

Porzych Piotr, Ratuszek-Sadowska Dorota, Pyskir Małgorzata, Simińska Joanna, Ogurkowski Karol, Kitschke Ewa. Kolumna szyjna kręgosłupa – ruchomość i wybrane sposoby jej pomiaru – przegląd literatury = Cervical vertebral column - mobility and selected ways of measurement - a literature review. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(6):505-516. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.56384>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/3638>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 755 (23.12.2015).
755 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7
© The Author (s) 2016;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 25.05.2016. Revised 25.06.2016. Accepted: 25.06.2016.

Kolumna szyjna kręgosłupa – ruchomość i wybrane sposoby jej pomiaru – przegląd literatury

Cervical vertebral column - mobility and selected ways of measurement - a literature review

**Piotr Porzych, Dorota Ratuszek-Sadowska, Małgorzata Pyskir, Joanna Simińska,
Karol Ogurkowski, Ewa Kitschke**

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

Streszczenie

Kręgosłup szyjny to najbardziej mobilny odcinek całej kolumny kręgosłupowej. Kręgi szyjne, tworząc szkielet szyi, wspierają głowę umożliwiając jej odpowiednią orientację w przestrzeni we wszystkich kierunkach. Pomiędzy typowym szkieletem osiowym a odmiennie zbudowaną czaszką możemy wyróżnić kompleks potyliczno-szczytowo-obrotowy. Dwa najwyższe leżące kręgi zostały ukształtowane odmiennie umożliwiając głowie maksymalną swobodę ruchów. W dolnej części kręgosłupa szyjnego występują kręgi o zbliżonej budowie, które funkcjonalnie mają takie same możliwości, choć siódmy krąg różni się nieco budową anatomiczną od pozostałych. W problematyce związanej z badaniem ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa można odnieść się do testów klinicznych, mających charakter oceny subiektywnej oraz badań opartych na obiektywnie zebranych wynikach przy użyciu skomputeryzowanych urządzeń pomiarowych.

Słowa kluczowe: kręgosłup szyjny, anatomia, zakresy ruchów, badanie ruchomości.

Abstract

The cervical spine is the most mobile section of the entire vertebral column. Cervical vertebrae, construct the neck skeleton, support the head allowing the appropriate orientation in all directions. Between the typical axial skeleton and differently built skull we can distinguish occipito-atlanto-axial complex. The maximum discretion of head movement is possible thanks to two highest lying vertebrae which are dissimilar shaped. In the lower part of the cervical spine are vertebrae with similar construction and functional abilities. The seventh vertebra has slightly different anatomy structure. The issues related to the examination of cervical spine range of motion can be applied to clinical tests which are subjective evaluation and research based on objectively collected results using computerized measurement devices.

Key words: cervical spine, anatomy, range of motion, motion measurement.

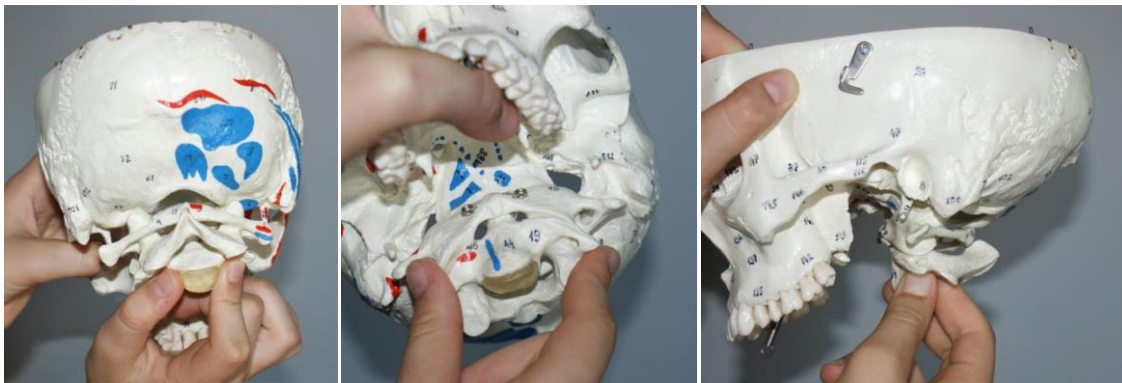
Wstęp

Kręgosłup szyjny to najbardziej mobilny odcinek całej kolumny kręgosłupowej. Kręgi szyjne, tworząc szkielet szyi, wspierają głowę umożliwiając jej odpowiednią orientację w przestrzeni we wszystkich kierunkach. W obrębie głowy znajdują się ważne organy czuciowe takie jak oczy, uszy i nos. Z tego też powodu kluczowa staje się zdolność do szybkiej

lokalizacji potencjalnych zagrożeń oraz źródeł informacji potrzebnych człowiekowi do przeżycia.

Anatomia i biomechanika

Pomiędzy typowym szkieletem osiowym a odmiennie zbudowaną czaszką możemy wyróżnić kompleks potyliczno-szczytowo-obrotowy (C0-C2) (ryc. 1). Dwa najwyżej leżące kręgi zostały ukształtowane odmiennie umożliwiając głowie maksymalną swobodę ruchów. Pierwszy krąg szczytowy (*atlas*) wraz z kością potyliczną (*os occipitale*) tworzy kłyckiowy staw szczytowo-potyliczny (*articulatio atlantooccipitalis*) zwany stawem głowy górnym. Krąg szczytowy z drugim kręgiem szyjnym (*axis*), tworzy śrubowy staw szczytowo-obrotowy (*articulatio atlantoaxialis*), noszący nazwę stawu dolnego głowy (ryc. 2).



Ryc. 1. Kompleks potyliczno-szczytowo-obrotowy (materiał własny).

W porównaniu z pozostałymi dolnymi kręgami odcinka szyjnego, które funkcjonalnie mają takie same możliwości i zbliżoną do siebie budowę, kompleks potyliczno-szczytowo-obrotowy wyróżnia kilka znaczących cech. Do najważniejszych należą:

- brak krążków międzykręgowych pomiędzy czaszką i pierwszym kręgiem oraz pierwszym i drugim kręgiem szyjnym,
- wypukłe powierzchnie stawowe dolne kręgu szczytowego oraz górne kręgu obrotowego w parzystych stawach szczytowo-obrotowych bocznych tworzące staw dwuwypukły (*articulatio biconvex*). Pozwala to na rozległe ruchy obrotowe kręgu szczytowego, dając możliwość naturalnie większej rotacji głowy,
- brak trzonu kręgu szczytowego, który w czasie rozwoju embrionalnego łączy się z powierzchnią górną trzonu niżej leżącego kręgu, przyczyniając się do rozwoju zęba kręgu obrotowego,

- obecność dwóch części bocznych kręgu szczytowego w kształcie klina złączonych dwoma łukami - przednim krótszym i tylnym dłuższym, które stanowią powierzchnie nośne dla kłykci potylicznych czaszki,
- brak typowego wyrostka kolczystego na łuku tylnym kręgu szczytowego, który utrudniałby ruch prostowania głowy,
- skierowanie wyrostków poprzecznych kręgu szczytowego daleko w stronę boczną, co przyczynia się do poprawy stabilizacji głowy w płaszczyźnie czołowej przy udziale małych mięśni głowy. Obecność tych mięśni oraz ich rozmieszczenie pozwala na ruchy głowy stosunkowo niezależnie od kręgu C2.



Ryc. 2. Dwa pierwsze kręgi szyjne - atlas i axis (materiał własny).

Górna część kompleksu - połączenie C0-C1 reprezentuje typowe kombinacje ruchów:

- nieznaczną rotację osiową zachodzącą dookoła osi pionowej,
- zgięcie i wyprost wokół osi poprzecznej,
- skłon boczny dookoła osi strzałkowej.

Mocno ograniczona rotacja w przejściu C0-C1 ma związek z przebiegiem tętnicy kręgowej zmierzającej od otworu wyrostka poprzecznego pierwszego kręgu do otworu potylicznego wielkiego czaszki. Ze względu na rozciąganie szeregu więzadeł a w szczególności więzadła skrzydłowatego, w obszarze C0-C1 nie dochodzi do ruchu czystej rotacji. Jest ona sprzężona z 2-3 milimetrową translacją kości potylicznej w stronę, w którą zachodzi rotacja i kontralateralnym skłonem bocznym [1].

Zgięcie i wyprost to główne ruchy stawu szczytowo-potylicznego. Przy ruchach tych kłykcie potyliczne ślizgają się na bocznych częściach kręgu szczytowego. Podczas zgięcia kłykcie potyliczne przemieszczają się w stronę tylną-górną, a ruch ten powiązany jest ze zgięciem w stawie szczytowo-obrotowym. Podczas wyprostowania ma miejsce ruch w przeciwnym kierunku, podczas którego kłykcie potyliczne przemieszczają się w stronę przednią-górną.

Sprężony jest on z wyprostem w stawie szczytowo-obrotowym. Wartości dla ruchu zgięcia i wyprost w połączeniu C0-C1 podawane w literaturze różnią się między sobą i wynoszą:

Pernkopf (1952) zgięcie 10°; wyprost 20°

Werne (1959) zgięcie 3,5°; wyprost 32,5°

Lewitt (1967) zgięcie 7°; wyprost 22°

Kapandji (2014) zgięcie 15°; wyprost 15°

Zakres skłonu boczego w stawie szczytowo-potylicznym jest niewielki. Przemieszczenie powierzchni stawowych odbywa się w formie ślizgu kłykci potylicznych w stronę boczną i ku górze. Wartości dla zgięcia boczego podawane w literaturze dla całego ruchu w prawą i lewą stronę wynoszą:

Pernkopf (1952) 10°

Werne (1959) 4° - 13,5°

Lewitt (1967) 1° - 14°

Kapandji (2014) 6°

W dolnej części kompleksu potyliczno-szczytowo-obrotowego, w połączeniu C1-C2 zachodzą podobne kombinacje ruchów, ale o odmiennych „proporcjach”:

- bardzo duża rotacja dookoła osi pionowej,
- zgięcie i wyprost wokół osi poprzecznej,
- bardzo mały skłon boczny dookoła osi strzałkowej.

Rotacja jest głównym ruchem stawu szczytowo-obrotowego, w którym krąg szczytowy wraz z czaszką obraca się dookoła zęba kręgu obrotowego w stosunku do długiej osi zęba. Obrót w każdą ze stron wynosi ok. 30° [2]. Dwuwypukły charakter stawów szczytowo-obrotowych bocznych powoduje jednoczesne opadanie kręgu szczytowego rotującego się na kręgu obrotowym. Krąg szczytowy wykonuje ruch po spiralnym torze opadając w dół o 2-3 mm. Rozciąganie odpowiedniego więzadła skrzydłowego rozpiętego pomiędzy boczną stroną zęba i przysrodkową stroną kłykcia potylicznego, pochyla jednocześnie głowę w stronę przeciwną do ruchu rotacji. Ruch ten zachodzi w połączeniu C0-C1. Wielkość rotacji podana w literaturze wynosi:

Pernkopf (1952) 30° w obie strony

Werne (1959) 22° - 58° suma rotacji

Penning (1968) 30° - 35° w obie strony

White (1961) 47° suma rotacji

Poza ruchami obrotowymi, w połączeniu C1-C2 odbywają się nieznaczne ruchy zginania i prostowania. Podczas zginania łuk przedni kręgu szczytowego ześlizguje się po

przedniej stronie zęba kręgu obrotowego w kierunku dolno-przednim. Dochodzi do rozszerzenia szpary stawowej w części górnej a ząb kręgu obrotowego wciska się w więzadło poprzeczne po jego tylnej stronie.

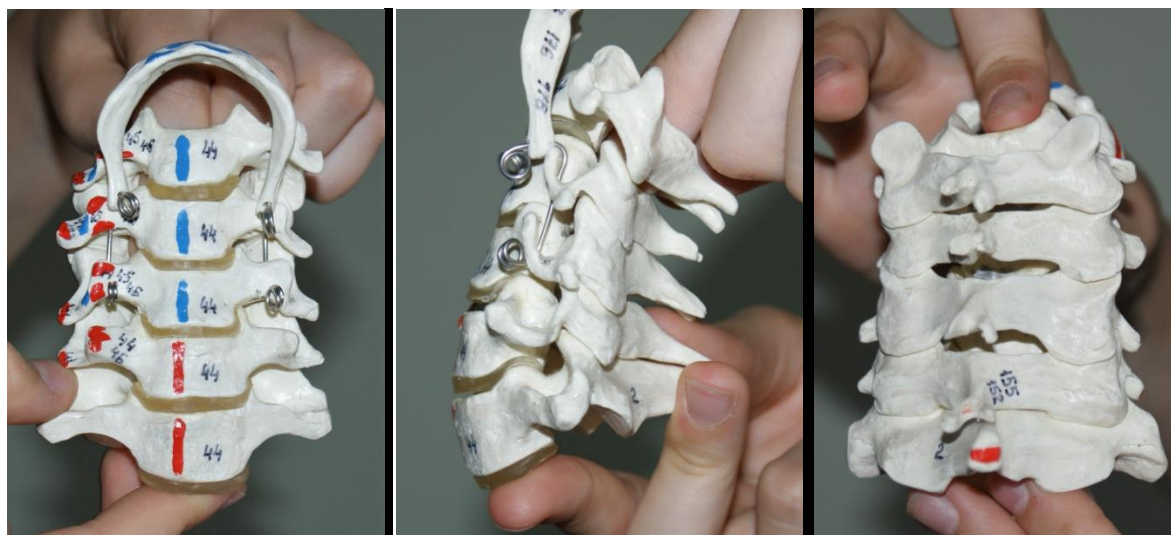
W podobny sposób powierzchnie stawowe zachowują się podczas prostowania. Szpara stawowa rozszerza się w części dolnej podczas gdy łuk przedni kręgu szczytowego ślizga się po przedniej stronie zęba kręgu obrotowego w kierunku górno-tylnym [1]. Wartości dla ruchu zginania i prostowania wynoszą:

Werne (1959) 2° - 21°

White (1961) 10° suma

Zgięcie boczne pomiędzy pierwszym kręgiem szczytowym i leżącym poniżej kręgiem obrotowym zdaniem White i Panjabi prawie nie występuje. Patrząc jednak na zdjęcia rentgenowskie w projekcji AP ma się wrażenie, że w skutek widocznego powiększenia się odległości między zębem a częścią boczną po stronie gdzie występuje rotacja dochodzi do dość dużego zgięcia bocznego [3].

W dolnej części kręgosłupa szyjnego występują kręgi o zbliżonej budowie (ryc. 3). Wyjątek może stanowić krąg C7 tzw. krąg wystający (*vertebra prominens*), którego wyrostek kolczysty jest nierozdwojony, a jako krąg przejściowy ztraca niektóre właściwości kręgów szyjnych zyskując inne, charakterystyczne dla kręgów piersiowych.



Ryc. 3. Dolne kręgi szyjne: od trzeciego do siódmego (materiał własny).

Cechami charakterystycznymi dolnego odcinka są:

- niskie i szerokie trzony kręgów o kształcie klinowatym w kierunku przednio-tylnym, z górną powierzchnią krążkową słabo wypukłą w kierunku strzałkowym uniesioną w częściach bocznych w formie wyrostków haczykowatych (*processus uncinatus*),
- dolna powierzchnia krążkowa jest wklęsła w kierunku strzałkowym i wypukła w kierunku czołowym,
- krążki międzykręgowe, których krawędź przednia jest mniej więcej dwa razy wyższa niż tylna. Przyczynia się to do powstania lordozy szyjnej,
- wyrostki stawowe górne i dolne połączone z trzonem za pomocą nasad łuku, posiadają owalne i okrągłe powierzchnie stawowe ustawione pod kątem 45° w stosunku do długiej osi trzonu kręgu,
- stawy unkowertebralne leżące pomiędzy wyrostkami haczykowatymi i zaokrąglonymi w części bocznej krawędziami wyżej leżących trzonów kręgów,
- pochyłe łuki kręgów uzupełnione w części tylnej cienką blaszką tworzącą w linii środkowej rozdwojony wyrostek kolczysty,
- trójkątne otwory kręgowe tworzące duży, trójkątnego kształtu kanał kręgowy,
- stosunkowo krótkie wyrostki poprzeczne z dużym otworem dla przejścia tętnicy kręgowej,
- dwa guzki: przedni i tylny na wyrostkach poprzecznych, dające miejsce przyczepu mięśniom pochyłym.

W dolnym odcinku zachodzą ruchy we wszystkich kierunkach. Ułożenie stawów międzywyrostkowych stwarza najdogodniejsze warunki dla zgięcia i wyprost. Zgięcia boczne i rotacje determinowane orientacją powierzchni stawowych eliminują możliwość wykonania czystego zgięcia bocznego lub czystej rotacji.

Podczas zgięcia-prostowania średni zakres ruchu jest największy w segmencie C5-C6, najmniejszy natomiast w C2-C3 [3]. Przy zgięciu trzon kręgu leżącego wyżej pochyla się i ślizga ku przodowi. Na skutek spłaszczenia części przedniej krążka międzykręgowego jądro miażdżyste przesuwają się ku tyłowi mocniej napinając tylne włókna pierścienia włóknistego. Powierzchnie stawowe górne ślizgają się ku przodowi i do góry nad dolnymi, a cały ruch kontrolowany jest przez napinające się więzadło podłużne tylne, więzadła żółte, międzykolcowe, więzadło karkowe i torebki stawowe stawów międzywyrostkowych. Podczas wyprostowania trzon kręgu leżącego wyżej pochyla się i ślizga ku tyłowi. Krążek międzykręgowy ulega spłaszczeniu w części tylnej przemieszczając jądro dysku w kierunku przednim co doprowadza do większego napinania włókien przednich pierścienia włóknistego.

Powierzchnie stawowe górne ślizgają się ku tyłowi i do dołu nad dolnymi. Ruch ten jest kontrolowany przez napinające się więzadło podłużne przednie oraz ma swoje ograniczenia kostne polegające na stykaniu się górnych wyrostków stawowych kręgu leżącego niżej z wyrostkami poprzecznymi kręgu leżącego wyżej, oraz tylnej części łuków sąsiadujących kręgów.

Całkowity zakres ruchu zgięcia-wyprostu w segmentach C0-C7 wynosi 100-125°, przy czym na dolny odcinek (C2-C7) przypada 80-110° [1,3]. Orientacja powierzchni stawowych stawów międzywyrostkowych determinuje sprzężony ruch rotacji i skłonu bocznej części kręgosłupa szyjnego. Przy zgięciu bocznym przeciętny zakres całego ruchu zgięcia w lewą i prawą stronę jest największy w segmentach C2-C3 i C4-C5 i wynosi 10-11°. Maleje on do 7-8° w C5-C6 i C6-C7 i do 4° w C7-Th1 [3]. Podczas rotacji zakresy ruchów w poszczególnych segmentach są do siebie zbliżone. Przeciętna suma rotacji w prawą i lewą stronę wynosi 8-9° [3].

Poza ruchami w stawach międzywyrostkowych oraz odkształceniami krążków międzykręgowych w dolnym odcinku kręgosłupa szyjnego zachodzą jeszcze dodatkowe ruchy w stawach unkowvertebralnych. Stawy unkowvertebralne znajdują się po bocznych stronach trzonów kręgów od drugiego kręgu szyjnego do drugiego kręgu piersiowego pomiędzy wyrostkami haczykowatymi i okrągłymi krawędziami trzonów kręgów leżących wyżej. Wyrostki haczykowate pełnią funkcję prowadnic kontrolujących ruch trzonu kręgu podczas zginania i wyprostu. W trakcie skłonu boczego lub rotacji powierzchnie stawów unkowvertebralnych zmieniają swoje położenie otwierając się w swojej części górnej lub dolnej odpowiednio do wielkości zgięcia boczego czy rotacji.

Metody badania ruchomości

W problematyce związanej z badaniem ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa można odnieść się do testów klinicznych, mających charakter oceny subiektywnej oraz badań opartych na obiektywnie zebranych wynikach przy użyciu skomputeryzowanych urządzeń pomiarowych.

Według Levita, zaburzenia funkcji rzadko ograniczają się do jednego segmentu czy pojedynczej struktury. Ograniczenie ruchomości w odcinku szyjnym kręgosłupa, zdaniem Jandy świadczy o podwyższonym napięciu mięśniowym i powięziowym w tej okolicy [4,5].

Badając zakresy ruchu czynnego można posłużyć się schematem, gdzie normą dla zgięcia będzie możliwość dotknięcia brodą rękojęści mostka. Podczas wyprostu – czoło powinno stanowić płaszczyznę poziomą, równoległą do podłoża, skłon w bok osiągać przybliżony kąt 45° a rotacja 90° [6].



Ryc. 4. Badanie czynnych ruchów szyi (materiał własny).

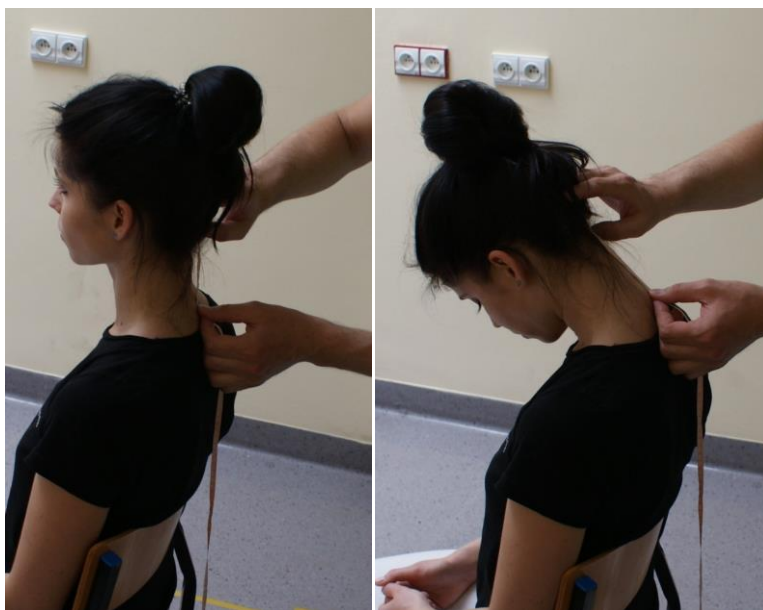
Cyriax podzielił struktury anatomiczne na dwie grupy: struktury kurczące się (*aktywne*) i struktury niekurczliwe (*pasywne, wewnętrzne*). W trakcie testowania tkanek pasywnych, sprawdzana jest zgodność objawów w ruchach czynnych i biernych, określany jest moment wystąpienia dolegliwości, zakres ruchomości w każdej płaszczyźnie i związana z powyższym ewentualna obecność wzorca torebkowego. Zakresy ruchów dla poszczególnych stawów opisane zostały w szczegółowych schematach badania.

W badaniu klinicznym odcinka szyjnego oprócz znaków stawowych, korzeniowych lub rdzeniowych szukamy także alternatywnych przyczyn bólu kończyny górnej (MO wg Cyriax'a; Steven De Coninck). W testowaniu ruchów czynnych ocenie podlega ruchomość kręgosłupa oraz ewentualność wystąpienia bólu. Podobnie dzieje się w testach biernych gdzie dodatkowo ocenie podlega tzw. czucie końcowe ruchu. Ruchy bierne są identyczne z ruchami czynnymi a zakres ich jest nieco większy od zakresu ruchu czynnego [7-13].



Ryc. 5. Badanie biernych ruchów szyi (materiał własny).

W szczegółowej metodyce badań ruchów odcinka szyjnego wg Zembatego wartość zakresu ruchu określana jest poprzez różnicę dwóch pomiarów [14]. Pierwszy pomiar wykonywany jest w pozycji neutralnej ze wzrokiem skierowanym na wprost, w której płaszczyzna frankfurcka głowy znajduje się w pozycji równoległej do podłoża, na którym badany siedzi lub stoi. Pomiar drugi następuje po wykonaniu przez pacjenta pełnego ruchu do końca zakresu. W obu przypadkach mierzone są odległości pomiędzy tymi samymi wyznaczonymi punktami. Przykładowo (ryc. 6), dla ruchu zgięcia, szukany zakres to różnica dwóch pomiarów odległości od guzowatości potylicznej zewnętrznej i wyrostka kolczystego VII kręgu szyjnego, mierzona w pozycji neutralnej dla głowy i w pozycji maksymalnego zgięcia z brodą przy mostku.

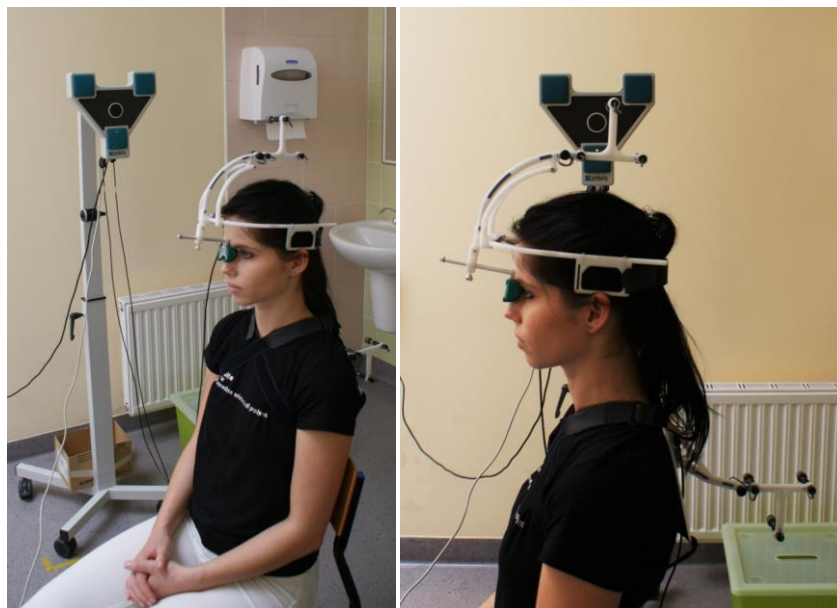


Ryc. 6. Badanie zakresu ruchu zgięcia wg Zembatego (materiał własny).

Zdaniem Kapandji'ego trudno jest dokonać pomiaru zakresów ruchu rotacji osiowej kręgosłupa w warunkach klinicznych. Można ją jedynie określić pobieżnie stabilizując miednicę i obserwując zakres rotacji czaszki. Do precyzyjnej oceny ruchomości należy odwołać się do techniki tomografii komputerowej, ponieważ wykonanie radiogramów poprzecznych kręgosłupa jest niemożliwe. Zakres rotacji osiowej całego kręgosłupa zachodzącej pomiędzy miednicą a czaszką może dochodzić do lub nawet nieznacznie przekraczać 90° [1].

Trójpłaszczyznowa analiza ruchomości kręgosłupa z zastosowaniem aparatury MCS Zebris (ryc. 7), umożliwia przeprowadzenie obiektywnych i powtarzalnych badań wszystkich ruchów w odcinku szyjnym kręgosłupa. Badanie wykonuje się z użyciem specjalnych przystawek. Jedną z nich, do której przymocowane są trzy nadajniki ultradźwiękowe umieszczana jest na głowie. Odniesieniem tego układu jest zestaw trzech markerów referencyjnych na przystawce drugiej, którą za pomocą elastycznych pasków mocuje się do obręczy barkowej na wysokości łopatek. Pozycja miniaturowych markerów - nadajników ultradźwiękowych w przestrzeni, określana jest poprzez pomiar czasu jaki mija pomiędzy emisją a odbiorem impulsów ultradźwiękowych. Korzystając z oprogramowania WinSpine, bazując na wbudowanym standardowym protokole badawczym, system umożliwia ocenę wybranych, powtarzalnych ruchów szyi. Protokół pomiarowy można modyfikować w różny sposób. Przykładowo można włączać lub wyłączać z badania poszczególne rodzaje ruchu.

Oprócz oceny: zgięcia, wyprost, zgięć bocznych oraz rotacji, istnieje możliwość badania dodatkowo ruchu rotacji w maksymalnym zgięciu i maksymalnym wyproście [15].



Ryc. 7. Trójplaszczynowa analiza ruchomości kręgosłupa z zastosowaniem aparatury MCS Zebris (materiał własny) .

Odpowiednio przetworzone dane zebrane w pomiarach przedstawiane są w postaci wyników pomiarów na wykresach i w tabelach z możliwością ich zapamiętywania i drukowania. Dane pomiarowe mogą być dodatkowo eksportowane w ogólnie akceptowanych formatach do dalszej obróbki statystycznej.

Bibliografia

1. Kapandji A.I. Anatomia Funkcjonalna Stawów, tom 3. Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2014.
2. Bochenek A. i Reicher M. Anatomia człowieka, tom I. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, 1954.
3. Jorritsma W. Anatomia na żywym człowieku. Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2004.
4. Lewit K. Terapia manualna w rehabilitacji chorób narządu ruchu. Kielce: Wyd ZL Natura, 2001.
5. Janda V. Muskelfunktions-diagnostik. Belgien: Verlag ACCO Leuven, 1984.

6. Hagner-Derengowska M., Kałużny K., Kochański B., Mostowska K., Konecki K., Hagner W., Zukow W. Cervical vertigo - selected aspects of physiotherapeutic. *Journal of Health Sciences* 3(4): 54-67, 2013.
7. Patroncini M., Hannig S., Meichtry A., Luomajoki H. Reliability of movement control tests on the cervical spine. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2014.
8. Dasm P.G. Comparative Analysis of Cyriax Approach Versus Mobilization with Movement Approach in the Treatment of Patients with Lateral Epicondylitis. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal* 2012.
9. Rade M., Shacklock M., Peharec S., Bačić P., Candian C., Kankaanpää, Markku A.O. Effect of cervical spine position on upper limb myoelectric activity during pre-manipulative stretch for Mills manipulation: A new model, relations to peripheral nerve biomechanics and specificity of Mills manipulation. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2012.
10. Salem W., Klein P. Original article: In vivo 3D kinematics of the cervical spine segments during pre-manipulative positioning at the C4/C5 level. *Manual Therapy* 2013.
11. Takasaki H., Hall T., Kaneko S., Ikemoto Y., Jull G. Original article: A radiographic analysis of the influence of initial neck posture on cervical segmental movement at end-range extension in asymptomatic subjects. *Manual Therapy* 2011.
12. Sung-Yong Choi, Jung-Hyun Choi. The effects of cervical traction, cranial rhythmic impulse, and Mckenzie exercise on headache and cervical muscle stiffness in episodic tension-type headache patients. *Journal of Physical Therapy Science* 2016.
13. Stamos I., Heneghan N.R., McCarthy C., Wright C. Original article: Inter-examiner reliability of active combined movements assessment of subjects with a history of mechanical neck problems. *Manual Therapy* 2012.
14. Zembaty A. *Kinezyterapia*, tom 1. Kraków: Kasper s.c., 2002.
15. WinSpine 2.x for Windows. Operating Instructions. Assessment of the mobility function of the cervical and lumbar spine, Zebris Medical GmbH, Text-Release: 10/2009.