

CHEMICZNE NANOWŁAŚCIWOŚCI MINERAŁU KOSTNEGO SZYJKI KOŚCI UDOWEJ: BADANIA SPEKTROSKOPIĄ NMR FOSFORU-31 DLA KOBIET Z OSTEARTROZĄ I OSTEOPOROZĄ LUB OSTEOPENIĄ

VI Środkowo Europejski Kongres Osteoporozy i Osteoartrozy oraz XVII Zjazd
Polskiego Towarzystwa Osteoartrologii i Polskiej Fundacji Osteoporozy, Kraków
25-26.09.2015

P44

CHEMICZNE NANOWŁAŚCIWOŚCI MINERAŁU KOSTNEGO SZYJKI KOŚCI UDOWEJ: BADANIA SPEKTROSKOPIĄ NMR
FOSFORU-31 DLA KOBIET Z OSTEARTROZĄ I OSTEOPOROZĄ LUB OSTEOPENIĄ

Kaflak A.¹, Chmielewski D.², Kołodziejcki W.¹

¹Katedra i Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski
Uniwersytet Medyczny

²Department of Orthopaedic Surgery and Traumatology, HOSPITEN Lanzarote

Słowa kluczowe: osteoartroza, osteoporoza, minerał kostny,
nanoapatyt, magnetyczny rezonans jądrowy

Wstęp. Minerale kostny zawiera nanocząstki apatyty (płytki o wymiarach poniżej 100 nm), które ułożone są pomiędzy włóknami kolagenu stanowiącego frakcję organiczną. Nanocząstki te zawierają krystaliczny fosforanowy rdzeń (CPC), który jest otoczony amorficzną uwodnioną warstwą powierzchniową (AHSL). Warstwa powierzchniowa jest relatywnie szeroka i ma istotny wpływ na fizykochemiczne i biologiczne właściwości apatyty kostnego. Poza tym AHSL stanowi specyficzny interfejs pomiędzy minerałem a macierzą organiczną tkanki kostnej, wobec czego może znacząco wpływać na właściwości mechaniczne kości. Jednakże, rejony CPC i AHSL nanocząstek apatyty kostnego w pełnej, niezaburzonej tkance kostnej nie były jeszcze badane.

Cel. Scharakteryzowanie obszarów CPC i AHSL nanocząstek apatyty kostnego beleczkowej tkanki kostnej pobranej od kobiet po menopauzie podczas operacyjnego zabiegu pierwotnej alloplastyki stawu biodrowego.

Materiał i metody. Próbkki beleczkowej tkanki kostnej z szyjki kości udowej zostały pobrane od 18 kobiet, w różnym wieku i z różnym T-score (BMD L2-L4), podczas planowego zabiegu alloplastyki stawu biodrowego w Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Pobrane próbki (kształt cylindryczny: 10-15 mm długości i 7 mm średnicy) były badane metodą obrazowania protonowego mikroMRI oraz spektroskopią ³¹P NMR ciała stałego w eksperymencie z nasycaniem i odrostem magnetyzacji. Zostały określone następujące parametry NMR: stosunek BV/TV (ang. *bone volume to total volume ratio*), stosunek zawartości fosforu w AHSL do zawartości fosforu w CPC (B/A), szerokości połówkowe (FWHM) sygnałów ³¹P z tych obszarów oraz ich czasy relaksacji spinowo-sieciowej (T1P). Uzyskane korelacje były uznane za istotne statystycznie dla p<0,05.

Wyniki. Nie stwierdzono korelacji parametrów NMR, czyli B/A, FWHM i T1P z parametrami makroskopowymi, takimi jak wiek, T-score czy markerami obrotu kostnego (CrossLaps i osteokalcyna; pomiar z krwi pacjentek). T-score (mierzony z odcinka lędźwiowego kręgosłupa) daje ujemną korelację z BV/TV (pomiar z próbek szyjki kości udowej). Dla obu obszarów, AHSL i CPC, uzyskano dodatnie korelacje T1P oraz ujemne korelacje FWHM ze stosunkiem B/A, którego zakres zmienności wynosił 0,15-0,32.

Wnioski. W badanej grupie pacjentek nie stwierdzono bezpośredniego związku między parametrami makroskopowymi a parametrami minerału kostnego na poziomie molekularnym. Nasze wyniki wskazują na tzw. odwrotną relację pomiędzy osteoartrozą i osteoporozą. Szacujemy, że AHSL zawiera ok. 13-24% fosforu znajdującego się w apatyty. Kiedy rośnie AHSL (wzrasta stosunek B/A), w obu obszarach (AHSL i CPC) ubywa wody i następuje porządkowanie ich struktur. Spektroskopia ³¹P NMR w ciele stałym okazała się cenną metodą selektywnej analizy minerału kostnego w pełnej tkance kostnej.

P44

CHEMICAL NANO-FEATURES OF BONE MINERAL FROM FEMORAL NECK: A SOLID-STATE PHOSPHORUS-31 NMR STUDY FOR WOMEN WITH OSTEOARTHRITIS AND OSTEOPOROSIS OR OSTEOPENIA

Kaflak A.¹, Chmielewski D.², Kołodziejcki W.¹

¹Katedra i Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny

²Department of Orthopaedic Surgery and Traumatology, HOSPITEN Lanzarote

Key words: osteoarthritis, osteoporosis, bone mineral, nanoapatite, nuclear magnetic resonance

Objectives. Bone mineral consists of apatite nano-particles (platelets, all dimensions below 100 nm) deposited between collagen fibrils. Those particles contain crystalline phosphate core (CPC), which is covered by an amorphous hydrated surface layer (AHSL). This layer is relatively broad, and exerts crucial effect on physicochemical and biological properties of bone apatite. Furthermore, AHSL serves as a specific interface between bone mineral and organic matrix, so it must be somehow responsible for mechanical properties of bone. So far, the CPC and AHSL regions of bone apatite nano-particles in whole intact bone have not been studied.

Aim. Characterization of the CPC and AHSL environments of bone apatite nano-particles from trabecular tissue specimens acquired from postmenopausal women during total hip arthroplasty.

Materials and methods. Trabecular bone from femoral neck was harvested from 18 women of various age and T-score (BMD L2-L4) during surgical operations of alloplastic reconstruction of hip joints (degenerative joint disease), performed in the Department of Orthopaedics and Traumatology of the Locomotor System, Medical University of Warsaw. The biopsy specimens of whole bone (10-15 mm long and 7 mm wide cylinders) were studied using proton microMRI and solid-state ^{31}P NMR with saturation recovery pulse sequence. The following magnetic resonance parameters were determined: the bone volume to total volume ratio (BV/TV), the concentration ratio of phosphorus in the AHSL and CPC locations (B/A), their ^{31}P linewidths (FWHM) and spin-lattice relaxation times (T_{1P}). Statistical correlations were considered significant for $p < 0.05$.

Results. No correlations were found of the B/A, FWHM and T_{1P} NMR parameters with the macroscopic parameters: age, T-score and bone turnover markers (CrossLaps and osteocalcin levels in blood). T-score (lumbar spine) gives negative correlation with BV/TV (femoral neck). For both AHSL and CPC, there are positive correlations of T_{1P} and negative correlations of FWHM with B/A, which value varies from 0.15 to 0.32.

Conclusions. In the examined group there is no direct relationship between the macroscopic and molecular level parameters of bone mineral. Our results indicate an inverse relationship between osteoarthritis and osteoporosis. In AHSL there is 13-24 % of apatite phosphorus. When AHSL grows (B/A increases), both AHSL and CPC become less hydrated and more ordered. Solid-state ^{31}P NMR has proved to be a valuable method to selectively analyze apatite mineral in whole bone.