

PRACE ORYGINALNE

Kazimierz RAPAŁA^{1,2}, Adrian BRYCHCY¹, Aleksandra TRUSZCZYŃSKA^{1,2},
Piotr WALCZAK¹

OBRAZ REZONANSU MAGNETYCZNEGO KRĘGOSŁUPA ŁĘDŹWIOWEGO – BEZOBJAWOWY KLINICZNIE – U KANDYDATÓW NA PILOTÓW SAMOLOTÓW WOJSKOWYCH

NMR SCAN OF THE LUMBAR SPINE – CLINICALLY
ASYMPTOMATIC – IN CANDIDATES FOR PILOTS OF THE
MILITARY AIRCRAFTS

¹ Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy, Otwock
Akademia Wychowania Fizycznego im. Józefa Piłsudskiego, Warszawie,

² Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, Biała-Podlaska,
Zakład Rehabilitacji Medycznej

¹ The Professor Adam Gruca Independent Public Teaching Hospital, Otwock
The Józef Piłsudski Academy of Physical Education, Warsaw

² Faculty of Physical Education and Sports, Biała Podlaska
Department of Medical Rehabilitation

STRESZCZENIE: *Wstęp.* Brak objawów bólowych w wywiadzie i podczas badania klinicznego nie świadczy, że w różnych technikach obrazowania, a szczególnie w obrazie MR, nie stwierdza się zmian w obrębie kanału kręgowego lub krążka międzykręgowego. **Cel pracy.** Ocenie poddano obrazy MR kręgosłupa lędźwiowego wykonane u kandydatów na pilotów wojskowych. **Badani i metoda.** Zbadano 89 osób w wieku 18-21 lat (68 mężczyzn oraz 21 kobiet). Badani nigdy nie mieli żadnych dolegliwości ze strony kręgosłupa lędźwiowego. Oceniano tylko krążek międzykręgowy. W pierwszym badaniu przeprowadzonym przez doświadczonych ortopedów zajmujących się chirurgią kręgosłupa oceniano krążek międzykręgowy pod kątem: 1) stopnia dehydratacji, 2) istniejących wypuklin, 3) istniejących przepuklin. Po dwunastu miesiącach obrazy MR poddano ponownemu badaniu, które przeprowadzili dwaj mniej doświadczeni ortopedzi. **Wy-**

Adres do korespondencji: prof. dr hab. n. med. Kazimierz Rapala, Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. A. Grucy, 05-400 Otwock, ul. Konarskiego 13, e-mail: aleksandra.rapala@wp.pl

niki: Nie było różnicy istotnej statystycznie ($p < 0,05$) między wynikami na poziomach: L1-L2, L2-L3, L3-L4 badanymi w odstępie 12 miesięcy. Natomiast badania na poziomie L4-L5 i L5-S1 wykazywały różnice istotne statystycznie. **Wnioski.** Stwierdzone w MR zmiany upoważniły do podjęcia decyzji i nie wyrażania zgody na przyjęcie osób z opisanymi zmianami do szkoły lotniczej

SŁOWA KLUCZOWE: rezonans magnetyczny, choroba dyskowa, piloci samolotów wysoko manewrowych

SUMMARY: Background. No history of pain and during medical examination does not exclude pathologies in spinal canal or intervertebral discs in various imaging scanning technique, especially NMR. **Objectives.** NMR scans of the lumbar spine in the candidates for pilots of the military aircraft were analyzed. **Participants and methods.** 89 persons, aged between 18 and 21 years (68 males and 21 females) were examined. They never complained for any symptoms in the lumbar spine area. Intervertebral discs were evaluated. During the first examination, carried out by the experienced orthopedic surgeons dealing with spine surgery, the following features of the intervertebral disc were evaluated: (1) Degree of dehydration; (2) Possible bulges; (3) Existing hernia. NMR scans were analyzed again after 12 months. This time, two less experienced orthopedic surgeons carried out analysis. **Results.** There were no statistically significant differences ($p < 0.05$) at the following levels: L1-L2, L2-L3, and L3-L4 at a 12-month interval. However, changes at L4-L5 and L5-S1 were statistically significant. **Conclusions.** Changes found in NMR scans justified decision of declassification candidates with a/m pathologies

KEY WORDS: nuclear magnetic resonance, discopathy, pilots of high maneuverability aircrafts

Wstęp

Według danych z piśmiennictwa angielskiego, 80% ludzi w ciągu swojego życia skarży się na bóle o różnym nasileniu [1]. W USA 30 mln ludzi choruje na bóle lędźwiowe a koszty tego leczenia sięgają 8 mld dolarów [2]. Związki między zmianami w obrazie komputerowym rezonansu magnetycznego (MR) w obrębie kręgosłupa a objawami klinicznymi były i są przedmiotem naukowych dyskusji. Przed wprowadzeniem do postępowania lekarskiego nieinwazyjnej oceny struktur anatomicznych z zastosowaniem MR, wykonywane badania diagnostyczne, takie jak mielografia, tomografia komputerowa nie były tak dokładne jak MR [3-6].

Ze względu na obciążenie kręgosłupa w sporcie wyczynowym, jak również w czasie lotów samolotami wysokomanewrowymi, występujące wtórnie zmiany przeciążeniowe sprawiają, że należy dołożyć staranności w kwalifikowaniu kandydatów na pilotów. Brak objawów bólowych podczas wstępnego badania klinicznego nie świadczy, że w obrazie MR kręgosłupa nie ma zmian w obrębie krążka międzykręgowego.

Cel pracy

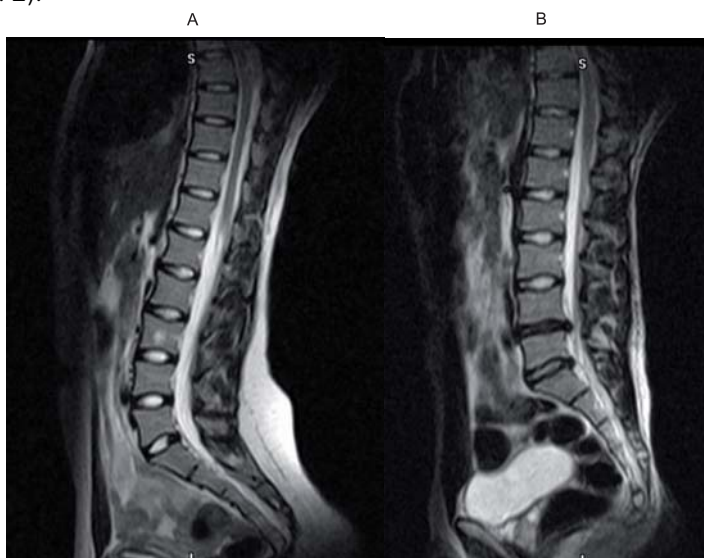
Założono, że obraz kręgosłupa u kandydatów na pilotów samolotów wysokomanewrowych ma spełniać wszystkie kryteria kliniczne i obrazowe zdrowego kręgosłupa. Celem pracy była:

1. Ocena obrazów MR kręgosłupa lędźwiowego kandydatów na pilotów wojskowych.
2. Ocena krążka międzykręgowego uwzględniająca:
 - stopień dehydratacji,
 - wypukliny,
 - przepukliny,
 - wypadnięcie jądra miazdzystego.

Badani i metoda

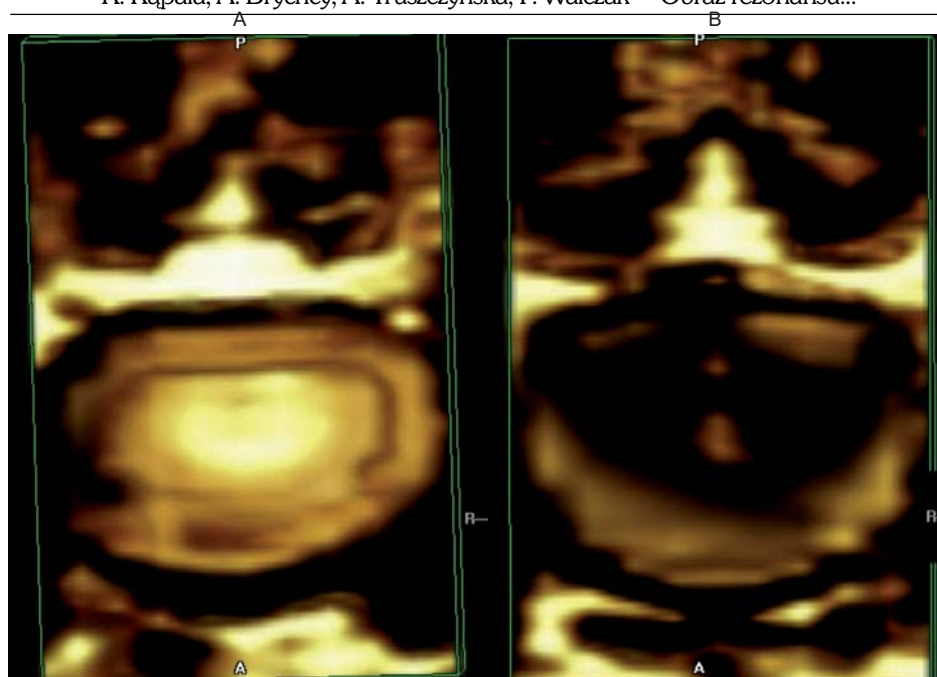
Badania wykonano u 89 osób w wieku 18-21 lat (68 mężczyzn i 21 kobiet). U wszystkich kandydatów wykonano MR całego kręgosłupa. Obraz MR kręgosłupa lędźwiowego zapisany na płytach CD oceniano za pomocą konsoli do analizy cyfrowej obrazu Carestream Diagnostic Workstation v 10 VR Virtual Reading Software z opcją V3D Option (MIP, Volume Rendering, Tissue Definition). Dokładności pomiarowe dotyczące odległości, pola powierzchni i pomiarów kątów stawów międzykręgowych oferowane przez stację diagnostyczną były niezwykle wysokie i wynosiły 0,01.

Oprócz oceny kręgosłupa w projekcji bocznej (ryc. 1) możliwa była ocena krążka międzykręgowego i pierścienia włóknistego na przekroju poprzecznym kręgosłupa (ryc. 2).



Ryc. 1. Obraz kręgosłupa lędźwiowego w projekcji bocznej. A – obraz prawidłowy, B – wypuklina L4-L5 i L5-S1.

Fig. 1. Lumbar spine scan in lateral projection: A – normal, B – bulges at L4-L5 and L5-S1.



Ryc. 2. Ocena krążka międzykręgowego i pierścienia włóknistego na przekroju poprzecznym kręgosłupa. A – obraz prawidłowy, B – wypuklina L4-L5.

Fig. 2. Assessment of intervertebral disc and annulus fibrosus (spine transverse section): A - normal, B - bulge at L4-L5.

Wyniki

Przeprowadzono 2 badania. W pierwszym badaniu wykonanym przez dwóch doświadczonych ortopedów oceniano krążek pod kątem: 1) stopienia dehydratacji, 2) wypukliny, 3) przepukliny, 4) wypadnięcia jądra miazdżystego. Wyniki przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Zmiany w krążkach międzykręgowych w zależności od poziomu w badaniu doświadczonych lekarzy

Tab. 1. Changes in the intervertebral discs in dependence of the level, when examined by experienced orthopedic surgeons

| Poziom | L1/L2 | L2/L3 | L3/L4 | L4/L5 | L5/S1 |
|--------------|------------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Dehydratacja | 1 (1,12%) | 1 (1,12%) | 2 (2,25%) | 4 (4,49%) | 12 (13,48%) |
| Wypuklina | 1 (1,12%) | 0 (0%) | 1 (1,12%) | 8 (8,98%) | 11 (12,35%) |
| Przepuklina | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1,12%) | 3 (3,37%) |
| Sumarycznie | 1 (1,12%) | 0 (0%) | 1 (1,12%) | 9 (10,11%) | 14 (15,73%) |

Ponieważ dehydratacji krążka międzykręgowego towarzyszyły również wypukliny lub przepukliny, dane te oceniono oddzielnie. Informują one, że w całej grupie badanych 89 osób zmiany przede wszystkim występowały na poziomie L4/L5 i L5/S1 i łącznie u 25,84% badanych. Na pozostałych wyższych poziomach zmiany były pojedyncze. Po 12 miesiącach obrazy MR kręgosłupa lędźwiowego podda-

no ponownej ocenie, którą przeprowadziło dwóch mniej doświadczonych ortopedów. Wyniki przedstawia tab. 2.

Tab. 2. Zmiany w krążkach międzykręgowych w zależności od poziomu w badaniu mniej doświadczonych lekarzy

Tab. 2. Changes in the intervertebral discs in dependence of the level, when examined by less experienced orthopedic surgeons

| Poziom | L1/L2 | L2/L3 | L3/L4 | L4/L5 | L5/S1 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| Dehydratacja | 0 (0%) | 2 (2,25%) | 0 (0%) | 3 (3,37%) | 14 (15,73%) |
| Wypuklina | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 5 (5,61%) | 8 (8,98%) |
| Przepuklina | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1,12%) | 5 (5,61%) |
| Sumarycznie | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 6 (6,74%) | 13(14,6%) |

Dane zawarte w tab. 2 są procentowo zbliżone do informacji podanych w tab. 1 i dla poziomów L4/L5 i L5/S1 wynoszą łącznie 21,34%. W żadnym z badań nie stwierdzono wypadnięcia jądra miażdżystego.

Metoda analizy statystycznej. W celu stwierdzenia różnicy między wynikami badań zastosowano wskaźnik Lambda.

Nie było różnicy istotnej statystycznie ($p < 0,05$) między wynikami na poziomach: L1-L2, L2-L3, L3-L4 w obu badaniach. Natomiast na poziomie L4-L5 i L5-S1 stwierdzano różnice istotne statystycznie. Świadczy to, że brak zmian w obrębie krążka międzykręgowego jest wyraźny w ocenie dla niedoświadczonych lekarzy. Natomiast stopień uszkodzenia krążka międzykręgowego wymaga już doświadczenia klinicznego i dlatego różnice w wynikach były istotne statystycznie. Stwierdzone przez doświadczonych ortopedów zmiany upoważniły komisję lekarską do podjęcia decyzji o niewyrażeniu zgody na przyjęcie badanych osób do szkoły lotniczej.

Omówienie

W piśmiennictwie polskim ukazała się tylko jedna praca opisująca bezobjawowe zmiany w kręgosłupie w obrazie MR u kandydatów na pilotów wojskowych [7]. W pracy tej oceniano badanie MR przeprowadzone u 98 młodych i zdrowych ludzi w wieku od 18-23 lat. Dokładne badanie kliniczne u tych osób nie wykazywało żadnych odchyleń w zakresie budowy i funkcji kręgosłupa. Uzasadnieniem tych badań był wysoki koszt szkolenia pilotów samolotów wysoko-manewrowych.

Obrazy MR oceniało dwóch ortopedów zajmujących się chirurgią kręgosłupa. Stwierdzono dehydratację krążka międzykręgowego w 23,5%, a u 22% spośród tej grupy, stwierdzono protruzję krążka. Takich badań u kandydatów na pilotów w piśmiennictwie angielskojęzycznym autorzy pracy nie znaleźli. Natomiast Szczerbo-Trojanowska za Marchiorim podaje, że bezobjawowe zmiany w obrazie MR stanowią 20-30% [8]. Większość badań opisanych w piśmiennictwie, a dotycząca bezobjawowych zmian krążka międzykręgowego, dotyczy starszych grup wiekowych. Jensen i wsp. [9] przedstawili wyniki zmian w obrazach u 98 ochotników w wieku od 20-80 lat. Nieprawidłowości stwierdzono u 27 osób. Zmiany w krążku oceniano pod kątem istniejącej wypukliny, przepukliny i wypadnięcia jądra miażdżystego: 52% miało wypukliny, 27% przepukliny, a ekstruzję tylko 1%. Tylko 36% badanych miało normalny krążek na wszystkich poziomach kręgosłupa lędźwiowego. Wiesel

i wsp. [4] zbadali za pomocą TK 52 osoby z bólami kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego. Stwierdzili przepuklinę krążka na poziomie L4/L5 i L5/S1 w 19,5% u osób poniżej 40 lat i 26,9% u osób powyżej 40 lat. W badaniach MR przeprowadzonych przez Weinreb i wsp. [6] u 41 kobiet z bólami krzyża w czasie ciąży stwierdzono, że 54% miało wypuklinę lub przepuklinę, natomiast Boden [10] u 67 osób z bólami krzyża stwierdził przepuklinę u 20% ludzi poniżej 60 r.ż. i u 36% osób powyżej 60 r.ż. lub więcej. W tej samej pracy w przedziale 20-29 lat u 20 badanych stwierdzono wypuklinę w przedziale od 20-35%, a przepuklinę od 15 do 25%. Porównując wartość procentową stwierdzanych zmian przez Bodena [10] należy stwierdzić, że odsetek tych zmian w obrębie krążka odpowiada zmianom opisanym na większym materiale przez Rapałę i wsp. [7]. Z badań Bodena [10] wynika, że zmiany w obrębie kręgosłupa w obrazie MR są ściśle związane z wiekiem. Wiesel [4] i Boden [10] podkreślają, że istnieje niebezpieczeństwo wykonania operacji na podstawie stwierdzanych niepokojących zmian w obrazie MR. Dlatego w takich przypadkach konieczne jest dokładne i precyzyjne badanie kliniczne, które ma decydujące znaczenie w dalszym postępowaniu. Zmiany w krążku międzykręgowym narastają z upływem lat i jest to naturalny proces starzenia [11].

Borenstein i wsp. [12] przeprowadzili badania polegające na ocenie obrazów MR u 67 osób, które nie miały żadnych dolegliwości ze strony kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego. Wśród badanych 31% obrazów stwierdzono nieprawidłowy krążek międzykręgowy lub kanał kręgowy. Po upływie 7 lat wysłano do tych osób ankietę. Z 50 osób, które odpowiedziało na kwestionariusz, aż 29 (58%) podało, że nie miało żadnych dolegliwości ze strony kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego, które rozwinęły się później w ciągu 7 lat. Dwóch ortopedów i jeden ortopeda zajmujący się chirurgią kręgosłupa otrzymali do oceny obrazę MR wyjściowe oraz wykonane po upływie 7 lat. Oceniający nie mieli też informacji o istniejących klinicznych dolegliwościach. Na powtórzonym badaniu po 7 latach stwierdzono zwiększoną liczbę zmian w obrębie krążka międzykręgowego wyrażającą się zwiększeniem stopnia protruzji i zmian zwyrodnieniowych oraz postępującą stenozą kanału kręgowego. Stwierdzane po 7 latach odchylenia w obrazie MR, zdaniem autorów, nie były przyczyną powstania aktualnych zespołów bólowych. Kliniczne powiązanie bólów krzyża ma miejsce przy stwierdzeniu poważnych nieprawidłowościach na obrazie MR.

Nieprawidłowości w budowie, nadmierne i przewlekłe przeciążenia kręgosłupa lub tak zwane przedwczesne starzenie mają wpływ na procesy zwyrodnieniowe krążka międzykręgowego. Badania przeprowadzone u kandydatów na pilotów z wykorzystaniem obrazów MR wykazały, że u młodzieży w wieku 18-21 lat stwierdzono zmiany w obrębie kręgosłupa wyrażające się dehydratacją, wypukliną, przepukliną i rzadziej wypadnięciem jądra miazdżystego. Wyniki tych badań przeprowadzonych na tak dużej grupie, można uznać za normę dla tej populacji w Polsce. Nie można kategorycznie stwierdzić, czy jest to normą dla całej rasy białej, gdyż takich prac w piśmiennictwie światowym nie znaleziono.

Prace dotyczące zespołów bólowych kręgosłupa u sportowców zostały szeroko opisane w piśmiennictwie naukowym [13-17]. Baranto i wsp. [18] zbadali 71 sportowców płci męskiej. Byli to ciężarowcy, zapaśnicy, biegacze przełajowi i hokeiści. Grupę tą porównano z grupą 21 niesportowców wybranych losowo. Wszystkich zbadano klinicznie, a kręgosłup oceniano za pomocą MR. Po 15 latach wszyscy

uczestnicy badania wyjściowego zostali zaproszeni na badania kontrolne. U 32 atletów i wszystkich niesportowców stwierdzono zmniejszoną wysokość krążka międzykręgowego na jednym lub na kilku poziomach. Zwyczajnie krążka międzykręgowego stwierdzono u 91% sportowców. Badanie wykazało, że większość stwierdzonych nieprawidłowości kręgosłupa u sportowców w badaniu kontrolnym istniała już wcześniej, na początku badania. W innym badaniu Lewis [19] ocenił wpływ obciążeń na wysokość krążka międzykręgowego. Oceniano wysokość badanych osób za pomocą stadiometrii i MR (stadiometria jest metodą pomiaru wzrostu wysokości ciała w pozycji stojącej, pozwalająca ocenić wysokość w dłuższym przedziale czasu). Grupę I stanowiło 13 osób wieku $28,5 \pm 5,2$ lat, grupę II mieszaną (9 mężczyzn i 4 kobiety) bez wywiadu bólów krzyża. Badani chodzili przez 15 min w kamizelce o wadze 20% masy ciała. Po zdjęciu ciężaru badano ich wysokość i oceniano krążki lędźwiowe za pomocą MR. Stwierdzono znaczne straty w wysokości na całej długości odcinka lędźwiowego w obrazie MR i wysokości ocenianej za pomocą stadiometrii. Jest to cenne badanie, które można wykorzystać w ocenie zmian w wysokości krążka u pilotów trenujących na wirówce, gdzie obciążenia sięgają ośmiokrotnego przyspieszenia ziemskiego i w ten sposób oceniać tylko zmiany wysokości krążka przez pomiar wysokości.

Przykładem urazów w wyniku przewlekłych przeciążeń narządu ruchu może być gra w golfa. W USA golf uprawia 27 mln osób. Jest on uważany za aktywność sportową o małym ryzyku urazów. Sutcliffe i wsp. [20] opisali, że najczęstsze urazy spowodowane jego uprawianiem dotyczą w kolejności: łokcia, nadgarstka, barku i kręgosłupa. Stwierdzono, że zmiany przeciążeniowe w obrębie kręgosłupa dotyczą wężyny łuku i wypadnięcia jądra miazdżystego [21,22].

Porównano również wyniki dyskograficzne zmian w krążku międzykręgowym u bezobjawowych ochotników z grupą pacjentów z przewlekłym bólem krzyża [23]. Badania przeprowadzono na 55 osobowej grupie kontrolnej, w której 32 osoby (58,8%) wykazywały objawy przerwania pierścienia krążka międzykręgowego. Grupę badaną stanowiło 282 osoby z chorobą dyskową. U 199 osób stwierdzono przerwanie pierścienia III^o, 104 osoby (52%) zaliczono do negatywnej dyskograficznie grupy, a pozostałe 95 osoby zaliczono do grupy pozytywnej dyskograficznie ponieważ wykazywały istotnie niższą tolerancję bólu niż to było w grupie kontrolnej $P > 0,05$. Grupa kontrolna i grupa negatywna dyskograficznie wykazywała podobne ciśnienie wewnątrzdykowe, przy którym pojawiał się ból.

Pacjenci z objawami choroby dyskowej z przerwaniem pierścienia włóknistego wykazują niższą tolerancję bólu podczas dyskografii w porównaniu z osobami grupy kontrolnej bez dolegliwości ale z przerwaniem pierścieniem włóknistym.

Podsumowanie

Przedstawiona przez autorów publikacja o bezobjawowych zmianach w obrębie kręgosłupa lędźwiowego jest kolejną publikacją opisaną w piśmiennictwie polskim. Autorzy nie napotkali innych prac, w tym anglojęzycznych, dotyczących badań MR wykonanych u młodych ludzi, którzy pragnęli się szkolić jako piloci samolotów wojskowych. Ponieważ od pilota samolotów wysokomanewrowych wymagany jest doskonały stan zdrowia, to wszelkie odchylenie w budowie narządu ruchu eliminują kandydatów

ze szkolenia. Tym problemem piśmiennictwo zajmuje się od wielu lat, ale badania takie przeprowadzane były u osób starszych. Bezobjawowe zmiany oceniano w takich badaniach, jak mielografia i TK. Badanie MR okazało się najczulsze, ponieważ wykazuje wszelkie zmiany, nawet te, które nie dają objawów bólowych.

Autorzy mają nadzieję, że informacje zawarte w pracy przyczynią się do pogłębienia naszej wiedzy dotyczącej diagnostyki klinicznej i obrazowej kręgosłupa.

Wnioski

1. Bezobjawowe zmiany w obrazie MR stwierdzono u 30% kandydatów na pilotów samolotów wojskowych. Były to zmiany w obrębie krążka międzykręgowego wyrażające się wypukliną lub przepukliną jądra miazdżystego.
2. Obciążenia w czasie lotu, przeciążenia i wibracje będą nasilały występujące zmiany, dlatego też należy zdyskwalifikować tę grupę ze szkolenia ze względu na wysokie koszty i ewentualne późniejsze roszczenia finansowe.

Piśmiennictwo

1. Robertson J.T.: The rape of the spine. *Surg Neurol.* 1993, 39, 5-12.
2. Deyo R.A., Tsuiwu Y.J.: Descriptive epidemiology of low-back-pain and its related medical-care in the united-states. *Spine* 1987, 12, 264-268.
3. Hitselbe W., Witten R.M.: Abnormal myelograms in asymptomatic patients. *J Neurosurg.* 1968, 28, 204-206.
4. Wiesel S.W., Tsourmas N., Feffer H.L., Citrin C.M., Patronas N.: 1984 volvo award in clinical sciences - a study of computer-assisted tomography. 1. The incidence of positive cat scans in an asymptomatic group of patients. *Spine* 1984, 9, 549-551.
5. Powell M.C., Szypryt P., Wilson M., Symonds E.M., Worthington B.S.: Prevalence of lumbar-disk degeneration observed by magnetic-resonance in symptomless women. *Lancet.* 1986, 2, 1366-1367.
6. Weinreb J.C., Wolbarsht L.B., Cohen J.M., Brown C.E.L., Maravilla K.R.: Prevalence of lumbosacral intervertebral-disk abnormalities on mr images in pregnant and asymptomatic nonpregnant women. *Radiology* 1989, 170, 125-128.
7. Rapała A., Rapała K., Stanisław L.: Nonsymptomatic changes in magnetic resonance imaging of spine among airforce candidates. *Chir. Narz. Ruchu* 2005, 70, 411-414.
8. Marchiori D., M.: *Radiologia kliniczna.* Wyd. Czelej, Kraków, 1999, 532.
9. Jensen M.C., Brantzawadzki M.N., Obuchowski N., Modic M.T., Malkasian D., Ross J.S.: Magnetic-resonance-imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N. Engl. J. Med.* 1994, 331, 69-73.
10. Boden S.D., Davis D.O., Dina T.S., Patronas N.J., Wiesel S.W.: Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects - a prospective investigation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1990, 72A, 403-408.

11. Modic M.T.: Degenerative disc disease and back pain. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 1999, 7, 481-491.
12. Borenstein D.G., O'Mara J.W., Boden S.D., et al.: The value of magnetic resonance imaging of the lumbar spine to predict low-back pain in asymptomatic subjects - a seven-year follow-up study. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2001, 83A, 1306-1311.
13. Bahr R., Andersen S.O., Loken S., Fossan B., Hansen T., Holme I.: Low back pain among endurance athletes with and without specific back loading - a cross-sectional survey of cross-country skiers, rowers, orienteers, and nonathletic controls. *Spine* 2004, 29, 449-454.
14. Caine D.J., Lindner K.J.: Overuse injuries of growing bones - the young female gymnast at risk. *Physician Sportsmed.* 1985, 13, 51-64.
15. Goldstein J.D., Berger P.E., Windler G.E., Jackson D.W.: Spine injuries in gymnasts and swimmers - an epidemiologic investigation. *Am. J. Sports Med.* 1991, 19, 463-468.
16. Harvey J., Tanner S.: Low-back-pain in young athletes - a practical approach. *Sports Med.* 1991, 12, 394-406.
17. Jackson D.W., Wiltse L.L., Cirincione R.J.: Spondylolysis in female gymnast. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1976, 68-73.
18. Baranto A., Hellstrom M., Cederlund C.G., Nyman R., Sward L.: Back pain and MRI changes in the thoraco-lumbar spine of top athletes in four different sports: A 15-year follow-up study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2009, 17, 1125-1134.
19. Lewis S.E., Fowler N.E.: Changes in intervertebral disk dimensions after a loading task and the relationship with stature change measurements. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2009, 90, 1795-1799.
20. Sutcliffe J., Ly J.Q., Kirby A., Beall DP.: Magnetic resonance imaging findings of golf-related injuries. *Curr. Probl. Diagn. Radiol.* 2008, 37, 231-241.
21. Micheli L.J., Curtis C.: Stress fractures in the spine and sacrum. *Clin Sports Med.* 2006, 25, 75-88.
22. Hollenberg G.M., Beattie P.F., Meyers S.P., Weinberg E.P., Adams M.J.: Stress reactions of the lumbar pars interarticularis - the development of a new mri classification system. *Spine* 2002, 27, 181-186.
23. Derby R., Kim B.J., Lee S.H., Chen Y., Seo K.S., Aprill C.: Comparison of discographic findings in asymptomatic subject discs and the negative discs of chronic lbp patients: Can discography distinguish asymptomatic discs among morphologically abnormal discs? *Spine* 2005, 30, 389-394.

Nadesłano: 13.04.2011 r.

Zaakceptowano do publikacji: 18.07.2011 r.

