, fracture, radiograph, thoracolumbar spine, rigid spine, minor trauma.

Introduction

The thoracolumbar region (T11-L1) is the most frequently injured area of the spine, with a 6.9% incidence of fractures and fracture-dislocations in blunt trauma patients [1]. The annual incidence of thoracolumbar (TL) fractures is approximately 30 per 100,000 individuals when osteoporotic fractures are included [2]. In young individuals, TL fractures are most often due to motor vehicle collisions and high-energy falls, while low-energy trauma

is responsible for most fractures in elderly people [1,2]. The prevalence of these injuries is increasing, and they are associated with a relatively high mortality rate among older men [2].

TL fractures can be difficult to diagnose on clinical examination alone – only 48% to 75% of clinically significant injuries are identified during a physical exam [3,4]. Plain radiographs (X-rays), which are widely available and inexpensive, have long been accepted as a primary diagnostic tool for detecting TL fractures, mainly because

Correspondence address:

Marlena Bereźniak, 1st Department of Clinical Radiology, Medical University of Warsaw, Poland, e-mail: marlena.berezniak@gmail.com

Authors' contribution:

A Study design · B Data collection · C Statistical analysis · D Data interpretation · E Manuscript preparation · F Literature search · G Funds collection

they allow spinal surgeons to quickly assess spinal alignment. However, recent guidelines provide differing recommendations regarding the role of X-ray in diagnosing TL fractures. Both the NICE (2016) and ESTES (2023) guidelines allow for the use of plain radiographs as a first-line diagnostic tool in stable minor trauma patients without neurological abnormalities [5,6]. In contrast, trauma protocols in the United States and the Korean guidelines (2017) recommend performing computed tomography (CT) regardless of the trauma mechanism, due to the low diagnostic accuracy of plain radiographs [7,8]. Several studies have reported low sensitivities of X-ray for detecting TL fractures, as well as difficulties in distinguishing burst from compression fractures [9-12].

Patients with rigid spine conditions are more susceptible to spinal fractures, which may go unnoticed due to pre-existing back pain, discrepancies between reported pain locations and the actual fracture site, and a lack of trauma history [13,14]. In this population, fractures can be obscured on plain radiographs due to the distortion of anatomical structures (e.g. scoliosis, severe kyphosis, ossified spinal ligaments, or osteopenic bone) [15]. Reportedly, between 15% and 41% of rigid spine patients have a delayed diagnosis [16,17].

The aim of this study was to assess the diagnostic value of radiographs in detecting acute TL spine fractures in minor trauma patients, using CT as the reference standard. Additionally, the study aimed to evaluate how the presence of a rigid spine and the experience level of interpreting readers influence diagnostic performance.

Material and methods

This single-centre retrospective study was approved by the Institutional Ethics Committee (AKBE/188/2022), and the patients' informed consent was waived.

Study group identification

Medical records of patients who presented to the emergency department (ED) with TL spine fractures between July 2014 and December 2020 and underwent CT were retrieved from the Hospital Information System. Two attending radiologists, each with more than 10 years of experience in musculoskeletal radiology, performed a consensus reading of the CT scans to confirm the presence of fractures and classify them according to the *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) TL classification system [18].

Patients with acute TL spine fractures due to minor trauma, who underwent both radiography (anteroposterior and lateral views) and CT, were included in the study. Fractures were classified as acute if symptom onset occurred within 6 weeks of presentation and if CT images demonstrated cortical disruption, trabecular impaction, or thickening of the prevertebral soft tissues [19]. Minor

trauma was defined as a fall from standing height or less than one meter, a mild motor vehicle collision (e.g. fender bender or rear-end collision), or the sudden onset of back pain during daily activities (e.g. lifting a heavy object or bending).

Patients with pathologic fractures, insufficiency fractures due to metabolic bone diseases other than osteoporosis, or history of prior spine surgery were excluded from the study.

From patients fulfilling the abovementioned inclusion criteria, 2 age- and sex-matched groups were selected: a rigid-spine group (patients with ASDs and fractures involving fused spinal segment or immediately adjacent non-fused spinal segment) and a non-rigid-spine group.

Blinded radiographs were evaluated independently by a fourth-year radiology resident and an attending radiologist with 10 years of experience in musculoskeletal radiology working in a spine trauma centre. The readers were asked to record spinal levels they deemed to represent acute vertebral fractures. Missed fractures were subsequently analysed for type, morphology, and displacement.

Statistical analysis

Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy were calculated. A Cohen κ coefficient was used to measure the interobserver variation between the resident and the attending radiologist. The degree of agreement was classified as follows: poor ($\kappa < 0$), slight ($\kappa: 0.00-0.20$), fair ($\kappa: 0.21-0.40$), moderate ($\kappa: 0.41-0.60$), substantial ($\kappa: 0.61-0.80$), or almost perfect ($\kappa: 0.81-1.00$) [20].

Results

Thirty-two rigid-spine (28 diffuse idiopathic skeletal hyperostosis [DISH] and 4 ankylosing spondylitis [AS]) and 31 non-rigid-spine patients were included in the radiograph-CT comparison analysis (Table 1). Among the total 63 patients, CT demonstrated 84 fractures: 49 in the rigid-spine group and 35 in the non-rigid-spine patients. Twenty-five patients had chronic vertebral deformities due to osteoporosis/previously healed fracture: 13 in the rigid-spine group and 12 in the non-rigid-spine group. Fracture distribution and morphology are presented in Tables 2 and 3. Analysed radiographic images included 42 spine series (19 lumbar, 3 thoracic, and 10 TL) in rigid-spine patients and 37 spine series (22 lumbar, 3 thoracic, and 6 TL) in non-rigid-spine patients. A spine series was comprised of 2 standard projections (AP and lateral views) of one spinal region.

The performance of both readers and resultant diagnostic accuracies for the radiographic detection of acute TL fractures in relation to CT as the standard of reference are presented in Tables 4A, B. The performance of the attending radiologist (overall and in both subgroups) was

Table 1. Patients' demographics

Variable	Rigid-spine group		Non-rigid-spine group		Total	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Sex (number)	10	22	10	21	20	43
Mean age (years)	75.0 ± 13.2	81.8 ± 7.2	76.9 ± 7.1	79.3 ± 7.0	76.0 ± 10.7	80.6 ± 7.2
	79.69 ± 10.0		78.55 ± 7.2		79.1 ± 8.7	

Table 2. Fracture distribution on computed tomography

Spinal region	Fracture number, n (%)	
	Rigid-spine group	Non-rigid-spine group
Thoracic	11 (22.4)	6 (17.1)
Thoracolumbar junction	30 (61.3)	19 (54.3)
Lumbar	8 (16.3)	10 (28.6)

Table 3. Fracture mechanism according to the *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) classification in the rigid-spine group and the non-rigid-spine group

Fracture type	Fracture number	
	Rigid-spine group	Non-rigid-spine group
A0	1	3
A1	13	9
A2	0	1
A3	17	13
A4	12	11
B1	0	0
B2	3	0
B3	1	1
C	2	0

Table 4A. Numbers of fractures identified on radiographs

Variable	Rigid-spine group		Non-rigid-spine group	
	Radiology resident	Attending radiologist	Radiology resident	Attending radiologist
True positive	19	24	18	21
False positive	20	5	3	1
True negative	260	275	227	229
False negative	30	25	17	14
Fractures on CT	49		35	

Table 4B. Reliability of spinal radiographs for the detection of acute thoracolumbar spine fractures using computed tomography as a reference standard (%)

Variable	Rigid-spine group		Non-rigid-spine group		Overall	
	Radiology resident	Attending radiologist	Radiology resident	Attending radiologist	Radiology resident	Attending radiologist
Sensitivity	38.8	49.0	51.4	60	44.1	53.6
Specificity	92.9	98.2	98.7	99.6	95.5	98.8
PPV	48.7	82.8	85.7	95.5	61.7	88.2
NPV	89.7	91.7	93.0	94.2	91.2	92.8
Accuracy	84.8	90.9	92.4	94.3	88.2	92.4

NPV – negative predictive value, PPV – positive predictive value

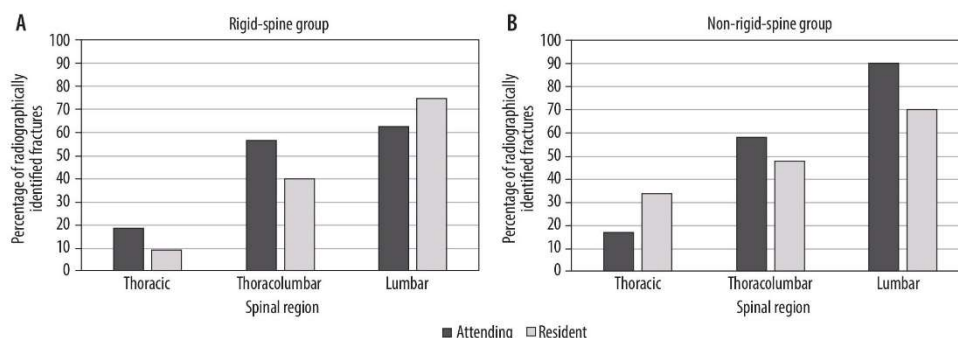


Figure 1. A) Percentage of radiographically identified fractures in the rigid-spine group. B) Percentage of radiographically identified fractures in the non-rigid-spine group

better than the resident's. Significantly more false positive acute fractures were reported by the resident, especially in rigid spine group (Table 4A). The missed fracture rate was higher in rigid-spine than in non-rigid-spine patients for both readers. In both groups, the percentage of unrecognised fractures was higher for the resident 61.2% ($n = 30$) in the rigid-spine group and 48.6% ($n = 17$) in the non-rigid-spine patients, compared to the attending radiologist (51.0%, $n = 25$ and 40.0%, $n = 14$, respectively). Fractures overlooked by the resident consisted of 10 stable fractures (type A0-A2) and 20 unstable fractures (16 type A3-A4 and 4 type B-C) in rigid-spine patients, and 6 stable fractures (type A0-A2) and 11 unstable fractures (10 type A3-A4 and 1 type B-C) in non-rigid-spine patients. Radiographically overlooked fractures by the attending radiologist consisted of 9 stable fractures (type A0-A2) and 16 unstable fractures (12 type A3-A4 and 4 type B-C) in rigid-spine patients, and 5 stable fractures (type A0-A2) and 9 unstable fractures (9 type A3-A4) in non-rigid-spine patients. The missed fracture rate was higher for thoracic spine than lumbar spine (Figure 1). Misclassification as chronic deformity was identified as an important factor in misdiagnosis of type A fractures (in 6 cases for the attending radiologist and in 8 for the resident). The interobserver agreement for the identification of acute fractures was found to be moderate ($\kappa = 0.44$, concordance rate 89.7%) in the rigid-spine group and substantial ($\kappa = 0.67$, concordance rate 95.1%) in the non-rigid-spine group.

Discussion

The aim of this paper was to assess the diagnostic accuracy of plain films in detecting TL fractures in minor trauma patients – both with and without spinal ankylosis – using CT as the reference standard. Plain films were evaluated by a radiology resident and an experienced radiology consultant, who were blinded to the CT results. Regardless of reader experience, the sensitivity of plain films in detecting fractures was low (with the best reader achieving 49% sensitivity in the rigid-spine group and

60% in the non-rigid-spine group), resulting in a significant number of missed injuries.

Previous publications, which mostly focused on major trauma patients, have also revealed poor diagnostic accuracy of plain films, with reported sensitivities ranging from 22% to 73% [21-24]. Several studies have suggested that missed isolated fractures of the transverse process, lamina, and spinous process significantly decrease the sensitivity of plain films compared to CT [21,24,25]. Although these fractures cannot be disregarded from either a legal or clinical standpoint – because they increase morbidity and influence treatment (including analgesic and rehabilitation protocols) – the most critical issue is the rate of missed unstable fractures, which can result in serious medical consequences such as delayed paralysis [21,24,26]. In this regard, the results of previous studies are discrepant: while Hauser *et al.* [24] and Berry *et al.* [23] reported that no unstable fractures were missed by X-ray, Wintermark *et al.* [22] found that the sensitivity of radiographs for unstable fractures was only 33.3% – all in studies of severe trauma patients. Our results demonstrate that plain films also have poor sensitivity for detecting potentially unstable fractures in minor trauma patients. Both observers missed a significant number of acute burst fractures (types A3 and A4), with many (58.82%) being misclassified as chronic deformities (Figures 2 and 3). Fractures located in the lower thoracic spine (at T11 and T12 levels) were often overlooked on lumbar X-rays by the radiology resident (68.8% of missed type A3-A4 fractures and 60% of missed type A1 fractures) as well as by the attending radiologist (47.06% and 30%, respectively).

Qasem *et al.* [27] performed a prospective study of 136 patients with 139 acute osteoporotic vertebral fractures and found that in the first 2 weeks post-injury, 70.5% of the fractured vertebrae did not exhibit significant collapse on X-ray (an anterior vertebral height ratio $> 80\%$). In addition, Ballock *et al.* [12] observed that classical radiographic signs of burst fractures – such as widening of the interpedicular distance or posterior cortical height loss – are often absent, particularly in fractures with less

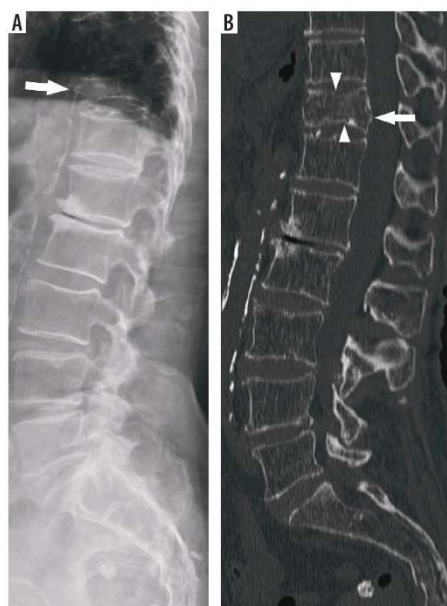


Figure 2. Vertebral body type A4 fracture in a 91-year-old woman who reported to the emergency department after a fall from standing height. A) Lateral radiograph of lumbar spine shows T11 vertebral body biconcave deformity with anterior cortex angulation interpreted as chronic deformity (arrow). B) Sagittal computed tomography images of lumbar spine demonstrate T11 vertebral body fracture (complete burst fracture) involving both endplates (arrowheads) and posterior wall (arrow)



Figure 3. Vertebral body type A3 fracture in an 87-year-old woman who reported to the emergency department after minor trauma. A) Lateral radiograph of lumbar spine shows loss of height in the anterior and middle parts of the T12 vertebral body interpreted as chronic deformity (arrow). B) Sagittal computed tomography images of lumbar spine demonstrate T12 vertebral body fracture (incomplete burst fracture) involving superior endplate (arrowhead) and posterior wall (arrow)

than 30% anterior wedging [12]. In our material, all but 5 (29.4%) of the missed burst fractures showed only minimal to mild vertebral collapse. This suggests that unstable fractures in minor trauma patients may initially present with only small deformities or displacements, rendering them difficult to diagnose on plain films. Strickland *et al.* [28] performed a retrospective review of lumbar spine radiographs and MRIs conducted within 30 days at a single institution and found that X-rays are unreliable for differentiating acute from chronic osteoporotic vertebral compression fractures. Their results indicated that approximately 48% of acute fractures are incorrectly classified as chronic when using radiographs alone. Conversely, Hauser *et al.* [24] reported that, based on plain films, 12.6% of old fractures were misclassified as acute. In our material, only 3 old fractures were misclassified as acute by the attending radiologist, while 6 acute fractures were deemed chronic. Interestingly, the resident reported significantly more falsely positive acute fractures, which, if X-ray was used to stratify patients for CT, would lead to the diagnosis of more fractures on a per-patient basis.

All type B and C fractures in rigid spine patients were also missed by both readers. Unstable fractures are common in patients with DISH and AS, and several previous publications highlighted problems with their radiographic

identification (Figure 4) [13,29]. Barkay *et al.* [29] found that plain radiographs identified between 21% and 58% (mean 40%) of TL hyperextension fractures in patients with ASDs, depending on the observers' experiences. Significantly fewer fractures were identified in the thoracic spine (26%) than in the lumbar spine (55%). Lantsman *et al.* [13] studied acute vertebral fractures in DISH patients with available radiographs and whole-body CT. In their study, the sensitivity for fracture detection on radiographs was low (47.1% for thoracic spine and 62.5% for lumbar spine), but specificity was high (96%, 95.5%). Fractures of ankylosed spine may be difficult to diagnose radiographically due to osteoporosis, ossification of the spinal ligaments, kyphotic deformity, and previous fracture [29,30]. None of the missed type B and C fractures in our material showed significant displacement. Similarly to previous reports, both readers identified significantly fewer fractures in the thoracic spine in both subgroups [13,29]. In this region, overlying rib shadows and lung structures may obscure traumatic lesions.

The low diagnostic accuracy of TL spine X-rays in trauma patients necessitating CT imaging may prolong patient turnaround times and contribute to ED overcrowding. Aso-Escario *et al.* [31] found that 15.5% of patients with delayed diagnosis of TL spine fractures had

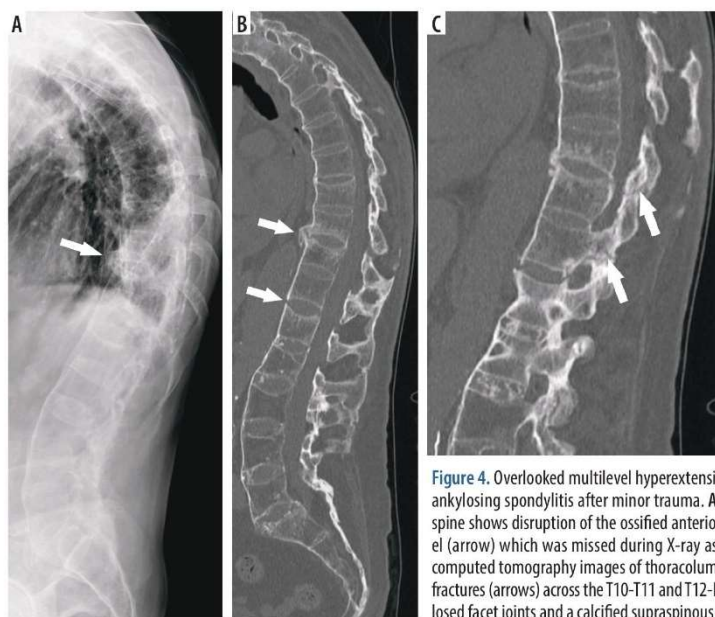


Figure 4. Overlooked multilevel hyperextension fractures in a 73-year-old man with ankylosing spondylitis after minor trauma. **A)** Lateral radiograph of thoracolumbar spine shows disruption of the ossified anterior longitudinal ligament at T10-T11 level (arrow) which was missed during X-ray assessment by both readers. **B)** Sagittal computed tomography images of thoracolumbar spine demonstrate hyperextension fractures (arrows) across the T10-T11 and T12-L1 disc spaces extending to the **(C)** ankylosed facet joints and a calcified supraspinous ligament (arrows)

previously presented to the ED, where only X-ray and clinical examination were performed. Missed or delayed diagnosis due to inadequate imaging can lead to inappropriate treatment, resulting in a higher incidence of neurologic injury and impacting patient outcomes, thus increasing the risk of litigation.

This study has several limitations that should be acknowledged. The retrospective design and selection criteria, which required patients to have both radiographs and CT (with only those presenting more pronounced symptoms undergoing CT) might have introduced selection bias. Additionally, the absence of a control group consisting of patients without fractures (but with both X-rays and CT) limits the assessment of the diagnostic accuracy of radiographs because it prevents a direct comparison between true positive and false positive results per patient. Unfortunately, we were unable to recruit a sufficiently large, age/sex-matched control group. Another limitation is the exclusion of orthopaedic surgeons as readers. However, previous studies have shown that orthopaedic surgeons and radiologists achieve comparable diagnostic accuracy when assessing trauma images [32].

Conclusions

This study supports the notion that plain radiographs are ineffective for diagnosing acute TL spine fractures in minor trauma patients, particularly in cases involving a rigid spine or chronic vertebral deformities. Therefore, CT should be preferred as the first-line diagnostic test. After minor trauma, vertebral deformation and displacement may be subtle, complicating accurate assessment. Special attention should be given to fractures in the lower thoracic spine when evaluating lumbar radiographs.

Disclosures

1. Institutional review board statement: The study was approved by the Bioethics Committee. Approval number: AKBE/188/2022.
2. Assistance with the article: none.
3. Financial support and sponsorship: none.
4. Conflicts of interest: none.

References

1. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: a meta-analysis. *J Orthop* 2016; 13: 383-388.
2. Zileli M, Sharif S, Fornari M. Incidence and epidemiology of thoracolumbar spine fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine* 2021; 18: 704-712.
3. Inaba K, DuBose JJ, Barnmparas G, Barbarino R, Reddy S, Talving P, et al. Clinical examination is insufficient to rule out thoracolumbar spine injuries. *J Trauma* 2011; 70: 174-179.
4. Cason B, Rostas J, Simmons J, Frotan MA, Brevard SB, Gonzalez RP. Thoracolumbar spine clearance: Clinical examination for patients

- with distracting injuries. *J Trauma Acute Care Surg* 2016; 80: 125-130.
5. National Clinical Guideline Centre (UK). *Spinal Injury: Assessment and Initial Management*. London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2016.
6. Wendt K, Nau C, Jug M, Pape HC, Kdolsky R, Thomas S, et al. ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures: January 2023. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2024; 50: 1261-1275.
7. Expert Panel on Neurological Imaging and Musculoskeletal Imaging: Beckmann NM, West OC, Nunez D Jr, Kirsch CFE, Aulino JM, Broder JS, et al. ACR Appropriateness Criteria* suspected spine trauma. *J Am Coll Radiol* 2019; 16 (5S): S264-S285.
8. Lee GY, Hwang JY, Kim NR, Kang Y, Choi M, Kim J, et al. Primary imaging test for suspected traumatic thoracolumbar spine injury: 2017 Guidelines by the Korean Society of Radiology and National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency. *Korean J Radiol* 2019; 20: 909-915.
9. Karul M, Bannas P, Schoennagel BP, Hoffmann A, Wedegaertner U, Adam G, et al. Fractures of the thoracic spine in patients with minor trauma: comparison of diagnostic accuracy and dose of biplane radiography and MDCT. *Eur J Radiol* 2013; 82: 1273-1277.
10. Sheridan R, Peralta R, Rhea J, Ptak T, Novelline R. Reformatted visceral protocol helical computed tomographic scanning allows conventional radiographs of the thoracic and lumbar spine to be eliminated in the evaluation of blunt trauma patients. *J Trauma* 2003; 55: 665-669.
11. Rhea JT, Sheridan RL, Mullins ME, Novelline RA. Can chest and abdominal trauma CT eliminate the need for plain films of the spine? Experience with 329 multiple trauma patients. *Emerg Radiol* 2001; 8: 99-104.
12. Ballock RT, Mackersie R, Abitbol JJ, Cervella V, Resnick D, Garfin SR. Can burst fractures be predicted from plain radiographs? *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74: 147-150.
13. Dan Lantsman C, Barkay G, Friedlander A, Barbi M, Stern M, Eshed I. Whole spine CT scan for the detection of acute spinal fractures in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis patients who sustained low-energy trauma. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020; 45: 1348-1353.
14. Westerveld LA, van Bommel JC, Dhert WJ, Oner FC, Verlaan JJ. Clinical outcome after traumatic spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders compared with control patients. *Spine J* 2014; 24: 729-740.
15. Finkelstein JA, Chapman JR, Mirza S. Occult vertebral fractures in ankylosing spondylitis. *Spinal Cord* 1999; 37: 444-447.
16. Backhaus M, Citak M, Källicke T, Sobottke R, Russe O, Meindl R, et al. Spine fractures in patients with ankylosing spondylitis: an analysis of 129 fractures after surgical treatment. *Orthopade* 2011; 40: 917-920, 922-924 [Article in German].
17. Schiefer TK, Milligan BD, Bracken CD, Jacob JT, Krauss WE, Pichellmann MA, et al. In-hospital neurologic deterioration following fractures of the ankylosed spine: a single-institution experience. *World Neurosurg* 2015; 83: 775-783.
18. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al.; AOSpine Spinal Cord Injury and Trauma Knowledge Forum. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38: 2028-2037.
19. Panda A, Das CJ, Baruah U. Imaging of vertebral fractures. *Indian J Endocrinol Metab* 2014; 18: 295-303.
20. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-174.
21. Pouw MH, Deunk J, Brink M, Dekker HM, Kool DR, van Vugt AB, et al. Is a pelvic fracture a predictor for thoracolumbar spine fractures after blunt trauma? *J Trauma* 2009; 67: 1027-1032.
22. Wintermark M, Mouhsine E, Theumann N, Mordasini P, van Melle G, Leyvraz PF. Thoracolumbar spine fractures in patients who have sustained severe trauma: depiction with multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 227: 681-689.
23. Berry GE, Adams S, Harris MB, Boles CA, McKernan MG, Collinson F, et al. Are plain radiographs of the spine necessary during evaluation after blunt trauma? Accuracy of screening torso computed tomography in thoracic/lumbar spine fracture diagnosis. *J Trauma* 2005; 59: 1410-1413.
24. Hauser CJ, Visvikis G, Hinrichs C, Eber CD, Cho K, Lavery RF, et al. Prospective validation of computed tomographic screening of the thoracolumbar spine in trauma. *J Trauma* 2003; 55: 228-234.
25. 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.
26. Krueger MA, Green DA, Hoyt D, Garfin SR. Overlooked spine injuries associated with lumbar transverse process fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1996; 327: 191-195.
27. Qasem KM, Suzuki A, Yamada K, Hoshino M, Tsujio T, Takahashi S, et al. Discriminating imaging findings of acute osteoporotic vertebral fracture: a prospective multicenter cohort study. *J Orthop Surg Res* 2014; 9: 96. DOI: 10.1186/s13018-014-0096-1.
28. Strickland CD, DeWitt PE, Jesse MK, Durst MJ, Korf JA. Radiographic assessment of acute vs chronic vertebral compression fractures. *Emerg Radiol* 2023; 30: 11-18.
29. Barkay G, Dan Lantsman C, Menachem S, Shtewee A, Ackshota N, Caspi I, et al. Limitations of plain film radiography in identification of hyperextension fractures in patients with ankylosing spinal disorders. *Global Spine J* 2022; 32: 24-28.
30. Werner BC, Samartzis D, Shen FH. Spinal fractures in patients with ankylosing spondylitis: etiology, diagnosis, and management. *J Am Acad Orthop Surg* 2016; 24: 241-249.
31. Aso-Escario J, Sebastián C, Aso-Vizán A, Martínez-Quiriones JV, Consolini F, Arregui R. Delay in diagnosis of thoracolumbar fractures. *Orthop Rev (Pavia)* 2019; 11: 7774. DOI: 10.4081/or.2019.7774.
32. Turen CH, Mark JB, Bozman R. Comparative analysis of radiographic interpretation of orthopedic films: is there redundancy? *J Trauma* 1995; 39: 720-721.

9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na cykl publikacji stanowiących podstawę do rozprawy doktorskiej składają się dwie prace oryginalne, których celem jest poszerzenie wiedzy dotyczącej diagnostyki urazów odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa, z uwzględnieniem pacjentów z chorobami usztywniającymi. Pierwsza publikacja analizuje wpływ różnych typów usztywnień na lokalizację i morfologię złamań. Druga praca ocenia wartość diagnostyczną zdjęć rentgenowskich w porównaniu z tomografią komputerową w wykrywaniu ostrych złamań u pacjentów po urazachiskoenergetycznych.

Na podstawie wyników badania można sformułować następujące wnioski:

1. Zarówno u pacjentów bez, jak i z chorobami usztywniającymi kręgosłupa najczęstszą lokalizacją złamań w odcinku piersiowo-lędźwiowym jest okolica przejścia piersiowo-lędźwiowego (poziom L1, następnie Th12 i L2), a najczęstszym typem złamania jest A1 wg klasyfikacji AO Spine.
2. Złamania niestabilne (typy B i C), a także złamania wielopoziomowe oraz obejmujące wiele odcinków kręgosłupa, występują częściej u pacjentów z długoodcinkowym usztywnieniem kręgosłupa niż u chorych z usztywnieniem krótkoodcinkowym lub jego brakiem.
3. Zdjęcia rentgenowskie wykazują niską czułość w wykrywaniu świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa, zwłaszcza w populacji pacjentów z chorobami usztywniającymi kręgosłupa i w odcinku piersiowym.
4. Czułość i swoistość RTG w rozpoznawaniu świeżych złamań odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa zależy do doświadczenia osoby oceniającej badanie.

10. PIŚMIENICTWO

1. Mitchell R, Harvey L, Stanford R, Close J. Health outcomes and costs of acute traumatic spinal injury in New South Wales, Australia. *Spine J*. 2018 Jul;18(7):1172-1179. doi: 10.1016/j.spinee.2017.11.013.
2. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis. *J Orthop*. 2016 Jul 21;13(4):383-388. doi: 10.1016/j.jor.2016.06.019.
3. Zileli M, Sharif S, Fornari M. Incidence and Epidemiology of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021 Dec;18(4):704-712. doi: 10.14245/ns.2142418.209.
4. Caron T, Bransford R, Nguyen Q, Agel J, Chapman J, Bellabarba C. Spine fractures in patients with ankylosing spinal disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 May 15;35(11):E458-464. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181cc764f.
5. Koul R, Al-Yarubi S, Al-Kindy H, Al-Futaisi A, Al-Thihli K, Chacko PA, Sankhla D. Rigid spinal muscular dystrophy and rigid spine syndrome: report of 7 children. *J Child Neurol*. 2014 Nov;29(11):1436-1440. doi: 10.1177/0883073813479173.
6. Dubowitz V. Rigid spine syndrome: a muscle syndrome in search of a name. *Proc R Soc Med*. 1973 Mar;66(3):219-220. doi: 10.1177/003591577306600304.
7. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *Eur J Radiol*. 2013 Jan;82(1):118-126. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.07.024.
8. Ebrahimiadib N, Berijani S, Ghahari M, Pahlaviani FG. Ankylosing Spondylitis. *J Ophthalmic Vis Res*. 2021 Jul 29;16(3):462-469. doi: 10.18502/jovr.v16i3.9440.
9. Zochling J, Smith EU. Seronegative spondyloarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Dec;24(6):747-756. doi: 10.1016/j.berh.2011.02.002.
10. Tam LS, Gu J, Yu D. Pathogenesis of ankylosing spondylitis. *Nat Rev Rheumatol*. 2010 Jul;6(7):399-405. doi: 10.1038/nrrheum.2010.79.
11. Lacout A, Rousselin B, Pelage JP. CT and MRI of spine and sacroiliac involvement in spondyloarthropathy. *AJR Am J Roentgenol*. 2008 Oct;191(4):1016-1023. doi: 10.2214/AJR.07.3446.
12. Weinfeld RM, Olson PN, Maki DD, Griffiths HJ. The prevalence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) in two large American Midwest metropolitan hospital populations. *Skeletal Radiol*. 1997 Apr;26(4):222-225. doi: 10.1007/s002560050225.
13. Mader R, Pappone N, Baraliakos X, Eshed I, Sarzi-Puttini P, Atzeni F, Bieber A, Novofastovski I, Kiefer D, Verlaan JJ, Ambrosino P, Buskila D, Armas JB, Khan MA.

Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis (DISH) and a Possible Inflammatory Component. *Curr Rheumatol Rep.* 2021 Jan 26;23(1):6. doi: 10.1007/s11926-020-00972-x.

14. Pariente E, Pini SF, Olmos JM, Fierro P, Landeras R, Ramos C, Martínez-Taboada VM, Hernández JL. Early stages of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) and chronic inflammation: the Camargo Cohort Study. *Clin Rheumatol.* 2023 Jul;42(7):1931-1942. doi: 10.1007/s10067-023-06574-z.
15. Kuperus JS, de Gendt EEA, Oner FC, de Jong PA, Buckens SCFM, van der Merwe AE, Maat GJR, Regan EA, Resnick DL, Mader R, Verlaan JJ. Classification criteria for diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: a lack of consensus. *Rheumatology (Oxford).* 2017 Jul 1;56(7):1123-1134. doi: 10.1093/rheumatology/kex056.
16. Kuperus JS, Mohamed Hoesein FAA, de Jong PA, Verlaan JJ. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: Etiology and clinical relevance. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2020 Jun;34(3):101527. doi: 10.1016/j.berh.2020.101527.
17. Pillai S, Littlejohn G. Metabolic factors in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis - a review of clinical data. *Open Rheumatol J.* 2014 Dec 19;8:116-128. doi: 10.2174/1874312901408010116.
18. Kiss C, Szilágyi M, Paksy A, Poór G. Risk factors for diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: a case-control study. *Rheumatology (Oxford).* 2002 Jan;41(1):27-30. doi: 10.1093/rheumatology/41.1.27.
19. Kuperus JS, Oudkerk SF, Foppen W, Mohamed Hoesein FA, Gielis WP, Waalwijk J, Regan EA, Lynch DA, Oner FC, de Jong PA, Verlaan JJ. Criteria for Early-Phase Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis: Development and Validation. *Radiology.* 2019 May;291(2):420-426. doi: 10.1148/radiol.2019181695.
20. Wang YF, Teng MM, Chang CY, Wu HT, Wang ST. Imaging manifestations of spinal fractures in ankylosing spondylitis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2005 Sep;26(8):2067-2076.
21. Olerud C, Frost A, Bring J. Spinal fractures in patients with ankylosing spondylitis. *Eur Spine J.* 1996;5(1):51-55. doi: 10.1007/BF00307827.
22. Skarentzos K, Karamanou G, Chrysafis I, Papagoras C. Chalk-stick fracture in ankylosing spondylitis. *Clin Rheumatol.* 2020 Aug;39(8):2469-2470. doi: 10.1007/s10067-020-05117-0.

23. Taljanovic MS, Hunter TB, Wisneski RJ, Seeger JF, Friend CJ, Schwartz SA, Rogers LF. Imaging characteristics of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis with an emphasis on acute spinal fractures: review. *AJR Am J Roentgenol.* 2009 Sep;193(3 Suppl):S10-19, Quiz S20-24. doi: 10.2214/AJR.07.7102.
24. Shah NG, Keraliya A, Harris MB, Bono CM, Khurana B. Spinal trauma in DISH and AS: is MRI essential following the detection of vertebral fractures on CT? *Spine J.* 2021 Apr;21(4):618-626. doi: 10.1016/j.spinee.2020.10.027.
25. Lindsey T, Dydyk AM. *Spinal Osteoarthritis.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
26. Gellhorn AC, Katz JN, Suri P. Osteoarthritis of the spine: the facet joints. *Nat Rev Rheumatol.* 2013 Apr;9(4):216-224. doi: 10.1038/nrrheum.2012.199.
27. Woo JY, Pee YH, An Y, Lim JH, Jang IT. A case of acute compression fracture in block vertebra. *Spine J.* 2016 Mar;16(3):e189-190. doi: 10.1016/j.spinee.2015.10.010.
28. Expert Panel on Neurological Imaging and Musculoskeletal Imaging;; Beckmann NM, West OC, Nunez D Jr, Kirsch CFE, Aulino JM, Broder JS, Cassidy RC, Czuczman GJ, Demertzis JL, Johnson MM, Motamedi K, Reitman C, Shah LM, Than K, Ying-Kou Yung E, Beaman FD, Kransdorf MJ, Bykowski J. ACR Appropriateness Criteria® Suspected Spine Trauma. *J Am Coll Radiol.* 2019 May;16(5S):S264-S285. doi: 10.1016/j.jacr.2019.02.002.
29. Lee GY, Hwang JY, Kim NR, Kang Y, Choi M, Kim J, Ha EJ, Baek JH. Primary Imaging Test for Suspected Traumatic Thoracolumbar Spine Injury: 2017 Guidelines by the Korean Society of Radiology and National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency. *Korean J Radiol.* 2019 Jun;20(6):909-915. doi: 10.3348/kjr.2018.0792.
30. National Clinical Guideline Centre (UK). *Spinal Injury: Assessment and Initial Management.* London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2016 Feb.
31. Wendt K, Nau C, Jug M, Pape HC, Kdolsky R, Thomas S, Bloemers F, Komadina R. ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures: January 2023. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2024 Aug;50(4):1261-1275. doi: 10.1007/s00068-023-02247-3.
32. Backhaus M, Citak M, Källicke T, Sobottke R, Russe O, Meindl R, Muhr G, Frangen TM. Wirbelsäulenfraktur bei ankylosierender Spondylitis: Eine Analyse von 129

Frakturen nach operativer Versorgung [Spine fractures in patients with ankylosing spondylitis: an analysis of 129 fractures after surgical treatment]. *Orthopade*. 2011 Oct;40(10):917-20, 922-924. German. doi: 10.1007/s00132-011-1792-8.

33. Schiefer TK, Milligan BD, Bracken CD, Jacob JT, Krauss WE, Pichelmann MA, Clarke MJ. In-hospital neurologic deterioration following fractures of the ankylosed spine: a single-institution experience. *World Neurosurg*. 2015 May;83(5):775-783. doi: 10.1016/j.wneu.2014.12.041.
34. Dan Lantsman C, Barkay G, Friedlander A, Barbi M, Stern M, Eshed I. Whole Spine CT Scan for the Detection of Acute Spinal Fractures in Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis Patients Who Sustained Low-energy Trauma. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Oct 1;45(19):1348-1353. doi: 10.1097/BRS.0000000000003536.
35. Westerveld LA, van Bommel JC, Dhert WJ, Oner FC, Verlaan JJ. Clinical outcome after traumatic spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders compared with control patients. *Spine J*. 2014 May 1;14(5):729-740. doi: 10.1016/j.spinee.2013.06.038.
36. Finkelstein JA, Chapman JR, Mirza S. Occult vertebral fractures in ankylosing spondylitis. *Spinal Cord*. 1999 Jun;37(6):444-447. doi: 10.1038/sj.sc.3100837.

11. OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

Warszawa, dnia 04 lipca 2022r.

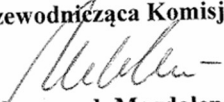
AKBE/ 188 / 2022

Prof. dr hab. n. med. Marek Gołębiowski
I Zakład Radiologii Klinicznej
ul. Chałubińskiego 5
02 – 004 Warszawa

OŚWIADCZENIE

Niniejszym oświadczam, że Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym w dniu 04 lipca 2022r. przyjęła do wiadomości informację na temat badania pt. "Analiza wpływu morfologii złamania i masy kostnej ocenionych na podstawie tomografii komputerowej na efekty leczenia złamań kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego." Przedstawione badanie nie stanowi eksperymentu medycznego w rozumieniu art. 21 ust. 1 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz.U.z 2018 r. poz. 617) i nie wymaga uzyskania opinii Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym, o której mowa w art. 29 ust.1 ww. ustawy.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej


Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

12. OŚWIADCZENIA WSZYSTKICH WSPÓŁAUTORÓW

Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a computed tomography study.

Warszawa, 28.04.2025
.....
(miejscowość, data)

Krzysztof Pilat
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
częściowe zebranie danych i ich interpretacja ze wstępną analizą statystyczną.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

Krzysztof Pilat
.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Wronawa 2015.05.06
(miejscowość, data)

Grzegorz Benke
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

interpretacja danych z ich częściową analizą statystyczną oraz udział w przygotowaniu manuskryptu.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

.....

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

2020.01.30.
(miejscowość, data)

Jarosław Czerwiński
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
częściowe zebranie danych.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

28.04.2025, Warszawa
(miejscowość, data)

Marta Byrdy-Daca
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

udział w przygotowaniu manuskryptu oraz przeglądzie literatury.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

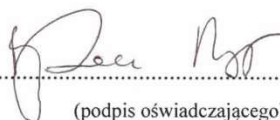
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa 06.05.2025
(miejscowość, data)

Jan Świątkowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
przygotowanie koncepcji pracy.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

Doktor nauk medycznych
Jan Świątkowski
specjalista radiolog
1419697

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

2.9.04.25, Warszawa
(miejscowość, data)

Katarzyna Sulkowska
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
udział w interpretacji danych i przygotowaniu manuskryptu.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa 06.05.2015
(miejscowość, data)

Paweł Łęgosz
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

udział w interpretacji danych i przygotowaniu manuskryptu.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

ZASTĘPCA DYREKTORA
Dz. Lekarskiej
Uniwersyteckie Centrum Kliniczne WUM
Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus

Paweł Łęgosz

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 06.05.2025
(miejscowość, data)

Marek Gołębiowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
przygotowanie manuskryptu.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

13.05.2025
(miejscowość, data)

Piotr Palczewski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Acute thoracolumbar fractures in patients with a rigid spine: a CT study.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przygotowanie koncepcji, częściowa analiza statystyczna, interpretacja danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

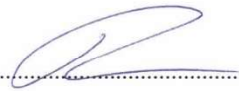
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT

Warszawa, 29.04.2025
(miejscowość, data)

Krzysztof Pilat
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
częściowe zebranie danych i ich interpretację ze wstępną analizą statystyczną.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

Krzysztof Pilat
.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa 14.05.25
(miejscowość, data)

Jan Niwiński
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
częściowe zebranie danych.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

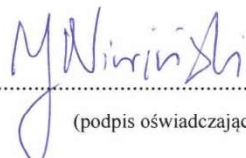
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 06.05.2025
(miejscowość, data)

Jan Świątkowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
przygotowanie koncepcji pracy.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

Doktor nauk medycznych
Jan Świątkowski
specjalista radiolog
1419697

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

25.04.2025 Wornau
(miejscowość, data)

Marta Byrdy-Daca
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
udział w przygotowaniu manuskryptu oraz przeglądzie literatury.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa 06.05.2021
(miejscowość, data)

Paweł Łęgosz
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
udział w interpretacji danych i przygotowaniu manuskryptu.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

ZASTĘPCA DYREKTORA
Gł. Lecznicy
Uniwersyteckie Centrum Kliniczne WUM
Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus

Paweł Łęgosz

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Wawia 06.25.2025
(miejscowość, data)

Marek Gołębiowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:
przygotowanie koncepcji, interpretacja danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej
lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 13.05.2025
(miejscowość, data)

Piotr Palczewski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „**Diagnostic accuracy of plain films in detection of thoracolumbar fractures in minor trauma patients: comparison with CT.**”

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przygotowanie koncepcji, częściowa analiza statystyczna, interpretacja danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

Wkład **Marleny Bereźniak** w powstawanie publikacji obejmował:

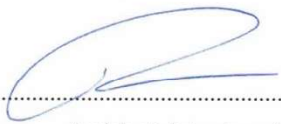
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

przygotowanie koncepcji, opracowanie metodyki, zebranie danych, analizę statystyczną, interpretację danych, przygotowanie manuskryptu, przegląd literatury.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. **Marleny Bereźniak**

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników