

UNCOVERTEBRAL JOINTS – THEIR STRUCTURE, DEVELOPMENT AND RELATIONSHIPS WITH INTERVERTEBRAL DISCS OF CERVICAL SPINE

**Piotr Porzych¹, Dorota Ratuszek-Sadowska¹, Małgorzata Pyskir¹, Rafał Plusa¹,
Karol Ogurkowski¹, Maciej Dzierzanowski², Wojciech Hagner¹**

**¹Katedra i Klinika Rehabilitacji, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera
w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

**²Katedra Fizjoterapii, Zakład Terapii Manualnej, Collegium Medicum im. Ludwika
Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

Abstract

Uncovertebral joints, also referred to as Luschka's joints, are found from the level of second cervical vertebra down to first or second thoracic vertebra. In adults, they appear as regular spaces in annulus fibrosus between the uncinat processes and round edges of vertebral body above. Their development remains in close relationship with changes occurring in intervertebral discs. The joint space, which is formed by the fissure into the fibrocartilaginous core of the intervertebral disc, widens medially at its rear aspect for a various distance. In aged spines, this space extends into additional, smaller lateral fissures, vast and irregular in shape. It is believed that the changes in the uncinat process' structure are the outcome of progressing dehydration and narrowing of the intervertebral discs of cervical spine. This results in remodeling of the process, which begins to expand and flatten with age. According to many authors, uncovertebral joints are small synovial articulations, that aren't yet noticeable at age of 6 to 9 and become fully developed before the age of 18.

There is some controversy on whether they should be classified as true synovial joints. Some researchers claim that they're an outcome of degenerative processes occurring within

the intervertebral discs and therefore shouldn't be treated as a product of natural development. The presence of synovial tissue within the joints has been a point of some discussions. Recent studies conclusively shown the presence of synoviocytes in the lateral joint capsule tissue of elderly uncovertebral articulations.

The purpose of this paper is to describe the structure, development and relationships of uncovertebral joints with intervertebral discs of cervical spine.

Key words: uncovertebral joints, uncinata process, development, cervical intervertebral disc

STAWY UNKOWERTEBRALNE - BUDOWA I ROZWÓJ ORAZ ICH ZWIĄZEK Z DYSKIEM SZYJNYM

**Piotr Porzych¹, Dorota Ratuszek-Sadowska¹, Małgorzata Pyskir¹, Rafał Plusa¹,
Karol Ogurkowski¹, Maciej Dzierżanowski², Wojciech Hagner¹**

**¹Katedra i Klinika Rehabilitacji, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera
w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

**²Katedra Fizjoterapii, Zakład Terapii Manualnej, Collegium Medicum im. Ludwika
Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

Streszczenie

Stawy unkowertebralne, zwane stawami Luschki występują od drugiego kręgu szyjnego do pierwszego lub drugiego kręgu piersiowego. U dorosłych uwidaczniają się pod postacią regularnych przestrzeni w pierścieniu włóknistym między wyrostkami hakowymi i zaokrąglonymi krawędziami trzonów kręgów leżących powyżej. Rozwój ich pozostaje w ścisłym związku ze zmianami zachodzącymi w krążkach międzykręgowych. Przestrzeń stawu utworzona przez szczelinę w chrzęstno-włóknistej części krążka, rozszerza się przyśrodkowo w jego tylnej części na różną odległość, która w podeszłym wieku rozwija dodatkowe mniejsze szczeliny boczne, nieregularne i dość rozległe. Sądzi się, że zmiany strukturalne architektury wyrostka są wynikiem postępującego odwodnienia i zwężenia dysków szyjnych. Skutkuje to remodelingiem wyrostka, który z wiekiem zaczyna powiększać się i spłaszczać.

Zdaniem wielu, stawy unkowertebralne to małe połączenia maziowe, które nie są widoczne jeszcze w wieku 6-9 lat i w pełni rozwinięte przed 18 rokiem życia.

Istnieją pewne kontrowersje co do tego, czy należy klasyfikować je jako prawdziwe stawy maziowe. Niektórzy badacze twierdzą, że są wynikiem procesów zwyrodnieniowych krążka międzykręgowego i dlatego nie powinny być uważane za produkt naturalnego rozwoju. Nad istnieniem tkanki maziowej prowadzone były dyskusje. Ostatnio przeprowadzone badania, jednoznacznie wykazały, że komórki maziowe były obecne w bocznej torebce starszych stawów unkowertebralnych.

Celem pracy jest przedstawienie budowy, rozwoju oraz związku stawów unkowertebralnych z szyjnym krążkiem międzykręgowym.

Słowa kluczowe: stawy unkowertebralne, wyrostek hakowy, rozwój, dysk szyjny

Wstęp

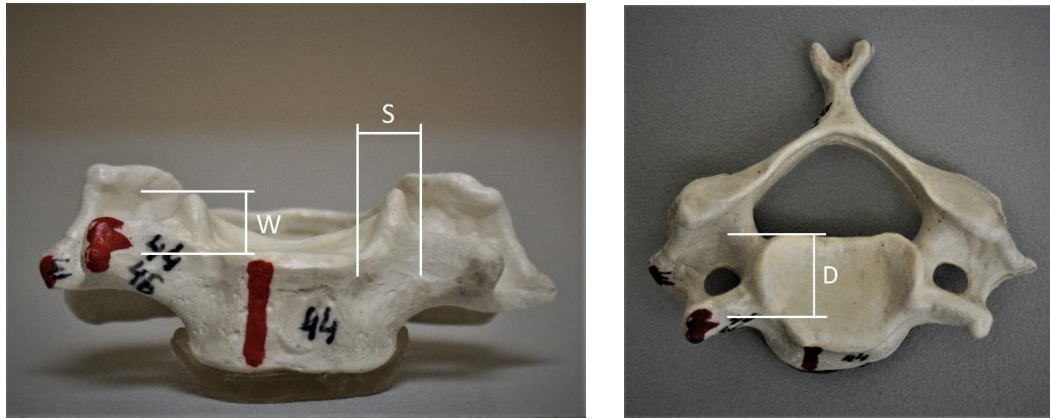
Kręgi w dolnym odcinku szyjnym łączą się stawowo za pomocą stawów międzywyrostkowych i przez stawy unkowertebralne, charakterystyczne dla tej części kręgosłupa [1]. Zazwyczaj występują od poziomu drugiego kręgu szyjnego do pierwszego lub drugiego kręgu piersiowego. Może brakować ich pomiędzy C2-C3. U dorosłych uwidaczniają się pod postacią regularnych przestrzeni w pierścieniu włóknistym, pomiędzy wyrostkami hakowymi i zaokrąglonymi krawędziami trzonów kręgów leżących powyżej. Według wielu autorów nie są one widoczne jeszcze w wieku 6-9 lat i w pełni rozwinięte przed 18 rokiem życia. Istnieją pewne kontrowersje co do tego, czy należy klasyfikować je jako prawdziwe stawy maziowe. Niektórzy badacze twierdzą, że są wynikiem procesów zwyrodnieniowych krążka międzykręgowego i dlatego nie powinny być uważane za produkt naturalnego rozwoju [2]. Tondury i Penning uważają te szpary rodzaju stawowego za funkcjonalną adaptację zdrowej tkanki krążka [3]. Opisane i zilustrowane przez Luschkę w 1858, zostały określone terminami: „*hemiarthroses intervertebrales*” lub stawy boczne [4, 2]. Według Frykholma, Giraudi użył terminu „*processes lunatus*”, a Trolard opisał te struktury używając nazwy „stawy unkowertebralne” [4]. W 1893 Trolard wprowadził pojęcie „*processes uncinatus*” określając nim wyrostki znajdujące się na stronie czaszkowej trzonu, mające udział w tworzeniu tych stawów. Od tego czasu stawy unkowertebralne i wyrostki hakowe były badane i opisywane pod kątem anatomii, histologii, rozwoju i biomechaniki. Z uwagi na częsty brak opisu tych struktur w znacznej części współczesnych podręczników anatomicznych albo odnoszenie się do nich połowicznie, celem pracy jest przedstawienie budowy, rozwoju oraz związku stawów unkowertebralnych z szyjnym krążkiem międzykręgowym.

Wyrostek hakowy (*processus uncinatus*)

W kręgosłupie wyrostki hakowe najczęściej występują w segmentach od C3 do C7 i z tej przyczyny są najczęściej i najdokładniej badane [5, 6, 7]. Znajdują się na stronie czaszkowej trzonu kręgu od trzeciego kręgu szyjnego do nawet drugiego piersiowego [8]. Obecność wyrostków na kręgu C7 jest zmienna i rzadko znajdują się na poziomie T1 i T2 [8].

Wyrostki hakowe nadają górnej powierzchni trzonu kręgu wklęsły wygląd w płaszczyźnie czołowej. Posiadają pochyłość przednią, wierzchołek, pochyłość tylną oraz przyśrodkową powierzchnię stawową [6]. W literaturze opisywane są jako kostne wyrośla, guzowatości, wyniosłości, fałdy, wargi albo wyniosłe brzegi umiejscowione na bocznych lub tylnobocznych krańcach górnej powierzchni trzonu kręgu [5, 9, 10, 11, 12, 13, 6]. W górnej części odcinka szyjnego umiejscowione są bardziej przednio i stopniowo coraz bardziej w kierunku tylnym w jego niższych segmentach [8].

Wymiary wyrostków podane w badaniach różnią się między sobą. Z pewnością ma to związek z tym, że dane pozyskiwane były z różnych typów obiektów, takich jak świeże i suche zwłoki, wypreparowane kręgosłupy, co może mieć wpływ na różnorodność [14]. Wysokość (ryc. 1), jak zanotowano w 10 badaniach, z reguły zwiększa się od kręgu C3. Znacząco to, że każdy niższy kręgu cechuje większa wysokość wyrostka w stosunku do leżącego powyżej. Prawidłowości tej nie zaobserwowano w dwóch badaniach. Civelek i wsp. oraz Pait i wsp. odkryli, że wyrostek kręgu C5 był krótszy od sąsiednich C4 i C6 [15, 9]. Dodatkowo wysokość wyrostka kręgu C7 była niższa niż C6 w 4 z 10 badań [16, 17, 18, 15]. Zdaniem Russo i wsp. i Tubbs i wsp., wysokość wyrostków waha się od 2 mm zmierzonych na C7 do 10,5 mm zmierzonych na C6 [19, 7]. Podobnie jak wysokość, wygląda na to, że szerokość wyrostka (ryc. 1) również z reguły zwiększa się od poziomu C3 do C7. W 2 z 6 badań, średnia szerokość wyrostka C5 była mniejsza niż C4, a w 1 badaniu wyrostek C5 okazał się szerszy niż C6 [9, 17, 18, 15]. Yilmazlar i wsp. przypisali większą szerokość wyrostka C5 zmianom zwyrodnieniowym wynikającym z większego ruchu w tym segmencie [12, 13]. Średnie szerokości wahały się od 4,6 mm na C3 do 7,4 mm na C7 [17, 15]. Badaniu poddana została także długość wyrostka (ryc. 1) w wymiarze przednio-tylnym. Miała ona również tendencje do zwiększania się od C3 do C7. Średnia długość wahała się od 6 mm na C3 do 13 mm na C7 [11, 7]. W 2 z 5 badań zanotowano jednak, że długość wyrostka C7 była mniejsza od wyrostka C6 [17, 7].



Rycina 1. Wyrostek hakowy: wysokość (W), szerokość (S), długość (D).

Badając wyrostek zmierzono dodatkowo kąty jakie tworzy on z płaszczyznami strzałkową i czołową a także górną powierzchnią kręgu (ryc. 2). Średnia wielkość kąta powierzchni przyśrodkowej wyrostka względem płaszczyzny strzałkowej była względnie stała i wynosiła $40,3^\circ$. Wartości graniczne wahały się od $34,5^\circ$ do $47,3^\circ$, przy czym wyrostek C7 charakteryzował największy kąt [20]. Ugur i wsp. i Bozbuga i wsp. ocenili kąt między przyśrodkową powierzchnią wyrostka a górną powierzchnią kręgu i stwierdzili, że wielkość kąta znacznie się waha, od 90° do 162° [11, 21]. Średnia wielkość kąta między osią długą wyrostka hakowego a płaszczyzną czołową wynosiła $91,02^\circ$ a wahała się od $76,2^\circ$ do $115,6^\circ$. Odkryto też, że znacznie zwiększa się od C5 do C7 [20]. Saringer i wsp. mierzyli kąt między osią długą wyrostka a płaszczyzną strzałkową i odkryli podobną zależność zwiększania się kąta ku dolnym segmentom odcinka szyjnego [18].



Rycina 2. Kąt między powierzchnią przyśrodkową wyrostka hakowego a płaszczyzną strzałkową (b), kąt między powierzchnią przyśrodkową wyrostka hakowego a górną powierzchnią kręgu (a+b), kąt między osią długą wyrostka hakowego a płaszczyzną strzałkową (d), kąt między osią długą wyrostka hakowego a płaszczyzną czołową (c+d).

Rozwój

Wyrostek hakowy zauważalny jest w 3 bądź 4 miesiącu rozwoju życia płodowego [22]. Od 4 roku życia rośnie w górę i powiększa się dalej pomiędzy 9 a 14 rokiem życia [5, 23]. Podczas tego wzrostu, w czasie od 8 do 10 roku życia rozpoczynają formować się szczeliny w tylnych i tylno-bocznych częściach krążków międzykręgowych. Ze szczelin tych powstaje przestrzeń stawu unkowvertebralnego. W wieku 20-35 lat szczeliny dalej „przepełniają” dysk w stronę linii środkowej, gdzie w końcu łączą się ze sobą z obu stron – dochodzi do tego w wieku 45 lat [24, 5, 23]. Tym samym, tworzenie się szczeliny unkowvertebralnej przebiega od strony dystalnej ku środkowi dysku [25]. W starszych kręgosłupach szczeliny te niejako „odcinają” tylne 2/3 krążka międzykręgowego, gdzie do przodu od szczeliny znajduje się chrzęstno-włóknista część dysku [26].

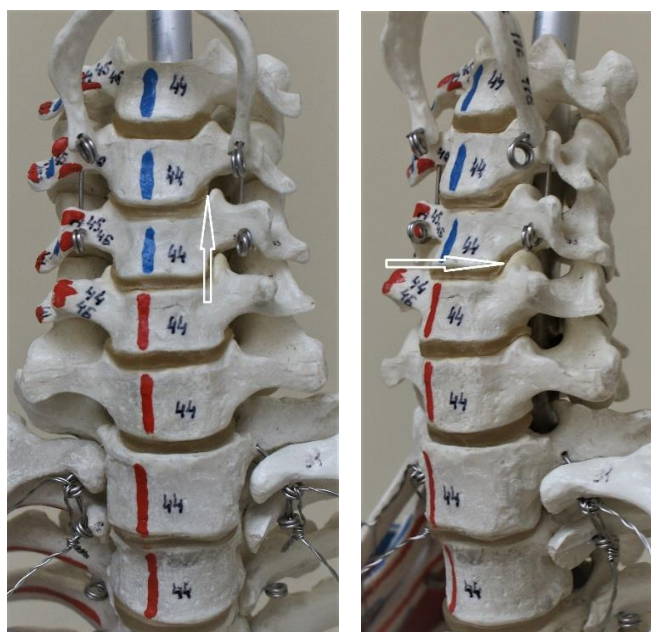
Wysokość krążka międzykręgowego w odcinku szyjnym jest najmniejsza i wzrasta w miarę oddalania się od czaszki. Pomędzy C2-C3 wynosi średnio 3,7 mm, a C6-C7 średnio 5,6 mm [27]. Przednia część pierścienia włóknistego w płaszczyźnie pośrodkowej jest gruba, ale stopniowo zwęża się docierając do wyrostka hakowego zamykając przednią część przestrzeni stawu unkowvertebralnego. Klinowaty kształt krążka, który na stronie przedniej jest mniej więcej dwa razy wyższy niż na stronie tylnej wpływa na kształtowanie się lordozy szyjnej [3, 28]. Preshler przypisał tworzenie się szczelin w tylnych i tylno-bocznych częściach krążków międzykręgowych obciążeniom odcinka szyjnego wynikającym z ruchu tego odcinka oraz kształtowania się lordozy szyjnej. Pierwsze szczeliny unkowvertebralne pojawiają się w segmentach C3 do C5, ponieważ obciążenie tych segmentów zwiększa się w konsekwencji kształtowania się lordozy szyjnej [29].

Wraz z wiekiem staw unkowvertebralny nadal się przeobraża. Sądzi się, że zmiany strukturalne architektury wyrostka związane są ze zmianami krążka międzykręgowego. Postępujące odwodnienie i zwężenie dysków, które w odcinku szyjnym rozpoczyna się w czwartej lub piątej dekadzie życia, wymusza większe obciążenia wyrostków hakowych wspierających ciężar głowy. Kręgi leżące powyżej zaczynają mocniej opierać się na wyrostkach kręgów leżących poniżej co skutkuje ich remodelingiem [30, 29]. Początkowo prosty wyrostek hakowy z ostrym szczytem zaczyna powiększać się i spłaszczać. Z czasem na wyrostku tworzą się pewnego rodzaju osteofity, których czubki zwrócone są w kierunku bocznym [9, 23].

Stawy unkowvertebralne

Zdaniem wielu badaczy, u dorosłych wyrostki hakowe kręgów poniżej łączą się stawowo z odpowiadającymi im powierzchniami na dolnej części kręgu powyżej (ryc. 3) [4,

31, 12, 32]. Górna powierzchnia krążkowa kręgu uniesiona w swoich bocznych częściach w formie grzebieni ułożonych w płaszczyźnie strzałkowej (wyrastki hakowe), wyposażona jest w chrząstkę stawową na przyśrodkowych częściach wyrostków skierowaną dogłowowo i dośrodkowo. Powierzchnie te kontaktują się z półksiężycowatymi chrząstkami stawowymi leżącymi na dolno-bocznych krawędziach trzonu kręgu powyżej, zwróconymi odgłowowo i bocznie [32]. Odległość między końcem czaszkowym wyrostka a powyższego kręgu waha się od 0 do 3 mm [9]. Wielkość powierzchni stawowej wyrostka wynosi średnio 23,4 mm², co stanowi niemal połowę powierzchni stawowej na kręgu powyżej, która wynosi średnio 44,2 mm² [20].



Ryc. 3. Przednia i boczna projekcja dolnych segmentów kolumny szyjnej kręgosłupa C3-C7 wraz z dwoma górnymi kręgami piersiowymi T1-T2. Strzałki wskazują przykładowe miejsca występowania stawów unkowertebralnych.

Z opisu zamieszczonego przez Boreadisa i Gershon-Cohana wynika, że stawy unkowertebralne to małe połączenia maziowe o wymiarach 2 × 4 mm, do 3 × 6 mm [4]. Istnieją pewne kontrowersje co do tego, czy należy klasyfikować je jako prawdziwe stawy maziowe. Niektórzy twierdzą, że są wynikiem procesów zwyrodnieniowych krążka międzykręgowego i dlatego nie powinny być uważane za produkt naturalnego rozwoju [2]. Orofino i wsp. stwierdzili, że gdy płód kończy rozwój przestrzeń między wyrostkiem a kręgiem powyżej pozbawiona jest tkanki maziowej – jest za to wypełniona luźną tkanką włóknistą i licznymi naczyniami krwionośnymi. Stoi to w kontraście do innych stawów, gdzie

formacja tkanki maziowej widoczna jest około 10 – 11 tygodnia, a po zakończeniu rozwoju stawu są dobrze wykształcone i dokładnie wyścielone tkanką maziową [22].

Luschka początkowo opisał stawy unkowertebralne jako stawy „właściwe”, zawierające małą stawową i wyścielone błoną maziową spełniającą funkcję wydzielniczą. Payne i Spillane nie zgodzili się z tą oceną, gdyż nie byli w stanie zaobserwować błony maziowej podczas badania histologicznego [33]. Inni, w tym Silberstein, odkryli tkankę maziową w preparatach dorosłych, ale nie w kręgosłupach osób młodych i przypisali ten fakt zjawisku metaplastyki [34]. Ostatnio, Brismée i wsp. jednoznacznie stwierdzili, że komórki maziowe były obecne w bocznej torebce starszych stawów unkowertebralnych [35]. Kapandji, opisując stawy unkowertebralne od strony funkcjonalnej zaliczył je do maziowych stawów rzeczywistych [32].

Staw unkowertebralny ma bliskie powiązanie z krążkiem międzykręgowym odcinka szyjnego. Jak już wcześniej wspomniano, przednia część pierścienia włóknistego w płaszczyźnie strzałkowej jest gruba i stopniowo zwęża się w kierunku wyrostka hakowego, zamykając od przodu przestrzeń stawu unkowertebralnego [26]. Tylne części pierścienia włóknistego jest cienka na całej długości i wyłania się od podstaw wyrostków hakowych. W tym rejonie wyrostka pierścień włóknisty jest nieobecny. Przestrzeń stawu unkowertebralnego utworzona jest przez szczelinę w chrzęstno-włóknistej części krążka [33, 34, 24, 5, 9, 10, 29, 31, 35]. Rozszerza się ona przyśrodkowo w tylnej części krążka na różną odległość i często łączy się ze szczeliną przeciwnego stawu [5, 29].

Od przyśrodka przestrzeń stawu unkowertebralnego nie jest ograniczona żadną tkanką przypominającą torebkę stawową. Od strony bocznej połączenie stawowe jest ograniczone przez nieuporządkowaną tkankę łączną tworzącą „pseudotorebkę” [29, 26, 23]. Hartman odnotował, że Mercer i Bogduk określili tę strukturę jako „powięź okostnową”. Według opisu wychodzi od wewnętrznego do bocznego brzegu więzadła podłużnego tylnego, następnie biegnie w stronę przednią zamykając od strony bocznej staw unkowertebralny. Powięź okostnowa biegnie dalej w stronę przednią mijając brzeg boczny więzadła podłużnego przedniego ostatecznie łącząc się zewnętrznymi włóknami pierścienia włóknistego [14]. Yilmazlar i wsp. nazwali tę strukturę jako „okołonaczyniową tkankę więzadłową” oraz „okołonaczyniową tkankę włóknisto-więzadłową” [12, 13]. Według opisu wychodzi od więzadła podłużnego tylnego i dzieli się na przednie i tylne wrzeciono (pęczki). Przednie wrzeciono ogranicza boczną część stawu unkowertebralnego, po czym kieruje się do przyśrodkowej części naczyń przebiegających w otworze wyrostka poprzecznego. Wrzeciono tylne biegnie od więzadła podłużnego tylnego do bocznych części naczyń, łącząc się z przodu

z wrzecionem przednim otaczając tętnicę kręgową i splot żylny. Po połączeniu się z przodu, wrzeciona włączają się w więzadło podłużne przednie. Nie jest całkiem jasne, czy wrzeciono przednie okołonaczyniowej tkanki więzadłowej jest odrębną strukturą czy odpowiada powięzi okostnowej opisanej przez Mercera i Bogduka [14].

Piśmiennictwo:

- [1] A. Middleditch i J. Oliver, *Functional Anatomy of the Spine*, London: Elsevier, 2004, pp. 4-18.
- [2] D. J. Magee, *Orthopedic physical assessment*, Elsevier Health Sciences, 2008.
- [3] W. Jorritsma, *Anatomia na żywym człowieku*, Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2004.
- [4] A. G. Boreadis i J. Gershon-Cohen, „Luschka Joints of the Cervical Spine,” *RSNA Radiology*, tom 66, pp. 181-187, February 1956.
- [5] J. H. Bland i D. R. Boushey, „Anatomy and physiology of the cervical spine,” *Semin Arthritis Rheum*, nr 20, pp. 1-20, 1990.
- [6] K. M. Browne, „The anatomy, spatial relationships, and role of uncovertebral articulations as the source of posterolateral cervical cartilage sequestrations,” *J Neurosurg Spine*, nr 12, p. 270–274, 2010.
- [7] R. S. Tubbs, O. J. Rompala, K. Verma, M. M. Mortazavi, B. Benninger, M. Loukas i M. R. Chambers, „Analysis of the uncinat processes of the cervical spine: An anatomical study,” *J Neurosurg Spine*, nr 16, p. 402–407, 2012.
- [8] R. S. Tulsi i L. V. Perrett, „The anatomy and radiology of the cervical vertebrae and the tortuous vertebral artery,” *Aust Radiol*, nr 19, p. 258–264, 1975.
- [9] T. G. Pait, J. A. Killefer i K. I. Arnautovic, „Surgical anatomy of the anterior cervical spine: The disc space, vertebral artery, and associated bony structures,” *Neurosurgery*, nr 39, p. 769–776, 1996.
- [10] J. D. Clausen, V. K. Goel, V. C. Traynelis i J. Scifert, „Uncinate processes and Luschka joints influence the biomechanics of the cervical spine: Quantification using a finite element model of the C5-C6 segment,” *J Orthop Res*, nr 15, p. 342–347, 1997.
- [11] H. C. Ugur, A. Uz, A. Attar, I. Tekdemir, N. Egemen i A. Elhan, „Anatomical projection of the cervical uncinat process in ventral, ventrolateral, and posterior decompressive surgery,” *J Neurosurg*, nr 93, p. 248–251, 2000.

- [12] S. Yilmazlar, I. Ikiz, H. Kocaeli, I. Tekdemir i S. B. Adim, „Details of fibroligamentous structures in the cervical unco-vertebral region: An obscure corner,” *Surg Radiol Anat*, nr 25, p. 50–53, 2003.
- [13] S. Yilmazlar, H. Kocaeli, A. Uz i I. Tekdemir, „Clinical importance of ligamentous and osseous structures in the cervical uncovertebral foraminal region,” *Clin Anat*, nr 16, p. 404–410, 2003.
- [14] J. Hartman, „Anatomy and Clinical Significance of the Uncinate Process and Uncovertebral Joint: A Comprehensive Review,” *Clin. Anat.*, nr 27, pp. 431-440, 2014.
- [15] E. Civelek, T. Kiris, K. Hepgul, A. Canbolat, G. Ersoy i T. Cansever, „Anterolateral approach to the cervical spine: Major anatomical structures and landmarks. Technical note,” *J Neurosurg Spine*, nr 7, p. 669–678, 2007.
- [16] N. Milne, „The role of zygapophysial joint orientation and uncinat processes in controlling motion in the cervical spine,” *J Anat*, nr 178, p. 189–201, 1991.
- [17] J. Lu, N. A. Ebraheim, H. Yang, M. Skie i R. A. Yeasting, „Cervical uncinat process: An anatomic study for anterior decompression of the cervical spine,” *Surg Radiol Anat*, nr 20, p. 249–252, 1998.
- [18] W. F. Saringer, B. Reddy, I. Nobauer-Huhmann, R. Regatschnig, M. Reddy, M. Tschabitscher i E. Knosp, „Endoscopic anterior cervical foraminotomy for unilateral radiculopathy: Anatomical morphometric analysis and preliminary clinical experience,” *J Neurosurg*, nr 98, p. 171–180, 2003.
- [19] V. M. Russo, F. Graziano, M. Peris-Celda, A. Russo i A. J. Ulm, „The V(2) segment of the vertebral artery: Anatomical considerations and surgical implications,” *J Neurosurg Spine*, nr 15, pp. 610-619, 2011.
- [20] M. M. Panjabi, J. Duranceau, V. Goel, T. Oxland i K. Takata, „Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions,” *Spine*, nr 16, p. 861–869, 1991.
- [21] M. Bozbuga, A. Ozturk, Z. Ari, B. Bayraktar, K. Sahinoglu i I. Gurel, „Surgical anatomic evaluation of cervical uncinat process for ventral and ventrolateral subaxial decompression,” *Okajimas Folia Anat Jpn*, nr 76, p. 193–196, 1999.
- [22] C. Orofino, M. S. Sherman i D. Schechter, „Luschka’s joint, a degenerative phenomenon,” *J Bone Joint Surg Am*, nr 42, pp. 853-858, 1960.
- [23] J. Taylor, L. Twomey i B. Levander, „Contrasts between cervical and lumbar motion

- segments,” *Crit Rev Phys Rehabil Med*, nr 12, pp. 345-371, 2000.
- [24] H. J. Pesch, W. Bischoff, T. Becker i H. Seibold, „On the pathogenesis of spondylosis deformans and arthrosis uncovertebralis: Comparative form-analytical radiological and statistical studies on lumbar and cervical vertebral bodies,” *Arch Orthop Trauma Surg*, nr 103, pp. 201-211, 1984.
- [25] J. Y. Maigne, C. Mutschler i L. Doursounian, „Acute torticollis in an adolescent: Case report and MRI study,” *Spine*, nr 28, p. E13–E15, 2003.
- [26] S. Mercer i N. Bogduk, „The ligaments and annulus fibrosus of human adult cervical intervertebral discs,” *Spine*, nr 24, p. 619–626, 1999.
- [27] A. Dziak, *Bóle szyi, głowy i barków*, Kraków: Medicina Sportiva, 2001.
- [28] P. Porzych, D. Ratuszek-Sadowska, M. Pyskir, J. Simińska, K. Ogurkowski i E. Kitschke, „Kolumna szyjna kręgosłupa - ruchomość i wybrane sposoby jej pomiaru - przegląd literatury,” *Journal of Education, Health and Sport*, nr 6(6), pp. 505-516, 2016.
- [29] A. Prescher, „Anatomy and pathology of the aging spine,” *Eur J Radiol*, nr 27, pp. 181-195, 1998.
- [30] D. Resnick, „Degenerative diseases of the vertebral column,” *Radiology*, nr 156, p. 3–14, 1985.
- [31] P. S. J. Sizer, V. Phelps i J. M. Brismee, „Diagnosis and management of cervicogenic headache and local cervical syndrome with multiple pain generators,” *J Manipulative Physiol Ther*, nr 10, p. 136–152, 2002.
- [32] A. I. Kapandji, *Anatomia funkcjonalna stawów. Kręgosłup i głowa, tom III*, Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2014, pp. 216-217.
- [33] E. E. Payne i J. D. Spillane, „The cervical spine: an anatomicopathological study of 70 specimens (using a special technique) with particular reference to the problem of cervical spondylosis,” *Brain*, nr 80, p. 571–596, 1957.
- [34] C. E. Silberstein, „The evolution of degenerative changes in the cervical spine and an investigation into the "joints of Luschka",” *Clin Orthop*, nr 40, p. 184–204, 1965.
- [35] J. M. Brismee, P. S. J. Sizer, G. S. Dedrick, B. G. Sawyer i M. P. Smith, „Immunohistochemical and histological study of human uncovertebral joints: A preliminary investigation,” *Spine*, nr 34, p. 1257–1263, 2009.
- [36] J. D. Clausen, V. K. Goel, V. C. Traynelis i J. Scifert, „Uncinate processes and Luschka

joints influence the biomechanics of the cervical spine: quantification using a finite element model of the C5-C6 segment," *J Orthop Res*, nr 15 (3), pp. 342-347, 1997.