

Submitted: 18.01.2012

Accepted: 31.01.2012

Anatomia diagnostyczna i diagnostyka patologii strefy entezy pierścienia rotatorów

Diagnostic anatomy and diagnostics of enthesal pathologies of the rotator cuff

Zbigniew Czorny

*Adres do korespondencji: Praktyka Prywatna,
ul. Magnolii 8, 05-126 Michałów-Grabina, Polska,
e-mail: zbigniew.czorny@wp.pl, www.czorny.pl*

Słowa kluczowe

pierścień rotatorów,
anatomia,
entezopatia,
USG, RM

Streszczenie

Anatomia szczegółowa, jakiej wymaga nowoczesna diagnostyka obrazowa, jest podstawą zrozumienia obrazów diagnostycznych oraz natury diagnozowanej choroby. **Celem pracy** jest przedstawienie nowego modelu anatomicznego struktur mięśniowo-ścięgnistych i torebkowo-więzadłowych o kompleksowej nazwie *pierścień rotatorów*, na podstawie schematów anatomicznych i anatomii diagnostycznej (ultrasonografia i rezonans magnetyczny) pierścienia z zastosowaniem koncepcji rdzeni ścięgnistych. Omawiane są odpowiednie warstwy tkankowe pierścienia rotatorów. W części diagnostycznej przedstawiono niektóre patologie entezy ramiennej pierścienia rotatorów. **Materiał i metoda:** Przeanalizowano najnowsze dane z badań anatomicznych struktury warstw pierścienia rotatorów – ich lokalizację, wymiary i strukturę w badaniach ultrasonograficznym i rezonansu magnetycznego. **Wnioski:** Pierścień rotatorów powinien być rozpatrywany jako wielowarstwowa struktura składająca się z przeplatających się i zespalających ze sobą włókien ścięgien i kompleksu torebkowo-więzadłowego spełniających różne funkcje statyczno-dynamiczne. Grubość tych warstw jest porównywalna, stąd duże znaczenie ma świadomość, że patologie kompleksu torebkowo-więzadłowego mogą stać się poważną przeszkodą w prawidłowym funkcjonowaniu stawu ramiennego, mając istotny wpływ na zachowanie się całego pierścienia rotatorów. Zrozumienie anatomii i funkcji warstw pierścienia rotatorów wyjaśnia część zagadki tworzenia się hydroksyapatytowych jam wapiennych pomiędzy warstwami ścięgien/kompleksu. Jamy te są konsekwencją uszkodzeń entezy pierścienia rotatorów na granicy przyczepu warstwy ścięgna i torebkowo-więzadłowej. Takie uszkodzenie entezy otwiera drogę do wypełniania już istniejących rozwarstwień ścięgna-kompleksu oraz aktywnego ich rozlaminowywania poprzez ciągłe wypełnianie materiałem wapiennym.

Key words

rotator cuff, anatomy, enthesopathy, US, MRI

Abstract

Detailed anatomy, crucial in modern high-definition diagnostics imaging, is a base for understanding diagnostic images and the nature of the diagnosed disease. **The aim of this paper** is presentation of a new anatomical model of the rotator cuff, which includes definition of tendinous and capsule-ligamentous layers as equally important to rotator cuff function understanding. Schematic and diagnostic (ultrasonography, magnetic resonance imaging) anatomy of the rotator cuff based on the core tendon concept is presented. Appropriate tissue layers of the cuff are discussed in detail. In the diagnostics part some enthesal pathologies of the rotator cuff are presented. **Material and methods:** New anatomical data was analyzed in the context of rotator cuff layers – their presence, thickness and structure observed on magnetic resonance imaging and ultrasonographic images. **Conclusions:** Rotator cuff should be regarded as a multilayer structure consisting of fused fibers of tendons and capsuloligamentous complex. The thickness of these layers is comparable therefore it is important to realize that capsular pathologies may become a serious obstacle to normal shoulder joint function. Understanding of anatomical rotator cuff layers explains the formation of calcific cavities within the rotator cuff. In fact between layers of the cuff. Calcific cavities are a sequelae of chronic enthesopathy/enthesal tear with hydroxyapatite filling and probably delaminating the tendinous layer from the capsuloligamentous one.

Wstęp

W opinii wielu diagnostów oraz chirurgów stożek rotatorów jest jedynie strukturą ścięgnistą. Własne badania analizujące tę strukturę wykazały jednoznacznie, że jest to złożony kompleks, który składa się z zewnętrznej warstwy ścięgnistej i wewnętrznej torebkowo-więzadłowej. Zgodnie z własnymi niepublikowanymi pomiarami grubość tej wewnętrznej warstwy kompleksu torebkowo-więzadłowego dochodzi do 2, a nawet 3 mm, co stanowi najczęściej około 1/3 do 1/2 grubości pierścienia rotatorów, rozumianego jako kompleks ścięgnisto-torebkowo-więzadłowy.

Najnowsze wysokiej klasy urządzenia diagnostyczne, takie jak USG i RM, jak również aktualne badania anatomiczne^(1,2) pozwalają na precyzyjną identyfikację i diagnostykę struktur powyższego pakietu struktur torebkowo-więzadłowych. Obejmuje on kompleks przednio-dolny w strefie podłopatkowej i kompleks górny w strefie nadgrzebieniowej i podgrzebieniowej oraz struktury ścięgniste mięśni pierścienia rotatorów.

Badania anatomiczne i diagnostyczne wykazują, że sformułowanie *pierścień rotatorów* powinno dotyczyć kompleksu struktur torebkowo-więzadłowych stawu ramiennego oraz mięśni/ścięgien mm. podłopatkowego, nadgrzebieniowego, podgrzebieniowego i obłego mniejszego^(1,2).

Schemat anatomii strefy nadgrzebieniowej i podgrzebieniowej w przekroju czołowym skośnym przedstawia ryc. 1.

Kompleks górny składa się z więzadeł kruczo-ramiennego, obrąbkowo-ramiennego górnego, kruczo-

Introduction

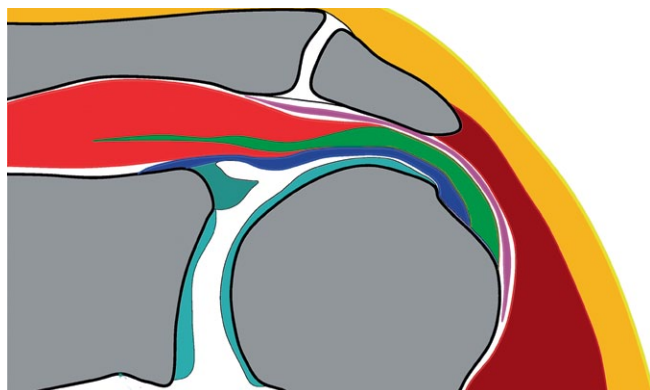
Many diagnostic imaging specialists as well as orthopedic surgeons think that the rotator cuff is a structure built of tendons. Own investigation show clearly that rotator cuff is a complex which consists of outer tendinous layer and inner capsuloligamentous complex (CLC). My own unpublished data shows that the thickness of the CLC reaches up to 2–3 mm, and that most frequently is a 1/3 to 1/2 of the rotator cuff thickness. State of the art diagnostic imaging tools such as US and MRI as well as newest anatomical data^(1,2) allow us today to precisely and separately diagnose ligamentous and tendinous structures of the shoulder's rotator cuff.

US and MRI images published until now describe all tendinous-ligamentous structures between the scapula and humeral tubercles as tendons.

In fact recent anatomical data published^(1,2) prove beyond any doubt that this a complex structure combined of a ligamentous (superior and anteroinferior complex) and tendinous layers.

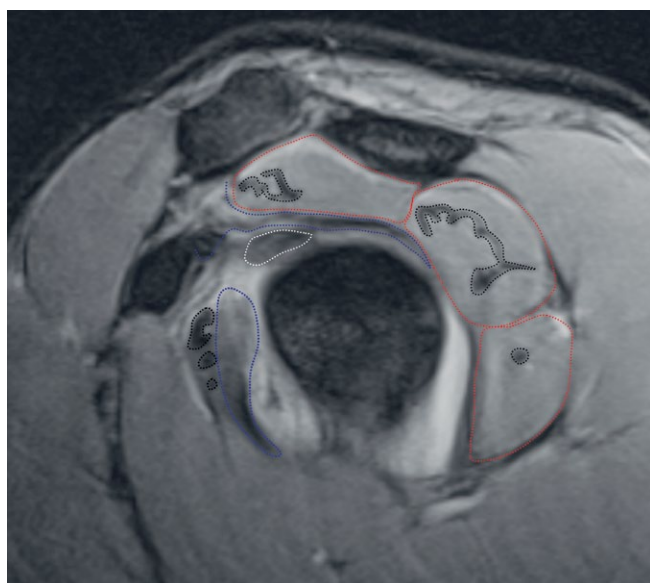
The supraspinatus/infraspinatus zone is schematically presented in fig. 1.

Superior complex consists of coracohumeral ligament, superior glenohumeral ligament, coracoglenoid and for the first time described by Pouliart in 2006⁽¹⁾ superior posterior glenohumeral ligament. The latter one makes a posterior limb of the superior complex and distally interweaves through a rotator cable with superior glenohumeral ligament and coracohumeral ligament (anterior limb of the superior complex). There are many anatomical variants of the superior complex built⁽¹⁾.



Ryc. 1. Purpura – kaletka podbarkowa, zielen – rdzeń ścięgniasty/ ścięgnu mięśnia nadgrzebieniowego/podgrzebieniowego, czerwien – strefa brzuśca m. nadgrzebieniowego/podgrzebieniowego, niebieski – kompleks górny, brąz – mięsień naramienny, żółty – skóra, tkanka podskórna

Fig. 1. Purple – subdeltoid-subacromial bursa, bright red/green – muscle/tendon of the supraspinatus, dark blue – superior complex, red/brown – deltoid muscle, yellow – subcutaneous tissue, skin

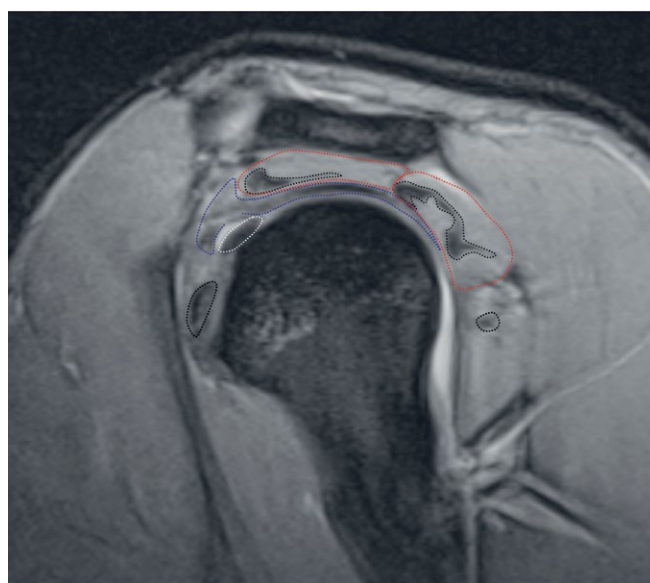


Ryc. 2. Przekrój strzałkowy skośny RM bezpośrednio bocznie od brzołu panewki. Jest to miejsce, gdzie kompleks torebkowo-więzadłowy zaczyna być widoczny (niebieskie obrysy). Obrysy czerwone – zarysy brzuśców mięśnia nadgrzebieniowego, podgrzebieniowego i obłego mniejszego, obrysy czarne – rdzenie ścięgniaste, obrys biały – ścięgnu głowy długiej m. dwugłowego ramienia

Fig. 2. MRI sagittal oblique section just laterally to the labrum where the superior complex starts to be well visible (blue dotted margins). Red dotted margins – supraspinatus, infraspinatus and teres minor muscles, black dotted margins – intramuscular core tendons of their muscles, grey margins – biceps tendon

panewkowego oraz po raz pierwszy opisanego przez Pouliart⁽¹⁾ więzadła obrąbkowo-ramiennego górnego tylnego. Węzadło to stanowi tylną odnogę kompleksu górnego i łączy się obwodowo z więzadłem obrąbkowo-ramiennym górnym i kruczo-ramiennym (przednia odnoga kompleksu górnego) za pośrednictwem pasma włókien o poprzecznym przebiegu zwanym kablem rotatorów. Istnieje szereg wariantów anatomicznych budowy kompleksu górnego⁽¹⁾.

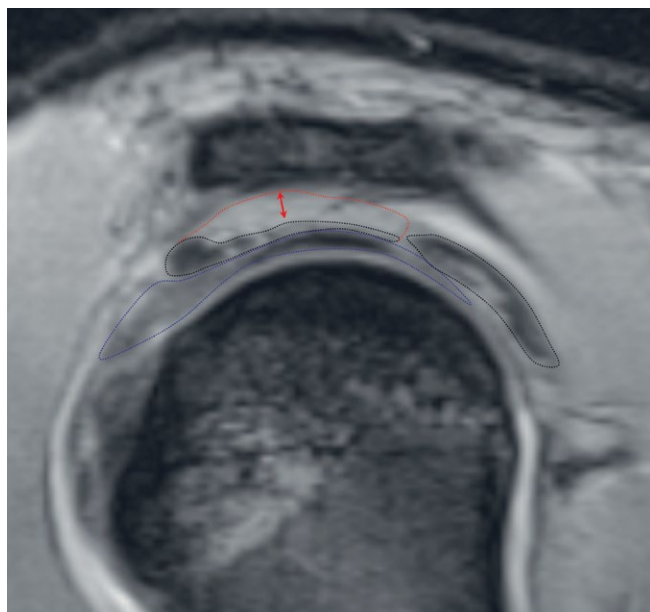
Zarówno kompleks górny, jak i przednio-dolny mogą być szczegółowo uwidocznione w badaniach RM



Ryc. 3. Przekrój strzałkowy skośny RM około 6–7 mm bocznie od ryc. 2. Obrys niebieski – kompleks górny, obrys czerwony – zarysy brzuśców mięśnia nadgrzebieniowego i podgrzebieniowego, obrysy czarne – rdzenie ścięgniaste, obrys biały – ścięgnu głowy długiej m. dwugłowego ramienia

Fig. 3. MRI sagittal oblique section approx. 6–7 mm laterally to the image from fig. 2. Blue dotted margins – superior complex, red dotted margins – supraspinatus and infraspinatus muscles, black dotted margins – intramuscular core tendons of their muscles, grey margin – biceps tendon

Superior as well as anterior-inferior complex can be depicted by both US and MRI as separate from supraspinatus, infraspinatus and subscapularis tendon layers of tissue with different fiber orientation in dynamic US inspection. US seems much more precise in visualization of the superior complex and rotator cuff tendons⁽³⁾. MRI gets on top when we need to know what happens to the bone underneath the entheses. The area of tendinous and superior complex fiber fusion layer may be therefore wrongly interpreted as delamination zone within the tendon.



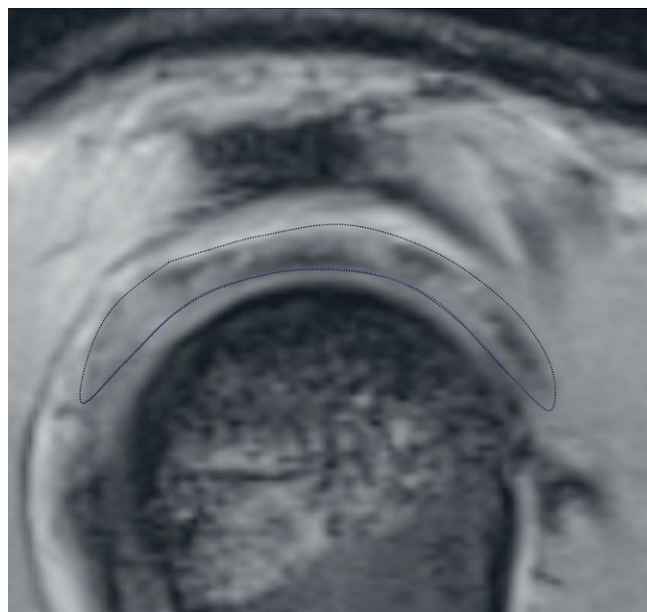
Ryc. 4. Przekrój strzałkowy skośny RM około 6–7 mm bocznie od ryc. 3. Obrys niebieski – kompleks góry, obrys czerwony i strzałka – zarysy i grubość brzośca mięśnia nadgrzebieniowego, obrisy czarne – rdzeń ścięgna nadgrzebieniowego i ścięgno podgrzebieniowe. W tym rejonie włókna ścięgien i kompleksu torebkowo-więzadłowego ulegają przemieszaniu/fuzji

Fig. 4. MRI sagittal oblique section approx 6–7 mm laterally to the image from fig. 3. Blue dotted margins – superior complex, red dotted margins and red double arrow – supraspinatus muscular layer, black dotted margins – intramuscular core tendons of supraspinatus and infraspinatus muscles. At this level tendinous layer and ligamentous complex begin to fuse their fibers

i USG, ze wskazaniem autora na badanie USG jako dokładniejsze i posiadające możliwość badania struktur pierścienia rotatorów w ruchu oraz wymuszonych pozycjach. Oba badania rozróżniają warstwową budowę pierścienia, wykazującą zróżnicowany układ i wymiary pasm ścięgien i kompleksu torebkowo-więzadłowego. Badanie USG jest bardziej precyzyjne od RM w diagnostyce struktury i powierzchni entezi obu warstw pierścienia rotatorów, torebkowo-więzadłowej i ścięgniastej⁽³⁾. Badanie RM jest z kolei niezwykle przydatne do oceny rozległości patologii pod powierzchnią entezi – w obrębie warstwy korowej i gąbczastej kości.

Anatomia diagnostyczna pierścienia rotatorów

Elementem kluczowym dla zrozumienia anatomii pierścienia rotatorów jest szczegółowa budowa anatomiczna rdzeni ścięgniastych i ścięgien mięśni⁽⁴⁾ podłopatkowego, nadgrzebieniowego, podgrzebieniowego i obłego mniejszego oraz ich relacji z kompleksem torebkowo-więzadłowym.



Ryc. 5. Przekrój strzałkowy skośny RM około 6–7 mm bocznie od ryc. 4, w okolicy bocznego szczytu wyrostka barkowego łopatkki. Obrys czarno-niebieski – zarys ścięgniastej (czarna) oraz torebkowo-więzadłowej (niebieska) powierzchni pierścienia rotatorów. Jest to już strefa fuzji włókien ścięgna i kompleksu torebkowo-więzadłowego

Fig. 5. MRI sagittal oblique section approx. 6–7 mm laterally to the image from fig. 4 – at the edge of the acromion. Blue dotted margin – superior complex side, black dotted margin – tendinous side of the rotator cuff

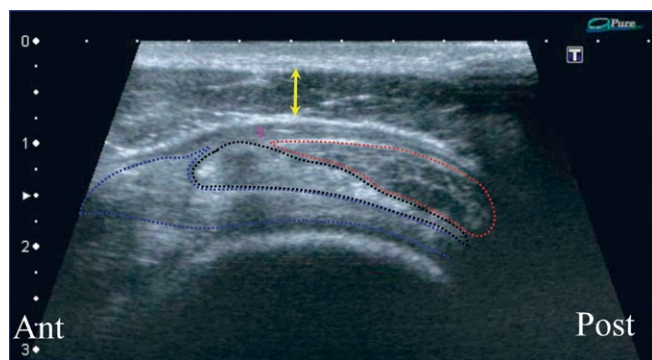
Diagnostic anatomy of the rotator cuff

The key point to understanding rotator cuff anatomy and later pathologies is the structure of muscle and core tendons⁽⁴⁾ of the subscapularis, supraspinatus, infraspinatus and teres minor muscles. Those muscles have vast scapular insertions where the muscle attaches via small core tendons and directly attached bands of endomysium and perimysium.

Their distal core tendons run inside the muscle (pen-nate) (fig. 2).

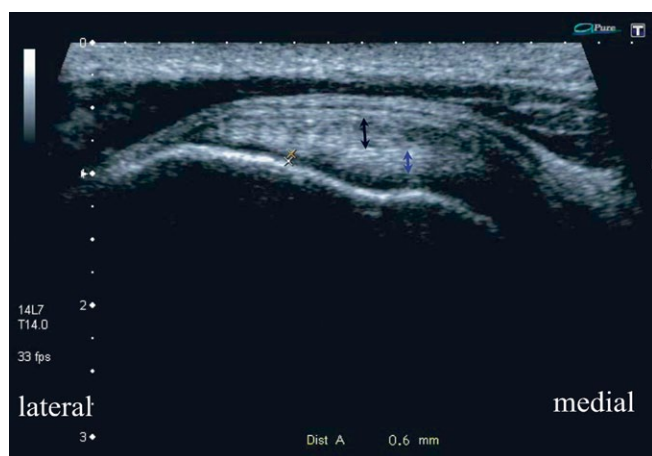
Core tendons appear on the inner surface of the muscles (become semipennate) just laterally to the plane of acetabulum (figs. 3, 4). Starting from here their fibers touch the CLC and start to intermingle their fibers to create a tendon-complex fusion. The fusion gradually becomes full towards the enthesi (fig. 5).

As for the US visualization of the cuff any plane can be chosen especially when the images are presented in real-time mode when a different fiber direction of



Ryc. 6. Obraz USG mięśnia (obrys czerwony) i rdzenia ścięgniętego (obrys czarny) nadgrzebieniowego oraz górnego kompleksu (obrys niebieski) w przekroju poprzecznym, co odpowiada architekturze przekrojów strzałkowych skośnych w badaniu RM. Przekrój bezpośrednio bocznie od wyrostka barkowego łopatki, purpurowa podwójna strzałka – kaletka podbarkowa-podnaramienna, żółta podwójna strzałka – mięsień naramienny. Porównaj z ryc. 3

Fig. 6. US transverse supraspinatus zone rotator cuff layers (refers to sagittal oblique in MRI – compare with fig. 4) just laterally to the acromion. Blue dotted margins – superior complex, red dotted margins – supraspinatus muscular layer, black dotted margins – core tendon/tendon of supraspinatus, purple double arrow – subacromial-subdeltoid bursa, yellow double arrow – deltoid muscle



Ryc. 7. Przekrój podłużny USG w strefie nadgrzebieniowej. Krzyżyki pomiarowe – grubość chrząstki włóknistej entezi ramiennej ścięgna i kompleksu torebkowo-więzadłowego, niebieska podwójna strzałka – warstwa kompleksu górnego, czarna podwójna strzałka – warstwa ścięgna

Fig. 7. US longitudinal supraspinatus zone. Black layer over the white bone margin – the enthesal cartilage thickness (measurement). Blue double arrow – superior complex layer, black double arrow – tendinous layer



Ryc. 8. Obraz USG poprzeczno-podłużny pierścienia rotatorów w strefie podgrzebieniowej przedniej. Krótkie strzałki – zarys głowy k. ramiennej bezpośrednio przyśrodkowo od szyjki anatomicznej. Podwójna lita strzałka – warstwa górnego kompleksu, podwójna przerywana strzałka – warstwa ścięgna

Fig. 8. US transverse/oblique rotator cuff image at the supraspinatus/infraspinatus zone. Short arrows – humeral head just medially to collum anatomicum. Double short arrow – superior complex layer, double dashed arrow – tendinous layer

Ta grupa mięśni ma rozległe przyczepy łopatkowe, które zawierają rdzenie ścięgnięte (bez odcinka ścięgna) oraz bezpośrednie przyczepy *endomysium* i *perimysium*.

Ich rdzenie ścięgnięte obwodowe biegają śródmięśniowo (ryc. 2) i mają formę pierzastą.

Dopiero bocznie od panewki stawu ramiennego pojawiają się na wewnętrznej powierzchni swoich mięśni jako rdzenie półpierzaste (ryc. 3, 4). Już na tym odcinku nagie ścięgno może stykać się z kompleksem torebkowo-więzadłowym, a jego włókna mogą ulegać fuzji z włóknami torebkowo-więzadłowymi.

W badaniu USG pierścienia rotatorów dobór płaszczyzn obrazowania należy dopasować do pozycji/przebiegu ścięgna. Generalnie stosuje się przekroje

the ligamentous complex and tendons can be much better visualized. Some US images of the cuff are shown in figs. 6–9.

Pathologies of the enthesis zone of the rotator cuff

Magnetic resonance and ultrasonographic imaging are the main two methods used for assessment of the rotator cuff of the shoulder nowadays. Both methods have advantages over the other and used together give the fullest picture of rotator cuff pathologies.

Recent literature helps to explain not only the structure of rotator cuff pathologies but also their nature and to some extent their origin^(1,2,4).

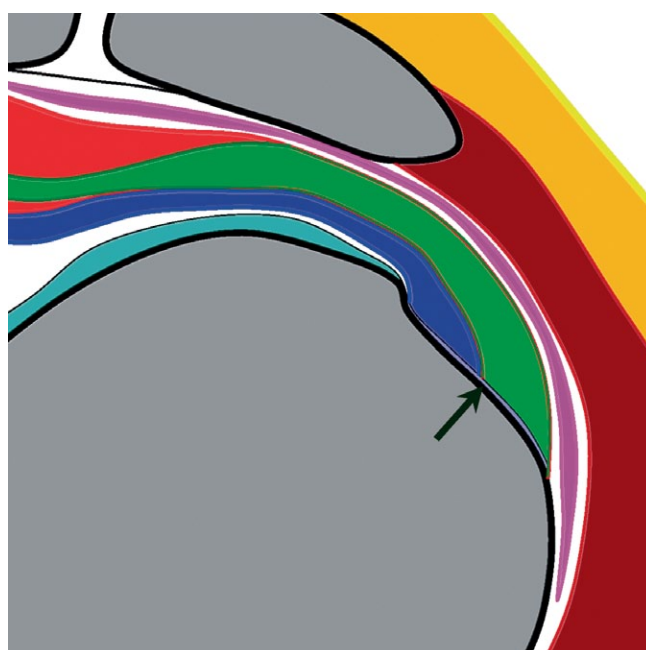
Ryc. 9. Obraz USG podłużny pierścienia rotatorów w strefie podgrzebieniowej przedniej. Krótkie strzałki – guzek większy (strefa entezy ścięgna), długa strzałka – szyjka anatomiczna (strefa entezy kompleksu torebkowo-więzadłowego), głowy strzałek – zarys kostny głowy k. ramiennej, podwójna lita strzałka – warstwa ścięgniasta, pomiar – grubość górnego kompleksu torebkowo-więzadłowego

Fig. 9. US longitudinal rotator cuff image at the supraspinatus zone. Short arrows – tuberculum major (enthesis of the supraspinatus tendon with some anisotropy artifact), long arrow – collum anatomicum (enthesis of the superior complex), arrowheads – humeral head, double arrow – tendinous layer, measurement dots – thickness of the superior complex



Ryc. 10. Purpura – kaletka podbarkowa, zieleń – rdzeń ścięgniasty/ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego/podgrzebieniowego, czerwień – strefa brzośca m. nadgrzebieniowego/podgrzebieniowego, niebieski – kompleks górny, brązowy – mięsień naramienny, żółty – skóra, tkanka podskórna, cienka niebieska warstwa powlekająca szyjkę anatomiczną i guzek większy – chrząstka włóknista entezy kompleksu i ścięgna. Czarna strzałka wskazuje strefę występowania sił ścinających generowanych pomiędzy ścięgnami i kompleksem torebkowo-więzadłowym

Fig. 10. Purple – subdeltoid-subacromial bursa, bright red/green – muscle/tendon of the supraspinatus, dark blue – superior complex, red/brown – deltoid muscle, yellow – subcutaneous tissue, skin, thin blue layer between the collum anatomicum/tuberculum major and the tendon/ligament – fibrocartilage of the enthesis, arrow – the border between layers (shearing forces generator area)



podłużne i poprzeczne, jednak przewagą badania USG nad RM jest możliwość dowolnego doboru przekroju w celu jak najlepszego uwidocznienia badanej struktury i jej patologii.

Patologie strefy entezy pierścienia rotatorów

Rezonans magnetyczny i ultrasonografia są dwoma podstawowymi metodami oceny struktury pierścienia rotatorów. Obie metody mają swoje mocne i słabe strony, stąd najpełniejszy obraz patologii pierścienia rotatorów uzyskuje się po wykonaniu obu badań. Ważne dla zrozumienia obrazów patologii pierścienia rotatorów jest posiadanie prawidłowej wiedzy na temat badanych struktur, co szczęśliwie zapewnia nam nowoczesna literatura anatomiczna^(1,2,4).

Firstly it needs to be stressed that the cuff consists of two comparable layers – tendinous and capsuloligamentous. Secondly the layers have both different and similar anatomical and biomechanical properties. The internal, capsuloligamentous, connects bone to bone (scapular acetabulum to collum anatomicum of the humerus), is passive and less susceptible to elongation. The external – tendinous, connects bone to bone (fossa subscapularis, supraspinalis and infraspinalis to tuberculum minor and major of the humerus) is active and more susceptible to elongation.

The pivotal area is where both layers attach to the humerus. The place where they attach one next to and over another is where the bone undergoes shearing stress and may produce most peculiar pathologies (fig. 10).



Ryc. 11. Drobne blizny po mikrouszkodzeniu warstwy chrzęstnej entezi w strefie górnego kompleksu i na granicy warstwy ścięgnistej (strzałki)

Fig. 11. Scars after a microtear of the enthesal fibrocartilage at the border between the tendinous and the ligamentous layers (left arrow) of the rotator cuff as well as within the ligamentous layer (right arrow)

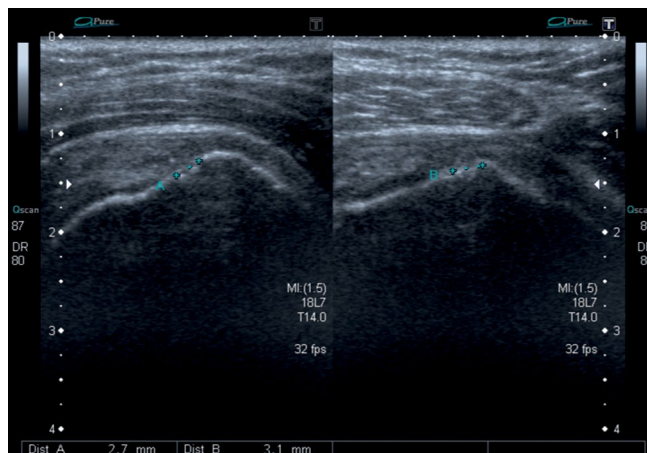
Pierwszym istotnym elementem nowego spojrzenia na pierścień rotatorów jest porównywalna grubość warstw ścięgniastych i torebkowo-więzadłowych w strefie podłopatkowej, nadgrzebieniowej i podgrzebieniowej. Mają one zarówno podobne, jak i odmienne właściwości anatomiczno-biomechaniczne.

Warstwa wewnętrzna pierścienia – torebkowo-więzadłowa – łączy elementy kostne łopatki z kością ramienną. Jest to warstwa pasywna (nie posiada aktywnych elementów kurczliwych) i relatywnie mało podatna na wydłużenie. Warstwa zewnętrzna – ścięgniasta – również łączy elementy kostne łopatki z kością ramienną, jednak obecność brzuśców mięśniowych zmienia jej charakterystykę na aktywną/dynamiczną i bardziej podatną na wydłużenie.

Z punktu widzenia entezopatii, czyli uszkodzeń przyczepu ramiennego tych elementów, bardzo istotnym punktem jest strefa styku/fuzji obu warstw w polu przyczepu ramiennego i w jego bezpośrednim sąsiedztwie (ryc. 10). Jest to strefa, w obrębie której generowane są siły ścinające, co może sprzyjać powstawaniu różnorodnych patologii urazowych.

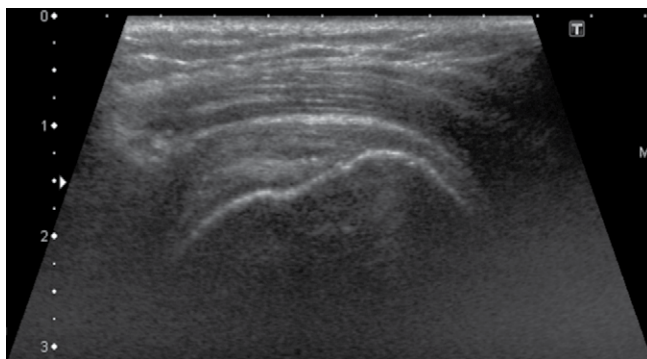
USG wydaje się badaniem bardziej czułym i specyficznym w detekcji patologii pierścienia rotatorów i jego entezi ramiennej⁽³⁾. Badanie to potrafi uwiocznąć cienką warstwę chrząstki włóknistej entezi (ryc. 7), a co za tym idzie drobne jej uszkodzenia/blizny (ryc. 11), które zazwyczaj we własnych obserwacjach w takim stadium są asymptomatyczne.

Najbardziej charakterystycznymi elementami uszkodzeń przyczepu ramiennego pierścienia są drobne,



Ryc. 12. Podłużny (lewy) i poprzeczny (prawy) obraz USG częściowego uszkodzenia strefy entezi pierścienia rotatorów w warstwie wewnętrznej ścięgniastej i zewnętrznej torebkowo-więzadłowej z ubytkiem warstwy chrzęstnej oraz płytką nadżerką/destrukcją warstwy korowej entezi (pomiar)

Fig. 12. Longitudinal (left) and transverse (right) US image of the rotator cuff partial tear at the border between the tendinous/ligamentous layers with a faint erosion of the cortical bone of the entesis (measurements)

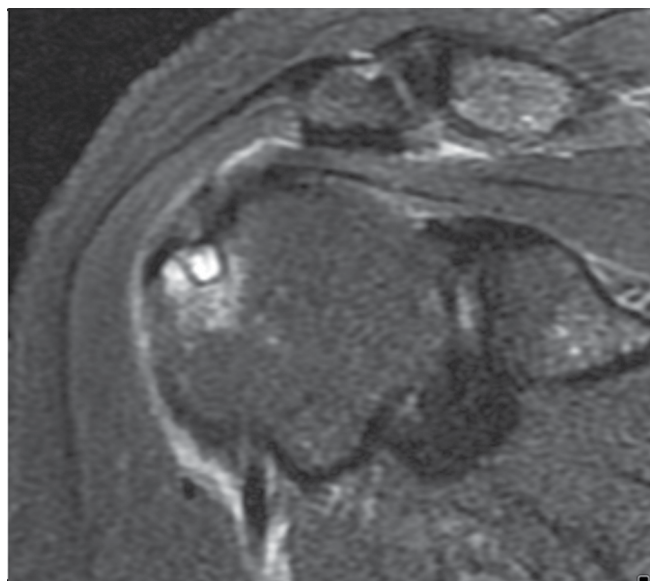


Ryc. 13. Pacjent z poprzedniej ryciny, przekrój podłużny. Na przekroju tym wyraźnie widoczna strefa delaminacji (lub blizny po delaminacji) ścięgna/kompleksu

Fig. 13. Patient from previous figure. Enthesis and delamination tear of the cuff at the border between the tendinous/ligamentous layers with a faint erosion/deformation of the cortical bone of the entesis

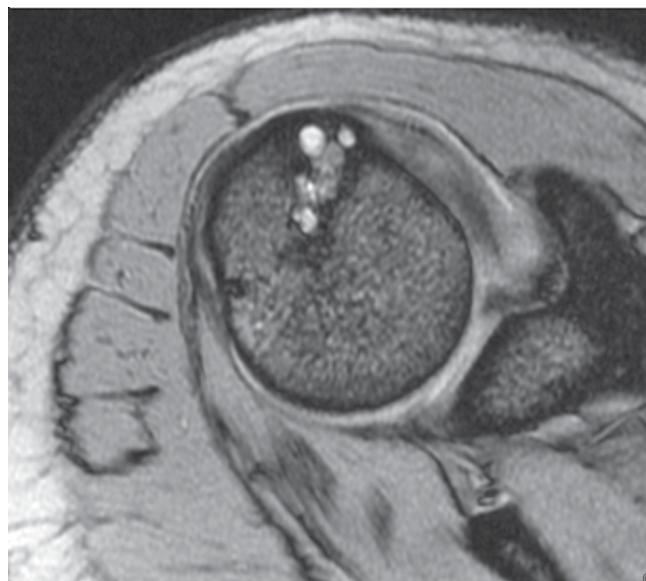
Ultrasound seems more sensitive and convincing as to the rotator cuff and its entesis pathologies detection⁽³⁾. Since it can show the fibrocartilaginous layer of the cuff's entesis (fig. 7) it can also show usually subclinical early-stage damage if that layer (fig. 11) and subsequent tears of the cuff within and away from the insertion (figs. 12 and 13).

The most characteristic elements of the rotator cuff's humeral entesis damage/tear are small collagenous and/or mineralized/calcified scars reaching into the elements of the cuff or between its layers. Blurring of the smooth entesis' margin, erosions and deep



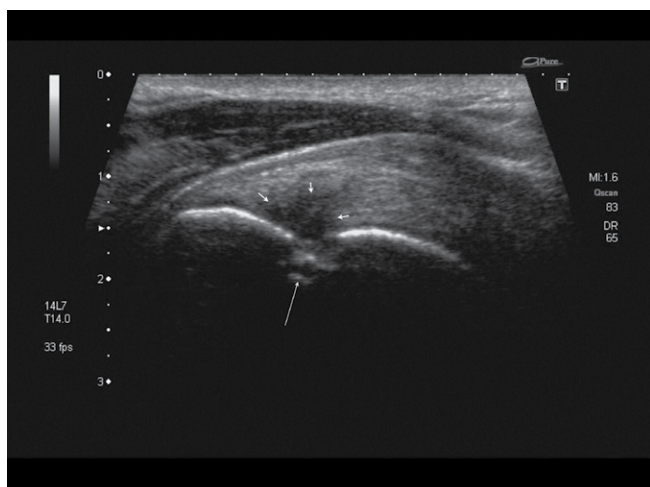
Ryc. 14. Pacjent z poprzedniej ryciny. Przekrój czołowy skośny w strefie nadgrzebieniowej, w przybliżeniu odpowiadający przekrojowi podłużnemu w badaniu USG. W strefie, w której w badaniu USG (ryc. 12 i 13) widoczne są drobne uszkodzenia entezi i delaminacja ścięgna/kompleksu, widoczna jest około 6 mm średnicy geoda o sklerotycznych ścianach, ze strefą kilkumilimetrowego obrzęku wokół

Fig. 14. Patient from previous figure. Coronal MRI image at the supraspinatus area shows a 6 mm diameter plus edema zone of the deep bone lesion below a 3 mm diameter faint erosion of the cortex seen on images from figs. 3, 4



Ryc. 15. Pacjent z poprzedniej ryciny. Obraz poprzeczny RM ukazuje wielokomorową, lito-płynową (lub galaretowatą) zmianę w kości. Cały ten kompleks najprawdopodobniej zapoczątkowany przez drobne uszkodzenie entezi na granicy ścięgna i kompleksu torebkowo-więzadłowego

Fig. 15. Patient from previous figure. Transverse MRI image shows a lobulated fibrocystic lesion within the bone at the supraspinatus area below a 3 mm diameter faint erosion of the cortex reaching nearly the center of the humeral head



Ryc. 16. Przekrój podłużny przez strefę nadgrzebieniową. Bezpostaciowa (degeneracja/szklwienie) blizna w przebiegu przewlekłego uszkodzenia strefy entezi kompleksu torebkowo-więzadłowego (małe strzałki), z głębokim uszkodzeniem kostnym przyczepu (długa strzałka pokazuje dostępne w badaniu USG dno nadżerki/geody) na granicy przyczepu. Zwraca uwagę izolowany charakter uszkodzenia – strefa przyczepu ścięgna jest zupełnie prawidłowa, włącznie z zachowaną warstwą chrząstki entezi

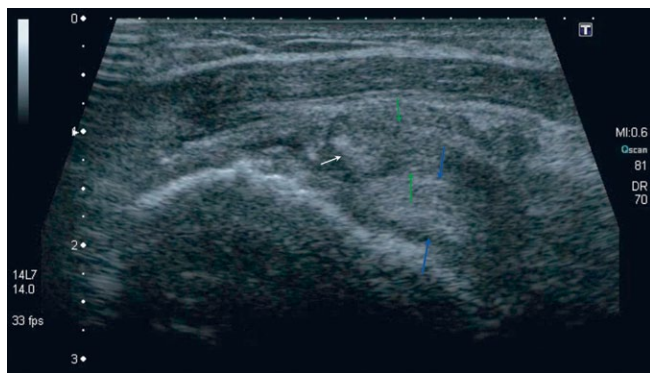
Fig. 16. US longitudinal image of the supraspinatus area. Amorphous scar after a chronic partial tear of the superior complex (ligamentous) enthesis (small arrows) with a cortical bone discontinuity and deep erosion/cystic formation within the bone (long arrow). Note that the enthesis of the tendinous layer together with its fibrocartilage is intact

włókniste i/lub zmineralizowane blizny „wnikające” w strukturę ścięgna/kompleksu lub pomiędzy te dwie warstwy, zatarcie gładkiego zarysu/nadżerki entezi oraz głębokie nadżerki/geody w polu i pod polem przyczepu. Spotyka się również pewną różnorodność form mieszanych uszkodzeń.

W badaniu USG nie można w tak dokładny sposób jak w RM uwidocznić struktury głębokich warstw przyczepu oraz kości gąbczastej głowy kości ramiennej.

pseudocysts within and under the enthesis. Lesions listed above may be observed in combinations.

The MRI in turn can depict the rest of the disease (figs. 14 and 15), reaching deep into the bone which may in US assessment (figs. 12 and 13) seem small and easy to heal. So despite the superior resolution of the US so useful in depiction minor cuff injuries and scars the MRI seems to be important in confirmation/



Ryc. 17. Przekrój podłużny w strefie nadgrzebieniowej. Obraz całkowitego oderwania ścięgna nadgrzebieniowego od przyczepu ramiennego. Cofnięty nieznacznie kikut wskazuje biała strzałka, grubość oderwanego ścięgna – zielone strzałki. Niebieskie strzałki wskazują warstwę kompleksu torebkowo-więzadłowego, który jest pogrubiał i ma zatartą strukturę, co wskazuje na jego częściowe uszkodzenie, jednak bez oderwania od przyczepu. Minimalna retrakcja ścięgna spowodowana jest właśnie przez zachowanie ciągłości kompleksu torebkowo-więzadłowego do przyczepu oraz brak kompletnej delaminacji ścięgna od kompleksu. Nasilone zniekształcenia/blizny po dawnych mikrouszkodzeniach entezy strefy ścięgna nadgrzebieniowego wyjaśniają podłoże uszkodzenia ścięgna

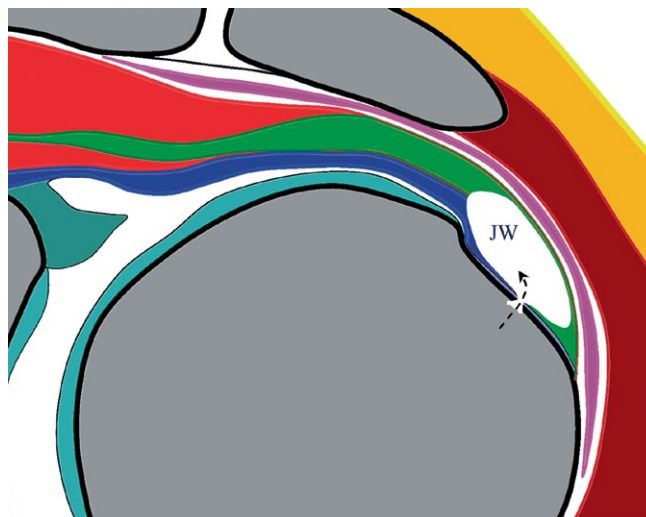
Fig. 17. US longitudinal image of the supraspinatus area. A complete detachment of the tendinous layer (green arrows), with a retracted to the line of collum anatomicum stump of the tendon (white arrow). Preserved continuity of the ligamentous complex layer (blue arrows) and no delamination of the tendinous/ligamentous complex secures little retraction of the detached tendon. Note erosions limited to the supraspinatus entheses area – the most likely reason for the selective contusion

Nierzadko w przypadkach pozornie mało zaawansowanych zmian w obrębie entezy (ryc. 12 i 13) weryfikacja RM ujawnia rozległe, przewlekłe strefy niszczenia kości pod przyczepem (ryc. 14, 15).

Dlatego wydaje się słuszne, aby podejmując decyzję o leczeniu operacyjnym niewielkich uszkodzeń przyczepu pierścienia rotatorów, lekarz zweryfikował jakość kości w strefie uszkodzenia za pomocą badania RM.

Badanie USG jest przydatne nie tylko w detekcji drobnych uszkodzeń (ryc. 16). Pozwala także uwidocznić cechy obecności unaczynienia w bliznie, wskazujące na obecność procesu naprawczego. Wykonanie celowanego ucisku na chore strukturalnie miejsce umożliwia stwierdzenie, czy strukturalna zmiana jest rzeczywiście generatorem bólu. Nierzadko wcale nie jest to element generujący wyraźny uciskowy ból.

W przypadkach rozleglejszych uszkodzeń ścięgna czy kompleksu torebkowo-więzadłowego w postawieniu ostatecznej diagnozy pomaga badanie dynamiczne, niedostępne w żadnej innej metodzie obrazowania.



Ryc. 18. Schemat tworzenia się jamy wapiennej pierścienia rotatorów (JW). Czarna przerywana strzałka wskazuje strefę uszkodzenia entezy i wnikania hydroksyapatytów do jamy

Fig. 18. Scheme of calcific cavity (JW) creation. Black dashed arrow indicates the route of hydroxyapatites coming from the bone, through the damaged cortex and enthesal fibrocartilage into the cavity

exclusion of those bony surprises that can alter clinical approach to the cuff pathology.

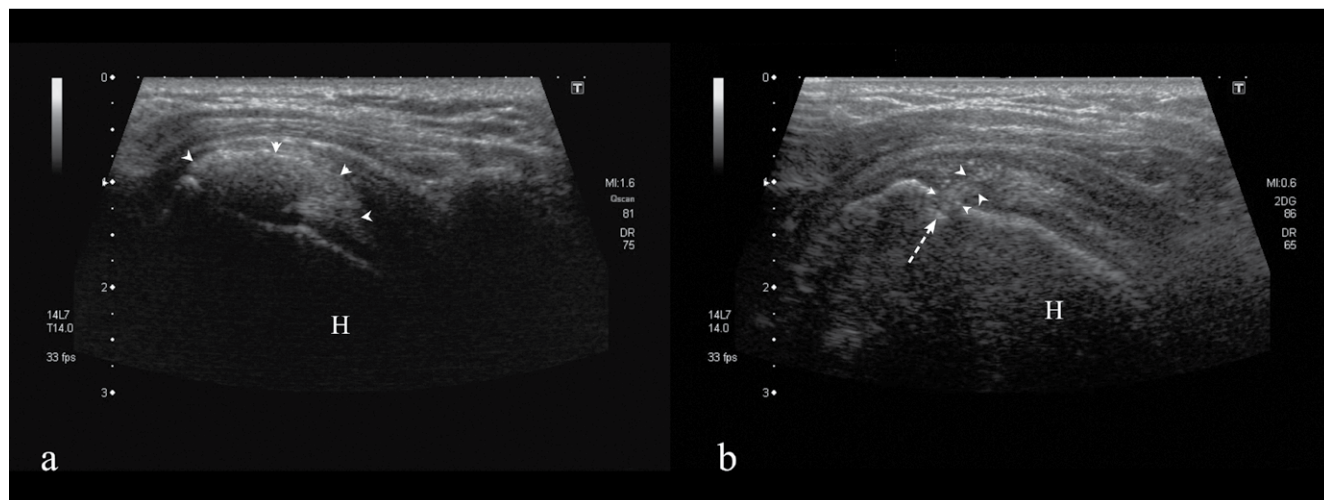
Of course not only small lesions of the cuff can be visualized by the US examination. The larger ones too (fig. 16). US is sensitive in increased perfusion detection, which indicates the presence of vital tissue. Additionally US can indicate precisely which layer, tendinous or ligamentous, is a most likely pain generator. Frequently sites of cuff injury do not generate pain at pressure.

In many cases of rotator cuff tears a dynamic examination (not available in other diagnostic imaging methods) helps to establish a final diagnosis.

A specific form of chronic entheses damage at the border between the tendinous and capsuloligamentous layers is formation of calcific/hydroxyapatite cavities.

These cavities are a sequelae of entheses tear/decomposition at the border of the tendinous and capsuloligamentous complex. Chronic delamination shearing forces generated between tendon and capsuloligamentous complex within the layer corresponding to the entheses tear create a space for a cavity to become (fig. 18). The precise mechanism of the cavity's creation is unknown to author's knowledge.

Mineral parts besides filling and probably creating a second delaminating force, may make deep incrustations into the structure of both the tendons and the



Ryc. 19 A. Obraz USG jamy wapiennej (groty strzałek) strefy nadgrzebieniowej w przekroju podłużnym. **B.** Jama wapienna po opróżnieniu, groty strzałek wskazują dawną ścieżkę hydroksyapatytów ze strefy nadżerki entezi do przestrzeni rozwarstwienia/jamy wapiennej (przerwana strzałka). H – kość ramienna

Fig. 19 A. Image of the calcific cavity (arrowheads) of the supraspinatus zone in longitudinal section. **B.** Cavity after lavage procedure. Arrowheads indicate the past route of hydroxyapatites from the bone/erosion into the cavity. H – humeral head

Specyficzną formą przewlekłego uszkodzenia entezi na granicy ścięgien/kompleksu torebkowo-więzadłowego jest tworzenie jam wapiennych. Jamy te powstają poprzez uszkodzenie entezi na granicy ścięgna i kompleksu i przewlekłe rozlaminowywanie tych warstw w niewyjaśnionym, według wiedzy autora, mechanizmie „wpompowywania” drobin hydroksyapatytów z kości do strefy rozwarstwienia (ryc. 18). Drobin mineralne, poza wypełnianiem samego rozwarstwienia, mogą inkrustować głęboko ścianę ścięgniastą i torebkowo-więzadłową jamy. W ten sposób tworzą się jamy o wymiarach przekraczających nawet 20×20 mm i grubości przekraczającej czasem naturalną grubość pierścienia rotatorów.

Konsystencja jam wapiennych może różnić się w zakresie od rozwodnionej pasty do zębów do twardej kredy szkolnej. Historyczna nazwa *tendinitis ossificans* czy *calcificans* jest błędna, ponieważ nie mamy w tej patologii do czynienia z zapaleniem, lecz z uszkodzeniem specyficznej lokalizacji entezi ramiennego pierścienia rotatorów, czyli entezopatią i dziwnym procesem wypełniania uszkodzenia materiałem pochodzenia kostnego.

CLC complex building a sort of sealing wall around the cavity. During lavage procedure they sometimes give impression of piercing an egg shell.

Cavities may at times reach over the size of 20×20 mm and thickness that may be greater than the cuff's.

Calcific cavities may have different stages of consistence. It may be a watery toothpaste to hard school-blackboard chalk. In cases it can be both thanks to gravity which sediments particles low in the lesion and that low area sooner becomes hard chalk. That phenomenon can be seen in the subscapularis zone.

Historical name *tendinitis ossificans*, or *tendinitis calcificans/calcarea* is false because the pathology is not related to inflammation but to chronic damage of the enthesis in the specific location. And that means enthesopathy in general sense or enthesal tear in specific sense with peculiar process of filling delaminated spaces and their walls with bone-originated material.

Piśmiennictwo/References

1. Pouliart N, Somers K, Eid S, Gagey O: Variations in the superior capsuloligamentous complex and description of a new ligament. *J Shoulder Elbow Surg* 2007; 16: 821–836.
2. Pouliart N, Somers K, Gagey O: Arthroscopic glenohumeral folds and microscopic glenohumeral ligaments: the fasciculus obliquus is the missing link. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17: 418–430.
3. Czyrny Z: Postępy w diagnostyce ultrasonograficznej układu ruchu. *Ultrasonografia* 2010; 10: 55–64.
4. Czyrny Z: Muscles – histology, micro/macroanatomy and US anatomy, a brand new perspective. *Ultrasonografia* 2012; 12: 9–27.