

Jacek LORKOWSKI¹
Waldemar HŁADKI²
Barbara JASIEWICZ³

Układ kostno-szkieletowy – anatomia kliniczna nie tylko dla ortopedów

Skeletal system- clinical anatomy not only for orthopedists

¹Klinika Ortopedii i Traumatologii, Centralny Szpital Kliniczny MSWiA, Warszawa, ul. Wołoska 137
Kierownik Kliniki:
prof. dr hab. med. Ireneusz Kotela

²Katedra Ortopedii, Traumatologii i Rehabilitacji, Zakład Fizjoterapii, Akademia im. Frycza-Modrzewskiego, Krakowie, ul. Herlinga Grudzińskiego 1
Kierownik Zakładu:
prof. dr hab. Joanna Golec

³Katedra Ortopedii, Klinika Ortopedii i Rehabilitacji CM UJ, Zakopane, Balzera 15
Kierownik Katedry i Kliniki:
prof. dr hab. med. Maciej Tešiorowski

Słowa kluczowe:

szkielet, kość, staw, anatomia

Key words:

skeleton, bone, joint, anatomy

Adres do korespondencji:

Jacek Lorkowski
Adres: 02-507 Warszawa, ul. Wołoska 137
e-mail: jacek.lorkowski@gmail.com

Barbara Jasiewicz
Adres: 34-500 Zakopane, Balzera 15
tel.: +48 18 2022133
e-mail: basiajasiewicz@gmail.com

Narząd ruchu człowieka składa się z części biernej (szkielet i jego połączenia, czyli stawy) oraz z części czynnej (mięśnie szkieletowe). Autorzy przedstawiają w artykule podstawy anatomii kości i stawów poszerzone o najbardziej istotne problemy kliniczne.

Narząd ruchu człowieka składa się z części biernej (szkielet i jego połączenia, czyli stawy) oraz z części czynnej (mięśnie szkieletowe). Szkielet waży przeciętnie 10-12 kg u dorosłego człowieka. W jego skład wchodzi 206 kości. U dziecka może ich być więcej, ze względu na obecność jąder kostnienia pierwotnych i wtórnych- wg Reichera u nastolatka może ich być nawet 356 jeśli osobno policzymy trzon i nasadę kości długich oddzielone chrząstką wzrostową [1]. U ludzi starszych zrastanie się kości czaszki może zmniejszać ogólną liczbę kości szkieletu.

Masa kostna człowieka ulega zwiększeniu w okresie wzrostu, aby osiągnąć maksimum (tzw szczytowa masa kostna) w trzeciej dekadzie życia (po 20 r.ż.) [2]. Następnie w miarę rozwoju procesów starzenia się (u kobiet po menopauzie, u mężczyzn nieco później) masa kostna ulega zmniejszeniu. Taki zmniejszenie gęstości kości obniża jej wytrzymałość i zwiększa podatność na złamania nawet przy niewielkich urazach. W ten sposób rozwija się **osteoporoza** – zmniejszenie gęstości kości i zaburzenie jej mikroarchitektury skutkujące większą podatnością na złamania [3]. Złamanie osteoporotyczne nie musi być wynikiem dużego urazu – najczęściej jest efektem upadku z wysokości własnego ciała (np. w łazience). Najważniejszymi z nich są złamania końca bliższego kości udowej tj. złamania szyjki kości udowej lub złamania przezkrętarzowe, stanowią one za względu na możliwe ich powikłania zagrożenie życia chorego.

Odrębności szkieletu dzieci i młodzieży związane są z obecnością chrząstek wzrostowych i jąder kostnienia dzięki którym zachodzi kostnienie na podłożu chrzęstnym. Dzięki chrząst-

Human locomotor system consists of passive part (skeleton and its connections, i.e. joints) and active part (muscles). Authors in this paper describe the base of bone and joints anatomy extended into the most crucial clinical problems.

kom wzrostowym kości rosną na długość, ale dochodzi także do kostnienia obwodowego od strony okostnej. Po zakończeniu okresu wzrostu tj. najczęściej pomiędzy 19 a 25 rokiem życia, na skutek działania hormonów płciowych oraz somatotropiny, chrząstki wzrostowe ulegają kostnieniu.

Kość to „mechanizm” o złożonej budowie makroskopowej (kość zbita i gąbczasta), o określonych własnościach materiałowych odpowiadających za jej wytrzymałość [4]. Za właściwości mechaniczne odpowiada unikalna budowa kości, w skład której wchodzi elementy organiczne jak i nieorganiczne [5]. Część organiczna kości to przede wszystkim komórki (osteocyty, osteoblasty i osteoklasty) oraz istota międzykomórkowa zbudowana głównie z kolagenu, osteonektyny, osteokalcyny i proteoglikanów oraz lipidów [6]. Składniki nieorganiczne takie to fosforany wapnia oraz dwuhydroksyapatyty odpowiadają za twardość i wytrzymałość kości, stanowią około 1.3 masy kostnej.

Kości składają się z tkanki kostnej zbitej oraz tkanki kostnej gąbczastej. Dodatkowo szkielet człowieka buduje też tkanka chrzęstna. Tkanka kostna zbita stanowi litą zewnętrzną powłokę kości, zaś tkanka kostna gąbczasta zbudowana z beleczek kostnych tworzy rodzaj przestrzennej struktury, ułożonej zgodnie z rozkładem działających sił wewnątrz kości.

W środku kości znajduje się również szpik kostny. Dzieli się on na szpik czerwony, który odpowiada za produkcję komórek krwi oraz szpik żółty, który zatracił zdolność produkcji elementów morfotycznych krwi. Z wiekiem ilość szpiku czerwonego wytwarzającego składniki krwi maleje.

Kość okryta jest od zewnątrz oko-

stną – błoną zawierającą komórki kościotwórcze (osteoblasty) i kościogubne (osteoklasty), umożliwiające modelowanie kształtu kości zależnie od potrzeb organizmu. Okostna pokrywa całą kość z wyjątkiem powierzchni stawowych i odpowiada za przyrost kości na grubość oraz gojenie ewentualnych złamań. Od wewnątrz kości wyścielone są śródkostną. Powierzchnie stawowe utworzone przez kości są pokryte chrząstką stawową.

Ze względu na kształt kości dzielimy na: długie – jeden z wymiarów znacznie większy od dwóch pozostałych (np. kość udowa), krótkie – trzy wymiary zbliżone do siebie (np. kość sześcienna), płaskie – jeden wymiar znacznie mniejszy od dwóch pozostałych (np. kość ciemieniowa), pneumatyczne, które są wyścielone błoną śluzową i zawierają przestrzenie wypełnione powietrzem (np. kość szczękowa, klinowa, sitowa) oraz różnokształtne (np. żuchwa) [7].

Wytrzymałość kości jest wypadkową wielu czynników – cech makroskopowych kości, własności materiałowych jak i strukturalnych kości (jej geometrii). Wpływają na nią także otaczające mięśnie, stymulując osteogenezę i modyfikując środowisko swoim zachowaniem [4]. Kość może być traktowana jako unikalny dwufazowy materiał kompozytowy ze składnikami organicznymi i nieorganicznymi. Pozwala to kości odpowiadać dynamicznie na działające na nią różnokierunkowe siły także z wykorzystaniem anizotropowych i wiskoelastycznych właściwości [4]. Szkielet ludzki charakteryzuje się sporą wytrzymałością rozciągania i zgniatania, a mniejszą na zginanie.

Tworzące szkielet kości posiadają potencjalną zdolność regeneracji po przerwaniu ich ciągłości tj. po złamaniu.

Szkielet człowieka tworzy nieparzysty szkielet osiowy (zbudowany z czaszki i części postkranialnej) oraz parzysty szkielet kończyn górnych i dolnych. W skład części postkranialnej szkieletu osiowego wchodzi kręgosłup, który w odcinku piersiowym łączy się z parzystymi żebrami połączonymi z przodu mostkiem.

Kręgosłup stanowi element szkieletu osiowego zbudowany z kręgów (każdy zbudowany z trzonu, łuku i wyrostków) połączonych krążkami międzykręgowymi (zbudowane z pierścienia włóknistego i jądra miazdżystego) i stawami międzykręgowymi oraz więzadłami, jest on ruchomy we wszystkich płaszczyznach. Kręgosłup ochronia znajdujący się wewnątrz kanału kręgowego rdzeń kręgowy oraz pełni funkcję podporową. Kręgosłup dzieli się na 5 odcinków:

- szyjny (7 kręgów szyjnych),
- piersiowy (12 kręgów piersiowych),

- lędźwiowy (5 kręgów lędźwiowych),
- krzyżowy – kość krzyżowa (5 kręgów zrosniętych w kość krzyżową),
- guziczny (4–5 kręgów zrosniętych w kość guziczną).

Kształt kręgosłupa jest w płaszczyźnie czołowej prawie prosty (śladowe wygięcie na wysokości serca i aorty piersiowej), a w płaszczyźnie strzałkowej jest uwypuklony ku przodowi w odcinku szyjnym i lędźwiowym (lordozy), zaś ku tyłowi w odcinku piersiowym i krzyżowo-guzicznym (kyfozy).

Zaburzenie kształtu w płaszczyźnie czołowej kręgosłupa, pojawiające się zwykle w okresie dorastania nazywamy **skoliozą**, chociaż zgodnie z definicją skolioza to w zasadzie trójpłaszczyznowa deformacja kręgosłupa, gdzie obok skrzywienia w płaszczyźnie czołowej występuje torsja i rotacja kręgów oraz zaburzenie prawidłowych krzywizn w płaszczyźnie strzałkowej. Najczęściej nie jest znana przyczyna skoliozy. Jest to skolioza idiopatyczna, w odróżnieniu od rzadko występującej skoliozy wrodzonej (tu powodem deformacji kręgosłupa są zaburzenia strukturalne budowy i podziału kręgów).

Szkielet klatki piersiowej składa się z 12 par żeber, mostka oraz piersiowego odcinka kręgosłupa. W części tylnej żebra połączone są stawowo z kręgami piersiowymi, od przodu zaś siedem górnych par żeber połączonych jest bezpośrednio z mostkiem, zaś trzy dalsze pary żeber połączone są z mostkiem przez łuki żebrów.

Każde żebro zbudowane jest z części kostnej i znacznie mniejszej części chrzęstnej, tworzącej jego przedni odcinek. Przednie zakończenia żeber połączone są z mostkiem leżącym pośrodkowo i współtworzącym przednią ścianę klatki piersiowej.

Żebra dzielimy na żebra prawdziwe (żebra I – VII) łączące się bezpośrednio z mostkiem oraz na żebra rzekome (VIII – XII) łączące się z mostkiem pośrednio i tworzące tzw. łuk żebrów (żebro położone niżej łączy się w przednim odcinku swą częścią chrzęstną z częścią chrzęstną żebra położonego powyżej i łączy się następnie z mostkiem przez chrząstkę VII żebra) oraz żebra wolne (XI i XII), które nie łączą się z mostkiem.

Jedną z najczęstszych wrodzonych deformacji klatki piersiowej jest klatka lejkowata (szewska). Polega ona na symetrycznym lub asymetrycznym zapadnięciu się mostka i przyległych części żeber [8]. Klatka piersiowa w tej wadzie jest zwykle spłaszczona w wymiarze przednio-tylnym, z zagłębieniem mostka o różnym kształcie i wielkości, może dodatkowo występować asymetria/wygięcie łuków żebrowych.

Szkielet kończyny górnej składa

się z szkieletu obręczy barkowej i szkieletu kończyny górnej wolnej. Obręcz barkowa stanowią dwie kości: obojczyk i łopatką.

Szkielet kończyny górnej wolnej tworzą kolejno:

- kość ramienna – szkielet ramienia
- kość promieniowa i kość łokciowa – czyli szkielet przedramienia
- 8 kości nadgarstka (dwa szeregi: bliższy i dalszy): kości łódeczkowata, księżycowata, trójgraniasta, grochowata, kość czworoboczna większa, czworoboczna mniejsza, główkowata, haczykowata. oraz pięć kości śródreżca i 14 kości palców (5 paliczek bliższych, 4 paliczki środkowe i 5 paliczek dalszych) – inaczej mówiąc jest to szkielet ręki.

Hemimelia jest to wada wrodzona polegająca na niedorozwoju części kończyny. **Hemimelia promieniowa** to wrodzony niedorozwój kości promieniowej. W tej wadzie kość promieniowa jest hipoplastyczna albo w ogóle jej nie ma, kość łokciowa bywa zagięta i skrócona, a ręka ustawia się w podwichnięciu promieniowym. Wada może występować jedno- lub obu- stronnie. Bywa obecna jako wada izolowana, lub w zespołach wad wrodzonych, takich jak TAR (małopłytkowość + aplazja promieniowa) czy Holt-Oram (wady serca+ aplazja promieniowa) [9].

Szkielet kończyny dolnej zbudowany jest z odpowiadającej jej części obręczy kończyny dolnej i kończyny dolnej wolnej. Obręcz kończyny dolnej zwana jest również obręczą miedniczną. Miednica kostna zbudowana jest z 2 parzystych kości miednicznych oraz z kości krzyżowej w przedłużeniu której znajduje się kość guziczna. Kość miedniczna utworzona jest przez kość biodrową, kość łonową i kość kulszową. Szkielet kończyny dolnej wolnej tworzą:

- Kość udowa stanowiąca szkielet uda.
- Kość piszczelowa i strzałkowa, stanowiące szkielet голени.
- Szkielet stopy tworzą: kości stępu (skokowa, piętowa, sześcienna, łódkowata, klinowata przyśrodkowa, klinowata pośrednia, klinowata boczna), 5 kości śródstopia, 14 kości palców (5 paliczek bliższych, 3 paliczki środkowe i 5 paliczek dalszych).

Kości stopy tworzą charakterystyczny układ, nadający stopie wysklepienie poprzeczne i podłużne. W przypadku zbyt niskiego wysklepienia stopy mówimy o płaskostopiu, zaś w przypadku nadmiernego wysklepienia stopy o stopie wydrążonej. Współczesną bezinwazyjną metodą diagnostyki tych patologii jest badanie pedobarograficzne pozwalające na ocenę nacisków na podeszwowej stronie stóp. Stopa wydrążona jest to szerokie określenie

obejmujące całe spectrum różnym stop o zwiększonym wydrążeniu, o różnej etiologii [10]. Szponiaste ustawienie palców często towarzyszy stopie wydrążonej, zwłaszcza u pacjentów z polineuropatią. W tej grupie chorych deformacja często ma charakter mieszany – bardziej jest to stopa szpotawo-wydrążona, z obniżeniem podszewowym I-wszej kości śródstopia.

Połączenia kości możemy podzielić na:

- ściśle (nieruchome) – kościorosty – połączenia elementów kostnych za pomocą tkanki kostnej (np. zrost kości biodrowej, kulszowej i łonowej w kość miedniczną).

- o częściowej ruchomości

• więzozrosty – połączenia elementów kostnych tkanką łączną: więzozrost włóknisty (np. błona międzykostna przedramienia), więzozrost sprężysty (np. więzadła żółte), szew: prosty (np. wyrostki podniebienne kości szczękowych), szew łuskowy (np. część łuskowa kości skroniowej z kością ciemieniową), szew piłowaty (np. szew strzałkowy), wkliniowanie (umocowanie zęba) i szew rozszczepiony (np. połączenie dzioba kości klinowej ze skrzydłami lemiesz).

• chrząstkozrosty – połączenia elementów kostnych tkanką chrzęstną (np. krążki międzykręgowe),

- stawy czyli połączenia wolne.

Staw jest to połączenie maziowe czyli ruchome połączenie dwóch lub więcej elementów (niekoniecznie kostnych), w skład którego wchodzi stałe lub ewentualnie niestałe elementy składowe stawu [11].

Stałe składniki stawu:

• Przynajmniej dwie powierzchnie stawowe, gładkie, najczęściej pokryte chrząstką stawową.

• Torebka stawowa zbudowana z warstwy zewnętrznej – błony włóknistej i warstwy wewnętrznej – błony maziowej.

• Jama stawowa - szczelinowata przestrzeń ograniczona powierzchniami stawowymi i torebką stawową wypełniona mazią stawową.

Do niestałych elementów stawów zaliczamy:

• Więzadło stawowe – jest to pasmo tkanki łącznej włóknistej, wzmacniające staw (najczęściej staw i torebkę stawową) i ograniczające zakres ruchów w stawie, w zamian za zapewnienie jego stabilności.

• Obrąbek stawowy – chrzęstny pierścień, przyczepiony do brzegów panewki stawowej, powiększający powierzchnię stawową i zwiększający stabilność stawu.

• Krążki stawowe – chrzęstne krążki, zrosnięte z błoną włóknistą torebki stawowej, tworzą w stawie dwa piętra,

zawierające oddzielne błony maziowe.

• Łąkotki stawowe – są to twory podobne do krążków, kształtu półksiężycowatego, niecałkowicie dzielą staw na 2 piętra, na przekroju mają kształt trójkątny.

• Fałdy i kosmki maziowe – najczęściej wypełnione tkanką tłuszczową małe wypustki biorące udział w wydzielaniu mazi stawowej.

• Kaletka maziowa – wypuklenie błony maziowej na zewnątrz błony włóknistej, ma kształt workowaty.

• Ciało tłuszczowe -wypełnia wolną przestrzeń powstającą podczas ruchów stawu.

• Trzeszczka – jest to niewielka kość włączona w ścięgna, stanowi z punktu widzenia biomechaniki bloczek.

Stawy ze względu na liczbę powierzchni stawowych możemy podzielić na stawy proste (dwie powierzchnie stawowe) oraz stawy złożone (trzy lub więcej powierzchni stawowych). Ze względu na liczbę osi ruchów dzielimy stawy na jednoosiowe (staw zawiasowy, staw obrotowy), stawy dwuosiowe (śrubowy, elipsoidalny, siodełkowy) oraz stawy wieloosiowe (staw kulisty wolny, staw kulisty panewkowy, staw nieregularny, staw płaski)[12]. Stawy zwykle nie działają pojedynczo - układ współdziałających ze sobą stawów to łańcuch stawowy.

Poniżej opisujemy główne duże stawy[13,14].

Staw ramienny – jest to staw kulisty wolny. Powierzchnie stawowe to; główka - wycinek kuli, panewka – kształtem odpowiadająca główce, nie przekracza równik główki. Jest to staw wieloosiowy z ruchami: zgięcie/ wyprost, odwodzenie/ przywodzenie, obrót na zewnątrz/ obrót do wewnątrz, obwodzenie.

Staw łokciowy jest to staw zawiasowy – obrotowy, powierzchnie stawowe to panewka (z listewką kierunkową), a główka stanowi negatyw panewki. Charakterystyczna jest w budowie obecność więzadeł pobocznych. W stawie tym występuje ruch zgięcia/ wyprost oraz nawracanie / odwracanie. Zasadniczo drugi z wymieniowych ruchów wykonywany jest przez zespół stawów promieniowo – łokciowy bliższy, należący do stawu łokciowego i promieniowo – łokciowy dalszy, nie należący do tego stawu. W samym stawie promieniowo – łokciowym bliższym tj. stawie obrotowym odbywają się ruchy obrotowe, wzdłuż dłuższej osi kości promieniowej.

Staw promieniowo-nadgarstkowy jest to staw elipsoidalny tj. staw kłyckiowy, a jego powierzchnie stawowe to główka - eliptyczna na przekroju i wypukła, panewka – wklęsła oraz odpowiadająca kształtem główce. Istniejące w nim ruchy zgięcia / wyprost, przywodzenia/ odwodzenia oraz obwodzenia stanowią istotną składową ruchów precyzyjnych ręki.

Staw krzyżowo-biodrowy jest to

staw płaski istotny dla stabilności obręczy miednicznej. Jego powierzchnie stawowe są płaskie lub prawie płaskie, tej samej wielkości, brak możliwości wyróżnienia typowej główki i panewki. Mimo, że jest to staw wieloosiowy, to ruchy w nim są znacznie ograniczone – uzależnione od napięcia układu więzadłowego, funkcjonalnie zwiększają one sprężystość połączenia obręczy kończyny dolnej z kręgosłupem i dostosowują układ powierzchni do funkcji kończyny.

Największy staw kończyny dolnej to **staw biodrowy**. Jest to staw kulisty panewkowy: powierzchnie stawowe stanowią główka - wycinek kuli i panewka – kształtem odpowiadająca główce, przekraczająca równik główki. Jest to staw wieloosiowy; ruchy: zgięcie /wyprost, odwodzenie/ przywodzenie, obrót na zewnątrz / obrót do wewnątrz oraz obwodzenie.

Staw kolanowy jest to staw zawiasowy zmodyfikowany. Powierzchnie stawowe podzielone są na piętro górne (powierzchnia stawowa kłycki kości udowej, powierzchnia stawowa rzepki i odpowiadająca jej powierzchnia rzepkowa końca dalszego kości udowej oraz powierzchnia górna łąkotek) oraz piętro dolne (powierzchnia dolna łąkotek oraz powierzchnia stawowa kłycki kości piszczelowej). Charakterystyczna w budowie stawu jest obecność więzadeł pobocznych oraz więzadeł krzyżowych: przedniego i tylnego. Ruchy w stawie kolanowym to w piętrze górnym: zgięcie/ wyprost, zaś w piętrze dolnym rotacja zewnętrzna/rotacja wewnętrzna (przy zgiętym stawie kolanowym)[15].

Uszkodzenie więzadeł, w przypadku braku ich pełnej regeneracji, prawie zawsze prowadzi do częściowej dysfunkcji stawu. Typowym przykładem jest tu **uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego** stawu kolanowego. Jest to wewnątrzstawowe więzadło, objęte błoną włóknistą, ale również pokryte błoną maziową, dlatego leży de facto na zewnątrz jamy stawowej. Działa ono stabilizująco na staw, szczególnie w ustawieniach zgięciowych. Przyczepia się szerokim pasmem na powierzchni wewnętrznej kłyckia bocznego kości udowej blisko brzegu tylnego. Następnie biegnie ku dołowi, przodowi i do środka. Przechwyt dalszy jest na polu międzykłyckiowym przednim kości piszczelowej [7]. Więzadło to ma budowę dwuopęczkową. Uszkodzenie więzadła krzyżowego przedniego jest jednym z najczęstszych uszkodzeń kolana u sportowców. Dwa główne mechanizmy jego uszkodzenia to mechanizm rotacyjny (przy ustalonej stopie0 oraz mechanizm przeprostny (na wyprostowanym kolanie). W przypadku jego całkowitego uszkodzenia leczeniem z wyboru jest rekonstrukcja więzadła w oparciu o autogenne przeszczepy. Pozwala to na powrót pełnej funkcji stawu kolanowego.

Staw skokowy górny jest to staw

zawiasowy złożony. Powierzchnie stawowe stanowią: panewka (powierzchnie stawowe końca dalszego kości piszczelowej i strzałki) i główka odpowiadająca panewce (powierzchnie stawowe bloczka kości skokowej). Charakterystyczna w budowie jest stabilizacja boczna stawu przez kości boczna i przyśrodkową, stanowiące jednocześnie powierzchnie stawowe oraz dodatkowa obecność więzadeł pobocznych. Ruchu w stawie to zgięcie i wyprost.

Poniżej stawu skokowego górnego znajduje się **staw skokowy dolny** tj. staw skokowo – piętowo – łódkowy. Jest to staw jednoosiowy złożony. Powierzchnie stawowe stanowią odpowiadające sobie powierzchnie stawowe kości skokowej i piętowej oraz kości skokowej i łódkowatej, dodatkowo powierzchnie stawowe uzupełnione są więzadłem pokrytym chrząstką. Ruchy w stawie skokowym dolnym to nawracanie/odwracanie [16].

Choroba zwyrodnieniowa stawów jest najczęstszą chorobą stawów w populacji ludzi starszych. Postępująca destrukcja chrząstki stawowej i warstwy podchrzęstnej kości prowadzi do stopniowego niszczenia stawu. Choroba jest przewlekła, ma charakter postępujący i w USA jest drugą co do częstości przyczyną niezdolności do pracy (po chorobie niedokrwiennej serca) [17]. Może jednego stawu lub wielu stawów, a jej etiologia nie jest znana. Narastanie zmian zwyrodnieniowych jest związane z nasilaniem się bólu i postępującą dysfunkcją czynnościową stawu. W przypadku zaawansowanych zmian stawowych współczesnym sposobem leczenia jest endoprotezoplastyka. Polega ona na wymianie powierzchni stawowych i zastąpieniu ich przez sztuczne elementy. Dotyczyć może ona nie tylko stawu biodrowego czy kolanowego ale także ramiennego, łokciowego czy skokowego.

Piśmiennictwo

1. **Reicher M, Bilikiewicz T, Hiller S, Stolyhwo E, Sieńkowski E, Łasiński W.** Anatomia ogólna: kości, stawy i więzadła, mięśnie. Warszawa: Wydaw. Lekarskie PZWL, 2003.
2. **Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R.** The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. *Bone*. 2004 May; 34(5):771-775.
3. **Lorentzon M, Cummings SR.** Osteoporosis: the evolution of a diagnosis. *J Intern Med*. 2015;277(6):650-661.
4. **Hart NH, Nimphius S, Rantalainen T, Ireland A, Siafarikas A, Newton RU.** Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2017 Sep;17(3):114-139.

5. **Cichocki T, Litwin J.A, Mirecka J.** Kompendium histologii. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2009.

6. **Buckwalter JA, Cooper RR.** Bone structure and function. *Instr Course Lect*. 1987;36:27-48.

7. **Bochenek A., Reicher M.** Anatomia człowieka. tom I. PZWL Warszawa 2007.

8. **Białas AJ, Jabłoński J.** Lejkowata klatka piersiowa u dzieci. *Przegląd Pediatryczny* 2010;40(2):112-116.

9. **Spiridon MR, Petris AO, Gorduza EV, Petras AS, Popescu R, Caba L.** Holt-Oram Syndrome With Multiple Cardiac Abnormalities. *Cardiol Res*. 2018;9(5):324-329

10. **Troiano G, Nante N, Citarelli GL.** Pes planus and pes cavus in Southern Italy: a 5 years study. *Ann Ist Super Sanita*. 2017;53(2):142-145.

11. **Drake LD, Vogl AW, Mitchell AWM.** Gray Anatomia Podręcznik dla studentów. Ed. I polska Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2010.

12. **Hładki W, Lorkowski J.** Anatomia kliniczna narządów ruchu. Podhalańska Wyższa Szkoła Zawodowa, Nowy Targ 2014.

13. **Lorkowski J.** Anatomia dla studentów fizjoterapii – repetytorium. Wydawnictwo AFM, Kraków 2011.

14. **Moore KL, Dalley AF, Agur AMR.** Clinically Oriented Anatomy. 6th Ed. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins 2010.

15. **Waugh A, Grant A.** Anatomia i fizjologia człowieka w warunkach zdrowia i choroby. Wyd 1 polskie. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2012.

16. **Woźniak W.** Anatomia człowieka. Podręcznik dla studentów. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2013.

17. **Stanisławska-Biernat E, Filipowicz-Sonowska A.** Leczenie choroby zwyrodnieniowej stawów. *Przew Lek* 2004, 11, 62-70. 6. Hwang D, Shin YJ, Choi JY, Jung SJ, Yang SS. Changes in Muscle Stiffness in Infants with Congenital Muscular Torticollis. *Diagnostics (Basel)*. 2019;9(4):158.