

UNIVERZITET U BEOGRADU
MEDICINSKI FAKULTET

Dr Ivan Milić

ANATOMSKE I RADIOLOŠKE KARAKTERISTIKE
KRANIOCERVİKALNOG PRELAZA I
NJIHOV ZNAČAJ ZA IZBOR
NEUROHIRURŠKOG PRISTUPA

Doktorska disertacija

Beograd, 2016

**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MEDICINE**

Dr Ivan Milić

**ANATOMIC AND RADIOLOGIC CHARACTERISTICS
OF THE CRANIOCERVICAL JUNCTION AND THEIR
SIGNIFICANCE FOR THE CHOICE OF
NEUROSURGICAL APPROACH**

Doctoral dissertation

Beograd, 2016

Mentor: Prof. dr Miroslav Samardžić, profesor neurohirurgije u penziji, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Komentor: Prof. dr Slobodan Marinković, profesor anatomije u penziji, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

ČLANOVI KOMISIJE za ocenu završene doktorske disertacije:

1. **Prof. dr Danica Grujičić**, predsednik, profesor neurohirurgije, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

2. **Prof. Dr Vaso Antunović**, profesor neurohirurgije u penziji, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

3. **Prof. Dr Miodrag Rakić**, profesor neurohirurgije, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se prof. dr Miodragu Samardžiću, mom mentoru i prijatelju, na zalaganju, posvećenosti i podršci koje je obeležilo naš zajednički rad

Zahvaljujem se komentoru, prof. dr Slobodanu Marinkoviću, za nesebičnu pomoć u izradi disertacije, kao i za nekoliko pozajmljenih preparata i ilustracija

ANATOMSKE I RADIOLOŠKE KARAKTERISTIKE KRANIOCERVIKALNOG PRELAZA I NJIHOV ZNAČAJ ZA IZBOR NEUROHIRURŠKOG PRISTUPA

dr Ivan Milić

Uvod: Interesovanje za kranIOCervikalni prelaz (engl. „the craniocervical junction“ – CCJ) započelo je disekcijama i izvanrednim crtežima Leonarda da Vinčija, a nastavljeno je ispitivanjima Andreasa Vezalijusa u 16. veku, kao i italijanskih anatoma i umetnika u 17. i 18. stoleću (Saunders, 1973; Persaud, 1984; Düring and Poggesi, 2006; Nathan, 2007). Veliki doprinos dali su Buržer u 19. veku i Pernkopf u 20. stoleću (Pernkopf, 1963; Bourgerly i Jacob, 2005). Ipak, najdetaljnija istraživanja ovog područja obavljena su u poslednjih nekoliko decenija (Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010; Lopez i sar., 2015). KranIOCervikalni prelaz obuhvata, u najužem smislu, donji deo okcipitalne kosti, atlas i aksis. Spomenuti autori proučili su ove osteološke komponente i izvršili odgovarajuća merenja, ali ne u potpunosti. Zato smo odlučili da CCJ ispitamo mnogo detaljnije u anatomskom i radiološkom domenu, kako bismo dali doprinos neurohirurškim intervencijama u ovom području.

Ciljevi: 1) precizno utvrđivanje anatomskih odnosa osteoloških komponenti CCJa, uključujući i morfometrijska ispitivanja, kao i proučavanja obližnjih neuralnih struktura, naročito odnosa kičmene moždine, moždanog stabla i tonzila cerebeluma; 2) utvrđivanje odnosa spomenutih elemenata nakon maksimalne fleksije i ekstenzije, u poređenju sa neutralnim položaj glave i vrata; 3) utvrđivanje patoloških poremećaja i urođenih malformacija komponenti CCJa; 4) poboljšanje neurohirurških intervencija u predelu CCJ u svetlosti dobijenih podataka tokom naših istraživanja.

Materijal i metode: Korišćene su, najpre, standardne anatomske metode na 22 uzorka okcipitalne kosti, 7 atlasa i 7 aksisa, uključujući precizna morfometrijska proučavanja. Druga grupa uzoraka obuhvatala je tri glave s mozgom prethodno fiksiranih u 10% formalinu. Nakon zamrzavanja na minus 25⁰ C, svaka glava je serijski sečena u predelu CCJ u jednoj od tri glavne ravni: aksijalnoj, koronalnoj i sagitalnoj. Na ovim presecima ispitani su odnosi pojedinih elemenata CCJa, kako koštanih, tako i mišićnih, vaskularnih i neuralnih.

Radiološke metode obuhvatale su multislajсну kompjuterizovanu tomographiju (MSCT) i magnetnorezonantni „imadžing“ (MRI). Prva grupa sastojala se od 22 volontera koji su snimani na MSCT skeneru u neutralnom položaju, a zatim u maksimalnoj fleksiji i ekstenziji. Zatim je jedan

volonter iskorišćen za serijske MRI preseke čitave glave i mozga u sve tri ravni: aksijalnoj, koronalnoj i sagitalnoj. Ovi snimci su upoređivani sa navedenim anatomskim serijskim presecima. Sledeća grupa obuhvatala je 6 volontera u kojih su rađeni serijski MRI preseki u predelu foramena magnuma u sagitalnoj ravni. Snimanja su vršena u neutralnom položaju, a zatim nakon maksimalne fleksije i ekstenzije. Najzad, retrospektivnom analizom 50 pacijenata s patološkim procesima u zadnjoj lobanjskoj jami izvršena je selekcija onih s promenama u predelu CCJa. Najzad, detaljno je prikazan jedan pacijent s kombinacijom većeg broja kongenitalnih malformacija.

Rezultati: Najpre, morfometrijska anatomska ispitivanja odnosila su se na okcipitalnu kost, atlas i aksis. Na okcipitalnoj kosti zapažena je srednja vrednost uzdužnog i poprečnog prečnika desnog okcipitalnog kondila ($X=21,95 \text{ mm} \times 12,92 \text{ mm}$) i levog kondila ($X=22,50 \text{ mm} \times 12,37 \text{ mm}$), ugao između oba kondila ($X=54,05^\circ$), i prednji ($X=17,41 \text{ mm}$) i zadnji interkondilarni razmak ($X=39,68 \text{ mm}$). Srednje desno/levo rastojanje iznosilo je između kondila i: fose kondilaris $2,71 \text{ mm}/2,30 \text{ mm}$, foramena jugulare $9,10 \text{ mm}/9,23 \text{ mm}$, karotidnog kanala $12,85 \text{ mm}/12,20 \text{ mm}$ i hipoglosnog kanala $8,15 \text{ mm}/8,05 \text{ mm}$. Dimenzije foramena magnuma bile su $36,54 \text{ mm} \times 30,93 \text{ mm}$.

Što se tiče atlasa, dobijene su mere njegovog prednjeg luka, to jest: sagitalni prečnik ($X=7,16 \text{ mm}$), lateralni prečnik desno/levo ($X=4,16 \text{ mm}/4,21 \text{ mm}$) i lateralna visina ($X=11,90 \text{ mm}/11,86 \text{ mm}$). Na zadnjem luku izmeren je sagitalni prečnik ($X=8,00 \text{ mm}$), lateralni prečnik ($9,23 \text{ mm}/8,89 \text{ mm}$) i lateralna visina ($5,60 \text{ mm}/5,44 \text{ mm}$). Morfometrijski rezultati mase lateralis jesu: prednje rastojanje između desne i leve mase ($X=18,94 \text{ mm}$), zadnje rastojanje ($X=39,10 \text{ mm}$), intertuberkularni razmak ($X=17,01 \text{ mm}$), poprečni prečnik mase ($14,60 \text{ mm}/15,77 \text{ mm}$), njena medijalna visina ($9,13 \text{ mm}/8,26 \text{ mm}$) i lateralna visina ($18,71 \text{ mm}/19,23 \text{ mm}$). Prečnici gornje zglobne površine bili su $9,60 \text{ mm} \times 21,69 \text{ mm}/9,84 \text{ mm} \times 21,37 \text{ mm}$, a donje površine $14,74 \text{ mm} \times 18,20 \text{ mm}/14,29 \text{ mm} \times 18,61 \text{ mm}$. Mereni su i prečnici foramena transverzarijuma ($6,46 \text{ mm} \times 7,39 \text{ mm}/6,23 \text{ mm} \times 7,52 \text{ mm}$), poprečnog nastavka ($7,94 \text{ mm} \times 9,77 \text{ mm}/8,17 \text{ mm} \times 10,64 \text{ mm}$), vertebralnog otvora ($32,80 \text{ mm} \times 29,10 \text{ mm}$) i čitavog atlasa ($46,06 \text{ mm} \times 75,16 \text{ mm}$).

Dobijeni su sledeći rezultati merenja aksisa: gornji prečnici ($10,23 \text{ mm} \times 11,77 \text{ mm}$) i donji prečnici njegovog densa ($9,77 \text{ mm} \times 11,90 \text{ mm}$) i visina densa ($X=16,73 \text{ mm}$); visina prednje strane ($X=21,96 \text{ mm}$) i zadnje strane tela aksisa ($X=18,39 \text{ mm}$), kao i gornji prečnik ($X=23,46 \text{ mm}$) i donji prečnik tela ($X=18,06 \text{ mm}$); prečnici gornje zglobne površine ($15,34 \text{ mm} \times 19,70 \text{ mm}/15,27 \text{ mm} \times 19,19 \text{ mm}$) i donje površine ($10,81 \text{ mm} \times 13,49 \text{ mm}/10,54 \text{ mm} \times 13,54 \text{ mm}$); prečnici poprečnog otvora ($6,00 \text{ mm} \times 7,10 \text{ mm}/5,76 \text{ mm} \times 7,06 \text{ mm}$) i poprečnog nastavka aksisa ($6,83 \text{ mm} \times 9,84 \text{ mm}/7,07 \text{ mm} \times 9,13 \text{ mm}$); sagitalni poprečni luk aksisa ($X=17,20 \text{ mm}$), poprečni prečnik desne i leve lamine ($6,66 \text{ mm}/6,50 \text{ mm}$), kao i desno/leva visina lamine ($13,66 \text{ mm}/13,66 \text{ mm}$).

Na serijskim anatomskim i MRI presecima vide se osteološki elementi, odn. delovi okcipitalne kosti, atlasa i aksisa. Tu su i odgovarajući prevertebralni i nugalni mišići. Kranijalni živci pretežno obuhvataju *n. hypoglossus*, *n. accessorius* i *n. vagus*. Zapažaju se i *medulla spinalis* i *medulla oblongata*.

MSCT ispitivanja nakon fleksije pokazala su manji razmak između baziona i vrha densa ($X=3,25$ mm), kao i između densa i opistiona, densa i gornje ivice luka atlasa, i baziona i luka atlasa. S druge strane, ostali mereni parametri u većini slučajeva su veći nakon fleksije. S druge strane, posle ekstenzije vrh densa je udaljeniji od baziona, dok je kraće rastojanje između baze aksisa i opistiona, kao i između opistiona i luka atlasa, i između spinoznih nastavaka prva tri cervikalna pršljena.

MRI ispitivanja u fleksiji pokazuju da je pons bliži klivusu, a medula je obično udaljenija od klivusa i baziona, ali je nešto bliža vrhu densa. Istovremeno gornji deo cervikalnog kraja kičmene moždine bliži je zadnjem zidu kičmenog kanala, dok je donji deo bliži prednjem zidu. Nakon ekstenzije, pons je malo udaljeniji od klivusa, dok je medula bliža klivusu i bazionu. Kičmena moždina najčešće je nešto bliža zadnjem zidu kičmenog kanala. Najzad, dok je ugao cervikalnog dela moždine mnogo veći posle fleksije, on je manji nakon ekstenzije.

U seriji pacijenata, dvoje je imalo Kjarijevu malformaciju, s descenzijom tonzile u kičmeni kanal. Druga grupa od četiri bolesnika imala je aneurizmu vertebralne arterije ili donje zadnje cerebelarne arterije. Poslednja grupa sadržala je dva pacijenta s meningiomom koji je zahvatao predeo foramena magnuma i gornjeg dela kičmenog kanala. Najzad, posebno je prikazan bolesnik s duplom hipofizom, koji je imao veliki broj kongenitalnih malformacija u predelu CCJa.

Zaključak: U disertaciji su izneti detaljni i vrlo precizni morfometrijski podaci o okcipitalnoj kosti, atlasu i aksisu. Oni se odnose na apsolutne dimenzije pojedinih delova ovih kostiju, na razmake između tih delova, kao i između njih i delova susednih kostiju. Na serijskim anatomskim i MRI presecima ustanovljeni su odnosi između pojedinih osteoloških, muskularnih, vaskularnih i neuralnih elemenata u predelu CCJa. Ispitivanja pomoću MSCT aparata jasno su pokazala mehanizam fleksije i ekstenzije u ovom području, kao i vrlo precizne morfometrijske parametre pri pokretima vratnog dela kičmenog stuba. MRI snimci pokazali su određenu dislokaciju delova moždanog stabla i cervikalnog dela kičmene moždine nakon fleksije i ekstenzije. Naša morfometrijska ispitivanja dala su osnov za sigurnije neurohirurške intervencije u području kraniocervikalnog prelaza, kao i moguće nove metode operativne fiksacije nakon CCJ traume.

Ključne reči: kraniocervikalni prelaz, kraniovertebralni spoj, cerebrospinalni spoj, anatomija, morfometrija, multislajсни CT, MRI, neurohirurške operacije

Naučna oblast: hirurgija

Uža naučna oblast: neurohirurgija

ANATOMIC AND RADIOLOGIC CHARACTERISTICS OF THE CRANIOCERVICAL JUNCTION AND THEIR SIGNIFICANCE FOR THE CHOICE OF NEUROSURGICAL APPROACH

Dr Ivan Milić

Objective: The interest in the craniocervical junction (the CCJ) started with dissections and brilliant drawings of Leonardo da Vinci, and it was continued by the examinations of Andreas Vesalius in the 16th century, and the Italian anatomists and artists in the 17th and 18th century (Saunders, 1973; Persaud, 1984; Düring and Poggesi, 2006; Nathan, 2007). A great contribution was given by Bourgery in the 19th century and Pernkopf in the 20th century (Pernkopf, 1963; Bourgery and Jacob, 2005). However, the most detailed study of this region was performed in the recent few decades (Martin et al., 2010; Steinmetz et al., 2010; Lopez et al., 2015). The craniocervical junction, in the narrower sense, comprises the lower part of the occipital bone, the atlas and the axis. The mentioned authors examined these osteological components and made certain measurements, although not fully. Therefore we decided to examine the CCJ in much more details and thus to give a contribution to the neurosurgical interventions in this region.

Aims: 1) a precise determination of the anatomic relationships of the CCJ osteological components, including the morphometric examination, as well as a study of the adjacent neural structures, especially the relationships of the spinal cord, the brain stem and the cerebellar tonsils; 2) a determination of the relationships of the mentioned elements following a maximum flexion and extension, compared to the neutral position of the head and neck; 3) a determination of the pathological disorders and the congenital malformations of the CCJ components; 4) an improvement of the neurosurgical interventions in the CCJ region in the light of the data obtained in our study.

Material and methods: First of all, some standard anatomic methods were applied in 22 occipital bones, 7 atlas and 7 axis specimens, including a precise morphometric examination. The second group of the specimens comprised three heads with a brain previously fixed in a 10% formaldehyde solution. Following their freezing at minus 25⁰ C, each head was serially sectioned in the CCJ region in one of the three planes: the axial, coronal and sagittal. In these sections, the relationships among the individual CCJ elements were examined, both the osseous and the muscular, vascular and neural ones.

Radiologic methods comprised the multislice computerized tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI). The first group consisted of the 22 volunteers examined in an MSCT scanner in the neutral position, and thereafter in a maximum flexion and extension. Then, one volunteer was

used for the serial MRI sections of the whole head and brain in all the three planes: axial, coronal and sagittal. These images were compared to the mentioned anatomic serial sections. The following group comprised 6 volunteers in whom the serial MRI sections were performed in the region of the foramen magnum in the sagittal plane. The imaging was made in the neutral position, and then after a maximum flexion and extension. Finally, by a retrospective analysis of 50 patients with some pathological processes in the posterior cranial fossa, a selection of those with certain changes in the CCJ region was made. Finally, a patient with a combination of a larger number of the congenital malformations was presented in detail.

Results: First of all, the morphometric anatomic examinations were related to the occipital bone, atlas and axis. In the occipital bone, a mean value of the longitudinal and transverse diameter of the right occipital condyle was provided ($X=21.95 \text{ mm} \times 12.92 \text{ mm}$) and of the left condyle ($X=22.50 \text{ mm} \times 12.37 \text{ mm}$), the angle between the two condyles ($X=54.05^\circ$), and the anterior ($X=17.41 \text{ mm}$) as well as the posterior intercondylar distances ($X=39.68 \text{ mm}$). The right/left distance averaged between the condyles and: the condylar fossa $2.71 \text{ mm}/2.30 \text{ mm}$, jugular foramen $9.10 \text{ mm}/9.23 \text{ mm}$, carotid canal $12.85 \text{ mm}/12.20 \text{ mm}$, and the hypoglossal canal $8.15 \text{ mm}/8.05 \text{ mm}$. The foramen magnum dimensions were $36.54 \text{ mm} \times 30.93 \text{ mm}$.

As regards the atlas, measurements of its anterior arch were obtained, that is: the sagittal diameter ($X=7.16 \text{ mm}$), the lateral right/left diameter ($X=4.16 \text{ mm}/4.21 \text{ mm}$), and the lateral height ($X=11.90 \text{ mm}/11.86 \text{ mm}$). In the posterior arch, the sagittal diameter was measured ($X=8.00 \text{ mm}$), the lateral diameters ($9.23 \text{ mm}/8.89 \text{ mm}$) and the lateral heights ($5.60 \text{ mm}/5.44 \text{ mm}$). The morphometric results of the lateral mass are as follows: the anterior distance between the right and left mass ($X=18.94 \text{ mm}$), the posterior distance ($X=39.10 \text{ mm}$), the intertubercular distance ($X=17.01 \text{ mm}$), the transverse mass diameter ($16.60 \text{ mm}/15.77 \text{ mm}$), its medial height ($9.13 \text{ mm}/8.26 \text{ mm}$) and lateral height ($18.71 \text{ mm}/19.23 \text{ mm}$). The diameters of the superior articular facets were $9.60 \text{ mm} \times 21.69 \text{ mm}/9.84 \text{ mm} \times 21.37 \text{ mm}$, and of the inferior facets were $14.74 \text{ mm} \times 18.20 \text{ mm}/14.29 \text{ mm} \times 18.61 \text{ mm}$. The diameters of the foramen transversarium were measured ($6.46 \text{ mm} \times 7.39 \text{ mm}/8.17 \text{ mm} \times 10.64 \text{ mm}$), as well as of the transverse process ($7.94 \text{ mm} \times 9.77 \text{ mm}/8.17 \text{ mm} \times 10.64 \text{ mm}$), the vertebral foramen ($32.80 \text{ mm} \times 29.10 \text{ mm}$), and the whole atlas ($46.06 \text{ mm} \times 75.16 \text{ mm}$).

The following results of the axis measurements were obtained: the upper diameters ($10.23 \text{ mm} \times 11.77 \text{ mm}$) and the lower diameter of the dens ($9.77 \text{ mm} \times 11.90 \text{ mm}$), and its height ($X=16.73 \text{ mm}$); the diameters of the superior articular facets ($15.34 \text{ mm} \times 19.70 \text{ mm}/15.27 \text{ mm} \times 19.19 \text{ mm}$) and the lower facets ($10.81 \text{ mm} \times 13.49 \text{ mm}/10.54 \text{ mm} \times 13.54 \text{ mm}$); the diameters of the transverse foramen ($6.00 \text{ mm} \times 7.10 \text{ mm}/5.76 \text{ mm} \times 7.06 \text{ mm}$) and the transverse axis process ($6.83 \text{ mm} \times 9.84 \text{ mm}/7.07 \text{ mm} \times 9.13$

mm); the sagittal diameter of the axis arch ($X=17.20$ mm), the transverse diameter of the right and left laminae (6.66 mm/6.50 mm), as well as the right/left laminae height (13.66 mm/13.66 mm).

In the serial anatomic and MRI sections, the osteological elements were seen, i.e. parts of the occipital bone, atlas and axis. There are the corresponding prevertebral and nuchal muscles as well. The cranial nerves predominantly comprise the hypoglossal, accessory and vagus nerves. The spinal cord and medulla oblongata were noticed as well.

The MSCT examination following flexion showed a smaller distance between the basion and the dens tip ($X=3.25$ mm), as well as between the dens and the opisthion, the dens and the upper border of the atlas arch, and the basion and the atlas arch. The remaining measured parameters are longer after flexion in the majority of the cases. On the other hand, the dens tip following extension is more distant from the basion, whilst the distance is shorter between the axis basis and opisthion, as well as between the opisthion and the atlas arch, and among the spinous processes of the first three cervical vertebrae.

The MRI examination in flexion shows the pons to be closer to the clivus, and the medulla to be usually more distant from the clivus and basion, but somewhat closer to the dens tip. At the same time, the upper part of the cervical portion of the spinal cord is closer the posterior wall of the vertebral canal, whereas the lower portion is closer to the anterior wall. Following extension, the pons is slightly distant from the clivus, whilst the medulla is closer to the clivus and basion. The spinal cord is most often somewhat closer to the posterior wall of the spinal canal. Finally, whereas the angle of the cervical spinal cord is much larger following flexion, it is smaller after extension.

In the group of the patients, two of them had the Chiari malformation with the cerebellar tonsils descending into the vertebral canal. The second group of the four patients had an aneurysm of the vertebral or the posterior inferior cerebellar artery. The last group contained two patients with a meningioma which occupied the region of the foramen magnum and the upper spinal canal. Finally, a patient with a double pituitary gland was separately presented, associated with a large number of the congenital malformations in the CCJ region.

Conclusion: Detailed and very precise morphometric data about the occipital bone, atlas and axis were presented in the dissertation. They are related to the absolute dimensions of the individual part of these bones, to the distances among those parts, as well as between them and the portions of the adjacent bones. In the serial anatomic and the MRI sections, the relationships were determined among the individual osteological, muscular, vascular and neural elements in the CCJ region. The MSCT examination clearly presented the flexion and extension mechanism in this region, as well as the precise morphometric parameters following the movements of the cervical portion of the spinal column. The MRI pictures showed certain displacement of the brain stem portions and the cervical part of the spinal cord following flexion and extension. Our morphometric examinations gave a base to safer

neurosurgical interventions in the craniocervical junction region, as well as the possible new methods of the operative fixation following the CCJ trauma.

Key words:craniocervical junction, craniovertebral junction, cerebrospinal junction, anatomy, malformations, multislice CT, MRI, neurosurgical operations

Research area:surgery

Special topics:neurosurgery

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Umetnički aspekt.....	1
1.2. Anatomska razmatranja	5
1.2.1. Kraniocervikalni spoj	7
1.2.2. Kraniovertebralni spoj	10
1.2.3. Cerebrospinalni spoj	24
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	27
3. MATERIJAL I METODE	28
3.1. Anatomske metode	28
3.1.1. Osteološki uzorci	28
3.1.2. Serijski preseci	30
3.2. Radiološke metode	31
3.2.1. Ispitivanja na multislajsnom skeneru	31
3.2.2. Magnetnorezonantno ispitivanje	32
3.3. Kliničke metode	32
3.4. Statistička analiza	33
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	34
4.1. Anatomska ispitivanja na osteološkom materijalu	34
4.1.1. Okcipitalna kost	35
4.1.2. Atlas (C1 pršljen)	37
4.1.3. Aksis (C2 pršljen)	40
4.2. Anatomska i radiološka ispitivanja na serijskim preparatima	43
4.2.1. Aksijalni preseci	43
4.2.2. Koronalni preseci	48
4.2.3. Sagitalni preseci	49
4.3. Ispitivanje kranio-cervikalnog prelaza pomoću multislajsnog CT skenera	49
4.3.1. Parametri u fleksiji	51
4.3.2. Parametri u ekstenziji	54

4.3.3. Uglovi u fleksiji i ekstenziji	57
4.4. Ispitivanje kraniocervikalnog prelaza pomoću magnetne rezonance	58
4.4.1. Morfometrijsko ispitivanje struktura kraniocervikalnog prelaza	58
4.4.2. Statistička analiza parametara koštanih struktura, moždanog stabla i kičmene moždine	59
4.4.3. Statistička analiza uglova moždanog stabla i kičmene moždine	68
4.5. Kongenitalne anomalije kraniovertebralnog spoja	70
4.5.1. Anomalije u anatomske seriji	70
4.5.2. Kongenitalne anomalije u grupi volontera	72
4.5.3. Prikaz specifičnog slučaja	73
4.6. Patološki aspekt kraniocervikalnog prelaza	77
4.6.1. Patološki aspekt	77
4.7. Neurohirurški aspekt	80
5. DISKUSIJA	82
6. ZAKLJUČCI	106
7. LITERATURA	110

1. UVOD

Kraniocervikalni prelaz (engl. „the craniocervical junction“ – CCJ) privlačio je pažnju, direktno ili indirektno, anatomima, ali i pojedinih umetnika u poslednjih nekoliko vekova.

1.1. Umetnički aspekt

Prikazivanje kraniocervikalnog spoja započeo je genijalni renesansni naučnik i umetnik Leonardo da Vinči (Leonardo da Vinci) u svojoj Firenci u 15. veku (Persaud, 1984; Toman, 2005). Leonardo je na jednoj lobanji, s pojedinim kranijalnim živcima i krvnim sudovima, uradio levi aksijalni presek i desnu sagitalnu sekciju, a potom je napravio izvanredan crtež ovog preparata (Nathan, 2007). Na njemu je prikazao, između ostalog, foramen magnum, deo desnog okcipitalnog kondila, hipoglosni kanal, jugularni tuberkul, klivus i susednu piramidu slepoočne kosti (sl. 1). Na drugom crtežu uradio je sagitalni presek lobanje i vratnog dela kičme. Međutim, pršljenovi su toliko stilizovani, da je anatomska vrednost ovog kraniocervikalnog prelaza mnogo manja.



Slika 1. Leonardov crtež lobanje s delovima kraniocervikalnog prelaza (Iz Zöllnera, 2007).

U sličnom anatomsko-umetničkom stilu (sl. 2) radio je i Belgijanac Andreas Vezalijus (Andreas Vesalius), jedan od najčuvenijih anatoma svih vremena (Persaud, 1984; Saunders, 1973; Singer, 1957). Dosta uspešno je kraniocervikalni prelaz likovno predstavio i italijanski naučnik Eustachio (Eustachio), kao i neki manje poznati tadašnjianatomi.



Slika 2. Crtež Andreasa Vezalijusa. (Iz Saundersa, 1973)

U doba baroka 17. i 18. veka, ali i kasnije, italijanski anatomi i umetnici razradili su metodu pravljenja anatomskih preparata od voska. Ova divna kolekcija nalazi se danas u muzeju „La Specola“ u gradu umetnosi – Firenci (Düring i Poggesi, 2006). Na jednom od ovih preparata (sl. 3) prikazana je okcipitalna kost s vratnim delom kičmenog stuba, gde se jasno vide foramen magnum, atlas i aksis sa svojim zubnim nastavkom. Na drugom preparatu (sl. 4) predstavljen je centralni nervni sistem (CNS) u ovom predelu, uključujući moždano stablo, mali mozak i kranijalni deo kičmene moždine s korenovima spinalnih živaca. Najzad, na poslednjem preparatu (sl. 5) prikazan je presek kroz ovaj spoj sa istim delovima CNS-a, ali bez cerebeluma. Istovremeno, predstavljen je i gornji deo desne i leve

vertebralne arterije. Inače, čuveni francuski barokni slikar Fragonar (Fragonard) ubrizgavao je rastopljeni vosak u krvne sudove kadavera ljudi i životinja, a zatim je vršio izvanredne disekcije, uključujući i predeo kranio cervikalnog spoja (Toman, 2007).



Slika 3. Voštani preparat okcipitalne kosti i vratnog dela kičmenog stuba pri pogledu s prednje strane.

Slika 4. Voštani preparat cerebrospinalnog spoja s produženom moždinom i kičmenom moždinom u nivou kranio cervikalnog prelaza.

Slika 5. Voštani preparat kranio cervikalnog prelaza nakon odsecanja njegove zadnje polovine i posle uklanjanja malog mozga. Zapaža se kičmena moždina s korenovima spinalnih živaca, moždanice sa dentikulatnim ligamentima i moždano stablo s romboidnom jamom. (Iz muzeja „La Specola“ u Firenci. Ljubaznošću Paola Bambija).

Nažalost, ljudski rod je milenijumima najčešće zapažao područje kraniovertebralnog spoja nakon dekapitacije. Odsecanje glave obično se vršilo zarobljenim neprijateljima – jer se smatralo, s pravom, da je definitivno mrtav samo onaj suparnik koji je bez glave. Dešavale su se i dekapitacije mrtvih neprijatelja, kako bi se demoralisali ostaci njihovih snaga ili da bi se zastrašilo pokoreno stanovništvo. To su svojevremeno učinili Turci na Čegru, koji su od odrubljenih i zazidanih glava srpskih boraca napravili Čele kulu kod Niša. Odsecanje glave vršilo se povremeno i osobama osuđenim na smrt za razna krivična dela (Davies i sar., 2007; Fahr-Becker, 2006). Najpoznatije su bile egzekucije u Francuskoj primenom giljotine – nazvane po francuskom lekaru Giljotenu (Guillotine), koji je ovu spravu izmislio u 18. veku zbog humanije smrti osuđenika, odn. radi izvođenja egzekucije za najkraće vreme i bez bola.

Dekapitacija, koja očigledno prati čovečanstvo od njegovog nastanka pa, nažalost, do savremenog doba, ostala je zapamćena i u legendama i mitovima, a čuvena je i biblijska priča o Juditi i Holofernu. Ovu priču su oslikali mnogi likovni umetnici, od renesansnih Botičelija (Botticelli), Mantenje (Mantegna), Đordžonea (Giorgione) i Mikelandela (Michelangelo) do baroknog Goje (Goya) i savremenijeg Gustava Klimta (G. Klimt). Među najmaestralnijima i najdramatičnijima jesu ovakvaplatna Karavađa (Carravagio) i Lukasa Kranaha (Lucas Cranach) (sl. 6). Na preseku vrata Holoferna na Kranahovoj slici zapaža se i zubni nastavak aksisa.

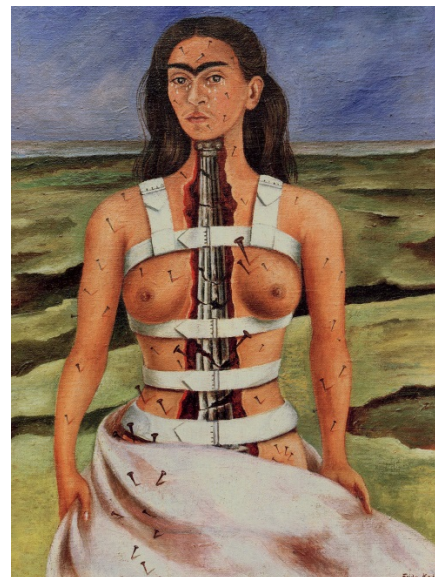
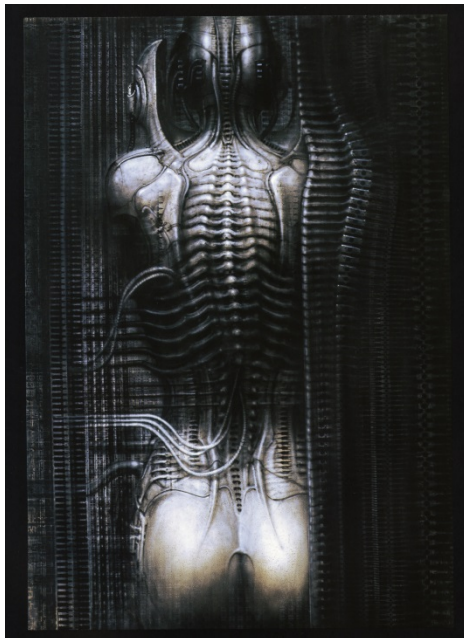
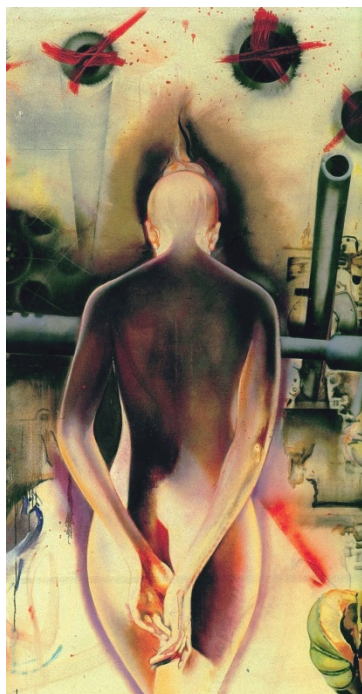


Slika 6. Judita s glavom Holoferna. Ulje na platnu (detalj) Lukasa Kranaha Starijeg. (Iz Kunsthistorisches Museum, Wien).

Slika 7. Lobanja sa zapaljenom cigaretom. Ulje na platnu Vinsenta van Goga. (Iz van Gogovog muzeja, Amsterdam)

Neki od impresionističkih i ekspresionističkih umetnika delimično su prikazali kraniocervikalni spoj (Elgar, 2007; Russoli, 1967; Walther, 2006). To se naročito odnosi na izuzetnog postimpresionističkog slikara van Goga (van Gogh), koji je svojim karakterističnim namazima boje divno predstavio kraniocervikalni spoj (sl. 7), mada u kosoj projekciji i u drugom kontekstu (Walther i Metzger, 2006). Savremeni umetnici nisu specijalno zainteresovani za spoj između glave i vrata (Davies i sar., 2006; Descharnes, 2006; Dubby i Daval, 2006; Gibson, 2006; Granti Vysniauskas, 2004; Holzwardt, 2009; Marzona, 2006; Ruhrberg i sar., 2005; Stangos, 2006). Ipak, naša izuzetna umetnica Olja Ivanjicki naznačila je ovaj spoj na figuri jednesvoje uljane slike (sl. 8) (Hubbard, 2009). Slično je činio i švajcarski umetnik Giger (Giger, 2007) na svojim biomehaničkim figurama, na kojima je posebno modifikovao spinozne nastavke pršljenova i uklopio ih u imaginarna rebra (sl. 9). Najoriginalniji kraniocervikalni spoj prikazala je slikarka Frida Kalo (F. Kahlo) iz Meksika. Ona je

umesto kičme naslikala antički stub, čiji kapitel podupire glavu na njenom portretu – kao simbolički podsetnik na povredu svoje kičme u saobraćajnom udesu (sl. 10).



Slika 8. „Simetrija rata.“ Ulje na platnu Olje Ivanjicki. (Iz Hubbarda, 2010).

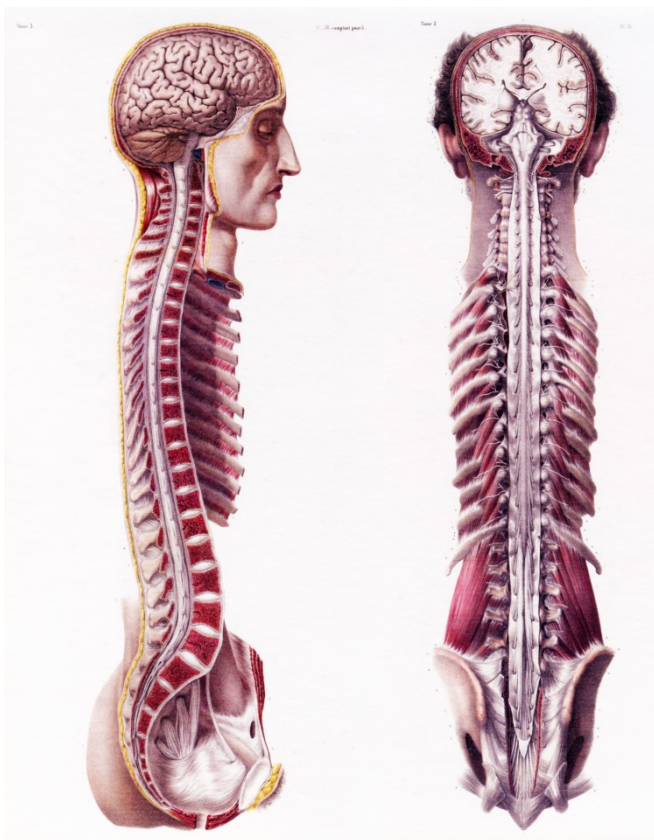
Slika 9. „Torzo.“ Akrilik i tuš na papiru HR Giger. (Iz Giger, 2007).

Slika 10. „Slomljena kičma.“ Ulje na platnu Fride Kalo. (Iz Kettemanna, 2007).

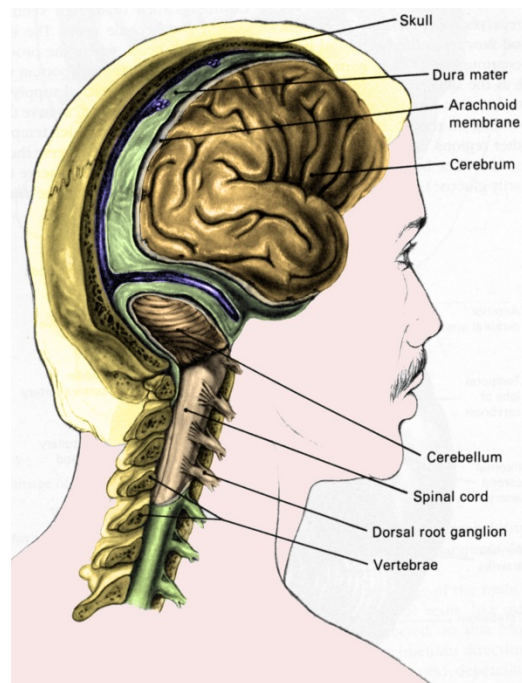
Mnogi anatomi u istoriji saradivali su sa određenim umetnicima, počevši od Vezalijusa, kako bi njihove ilustracije odgovarajućih preparata bile na što višem estetskom nivou. Tako je francuski profesor anatomije Bourgery oko sredine 19. veka angažovao slikara Jacoba za svoj monumentalni atlas (Bourgery i Jacob, 2005), koji je, između ostalog, uradio i crteže u boji kranio-cervikalnog, kraniovertebralnog i cerebrospinalnog spoja (sl. 11 i 12). Najzad, i savremeni anatomi i kliničari (Carlson, 1986) povremeno angažuju umetnike za svoje medicinske ilustracije, uključujući i spoj glave i vrata (sl. 13).

1.2. Anatomska razmatranja

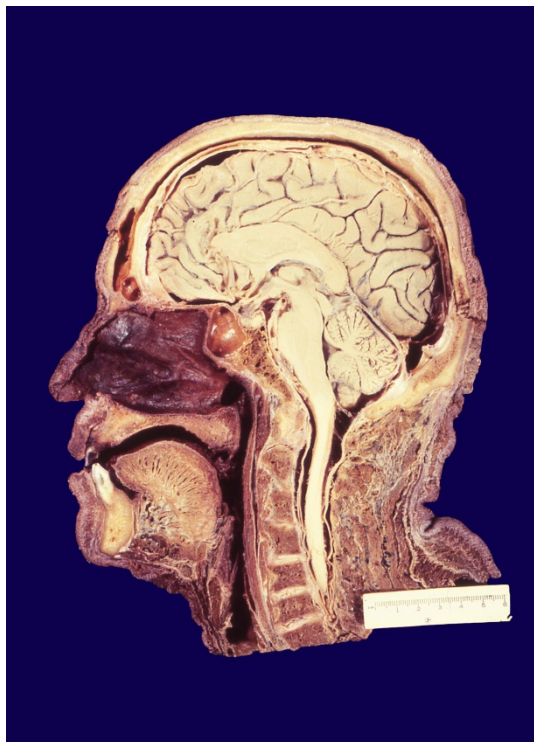
Između glave i vrata postoje, zapravo, tri spoja: kranio-cervikalni, kraniovertebralni i cerebrospinalni (sl. 14). Sva tri su obuhvaćena zajedničkim nazivom – kranio-cervikalni prelaz.



Slike 11 i 12. Crteži u boji preparata kičmenog stuba i glave s mozgom, uključujući i kranio-cervikalni prelaz. (Iz Bourgerly i Jacob, 2005).



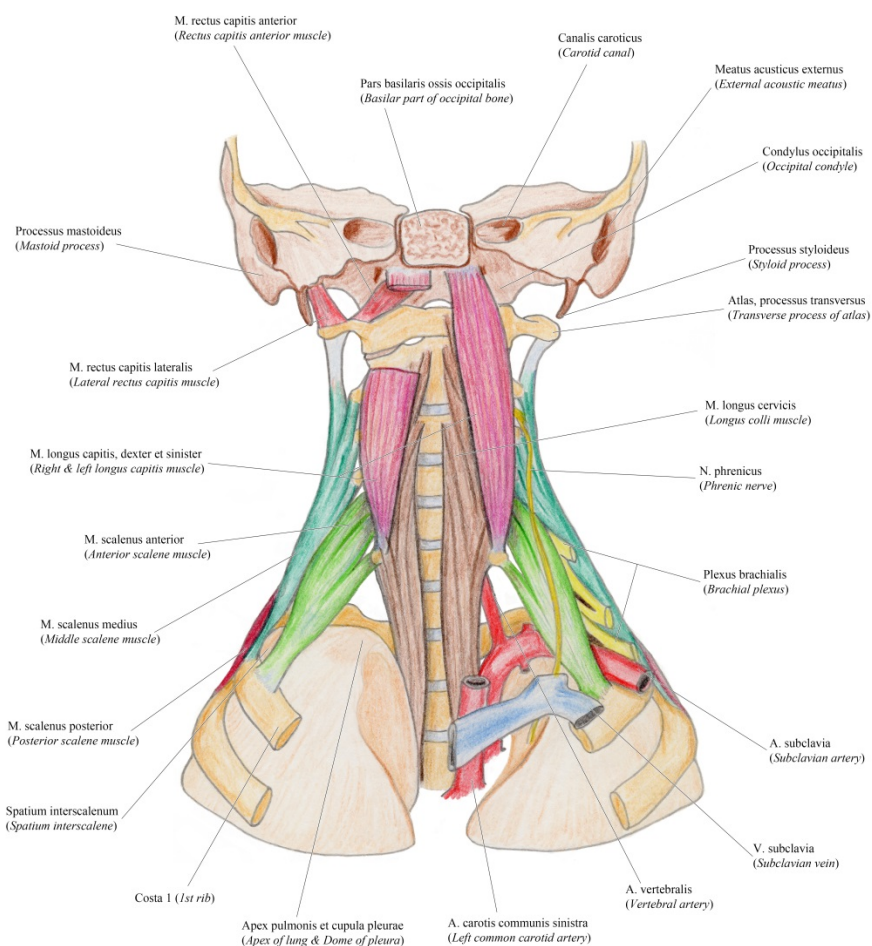
Slika 13. Modifikovani crtež kranio-cervikalnog prelaza. (Iz Carlsona, 1986).



Slika 14. Sagitalni presek glave i mozga. (Videti na sl. 38 uvećani detalj kranio-cervikalnog prelaza).

1.2.1. Kraniocervikalni spoj

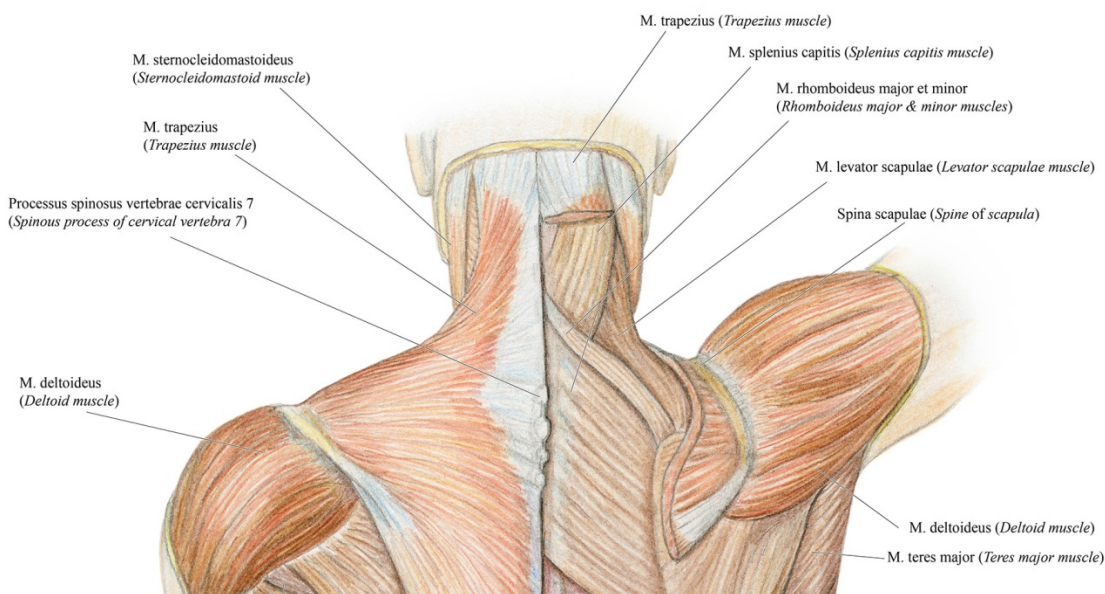
Ovaj spoj, u užem smislu, podrazumeva povezanost glave i vrata odgovarajućim mekim tkivima, pogotovo između baze lobanje i kičmenog stuba. To se prvenstveno odnosi na spojeve pomoću odgovarajućih mišića i vezivnih elemenata.



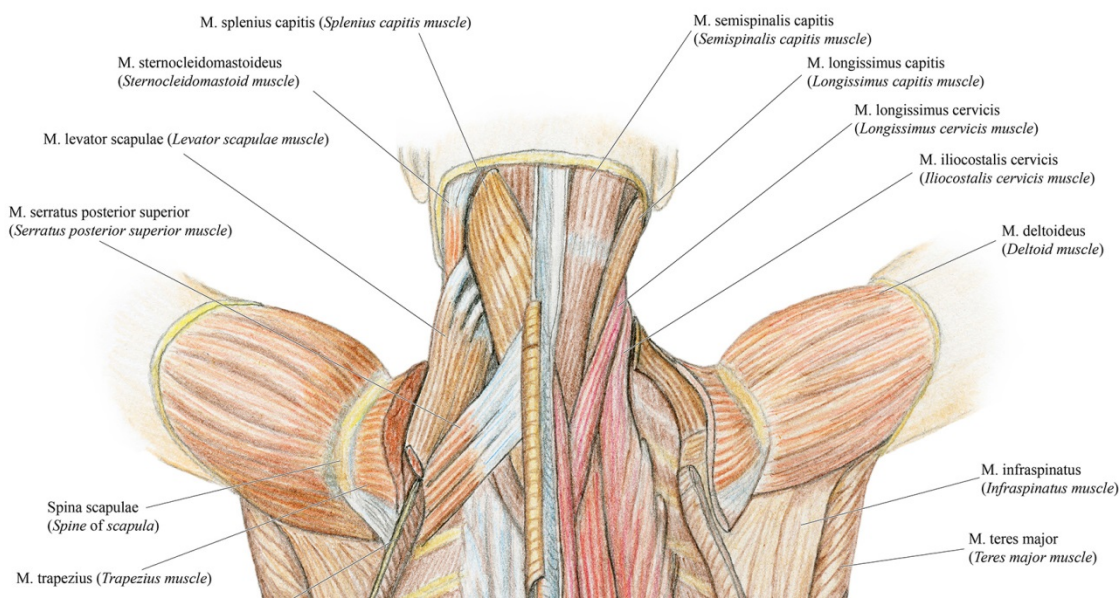
Slika 15. Prednja grupa mišića u kraniocervikalnom prelazu.

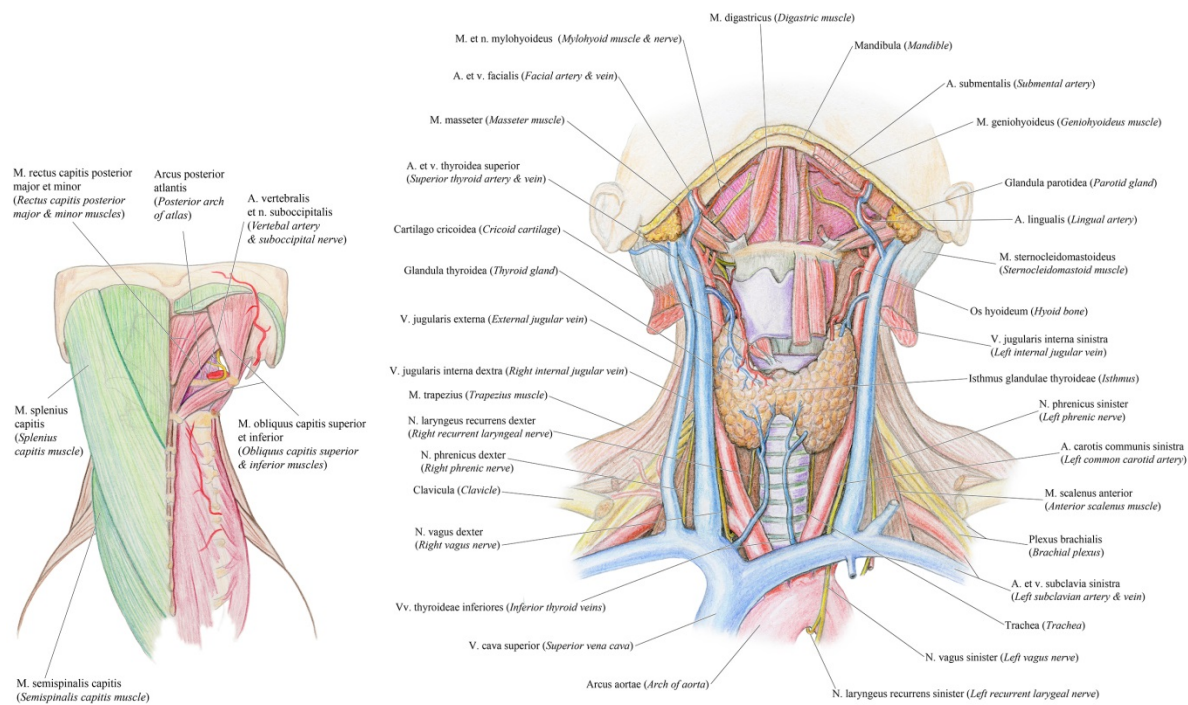
Osim mišića same glave, na primer, *musculi faciei* i *musculi masticatorii*, i muskulature samog vrata, recimo *musculi infrahyoidei* i *musculi scaleni*, postoje i mišićni elementi koji direktno povezuju lobanju s vratnim delom kičmenog stuba. U prednjem delu vrata nalazi se grupa takvih mišića koji pretežno pripadaju prevertebralnoj muskulaturi: *m. rectus capitis anterior*, *m. rectus capitis lateralis* i *m. longus capitis* (sl. 15). Ostali mišići u prednjem području, tj. podhoidni, nadhoidni, skalenski i *m. sternocleidomastoideus*, ne povezuju direktno lobanju i kičmeni stub.

U zadnjem predelu vrata (*regio nuchae*) neki mišići pripadaju samo vratu, dok drugi povezuju lobanju i vratne pršljenove (sl. 16 i 17). Delimični izuzetak je najpovršniji mišić, tj. *m. trapezius*, koji se pripaja na lobanji ali, s druge strane, ne direktno na cervikalnim pršljenovima, već indirektno preko *ligamentuma* i *septuma nuchae*. Direktni spoj lobanje i pršljenova ostvaruju *m. splenius capitis*, *m. longissimus capitis* i *m. semispinalis capitis*, kao i grupa potpotiljačnih mišića (*mm. suboccipitales*), tj. *m. rectus capitis posterior major* i *minor*, i *m. obliquus capitis superior* i *inferior* (sl. 18). Ovi mišići ograničavaju trougaoni prostor (*trigonum suboccipitale*), na čijem dnu se nalaze zadnji luk atlasa, *a. vertebralis* i *n. suboccipitalis* za inervaciju istoimene grupe mišića (Pernkopf, 1963; Netter, 2011).



Slika 16 i 17. Zadnja grupa mišića u kranio-cervikalnom prelazu.

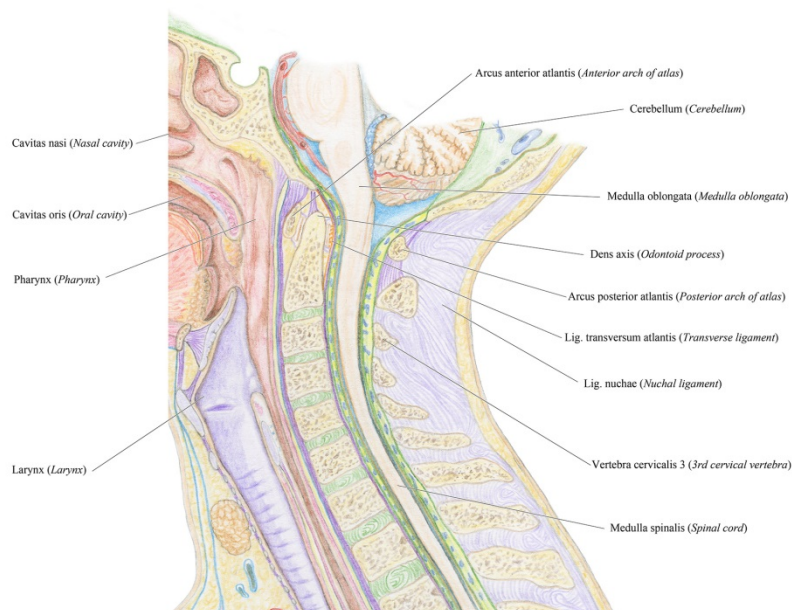




Slika 18. Subokcipitalni mišići u kraniocervikalnom prelazu.

Slika 19. Crtež prednje strane vrata s krvnim sudovima, živcima i organima.

Osim mišića i spomenutih vezivnih komponenti (*lig. nuchae* i *septum nuchae*), još neki elementi se pružaju i kroz vrat i kroz glavu. To se naročito odnosi na karotidne arterije (*a. carotis interna* i *externa*), kičmenu arteriju (*a. vertebralis*), unutrašnju vratnu venu (*v. jugularis interna*) i na 10. kranijalni živac (*n. vagus*) (sl. 19). Inače, farinks je jedini organ koji se nalazi i u glavi i u vratu (sl. 20).



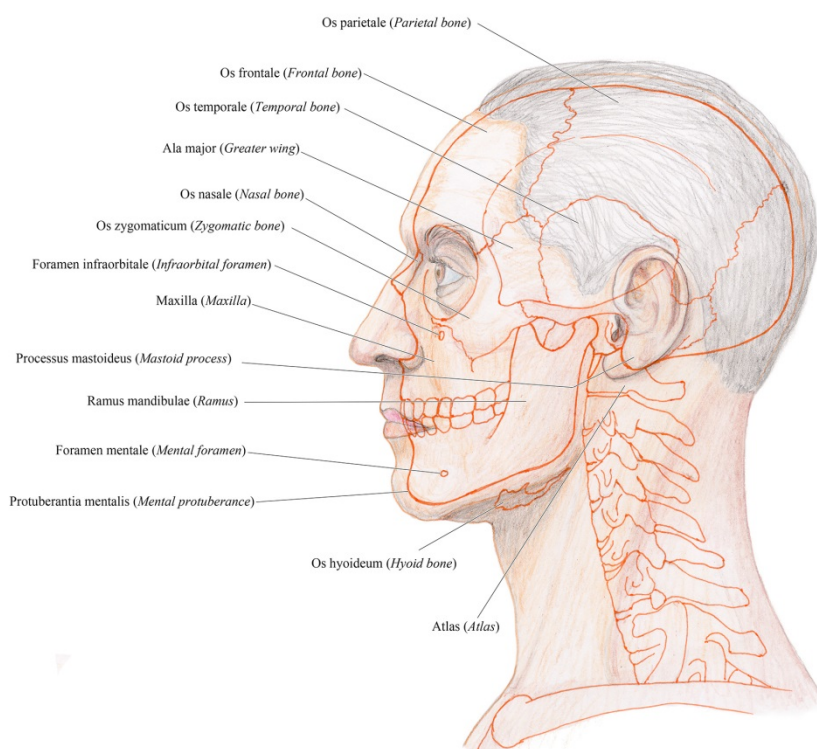
Slika 20. Crtež mediosagitalnog preseka kraniocervikalnog prelaza.

(Modifikovano prema Penrkopfu, 1963).

1.2.2. Kraniovertebralni spoj

Ovo je spoj između baze lobanje, tj. okcipitalne kosti, i kičmenog stuba, prvenstveno prvog i drugog vratnog pršljena (sl. 21). Tu se nalaze i odgovarajući vaskularni i nervni elementi.

Potiljačna kost (*os occipitale*) formira zadnji deo baze lobanje (*basis cranii*) i mali zadnji deo krova lobanje (*calvaria*) (sl. 21), a istovremeno čini skelet zadnje lobanjske jame (*fossa cranii posterior*) (Moore i sar., 2010; Netter, 2011; Pernkopf, 1963). Ovoj kosti se opisuju unutrašnja i spoljašnja strana.



Slika 21. Shematski prikaz kraniovertebralnog spoja na levom profile glave i vrata. (Modifikovano prema Pernkopfu, 1963).

Na unutrašnjoj strani napred vidi se glatka površina (*clivus*), koja se rostralno nastavlja na *dorsum sellae*, a pozadi se pruža koso na dole do *foramena magnuma* (sl. 22). Klivus je, zapravo, gornja površina bazilarnog dela potiljačne kosti (*pars basilaris*), koji se napred zgloabljava za zadnjom stranom tela sfenoidne kosti. Klivus je u odnosu sa moždanim stablom, naročito sa produženom moždinom i ponsom, od kojegga razdvajaju moždanice i *cisterna praepontina* (Matsuno i sar., 1988). Klivus se bočno graniči sa piramidom (*pars petrosa*) slepoočne kosti, te njihov spoj formira kratki *sulcus sinus petrosi inferioris*. Zadnja lučna ivica klivusa predstavlja prednju ivicu *foramena magnuma*.

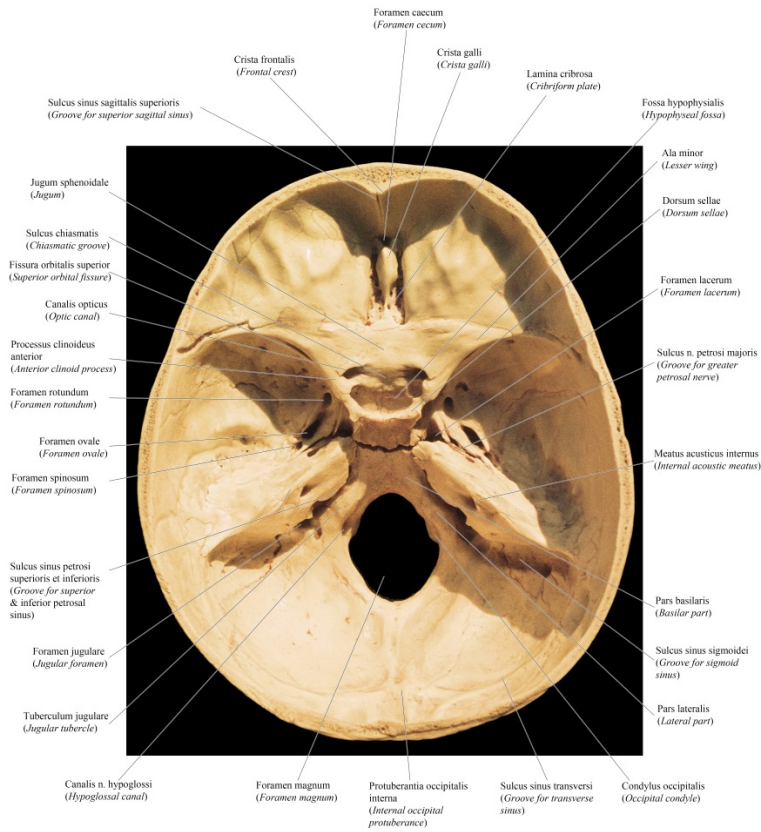
Bočnu ivicu spomenutog velikog otvora predstavljaju desni i levi *pars lateralis* okcipitalne kosti (sl. 22). U nivou te ivice započinju dva parna donja velika ispupčenja (*condylus occipitalis*), iznad kojih kroz kost prolaze desni i levi *canalis nervi hypoglossi* za istoimeni živac i mali venski splet. Iznad kanala je ispupčenje (*tuberculum jugulare*), preko kojeg prelaze IX-XI kranijalni nervi. Ovi živci zatim produžavaju kroz *foramen jugulare*, između bočnog dela okcipitalne kosti i piramide. U nivou ovog otvora završava se *sinus sigmoideus*.

Spomenuti *foramen magnum* je ogroman otvor između lobanje, odn. *spatium intracraniale* (tj. njegovog infratentorijalnog dela), i kičmenog kanala (*canalis vertebralis*), počevši od nivoa prvog vratnog pršljena (*atlas*). Najvažnije komponente sadržaja ovog otvora čine produžena moždina (*medulla oblongata*), *radix spinalis n. accessori*, *arteria vertebralis dextra* i *sinistra* sa svojim granama (naročito sa *a. spinalis anterior* i dve *aa. spinales posteriores*) i, najzad, cerebrospinalni likvor. Odavde, moždana tečnost gore ispunjava veći deo subarahnoidalnog prostora (tj. *cisterna-u cerebellomedullaris* i *cisterna praemedullaris*).

Zadnju ivicu foramena magna čini prednja, središnja, ivica ljuske potiljačne kosti (*squama ossis occipitalis*) (sl. 22). Od nje polazi, a zatim se pruža sagitalno nazad i na gore, unutrašnji greben (*crista occipitalis interna*), na kojem se pripaja *falx cerebelli*. Bočno od grebena, desno i levo, nalazi se po jedna plitka ali prostrana jama, u koju uležu hemisfere malog mozga (*fossae cerebellares*). Sasvim lateralno i napred na skvami se zapaža mali deo *sulcusa sinusa sigmoidei*.

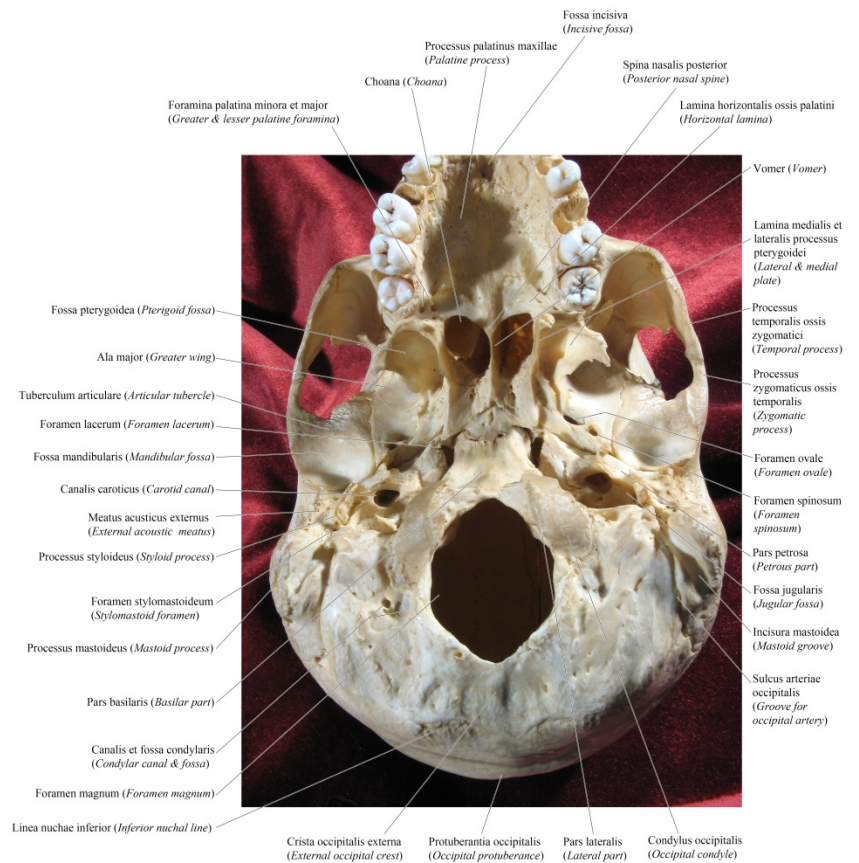
U gornjem delu na srednjoj liniji postoji blaže ispupčenje (*protuberantia occipitalis interna*), u čijem nivou se nalazi ušće sinusa (*confluens sinuum*), gde se susstiču *sinus sagittalis superior* i *sinus rectus*, odnosno zadnje tačke donje ivice *falxa cerebri* i zadnje ivice *tentoriuma cerebelli*. Iznad protuberance se vidi završni deo *sulcusa sinusa sagittalis superiora*. Od nivoa protuberance polazi lateralno poprečni sinus. Ovaj poslednji venski sud (*sinus transversus*) pruža se lučno i lateralno u aksijalnoj ravni, da bi na kraju prešao u *sinus sigmoideus* (sl. 22). Blizu ove granice nalazi se *angulus mastoideus* parijetalne kosti.

Na spoljašnjoj strani skvame okcipitalne kosti nalazi se na srednjoj liniji *crista occipitalis externa*, koja se pruža od spoljne protuberance do sredine zadnje ivice foramena magna (sl. 23). Na njoj se pripaja vezivnotetivna pregrada (*septum nuchae*). Na spomenutom izraženom ispupčenju (*protuberantia occipitalis externa*), čija se najviša tačka naziva injon (*inion*), završava se *ligamentum nuchae*. Od protuberance polaze desna i leva izražena lučna linija (*linea nuchae superior*), na kojoj se pripajaju *m. trapezius* medijalno i *m. Sternocleidomastoideus* lateralno. Ona predstavlja granicu između vrata i glave, odn. *regio nuchae* i *calvariae*. Ispod tog nivoa je slabo izražena desna i leva linija (*linea nuchae inferior*), a iznad je slična linija (*linea nuchae suprema*).



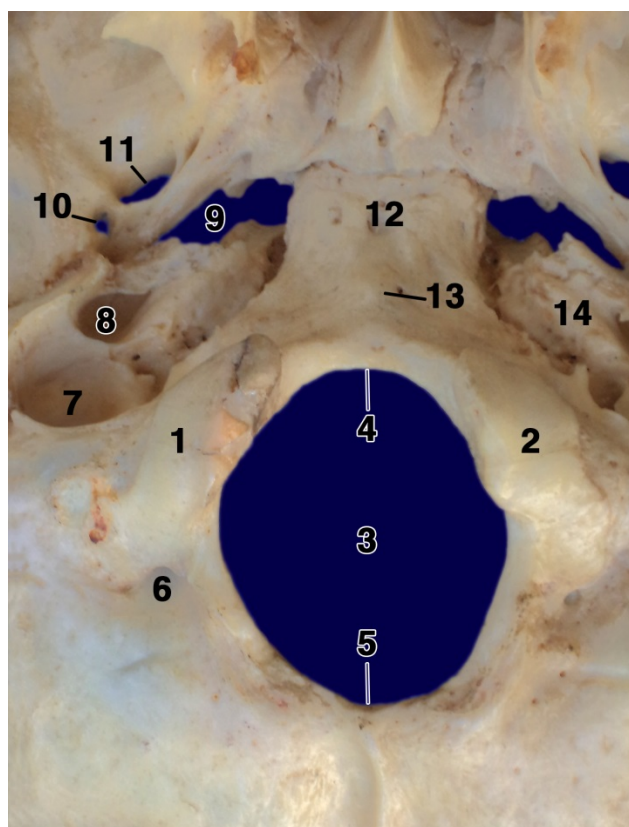
Slika 22. Pogled odozgo na bazu lobanje.

Slika 23. Pogled odozdo na bazu lobanje.



Okcipitalna kost se gore zglobljava sa obema parijetalnim kostima. U tom nivou, na spoju *suturæ sagittalis* i *suturæ lambdoideæ*, nalazi se kranimetrijska ili antropometrijska tačka – *lambda*. Na suprotnom donjem kraju, tj. na sredini zadnje ivice foramena magnuma, nalazi se sledeća tačka – *opisthion*, a sasvim lateralno i dole postoji *asterion*.

Neposredno lateralno i dole od foramena magnuma postoje dva velika zglobna ispupčenja, tj. desni i levi *condylus occipitalis*, koji međusobno stoje pod uglom. Iza njih se nalazi po jedno udubljenje (*fossa condylaris*), u čijoj blizini često postoji istoimeni kanal (*canalis condylaris*) za emisarnu venu. Između kondila napred, na sredini prednje ivice foramena magnuma, opisuje se kranimetrijska tačka *basion*. Ispred nje, na donjoj strani bazilarnog dela, nalazi se malo uzvišenje (*tuberculum pharyngeum*).

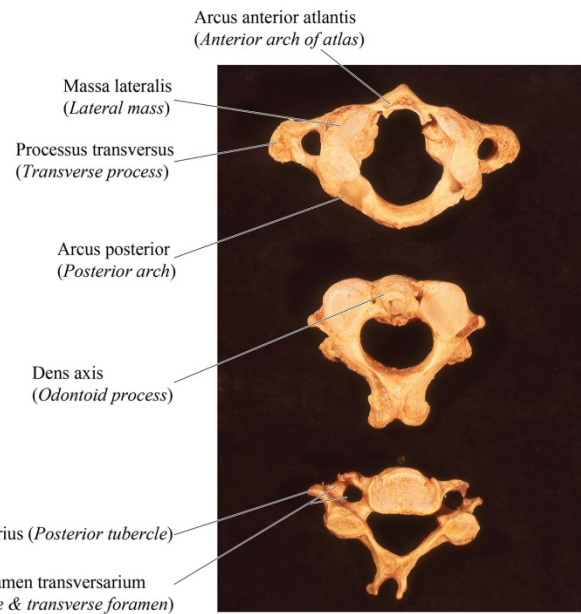


Slika 24. Okcipitalna kost, pogled odozdo. Zapaziti desni (1) i levi (2) okcipitalni kondil. 3 – *foramen magnum*; 4 – *basion*; 5 – *opisthion*; 6 – kondilarna jama; 7 – jugularna jama; 8 – karotidni kanal; 9 – *foramen lacerum*; 10 – *foramen spinosum*; 11 – *foramen ovale*; 12 – bazilarni deo; 13 – *tuberculum pharyngeum*; 14 – petrozni deo temporalne kosti.

Bočno od *parsa basilarisa* i *parsa lateralis* vide se već opisani *foramen jugulare*, sa navedenim kranijalnim živcima, ali i *fossa jugularis* sa *bulbus superior* v. *jugularis internæ* (sl. 24). Više napred postoji ulaz u karotidni kanal (*canalis caroticus*), zatim *foramen lacerum*, *foramen spinosum* i *foramen ovale* na sfenoidnoj kosti. Najdalje su postavljeni određeni delovi temporalne kosti: *processus mastoideus*, *foramen stylomastoideum*, *processus styloideus*, *porus acusticus externus*, *pars tympanica* i *fossa mandibularis*.

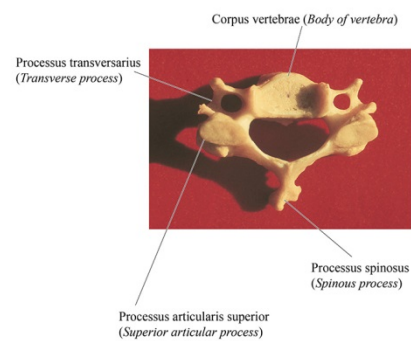
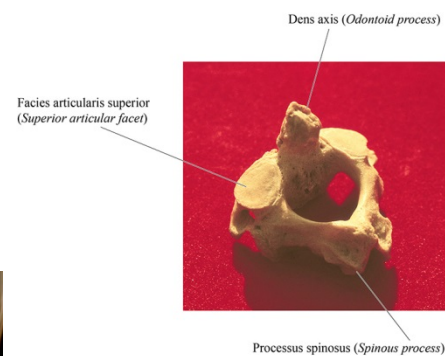
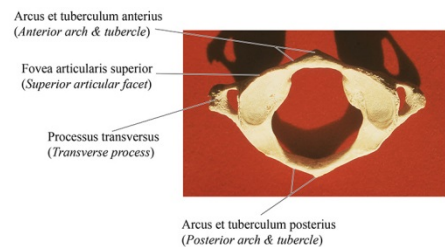
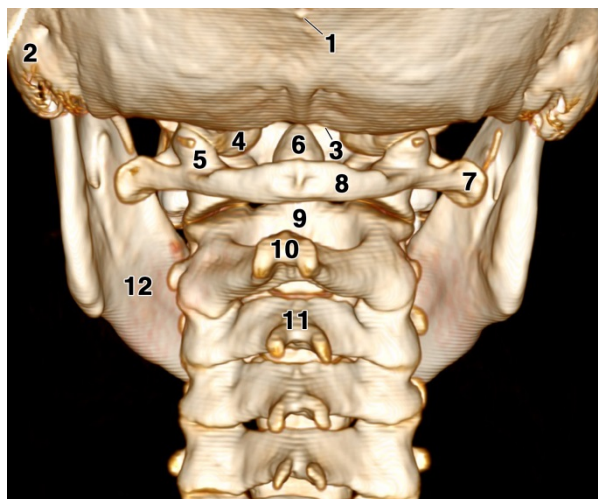


Slika 25. Gornji deo vratnog segmenta kičmenog stuba sa zglobljenim atlasom i aksisom.



Slika 26. i 27. Pogled odozgo na atlas (gore), aksis (u sredini) i tipični vratni pršljen (dole).

Slika 28. Multislajsni CT snimak (3D) zadnje strane kraniocervikalnog prelaza. 1 – *protuberantia occipitalis interna* (ili *inion*); 2 – levi *processus mastoideus*; 3 – *foramen magnum*; 4 – levi *condylus occipitalis*; 5 – leva *massa lateralis* atlasa; 6 – *dens* (*processus odontoides*) aksisa; 7 – *processus transversus* atlasa; 8 – *arcus posterior* atlasa; 9 – telo aksisa; 10 – *processus spinosus* aksisa; 11 – treći vratni pršljen; 12 – mandibula.



Prvi vratni pršljen (C1 ili *atlas*) zglobljava se kranijalno sa okcipitalnom kosti, a kaudalno sa aksisom (sl. 25). Umesto singularnog tela, atlas ima desnu i levu lateralnu masu (sl. 26 i 27). Ove mase napred povezuje kratak prednji luk (*arcus anterior*), koji ispred i sagitalno ima ispupčenje (*tuberculum anterius*), a na zadnjoj strani u istom nivou poseduje zglobnu površinu za zubni nastavak aksisa (*fovea dentis*) (Martin i sar., 2010; Moore i sar., 2010; Netter, 2011; Pernkopf, 1963; Steinmetz i sar., 2010).

Desni i levi bočni deo (*massa lateralis*) postavljeni su koso, tj. pod uglom koji se približno poklapa sa uglom okcipitalnih kondila. Lateralni deo mase mnogo je deblji (tj. viši) od medijalnog dela, na kojem se, inače, zapaža kvržica (*tuberculum*) za pripoj *lig. transversum atlantis*. Na gornjoj strani mase je izdužena, desna i leva, ovalna površina za zglobljavanje sa kondilima (*fovea articularis superior*). Na donjoj strani obostrano postoji manja ovalna površina (*facies articularis inferior*) za zglobljavanje sa sličnim površinama aksisa. Bočno od mase nalazi se *processus transversus* i *foramen transversarium* za prolaz, pretežno, *a. vertebralis*.

Desnu i levu masu pozadi spaja dugi zadnji luk (*arcus posterior atlantis*), na čijem središnjem delu postoji zadnja kvržica (*tuberculum posterius*) umesto spinoznog nastavka. Bočno od nje, na gornjoj strani desne i leve polovine ovog luka i neposredno iza i medijalno od lateralne mase, nalazi se žleb za prolaz kičmene arterije (*sulcus a. vertebralis*) i, delimično, prvog spinalnog (cervikalnog) živca.

Prednji i zadnji luk atlasa, zajedno sa lateralnim masama, ograničavaju veći prostor, u čijem manjem prednjem delu se nalazi zubni nastavak aksisa. Veći zadnji otvor (*foramen vertebrale*) predstavlja najproksimalniji deo kičmenog kanala (*canalis vertebralis*) kroz koji prolazi cervikalni deo kičmene moždine.

Drugi vratni pršljen (C2 ili *axis*) gore se zglobljava sa atlasom, a dole sa 3. vratnim pršljenom (sl. 25). Ima sve delove kao i tipični vratni pršljen (Martin i sar., 2010; Moore i sar., 2010; Netter, 2011; Pernkopf, 1963; Steinmetz i sar., 2010). Međutim, od gornjeg dela njegovog tela polazi visoki zubni nastavak (*dens axis* ili *processus odontoideus*) (sl. 26 i 27). Nastavak poseduje prednju i zadnju zglobnu površinu (*facies articularis anterior* i *posterior*). Dok se prednja zglobljava sa sličnom površinom atlasa (*fovea dentis*), zadnja površina se zglobljava sa poprečnom vezom (*lig. transversum atlantis*).

Sa telom je bočno povezan luk (*arcus axis*) pomoću desne i leve nožice (*pediculus arcus*). Odmah iza nožica postoje kratki gornji i donji zglobni nastavci (*processus articularis superior* i *inferior*), od kojih svaki ima po jednu zglobnu površinu (*facies articularis superior* i *inferior*). Gornje površine se zglobljavaju sa atlasom, a donje sa trećim vratnim pršljenom. Bočno od produžetaka postoji *processus transversus* sa otvorom (*foramen transversarium*).

Luk aksisa (*arcus axis*) ima desnu i levu pločicu (*lamina arcus*). Na njihovom spoju u sagitalnoj ravni postoji duži rtni nastavak (*processus spinosus*) koji je povremeno bifidan. Luk aksisa sa nožicama i telom ograničava *foramen vertebrale*.

Treći pršljen (*vertebra cervicalis III*) predstavlja tipičan vratni pršljen (sl. 26 i 27). On se očigledno sastoji od tela (*corpus vertebrae*), s kojim ga nožice (*pediculi arcus vertebrae*) povezuju sa lukom (*arcus vertebrae*) (Martin i sar., 2010; Moore i sar., 2010; Netter, 2011; Pernkopf, 1963). Duž lateralne ivice gornje strane tela postoji karakteristično uzvišenje (*uncus corporis vertebrae*). Odmah iza nožicanalaze se gornji i donji produžeci (*processus articularis superiores i inferiores*), od kojih svaki ima zglobnu površinu (*facies articularis superiori inferior*). Gornja površina se zglobljava sa aksisom, a donja sa 4. vratnim pršljenom.

Bočno od tela nalazi se karakterističan *processus transversus* na desnoj i levoj strani. On ne samo da ima ranije spominjani otvor (*foramen transversarium*), već i olučasti žleb (*sulcus nervi spinalis*) za prolaz 3. kičmenog živca. Naime, 1. spinalni živac izlazi između okcipitalne kosti i atlasa, drugi između atlasa i aksisa, a treći, očigledno, između aksisa i 3. pršljena. Na krajnjim delovima poprečnog produžetka nalazi se po jedna kvržica (*tuberculum anterius i tuberculum posterius*).

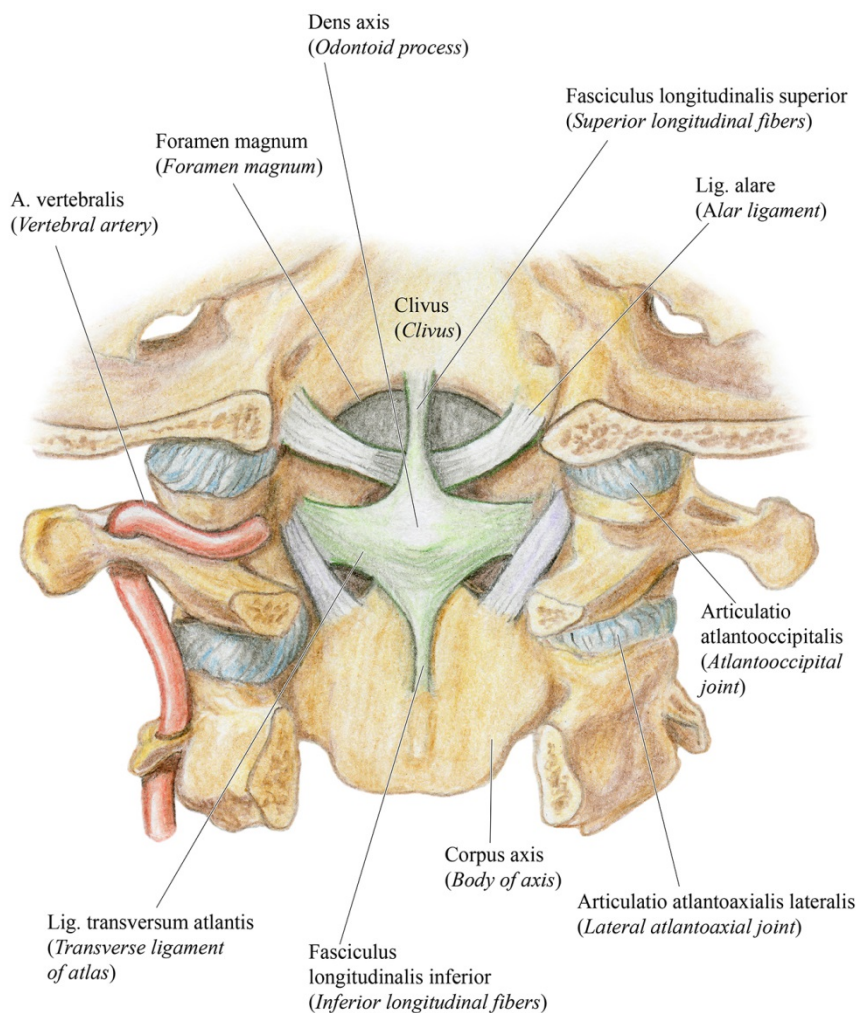
Nožice se pozadi nastavljaju lukom pršljena (*arcus vertebrae*), koji se sastoji od desne i leve pločice (*lamina arcus dextra et sinistra*). Od spoja lamina polazi pozadi rtni nastavak (*processus spinosus*). Lamine sa nožicama i telom ograničavaju *foramen vertebrale*.

Zglobovi između opisanih koštanih komponenti (sl. 28) imaju specifične karakteristike. Oni su sinovijalnog tipa ili u vidu sindesmoza.

Articulatio atlantooccipitalis jedan je od ključnih sinovijalnih zglobova kraniocervikalnog prelaza (sl. 29). Simetrične zglobne površine nalaze se na desnom i levom *condylusu occipitalisu* proksimalno, a *facies (fovea) articularis superior* distalno na atlasu (Lopez i sar., 2015; Martin i sar., 2010; Moore i sar., 2010; Netter, 2011; Pernkopf, 1963; Steinmetz i sar., 2010). Dok je površina na kondilu konveksna, na atlasu je blago konkavna. Fibrozna zglobna čaura povezuje oba koštana elementa na desnoj i levoj strani.

Ova dva zgloba pojačavaju dve veze u vidu opni, kao i lateralni atlanto-okcipitalni ligament. Prednja opna (*membrana atlantooccipitalis anterior*) je, zapravo, gornji produžetak *lig. longitudinale anteriusa* koji prati prednju stranu tela pršljenova čitavog kičmenog stuba. Ova fibrozna opna dole se pripaja na prednjem luku atlasu, a gore u nivou prednje ivice foramena magnuma. Iza opne se nalaze Barkovljevi ligamenti, apikalni ligament, krilaste veze, mala količina masnog i vezivnog tkiva i nekoliko vena. Sve ove strukture leže u tzv. supradentalnom ili supraodontoidnom prostoru, koji se

pruža između prednje atlanto-okcipitalne membrane napred, membrane tektorije pozadi, foramena magnuma gore i alarnih veza dole (Haffajee i sar., 2008; Tubbs i sar., 2011).



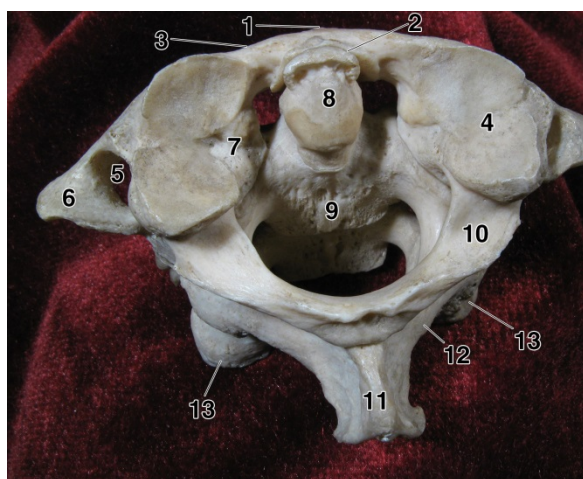
Slika 29. Pogled sa zadnje strane na articulation atlantooccipitalis, atlantoaxialis lateralis i atlantoaxialis mediana, i na a.vertebralis. Zapaziti lig. cruciforme, a bočno, desno i levo, kosu pomoćnu vezu (lig. atlantoaxiale accessorium). (Modifikovano prema Netteru, 2010).

Zadnja opna (*membrana atlantooccipitalis posterior*) slična je prethodnoj. Ona se nastavlja na zadnju atlantoaksijalnu membranu. Dole polazi sa zadnjeg luka atlasa, a gore se završava u nivou zadnje ivice foramena magnuma. Na njoj se desno i levo nalazi po jedan otvor za prolaženje *a. vertebralis*.

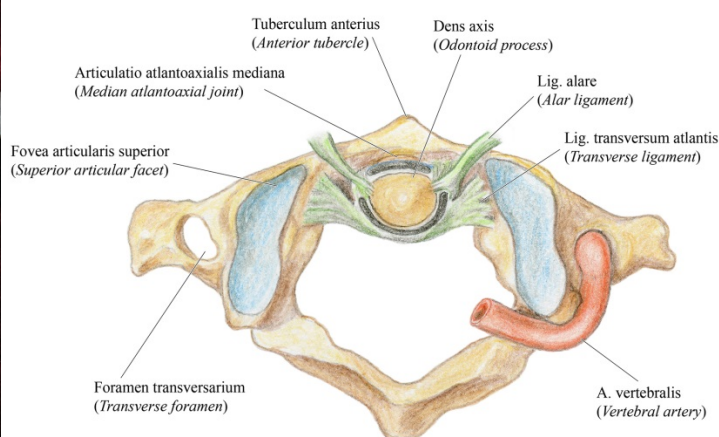
Najzad, postoji i parni *lig. atlantooccipitale laterale*, koji je postavljen ispred prednje atlanto-okcipitalne membrane (Tubbs i sar., 2011). Ova veza dole se pripaja na prednjo-lateralnoj strani *procesusa transversa* atlasa, a gore na *processu jugularisu* okcipitalne kosti koji pregrađuje *foramen jugulare*. Veza je prosečno duga 22 mm, široka 5 mm i debljine 2 mm. Veza može da izdrži trakciju od 375 N. Inače, ona sprečava prekomernu lateralnu fleksiju u atlanto-okcipitalnom zglobu.

U ovom zglobu između lobanje i kičme primarno se vrše fleksija i ekstenzija (Steinmetz i sar., 2010). Srednja vrednost fleksije iznosi $27,1^{\circ}$, a ekstenzije $24,9^{\circ}$ (Lopez i sar., 2015). Lateralna fleksija je ograničena i kreće se od $3,4^{\circ}$ do $5,5^{\circ}$, kao i rotacija koja iznosi $2,4^{\circ}$ - $7,2^{\circ}$.

Articulatio atlantoaxialis lateralis takođe je parni zglob, ali između atlasa i aksisa (sl. 28 i 29). Zglobna površina gornjeg pršljena je *facies articularis inferior atlantis*, a donjega je *facies articularis superior axis*. Oko zglobnih površina pripaja se fibrozna čaura. Pojačanja su slična kao i kod prethodnog zgloba: *membrana atlantoaxialis anterior* i *posterior*.



Slika 30. Zglobovi između atlasa I aksisa u kosoj projekciji. 1 – *tuberculum anterius* atlasa; 2 – *fovea dentis*; 3 – *arcus anterior* atlasa; 4 – desna *fovea (facies) articularis superior*; 5 – levi *foramen transversarium* atlasa; 6 – *processus transverses* atlasa; 7 – leva *massa lateralis*; 8 – *dens axis*; 9 – *corpus axis*; 10 – *sulcusa vertebralis* atlasa; 11 – *processus spinosus axis*; 12 – *arcus axis* (desna lamina); 13 – *processu sarticularis inferior* aksisa.



Slika 31. Pogled odozgo na *articulatio atlantoaxialis mediana*-u. (Modifikovano prema Netteru, 2010).

Articulatio atlantoaxialis mediana je neparni, specifični sinovijalni zglob između prvog i drugog vratnog pršljena (sl. 29-31). On se, praktično, sastoji od dva dela. Prvi deo ima zglobnu površinu na atlasu (*fovea dentis*), na zadnjoj strani njegovog prednjeg luka, kao i *facies articularis anterior* na prednjoj strani densa aksisa. Zadnji deo takođe ima dve zglobne površine. Jedna je na zadnjoj strani densa (*facies articularis posterior*), a druga je na prednjoj strani poprečne veze (*lig. transversum atlantis*) koja je glatka fibroznohrskavičava površina (Lopez i sar., 2015; Tubbs i sar., 2011). Ova površina sadrži veliku količinu glikozaminoglikana u matriksu, kao i kolagena vlakna

tipa I-IV, a veoma malo elastičnih vlakana. Dorzalno, tj. iza ligamenta, nalazi se *membrana tectoria* i *dura mater spinalis*.

Spomenuta poprečna veza je glavni element ovog zgloba (sl. 31). Bočno se pripaja na kvržici najmedijalnijeg dela *massae lateralis* atlasa desno i levo, a potom obilazi oko zadnjeg dela densa. Srednja vrednost debljine ove veze je 7 mm, a visine je 6 mm (Tubbs i sar., 2011). Inače, poprečni ligament ima gornji i donji produžetak, tj. *fasciculus longitudinalis superior* i *inferior* (sl. 28). Gornji snopić se pripaja odmah ispred foramina magnuma, a donji na telu aksisa. Uloga ovih veza u pokretima nije sasvim jasna. U svakom slučaju, ova dva produžetka upotpunjuju izgled krsta, te se zajedno s poprečnom vezom nazivaju *lig. cruciforme*.

Poprečna veza atlasa je veoma važna jer, s jedne strane, omogućuje rotaciju oko densa kao ose i, s druge strane, sprečava kretanje densa nazad, tj. prema produženoj moždini (Tubbs i sar., 2011). Ovaj ligament može da izdrži opterećenje od 350 N. Ako je sila još jača, nastaje ruptura poprečne veze atlasa (Wong i sar., 2014). Ovakva lezija izaziva nestabilnost kraniocervikalnog prelaza.

Lig. atlantodentale anterior je kratka veza koja postoji u preko 80% osoba (Tubbs i sar., 2012). Njene dimenzije su oko 4 mm × 4 mm × 4 mm. Ona povezuje prednji deo baze densa aksisa sa zadnjom stranom prednjeg luka atlasa. Izgleda da ova veza sprečava zadnju dislokaciju densa.

Lig. apicis dentis ili *lig. apicale*, pripada sindesmozama, dakle vezama koje spajaju pojedine kosti, ali ne pojačavaju direktno susedni zglob. Ovaj ligament polazi od vrha *densa axisa*, a gore se pripaja na *basionu* (sl. 20). Pruža se između desne i leve krilaste veze, a neposredno ispred spomenutog *fasciculusa longitudinalisa superiora*. Prema raznim podacima, njegova dužina je od 10,5 mm do 11,5 mm, ponekad čak do 20 mm. Međutim, detaljna ispitivanja su pokazala da je prosečna dužina 7,5 mm (Tubbs i sar., 2011). Širina se kreće od 3 mm do preko 5 mm, ali je srednja vrednost 5,1 mm. Interesantno je da apikalni ligament ne postoji u 20% osoba.

Lig. alare, desni i levi, takođe su u vezi sa zubnim nastavkom aksisa (sl. 29 i 31). Svaka veza polazi s lateralne i, malo, sa zadnje strane densa, a zatim se pruža koso na gore, pod uglom od, prosečno, 154° (Tubbs i sar., 2011). Veza se gore pripaja na medijalnoj strani okcipitalnog kondila. Srednja vrednost dužine ligamenta je 8,8 mm, a prečnik iznosi 7,3 mm. Ova parna veza je važna jer ograničava prekomernu aksijalnu rotaciju, kao i bočnu fleksiju, u suprotnom atlantoaksijalnom zglobo.

Ova veza može da izdrži opterećenje od 200 N. Ako nastane ruptura krilaste veze, rotacija u lateralnom atlantoaksijalnom zglobo vrši se preko 90°, što može da izazove kompresiju ili oštećenje susedne vertebralne arterije (Tubbs i sar., 2011). S druge strane, u slučaju rupture spomenutog *lig. transversuma atlantica*, alarani ligamenti sprečavaju subluksaciju densa.

Lig. alare accessorium polazi s dorzalnogdela zadnje strane tela aksisa, neposredno iza i lateralno od poprečne veze atlasa (sl. 29). Pruža se na gore i bočno i završava se na masi lateralis atlasa. Prosečna dužina veze je 29 mm, a širina 5,5 mm (Tubbs i sar., 2011).

Lig. occipitale transversum nalazi se iznad i iza alarnih veza i densa. Pruža se gotovo horizontalno. Pripaja se na medijalnoj strani desnog i levog okcipitalnog kondila, ali iznad i iza krilastih veza. Dužina okcipitalnog ligamenta je, prosečno, 29,5 mm, širina je 3,4 mm, a debljina 1,3 mm (Tubbs i sar., 2012). Ovaj ligament ne postoji u 25% osoba.

Barkovljevi ligament (ligamentum Barkow) sličan je prethodnoj vezi (Tubbs i sar, 2010). On se takođe pruža poprečno i pripaja se na medijalnoj strani desnog i levog okcipitalnog kondila, ali ispred krilastih veza. Prosečna dužina ovog ligamenta iznosi 25,4 mm, a širina 3,5 mm.

Membrana tectoria je široka fibrozna struktura koja se sastoji od paralelnih kolagenih vlakana. Ona je postavljena iza densa aksisa i *lig. cruciforme*. Ona odozdo produžuje *lig. longitudinale posterius* na zadnjoj strani tela vratnih pršljenova (Lopez i sar., 2015; Tubbs i sar., 2011). Dole se pripaja na zadnjoj strani tela aksisa (C2), gde je i granica sa spomenutom zadnjom uzdužnom vezom. Od ovog nivoa membrana najčešće ima dva sloja, koji se pružaju na gore. Donji deo membrane pokriva otpozadi *lig. cruciforme* i *lig. atlantoaxiale accessorium*. Gore se pripaja iznad kondila, čak do hipoglosnog kanala, a zatim na klivusu bazilarnog dela okcipitalne kosti, gotovo do nivoa sinhondroze s telom sfenoidne kosti. Uloga membrane tektoriije nije sasvim jasna. Dok neki smatraju da ona sprečava prekomernu fleksiju, drugi misle da ograničava prekomernu ekstenziju (Tubbs i sar., 2011).

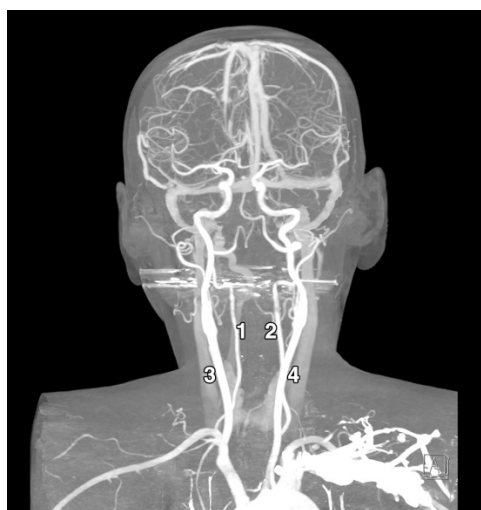
Najzad, atlantoaksijalni zglobovi, naročito središnji, ključni su za rotaciju glave u aksijalnoj ravni (Lopez i sar., 2015, Steinmetz i sar., 2010). Amplituda rotacije ima srednju vrednost između 23° i $38,9^{\circ}$. U ovim zglobovima obavlja se gotovo 50% celokupne rotacije vrata. Inače, fleksija i ekstenzija kreću se u rasponu od $10,1^{\circ}$ do $22,4^{\circ}$. Prosečna vrednost lateralne fleksije je $6,7^{\circ}$.

Zglob C2-C3 pršljena pripada tipičnim zglobovima cervikalnog dela kičmenog stuba (Pernkopf, 1963; Netter, 2010). Desni i levi zglob formirani su pomoću *processusa articularisa inferiora* C2 i *processusa articularisa superiora* C3 pršljena, odn. pomoću njihovih zglobnih površina (*facies articularis superior* i *inferior*). Ovde se pojavljuje prvi *discus intervertebralis* i prvi par tipičnih zadnjih veza (*ligamenta flava*), koje su žučkaste zbog prisustva velikog broja elastičnih vlakana (Sayit i sar., 2013).

Vaskularni elementi, osim vertebralnog venskog spleta, obuhvataju desnu i levu *a. vertebralis* (VA) (sl. 18i 32-34).

Desna i leva kičmena arterija nastaju od odgovarajuće *a. subclaviae* (sl. 32), veoma retko pomoću dva vaskularna korena, a ređe direktno od *arcusa aortae* (Vučurević i sar., 2012; Rameshbabu i sar.

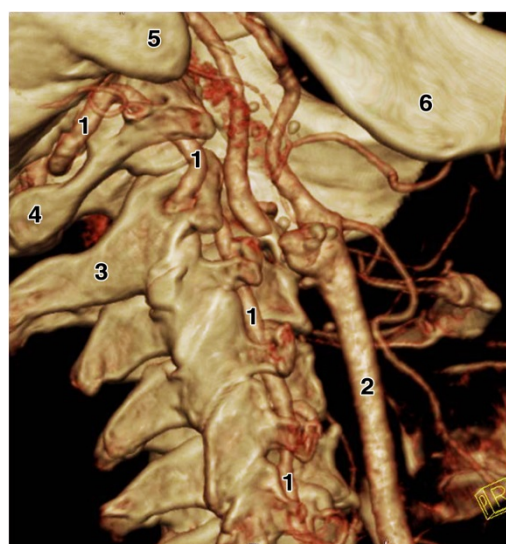
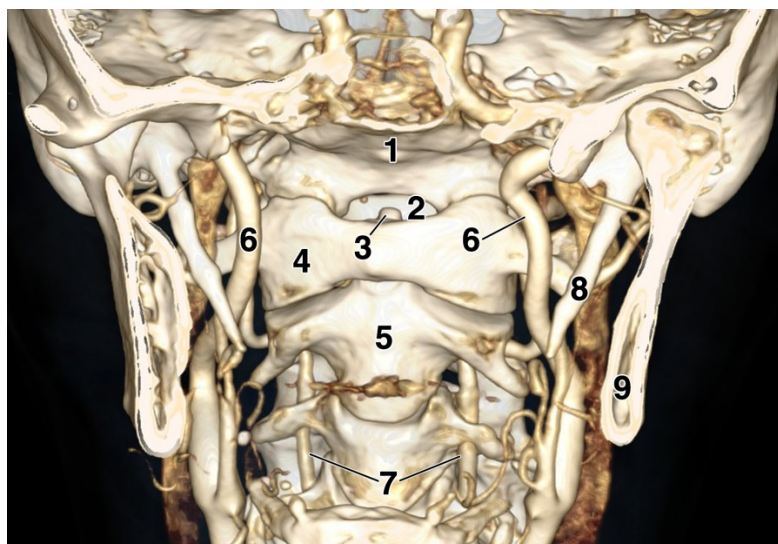
2014). VA potom ide ushodno kroz *foramina transversaria* vratnih pršljenova, najčešće C6-C2 (sl. 33). U nivou C2 pršljena svaka arterija menja pravac idući malo lateralno, da bi prošla kroz udaljeniji poprečni otvor atlasa (sl. 29 i 31). Onda naglo skreće medijalno i malo nazad. Pruža se ispod i iza nivoa zadnjeg dela okcipitalnog kondila, iza *massae lateralis* atlasa, a kroz *sulcus a. Vertebralis* na zadnjem luku atlasa (sl. 18, 31 i 34), zajedno sa 1. cervikalnim živcem. Ovaj ekstraduralni segment VA najčešće daje *rr. musculares*, *rr. ossei*, *a. meningea posterior* i *rr. spinales* (tj. *aa. radicales* i *aa. radiculospinales*) (Dommissie, 1975; Oliveiraisar., 1985).



Slika 32. CT angiografija vrata, glave i mozga. 1 i 2 – desna i leva *a. vertebralis*; 3 i 4 – desna i leva *a. carotis communis*.

Slika 33. CT angiografija (3D) vrata i glave. 1 – *pars basilaris ossis occipitalis*; 2 – *foramen magnum*; 3 – *dens axis*; 4 – *atlas*; 5 – *corpus axis*; 6 – desna i leva *a. carotis interna*; 7 – desna i leva *a. vertebralis*; 8 – *levi processus styloideus*; 9 – *mandibula*.

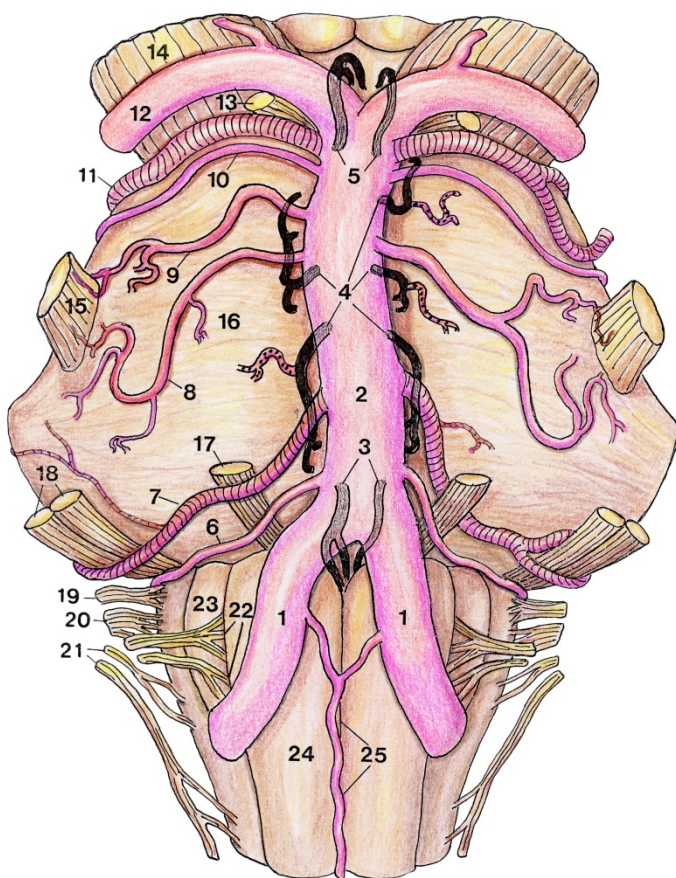
Slika 34. CT angiografija (3D) glave i vrata pri pogledu s prednje strane. 1 – desna *a. vertebralis*; 2 – *a. carotis communis*; 3 – *arcus axis*; 4 – *arcus posterior atlasa*; 5 – *processus mastoideus*; 6 – *mandibula*.



Arterija potom skreće koso napred i probija *membranau atlantooccipitalis posterior* (sl. 18). Prolazi kroz kosi duralni kanal, prečnika 4 mm-6 mm (Oliveira i sar, 1985), i ulazi u najproksimalniji deo kičmenog kanala. Tu se priključuje bočnoj strani produžene moždine, zbog čega je taj deo suda

označen kao lateralni medularni segment. Onda koso prelazi na ventralnu stranu *medullae oblongatae*, kao prednji medularni segment (sl. 35). Konačno se spaja sa suprotnom VA u predelu pontomedularnog žleba i formira *a. basilaris*.

Ovaj subarahnoidalni segment VA daje grančice za produženu moždinu (*rr. medullares*), zatim *a. spinalis anterior*, desnu i levu *a. spinalis posterior*, kao i najjaču desnu i levu granu, tj. *a. cerebelli inferior posterior* (PICA) (sl. 35) (Lister i sar., 1982; Oliveira i sar., 1985; Yasargil, 1984; Marinković i sar., 1995, 1997 i 2004).



Slika 35. Shematski prikaz ventralne strane moždanog stabla sa desnom i levom *a. vertebralis* (1), sa *a. basilaris* (2) i njihovim granama. 3, 4 i 5 – perforantne grane; 6 – *a. pontomedullaris*; 7 – *a. cerebelli inferior anterior*; 8 – *a. pontis inferolateralis*; 9 – *a. pontis superolateralis*; 10 – *a. pontis posterolateralis*; 11 – *a. cerebelli superior*; 12 – desna *a. cerebri posterior*; 13 – *n. oculomotorius*; 14 – *crus cerebri* mezencefalona; 15 – *radix n. trigemini*; 16 – ventralna strana ponsa; 17 – desni *n. abducens*; 18 – *n. facialis*, *n. intermedius* i *n. vestibulocochlearis*; 19 – *n. glossopharyngeus*; 20 – *n. vagus*; 21 – *n. accessorius*; 22 – *n. hypoglossus*; 23 – *oliva*; 24 – *pyramis*; 25 – *a. spinalis anterior*.

Od ovih ogranaka, *a. spinalis anterior* daje grančice za produženu moždinu, a zatim silazi prednjom stranom moždine, spušta se kroz *foramen magnum* i anastomozira se sa prednjim uzdužnim stablom (*truncus longitudinalis anterior*) u nivou *fissurae medianae anterior* gornjeg dela kičmene moždine koju vaskularizuje (Dommissse, 1975). Na zadnjoj strani produžene moždine spuštaju se kroz *foramen magnum* desna i leva *a. spinalis posterior*, koje takođe daju medularne grane. Svaka arterija se zatim anastomozira sa zadnji stablom (*truncus longitudinalis posterior*) na svojoj strani, te takođe

učestvuje u vaskularizaciji kičmene moždine. Najzad, PICA obilazi oko produžene moždine, dajući grančice za nju. Približava se donjem delu *vermisa cerebelli*, kojeg vaskularizuje, a daje i ogranke za *plexus choroideus* 4. komore (Lister i sar. 1982). Najzad prelazi na donju i zadnju stranu hemisfere malog mozga, koju vaskularizuje svojim leptomeningealnim (pijalnim) granama (Lister i sar., 1982; Marinković i sar., 1995).

Nervni elementi u okviru kranio-cervikalnog prelaza obuhvataju tri prva kičmena živca, tj. *n. spinalis I, II i III*, kao i četiri najniža kranijalna nerva (Penkopf, 1963; Oliveira i sar, 1985. Carpenter, 1991).

Prvi spinalni ili cervikalni (C1) živac, nakon izlaska iz kičmenog kanala, pruža se lateralno, u nivou *sulcusa a. vertebralis* atlasa, gde je u odnosu sa ovom arterijom, a ispod i iza nivoa okcipitalnog kondila. Dok njegova ventralna grana učestvuje u izgradnji *plexusa cervicalis*, njegova dorzalna grana označena je kao *n. suboccipitalis*, jer inerviše istoimenu grupu mišića (sl. 18).

Drugi vratni živac (C2) pruža se između atlasa i aksisa. Njegova ventralna grana takođe učestvuje u formiranju vratnog spleta, a zadnja grana se naziva *n. occipitalis major*. Ona oživčava okolni deo kože, ali i susedni deo u okcipitalnom predelu.

Treći vratni živac (C3) takođe daje ventralnu granu za *plexus cervicalis*. Od dorzalne grane ovog živca nastaje *n. occipitalis tertius*, koji oživčava okolni mišići i malideokožu *regionuchae*.

Kranijalni nervi u predelu kranio-cervikalnog prelaza obuhvataju XII, XI, X i IX živac (Lister i sar., 1982; Oliveirai sar, 1985; Carpenter, 1991; Nolde, 2010).

N. hypoglossus nastaje od svojih korenčića koji napuštaju produženu moždinu kroz *sulcus praeolivaris* u nivou olive (sl. 35). Korenčići grade dva stabla živca koji se pružaju lateralno i nadole, a zatim ulaze u *canalis n. hypoglossi* iznad okcipitalnog kondila, gde se spajaju u zajedničko stablo. Živac izlazi iz svog kanala i prelazi u parafaringealni (laterofaringealni) prostor glave.

N. accessories nastaje pomoću dva korena (sl. 35). Kaudalni koren (*radix spinalis*) izlazi iz proksimalnog dela kičmene moždine, ide ushodno i prolazi kroz foramen magnum. Ubrzo se spaja sa svojim gornjim korenkom (*radix cranialis*), gradeći stablo XI živca. Ovaj nerv prelazi preko *tuberculum jugulare* okcipitalne kosti, a potom izlazi kroz *foramen jugulare* zajedno sa X živcem.

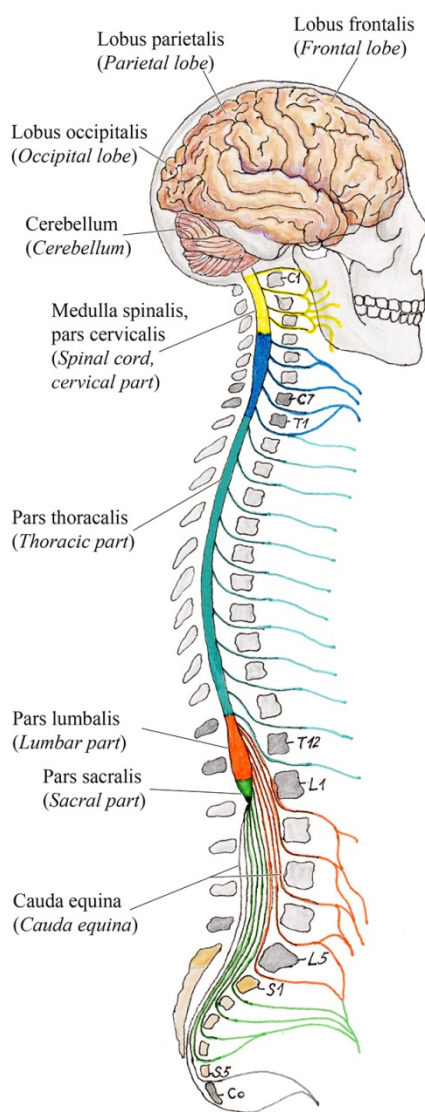
N. vagus izlazi iz bočne strane produžene moždine pomoću većeg broja svojih korenčića (sl. 35). Ubrzo prelazi preko jugularnog tuberkla i napušta lobanju, takođe, kroz jugularni otvor, zajedno s prethodnim (XI) živcem.

N. glossopharyngeus takođe izlazi iz bočne strane produžene moždine, neposredno iznad X živca (sl. 35). Prelazi preko jugularnog tuberkla i izlazi kroz prednji deo jugularnog foramena, ali kroz

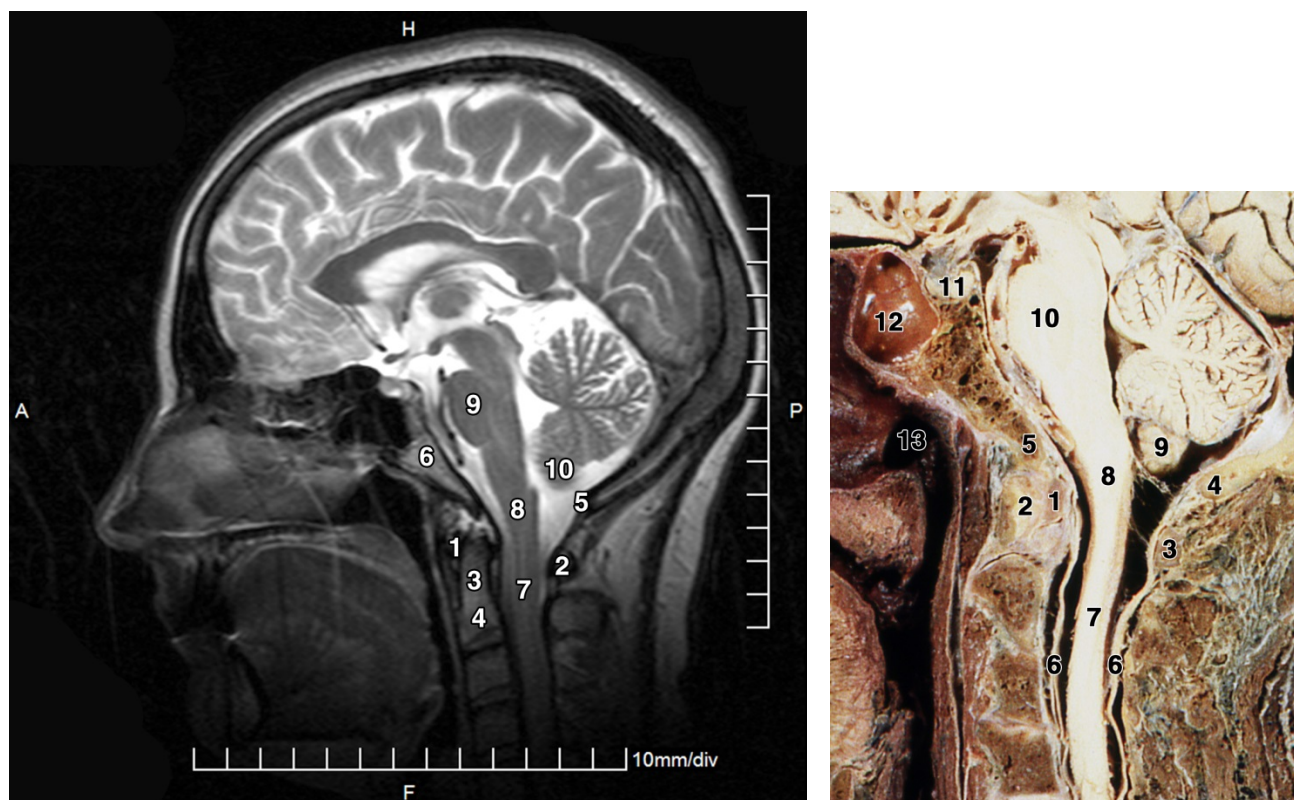
poseban vezivni otvor koji je odvojen od otvora za X i XI živac. Zajedno sa spomenutim nervima, i on ulazi u parafaringealni prostor.

1.2.3. Cerebrospinalni spoj

Ovaj spoj je, zapravo, prelaz između cervikalnog dela kičmene moždine (*medulla spinalis*) i kaudalnog segmenta produžene moždine (*medulla oblongata*), zbog čega se naziva i spino-medularni prelaz ili spoj (sl. 36-39). Istovremeno, to je i spoj između subarahnoidalnog likvornog područja u kičmenom kanalu i u intrakranijalnom prostoru (sl. 37 i 38) (Pernkopf, 1963; Benglis i sar., 2010; Nolte, 2010).



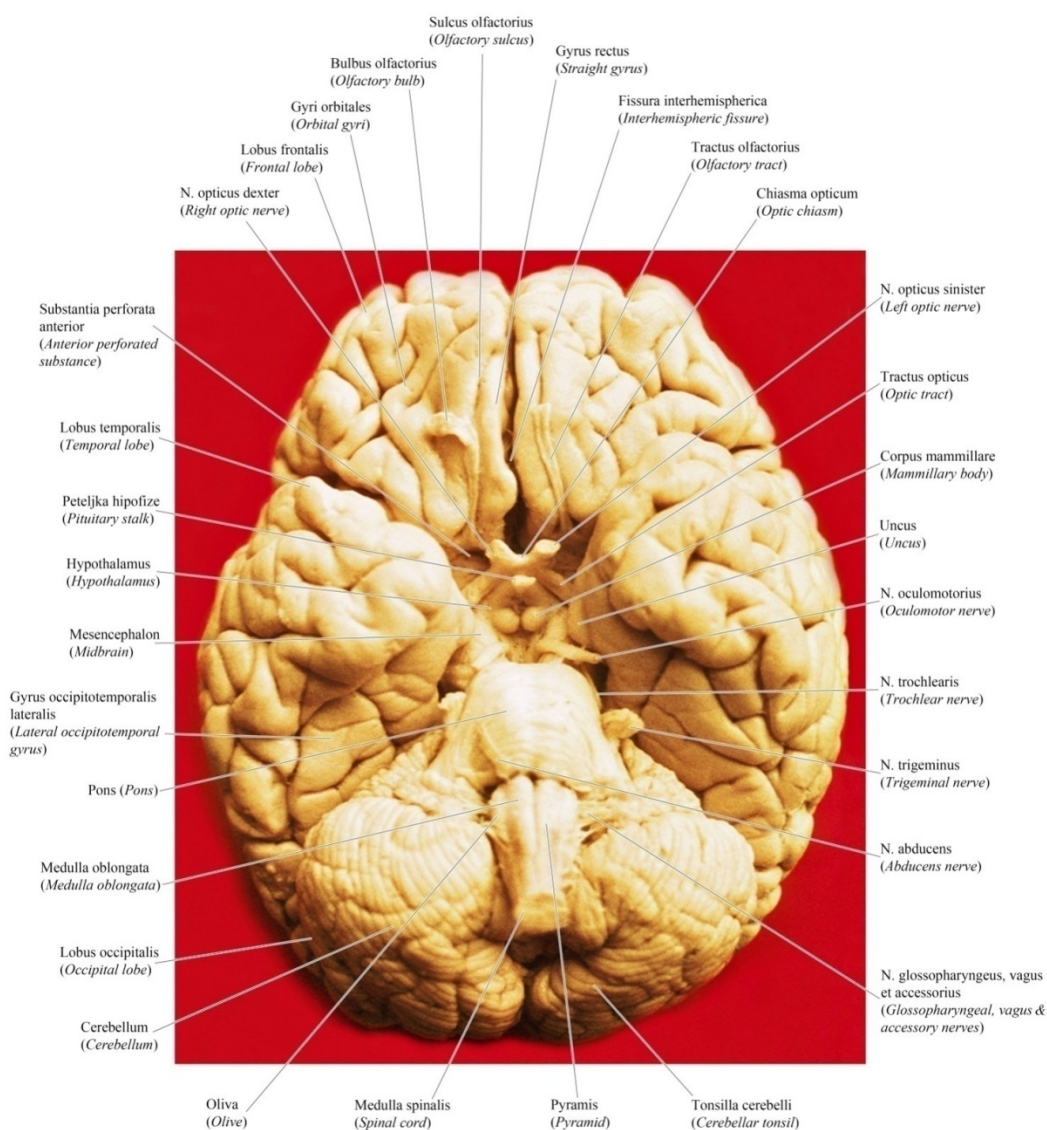
Slika 36. Shematski prikaz cerebrospinalnog spoja posmatranog s desne strane.



Slika 37. Magnetno-rezonantni snimak (MRI, “T2-wighted”) cerebrospinalnog spoja na sagitalnom preseku glave i vrata. 1 i 2 – *arcus anterior* i *arcus posterior atlantis*; 3 – *dens axis*; 4 – *corpus axis*; 5 – zadnja ivica *foramena magna*; 6 – *pars basilaris ossis occipitalis (basiocciput)*; 7 – cervikalni deo *medullae spinalis*; 8 – *medulla oblongata*; 9 – *pons*; 10 – *tonsilla cerebelli*. Zapaziti negativan signal likvora.

Slika 38. Sagitalni presek glave i mozga. 1 – lateralni deo *densa axisa*; 2 – *arcus anterior* atlasa; 3 – *arcus posterior* atlasa; 4 – zadnja ivica *foramena magna*; 5 – prednja ivica *foramena magna* i *pars basilaris* okcipitalne kosti; 6 – *dura mater spinalis*; 7 – *medulla spinalis*; 8 – *medulla oblongata*; 9 – *tonsilla cerebelli*; 10 – *pons*; 11 – *hypophysis*; 12 – *sinus sphenoidalis*; 13 – *nasopharynx*. (Detalj sa sl. 14).

Granicu između kičmene moždine i produžene moždine čini prednji luk atlasa (Carpenter, 1991; Moore, 2010; Nolte, 2010). To znači da se u kranijalnom delu kičmenog kanala (*canalis vertebralis*) završava kičmena moždine. Zbog toga, kroz *foramen magnum* prolazi samo produžena moždina (sl. 38 i 39) okružena likvorom i ranije spomenutim pretežno parnim elementima (*radix spinalis n. accessorii, a. vertebralis, a. spinalis anterior, aa. spinales posteriores*) (Oliveira i sar., 1985).



Slika 39. Ventralna strana moždanog stabla i mozga.

Sve navedene činjenice predstavljaju anatomski osnov za neurohirurške intervencije, kako u vezi pristupa operativnom području, tako i u pogledu operativne tehnike i post-traumatskih metoda fiksacije, ali uz izvesne nedoumice (Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010; Lopez i sar., 2015). Na primer, koji bi bio univerzalni hirurški prilaz za većinu patoloških procesa u CCJ regiji? Kako svesti na minimum rizike pojedinih prilaza, odnosno izbeći jatrogene lezije vaskularnih i neuralnih elemenata? Koji je precizan mehanizam fleksije i ekstenzije vratnog dela kičmenog stuba? Da li pri ovim pokretima nastaju značajnija pomeranja moždanog stabla i vratnog dela kičmene moždine? Na ova pitanja odgovoriće se u poglavlju o rezultatima i diskusiji ove disertacije.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1. Precizno utvrđivanje anatomskih odnosa svih elemenata kranio-cervikalnog prelaza, a naročito relacija densa aksisa sa ventralnim lukom atlasa, sa prednjom ivicom foramina magna, kao i sa spinomedularnim spojem i tonzilom malog mozga;

2. Utvrđivanje odnosa istih elemenata u toku maksimalne anterofleksije i ekstenzije glave i vrata, sa eventualnom laterofleksijom i rotacijom;

3. Utvrđivanje istih odnosa u patološkim stanjima, naročito u slučaju postojanja neoplazmi kranio-cervikalnog prelaza;

4. Na osnovu poznavanja preciznih dimenzija, anatomskih varijacija i odnosa elemenata kranio-cervikalnog prelaza, izvršiće se odgovarajuće modifikacije postojećih neurohirurških zahvata u cilju smanjenja rizika tokom neurohirurških operacija u ovom predelu.

3. MATERIJAL I METODE

Za izradu ove disertacije korišćene su anatomske i radiološke metode. One su provedene na 22 baze lobanje, 7 atlasa (C1 pršljena), 7 aksisa (C2 pršljena), 3 intaktne glave s mozgom, 22 volontera i na 1 pacijentu.

3.1. Anatomske metode

Za ova ispitivanja korišćeni su određeni uzorci iz kolekcije profesora Slobodana Marinkovića sa Anatomske instituta Medicinskog fakulteta u Beogradu. Snimci nekih od ovih zajedničkih uzoraka u međuvremenu su objavljeni u njegovoj knjizi o anatomiji čoveka (Marinković, 2016).

Pritom smo koristili dve grupe preparata: osteološke i disekcione, i to nakon njihovih serijskih preseka.

3.1.1. Osteološki uzorci

U prvoj grupi ispitane su 22 macerirane i ispošćene lobanje, tj. zadnje lobanjske jame. Na ovim delovima kostiju nije bilo nikakvih oštećenja, kao ni znakova zaživotnog oboljenja. Takođe, okcipitalna kost nije bila dezartikulisana ni na jednom preparatu. Drugim rečima, bili su potpuno očuvani šavovi sa okolnim kostima, naročito sa slepoočnom kosti.

U drugoj grupi je bilo 14 pršljenova koji direktno čine kraniovertebralni spoj, tj. 7 atlasa (C1 pršljenova) i 7 aksisa (C2 pršljenova), koliko je sadržala ta kolekcija. Bez obzira na ovaj broj, deo naših nalaza potpuno se poklapao sa podacima drugih autora, što važi i za proučene okcipitalne kosti (videti poglavlje o rezultatima). Uz to, neka merenja smo vršili samo mi, a ne i drugi autori koji su proučavali kraniovertebralni predeo. Najzad, i na tom broju zapazili smo odovarajuće anatomske varijacije. I ovde su sve kosti bile očuvane i bez prethodnih oboljenja.

Na ovoj grupi preparata vršili smo morfometrijska ispitivanja, tj. merenja prečnika relevantnih delova kostiju, kao i njihovog rastojanja od drugih koštanih elemenata, bilo na samim okcipitalnim kostima i pršljenovima ili na susednim kostima. Za merenje smo koristili dve metode, u zavisnosti od veličine ispitivanih struktura.

Veći elementi mereni su direktno, i to korišćenjem elektronske sprave sa pomičnom skalom, kod nas poznate kao „nonijus“, i to prema imenu Portugalca Pedra Nunjesa (lat. *Petrus Nonius*) iz 15. veka. Sprava je u anglosaksonskom području poznata pod nazivom „the vernier caliper,“ a proizvodi je firma „Inox Hardened.“ Pre svakog merenja elektronski smo proveravali da li su kraci instrumenta na međusobnom odstojanju od 0,0 mm. Inače, preciznost instrumenta je do stotog dela milimetra.

Manji elementi su mereni pod stereo-lupom s uvećanjima od 1× do 40×. Lupa je bila od nemačkog proizvođača mikroskopa i slične optičke opreme „Leica“, i to tip MZ6. Snimanje je vršeno japanskim foto-aparatom Canon Power Shot A710. Nakon postavljanja preparata na stalak lupe, uključivali smo kalibrisanu mikro-skalu ubačenu u okular čije je uvećanje bilo 10×. Dobijene vrednosti na skali lako su izračunavane u milimetrima. Preciznost merenja bila je do hiljaditog dela milimetra.

U okviru **okcipitalne kosti** meren je veći broj parametara, koji su obeleženi arapskim brojevima, tj. parametar 1: prečnici desnog i levog kondila (1r i 1l); 3 – prednje rastojanje između najispupčeniije tačke desnog i levog kondila; 3 – zadnje rastojanje između najispupčeniije tačke desnog i levog kondila; 4 – rastojanje desnog i levog kondila od kondilarne jame (4r i 4l); 5 – rastojanje desnog ili levog kondila od jugularnog otvora (5r i 5l); 6 – razmak između desnog ili levog kondila od istostranog karotidnog kanala (6r i 6l); 7 – rastojanje kondila od vrha desnog i levog mastoidnog nastavka (7r i 7l); 8 – rastojanje kondila od stilomastoidnog otvora (8r i 8l); 9 – rastojanje između kondila i hipoglosnog kanala (9r i 9l); 10 – sagitalno-medijalni ugao između desnog i levog kondila; 11 – sagitalni i poprečni prečnik foramena magnuma; 12 – razmak između baziona i ždrelna kvržice; 13 – rastojanje između opistiona i spoljne okcipitalne protuberance (injona).

Na **atlasu** je takođe mereno više parametara: središnji prečnik prednjeg luka (a); visina prednjeg tuberkla (b); visina lateralnog dela prednjeg luka na desnoj i levoj strani (cr i cl); širina ovog luka u istom nivou (dr i dl); prečnici zglobne površine za dens na zadnjoj strani luka (e1 × e2); poprečni prečnik desne i leve lateralne mase na desnoj i levoj strani (fr i fl); prečnici gornje desne i leve zglobne površine, tj. *foveae articularis superior* (gr i gl); visina najmedijalnijeg dela desne i leve lateralne mase (h14 i h1l); visina najlateralnijeg dela desne i leve mase (h2r i h2l); prečnici donje zglobne površine, tj. *facies articularis inferiora* (ir i il); rastojanje između desnog i levog tuberkla lateralne mase (j); prednji i zadnji razmak između lateralnih masa (k1 i k2); prečnici desnog i levog foramena transverzarijuma (l1 i l2); prečnici desnog i levog procesusa transverzusa (mr i ml); prečnici lateralnog

dela desnog i levog područja zadnjeg luka (nr i nl); visina lateralnog dela desnog i levog područja luka (or i ol); sagitalna visina zadnjeg luka (p); prečnik zadnjeg tuberkla (q); sagitalni prečnik zadnjeg luka (r); sagitalni i poprečni prečnik *foramena vertebrale* (s1/s2); sagitalni i poprečni prečnik čitavog atlasa (t1 i t2).

I na **aksisu** je meren veći broj parametara: gornji sagitalni i poprečni prečnik zubnog nastavka (aa1s i aa1t); isti donji prečnici densa (aa2s i aa2t); visina densa (ab); prečnici prednje zglobne površine densa, tj. *facies articularis anteriora* (ac), kao i prečnici *facies articularis posteriora* (ad); visina prednje strane tela aksisa (ae1) i visina njegove zadnje strane (ae2); gornji (af1) i donji poprečni prečnik (af2) tela aksisa; prečnici gornje zglobne površine na desnoj i levoj strani (ag1 i ag2); prečnici desne i leve donje zglobne površine (ah1 i ah2); prečnici desnog i levog *foramena transversariuma* (ai1 i ai2); prečnici desnog i levog poprečnog nastavka (ajr i ajl); poprečni prečnik desne i leve lamine (akr i akl); visina desne i leve lamine (alr i all); dva mediosagitalna prečnika luka aksisa (am1 i am2); visina *processus spinosus* (an); sagitalni i poprečni prečnik *foramena vertebrale* (ao); sagitalni i poprečni prečnik čitavog aksisa (aps i apt).

3.1.2. Serijski preseći

Za anatomski serijska sečenja koristili smo 3 intaktne glave s mozgom od kadavera Anatomskog instituta.

Svaki kadaver je prethodno injiciran 10% rastvorom formaldehida kroz zajedničku karotidnu arteriju u vratu, a potom je fiksiran u istom rastvoru u sarkofagu narednih šest meseci. Nakon toga, svaka glava je odvajana od tela i stavljena u zamrzivač s temperaturom od -25° C. Posle tri nedelje svaka glava je sečena kružnom električnom testerom (tzv. cirkular) u odgovarajućoj ravni, tj. jedna u aksijalnoj, druga u koronalnoj i treća u sagitalnoj. Nakon sečenja, svaki presek je pažljivo opran od minijturnih delića nastalih sečenjem. Svaki pojedinačni element je identifikovan na preseku. Tamo gde je identifikacija bila otežana, vršili smo mikrodisekciju pod stereo-lupom i definitivno određivali vrstu elemenata.

Preseci su najpre rađeni u aksijalnoj (horizontalnoj) ravni, koja je bila paralelna meato-orbitalnoj liniji, koja spaja donju ivicu *porus* (*meatus acusticus externus*) i donju ivicu *orbitae*. Sledeća glava je iskorišćena za koronalne preseke, uz malu korekciju kako bismo u nivou *foramena magnuma* dobili uzdužni presek čitavog moždanog stabla sa svim relevantnim elementima. Zbog toga smo koronalnu ravan malo iskosili posteriorno. Najzad, treća glava je poslužila za sagitalne preseke. I ovde smo odabrali presek koji prolazi kroz *foramen magnum*, mada ne strogo mediosagitalno, već sasvim malo

parasagitalno. I ovde smo dobili na preseku sve relevantne koštane, vaskularne i neuralne elemente. Zahvaljujući tome, mogli smo detaljno da ispitamo odnose svih komponenata koje se nalazi u području kraniocervikalnog prelaza, kao i elemenata u neposrednoj blizini.

3.2. Radiološke metode

Radi dijagnostike, a i eventualne terapije, kao i iz istraživačkih razloga, primenili smo glavne radiološke metode u pacijenata, ali i u grupi volontera, i to: ispitivanje pomoću multislajsne kompjuterizovane tomografije (MSCT), kao i snimanje u aparatu za magnetnu rezonancu (MR) i analizu dobijenih snimaka (MRI) u trima ravnima.

3.2.1. Ispitivanja na multislajsnom skeneru

Za ova istraživanja obezbedili smo 22 zdrava volontera, uz dozvolu Etičkog komiteta Kliničkog Centra Srbije. U ovoj grupi bilo je 12 muškaraca (55%), životnog doba 33,25 godina, i 10 žena (45%) životnog doba 31,30 godina. Sem toga, svaki volonter je dao saglasnost za ispitivanja, nakon prethodnog obaveštenja o proceduri snimanja.

Za ova istraživanja koristili smo Simensov (Siemens) „Somatom Definition“ AS 128-slice skener (MSCT), s vremenom rotacije (RT) od 0,5 s, pičom 0,5, debljinom preseka od 0,6 mm, uz interval 120-140 kV, manuelno 260 mA, uz „noise index“ 3. Preseci su pravljani u sve tri prostorne ravni: aksijalnoj, koronalnoj i sagitalnoj.

Nakon izvođenja preseka i odgovarajućih morfometrijskih ispitivanja na dvodimenzionalnim snimcima (2D), korišćen je program za trodimenzionalnu (3D) rekonstrukciju lobanje i, eventualno, krvnih sudova. Na ovim snimcima pravili smo preseke koji su nam bili neophodni u istraživanju, zadržavajući 3D izgled delova lobanje. Sem toga, jednom pacijentu je ubrizgano kontrastno sredstvo „Ultravist 370“ (u bolusu od 100 mL, s protokom 4 mL/s). Na taj način, urađena je CT angiografija mozga i kičmene moždine. Naravno, i ovi krvni sudovi prikazani su i dvodimenzionalno (2D) i u 3D verziji.

Odgovarajuća linearna i angularna merenja vršili smo pomoću fabrički ugrađenog softvera. Iako se ispostavilo da su 3D slike vrlo precizne i pouzdane, zbog povremenih artefakta opisanih u literaturi, obavili smo sva naša merenja isključivo na 2D snimcima, uz korišćenje, takođe, ugrađenog softvera za morfometrijska ispitivanja. Merenja su vršila dva radiologa, i to nezavisno jedan od drugoga.

Poređenjem dobijenih podataka, ustanovljene su samo minimalne nepodudarnosti, koje su bile daleko od statistički značajne razlike.

3.2.2. Magnetnorezonantno ispitivanje

Ova magnetnorezonantna (MRI) istraživanja obavljena su, najpre, na 1 zdravom volonteru, da bi se identifikovali svi elementi kranio cervikalnog prelaza na serijskim presecima i da bi se ustanovili njihovi odnosi. Snimanje je vršeno u MR aparatu General Electric (GE) Sigma Hdx, jačine magnetnog polja od 1,5 T. Primenjeni su parametri za „T2-weighted“ model, i to: T2/FRFSE, TR 4340, TE 109.6, and FOV 24×24 , uz debljinu isečaka od 3 mm. Preseci su rađeni u aksijalnoj, koronalnoj i sagitalnoj ravni.

Drugi serijski MRI preseci urađeni su u grupi od 6 zdravih volontera, u cilju praćenja promena pri raznim položajima glave i vrata, odn. u neutralnoj poziciji (N), u fleksiji (F) i ekstenziji (E). Grupa se sastojala od četiri žene i dva muškarca životnog doba od 29 do 41 godine ($X=34,7$). Svaki volonter je dao saglasnost za ispitivanja, nakon prethodnog obaveštenja o procedure snimanja. Saglasnost je dobijena i od Etičkog komiteta Kliničkog centra Srbije.

Ispitanici su snimani u navedenom aparatu za magnetnu rezonancu General Electric (GE) Sigma Hdx, jačine magnetnog polja od 1,5 T. U toku snimanja primenjeni su odgovarajući parametri: T2/FRFSE, TR 4340, TE 109.6, and FOV 24×24 . Debljina preseka iznosila je 2 mm. Preseci su pravljani u sagitalnoj ravni, i to u nivou foramena magnuma.

Volonteri su snimani u ležećem stavu i u tri položaja glave i vrata: neutralnom, fleksionom i ekstenzionom. Da bi se postigla maksimalna fleksija, tj. položaj „brada na grudi,“ ispod glave je stavljano plastično jastuče debljine 25 cm. Suprotno, da bi se postigla veća ekstenzija, isto plastično jastuče je postavljano ispod gornjeg lopatičnog predela.

Nakon završene procedure, svaki snimak je pažljivo analiziran na monitoru. Linearna i ugaona merenja vršena su korišćenjem fabrički ugrađenog softvera. U tome su učestvovala dva nezavisna radiologa, čiji podaci nisu imali statistički značajnu razliku.

3.3. **Kliničke metode**

Za ispitivanje 50 pacijenata s patološkim intrakranijalnim procesima u zadnjoj lobanjskoj jami, korišćene su rutinske biohemijske metode pregleda krvi, mokraće i, kada je bilo indikovano (uz odgovarajuće mere opreza, cerebrospinalnog likvora. Rađene su i citološke analize krvi i likvora.

Za ostala klinička ispitivanja nije bilo potrebe, jer je preliminarna dijagnoza postavljena na osnovu neurološkog pregleda, a definitivno je potvrđena primenom navedenih radioloških tehnika.

Od spomenutih 50 pacijenata s patološkim procesima u predelu zadnje lobanjske jame, izdvojena su četiri bolesnika, i to 2 s kongenitalni poremećajima, a 2 sa tumorom u predelu kranio-cervikalnog prelaza. Izdvojena su i 4 pacijenta sa vaskularnim malformacijama, tj. aneurizmama, u predelu vertebralne arterije i kranio-cervikalnog prelaza. Nakon potvrde dijagnoze, u svih pacijenata uradili smo odgovarajuće neurohirurške intervencije.

3.4. Statistička analiza

U statističkoj obradi podataka koristili smo deskriptivne i analitičke metode. Sve u svemu, koristili smo:

- meru varijabilnosti statističke serije, kao i interval varijacije
- standardnu devijaciju (SD)
- medijanu analiziranih parametara
- podatke dobijene putem merenja, prikazani su korišćenjem metoda centralne tendence:
- aritmetičke sredine (\pm SD), minimalne i maksimalne vrednosti
- univarijantne metode za testiranje značajnosti razlike obeležja
- neparametrijske testove, test proporcije kod atributivnih obeležja
- χ^2 test
- parametrijski testovi za značajnost razlike numeričkih obeležja
- ANOVA test kojim se analizirala značajnost razlike varijansi srednjih vrednosti, kao i multipla komparacija Tukey za testiranje razlika između grupa formiranih prema promeni ploščaja vrata i glave
- Studentov T test kojim za analizu značajnosti razlike prosečnih srednjih vrednosti
- Medijanu test za serije koje nisu imale normalnu distribuciju – Z test ,odnosno Wilkoxonov test

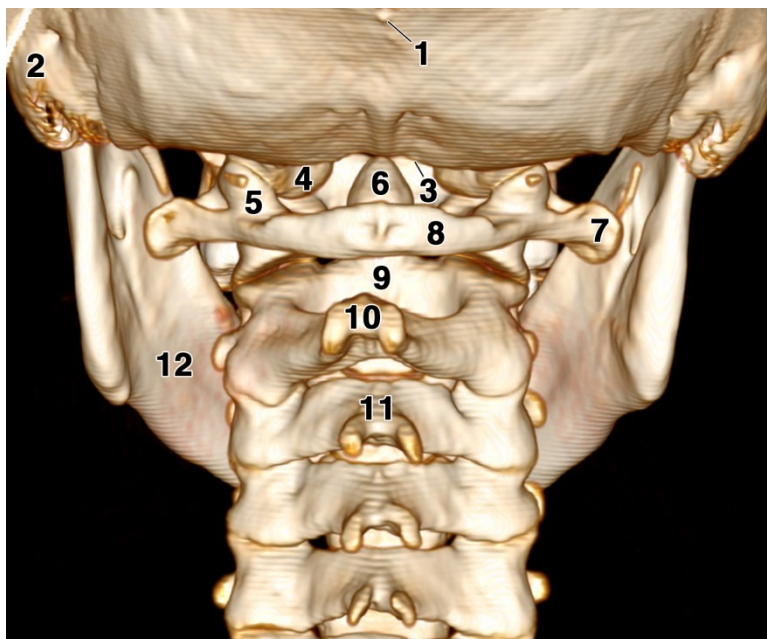
Statistička obrada i analiza urađena je u IBM SPSS-u ver. 20,0, a grafičko i tabelarno prikazivanje urađeno je u MICROSOFT OFFICEu 2010, tj. EXCELL-u.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U rezultatima će najpre biti izneti podaci anatomskih ispitivanja, a zatim rezultati proučavanja multislajsnim CT aparatom, kao i magnetnorezonantnom tehnologijom.

4.1. Anatomska ispitivanja na osteološkom materijalu

Kraniovertebralni spoj (CVJ), koji je osteološki deo kranio cervikalnog prelaza, obrazuju, kako je ranije spomenuto, delovi okcipitalne kosti, atlas (C1 pršljen) i aksis (C2 pršljen). Dok se potiljačna kost u ovom spoju zgloabljava samo sa atlasom, prvi vratni pršljen je povezan i sa okcipitalnom kosti i sa aksisom (sl. 40). Na svim ovim kostima meren je veći broj parametara, tj. prečnika pojedinih koštanih delova, kao i njihova međusobna rastojanja.



Slika 40. Multislajсни CTsnimak (3D) zadnje strane kranio cervikalnog prelaza. 1 – *protuberantia occipitalis interna* (ili *inion*); 2 – levi *processus mastoideus*; 3 – *foramen magnum*; 4 – levi *condylus occipitalis*; 5 – leva *massa lateralis atlasa*; 6 – *dens* (*processus odontoideus*) aksisa; 7 – *processus transverses atlasa*; 8 – *arcus posterior atlasa*; 9 – telo aksisa; 10 – *processus spinosus* aksisa; 11 – treći vratni pršljen; 12 – mandibula.

4.1.1. Okcipitalna kost

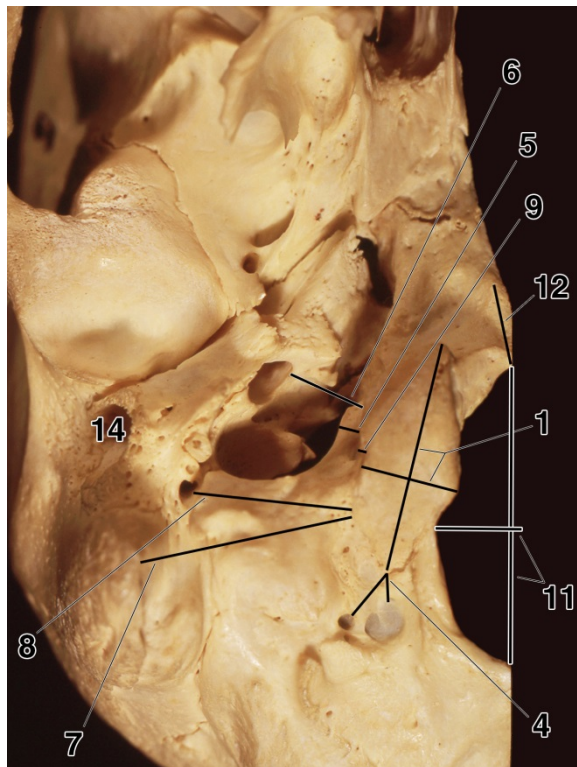
Na osnovu embrionalnog razvoja ove kosti, razlikuju se njena tri dela: baziokciput, egzo-okciput i supraokciput (sl. 24). Prvi deo, tj. *basiociput*, čini *pars basilaris ossis occipitalis*, uključujući *clivus* i mali deo *tuberculuma pharyngeuma*. Egzo-okciput (*exoociput*) sastoji se od *parsa lateralis ossis occipitalis*, uključujući desni i levi kondil (*condylus occipitalis*), veliki otvor (*foramen magnum*), hipoglosni kanal (*canalis nervi hypoglossi*) i najveći deo *tuberculuma jugulare*. Spomenuti foramen magnum ima na sredini svoje prednje ivice kranimetrijsku tačku *basion*, a na sredini zadnje ivicu drugu tačku (*opisthion*). Najzad, supraokciput (*supraociput*) predstavlja ljusku potiljačne kosti (*squama occipitalis*), koja na unutrašnjoj strani ima uzvišenje (*protuberantia occipitalis interna*), a na spoljašnjoj strani jače ispupčenje (*protuberantia occipitalis externa*) poznato i kao *inion*.

Pošto od potiljačne kosti u formiranju CVJ-a direktno učestvuju kondili, morfometrijska ispitivanja obavljena su najpre u njihovom nivou (sl. 41). Rezultati su prikazani u tabeli 1. Pritom su korišćene sledeće oznake: 1 – prečnici desnog (1r) i levog kondila (1l); 2 – prednje međukondilarno rastojanje; 3 – zadnje interkondilarno rastojanje; 4r i 4l – rastojanje desnog odn. levog kondila od *fossae condylaris*; 5r i 5l – razmak desnog odn. levog kondila od *foramena jugulare*; 6r i 6l – rastojanje desnog i levog kondila od ulaza u istostrani *canalis caroticus*; 7r i 7l – rastojanje jednog i drugog kondila od vrha ipsilateralnog mastoidnog nastavka; 8r i 8l – rastojanje kondila od *foramena stylomastoideuma*; 9r i 9l – razmak između kondila i desnog odn. levog *canalisa nervi hypoglossi*; 10 – ugao između uzdužne ose desnog i levog kondila; 11 – sagitalni i poprečni prečnik *foramena magnuma*; 12 – rastojanje od baziona do ždrelnog ispupčenja (*tuberculum pharyngeum*); 13 – razmak između *opisthion*a i *inion*a.

Merenjem najdužeg uzdužnog i poprečnog prečnika dobijena je srednja vrednost desnog kondila od 21,95 mm × 12,92 mm, a levog kondila od 22,50 mm × 12,37 mm. Ugao između desnog i levog kondila ima prosečnu vrednost od 54.05°. Pošto je ugao otvoren nazad, normalno je da je rastojanje između najispupčenijeg prednjeg dela oba kondila manje, tj. da ima srednju vrednost od 17,41 mm. S druge strane, srednja vrednost zadnjeg interkondilarnog rastojanja je mnogo veća, te iznosi 39,68 mm.

Drugi deo ispitivanja odnosio se na rastojanja određenih delova kondila od susednih koštanih struktura, kao i od jama i otvora baze lobanje. Tako, ustanovljeno je da najkraće rastojanje zadnje ivice kondila od *fossae condylaris* iznosi 2,71 mm na desnoj strani, a 2,30 mm na levoj strani. Najmanja udaljenost kondila od *foramena jugulare* ima prosečnu vrednost od 9,10 mm na desnoj strani i 9,23 mm na levoj strani. Najkraće rastojanje između kondila i otvora *canalisa caroticusa* na desnoj strani pokazuje srednju vrednost od 12,85 mm, a na levoj strani 12,20 mm. Odstojanje kondila od donje ivice

spoljnog otvora *canalisa n. hypoglossi* ima prosečnu vrednost od 8.15 mm na desnoj strani i 8.05 mm na levoj strani. Sagitalni prečnik foramenamagnumauvek je bio veći ($X=36.54$ mm) od transverzalnog prečnika ($X=30.93$ mm). Srednja vrednost razmaka između baziona i ždrelnog tuberkla je 10.69 mm.



Slika 41. Parametri mereni na okcipitalnoj kosti.
(Oznake su objašnjene u tekstu).

Table 1. Anatomiska merenja (mm) okcipitalne kosti

Para- metri	Min-maks (X)±SD
1r	10.60-19.80 (12.92)±2.00 × 17.40-29.00 (21.95)±2.47
1l	9.50-16.10 (12.37)±1.69 × 18.20-27.50 (22.50)±2.17
2	12.00-21.60 (17.41)±2.59
3	30.1-44.6 (39.68)±3.42
4r	1.30-8.20 (2.71)±2.39
4l	1.15-6.50 (2.30)±1.97
5r	5.80-12.90 (9.10)±2.03
5l	4.90-13.50 (9.23)±2.17
6r	9.80-15.50 (12.85)±1.70
6l	9.80-15.40 (12.20)±1.66
7r	20.80-32.50 (25.30)±2.67
7l	21.20-31.00 (26.00)±2.66
8r	17.20-24.50 (21.15)±1.97
8l	16.50-24.30 (20.95)±2.03
9r	5.10-11.60 (8.15)±1.74
9l	5.00-12.20 (8.05)±1.86
10⁰	43.00-66.00 (54.05)±6.89
11s	32.70-39.90 (36.54)±1.82
11t	26.10-35.00 (30.93)±1.92
12	6.10-16.10 (10.69)±2.57
13	34.60-58.30 (44.78)±5.28

Mного je veća prosečna vrednost najkraćeg rastojanja kondila od drugih struktura baze lobanje. Na primer, srednja vrednost rastojanja kondila od vrha mastoidnog nastavka je 25,30 mm na desnoj strani i 26,00 mm na levoj strani. Srednja vrednost rastojanja između kondila i *foramena stylomastoideuma* na desnoj strani bila je 21,15 mm, a na levoj strani 20.95 mm. Najzad, razmak

između opisthionna foramina magnuma i iniona (tj. spoljne okcipitalne protuberance) imao je srednju vrednost od 44.78 mm.

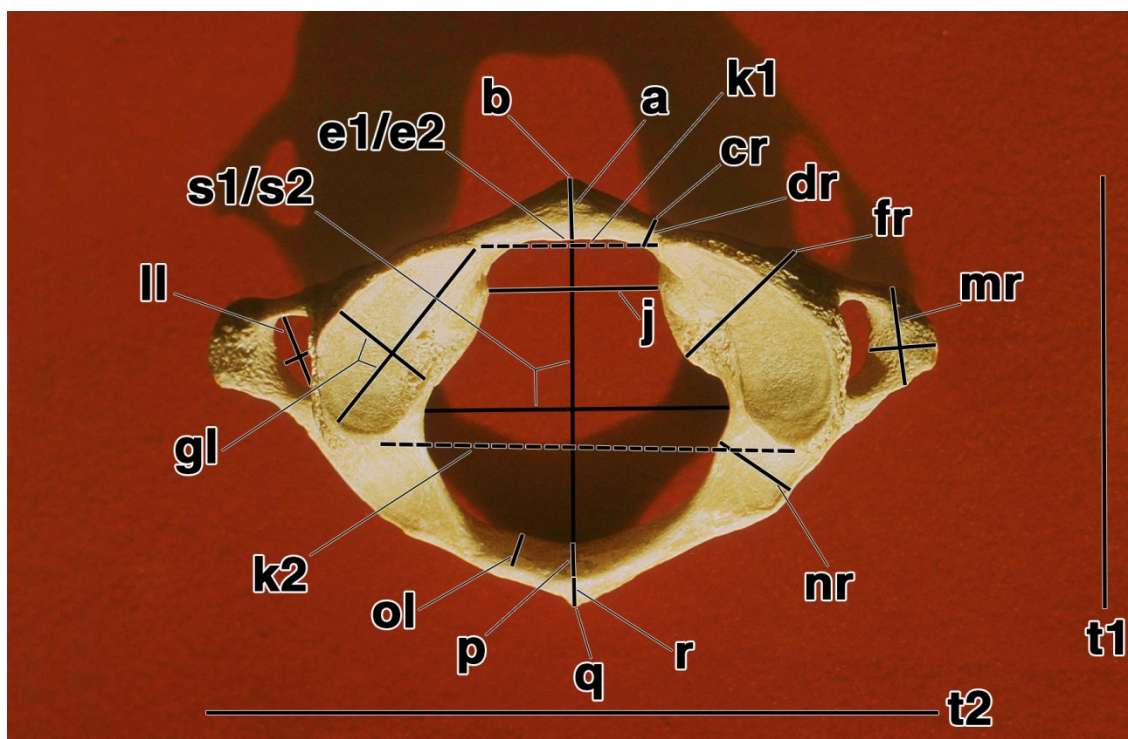
4.1.2. Atlas (C1 pršljen)

Atlas je jedini pršljen (*vertebra*) koji nema telo, ali ni rtni nastavak (*processus spinosus*) (sl. 25-27, 30 i 31). Umesto dela poseduje desnu i levu bočnu masu (*massa lateralis*), a umesto spinoznog nastavka ima zadnji tuberkul.

Obe mase laterales napred povezuje prednji koštani luk (*arcus anterior atlantis*), koji na sredini prednje strane ima *tuberculum anterius*, a u istom nivou na zadnjoj strani postoji *fovea dentis* za zglobljavanje sa zubnim nastavkom aksisa. Pozadi se nalazi *arcus posterior*, koji na srednjoj liniji takođe ima ispupčenje (*tuberculum posterius*). Na lateralnom delu gornje strane ovog luka, neposredno iza bočne mase, nalazi se *sulcus arteriae vertebralis*.

Na samoj masi lateralis, kako desno tako i levo, nalaze se dve zglobne površine: gornja (*facies articularis superior*) i donje (*facies articularis inferior*). Desna i leva zglobna površina, zbog svoje blage izdubljenosti, nazivaju se i *fovea articularis superior*. Na medijalnom delu mase lateralis postoji jedna bezimena kvržica (*tuberculum*), na kojoj se pripaja poprečna veza atlasa (*lig. transversum atlantis*). Najzad, bočno od svake mase lateralis postoji poprečni nastavak (*processus transversus*) sa otvorom sličnog naziva (*foramen transversarium*) kroz koji prolazi *a. vertebralis*. Ispred arterije nalazi se prvi vratni živac (*n. cervicalis I* ili C1 nerv).

I na atlasu je mereno više od deset parametara, koji su označeni na odgovarajući načine (sl. 42) (tabela 2): a – sagitalni prečnik prednjeg luka; b – visina prednjeg tuberkula; cr i cl – visina lateralnog dela prednjeg luka na desnoj i levoj strani; dr i dl – širina istog dela luka desno i levo; e1/e2 – prečnici zglobne površine za dens; fr i fl – poprečni prečnik desne i leve lateralne mase; gr i gl – prečnici gornje zglobne površine na desnoj i levoj strani; h1r i h1l – visina najmedijalnijeg dela desne i leve mase lateralis; h24 i h2l – visina najlateralnijeg dela desne i leve mase lateralis; ir i il – prečnici donje zglobne površine desno i levo; j – razmak između desnog i levog tuberkla mase lateralis; k1 – prednji razmak između desne i leve mase lateralis, dok je k2 – zadnji razmak između lateralnih masa; lr i ll – prečnici desnog i levog poprečnog otvora; mr i ml – prečnici desnog i levog poprečnog nastavka, tj. njegovog dela lateralno od spomenutog *foramena transversariuma*; nr i nl – prečnik desnog i levog bočnog dela zadnjeg luka atlasa; or i ol – visina desnog i levog dela zadnjeg luka; p – visina luka u srednjoj liniji; q – prečnik zadnjeg tuberkla; r – prečnik zadnjeg luka na srednjoj liniji; s1/s2 – sagitalni i poprečni prečnik kičmenog otvora; t1/t2 – sagitalni i poprečni prečnik čitavog atlasa.



Slika 42. Parametri mereni na atlasu. (Oznake su objašnjene u tekstu).

Ustanovljeno je da sagitalni prečnik prednjeg luka atlasa ima srednju vrednost od 7,16 mm (tabela 2). Visina *tuberculum anterius* prosečno je iznosila 10,07 mm. Visina lateralnog dela prednjeg luka je 11,90 mm na desnoj strani, a 11,86 mm na levoj strani. Istovremeno, prečnik luka u istom nivou iznosi 4,16 mm desno i 4,21 mm levo. Što se tiče zglobne površine za dens, njeni prečnici imaju srednju vrednost od $8,07 \times 8,86$ mm.

Table 2. Anatomiska merenja (mm) atlasa

Para- metri	Min-maks (X)±SD
a	5.50-9.30 (7.16)±1.41
b	9.40-10.70 (10.07)±0.53
cr	10.10-13.70 (11.90)±1.33
cl	10.60-14.10 (11.86)±1.23
dr	3.70-4.60 (4.16)±0.35
dl	3.20-5.30 (4.21)±0.82
e1	6.40-10.70 (8.07)±1.41 ×
e2	7.30-10.80 (8.86)±1.22
fr	12.80-17.50 (14.60)±1.29
fl	13.20-19.40 (15.77)±1.99

gr	6.70-11.20 (9.60)±1.65 × 19.70-23.90 (21.69)±2.23
gl	6.90-12.10 (9.84)±1.73 × 18.70-24.70 (21.37)±2.23
h1r	6.40-11.50 (9.13)±1.74
h1l	5.70-10.40 (8.26)±1.60
h2r	16.20-21.70 (18.71)±1.92
h2l	17.30-22.20 (19.23)±1.99
ir	9.90-18.30 (14.74)±2.48 × 15.40-19.80 (18.20)±1.49
il	11.80-15.20 (14.29)±1.20 × 16.10-20.40 (18.61)±1.52
j	15.40-18.70 (17.01)±1.12
k1	17.70-20.60 (18.94)±0.95
k2	32.50-45.70 (39.10)± 4.38
lr	5.70-7.40 (6.46)±0.69 × 6.40-8.60 (7.39)±0.86
ll	5.60-7.90 (6.23)±0.84 × 6.70-8.50 (7.52)± 0.78
mr	6.60-9.30 (7.94)±0.83 × 8.60-12.20 (9.77)±1.26
ml	6.20-11.90 (8.17)±1.77 × 8.90-13.00 (10.64)± 1.48
nr	5.80-10.40 (9.23)±1.60
nl	6.20-10.30 (8.89)±1.34
or	3.60-9.20 (5.60)±1.77
ol	3.30-9.70 (5.44)±2.04
p	7.80-10.40 (9.27)±0.94
q	1.90-10.60 (6.60)±2.68
r	6.40-9.40 (8.00)±1.19
s1	30.80-34.70 (32.80)±1.34
s2	26.20-32.20 (29.10)±2.13
t1	43.30-49.30 (46.06)±2.18
t2	67.10-84.40 (75.16)±6.57

Poprečni prečnik *massae lateralis* iznosio je 14,60 mm na desnoj strani, a 15,77 mm na levoj strani. Što se tiče *faciesae articularis superioris*, prosečni prečnici desno jesu 9,60 mm × 21,69 mm, a

levo su $9,84 \times 21,37$ mm. Visina najmedijalnijeg dela mase lateralis prosečno iznosi 9,13 mm desno, a 8,26 mm levo, dok je prosečna visina najlateralnijeg dela mase 18,71 mm desno, a 19,23 mm levo. Prosečni prečnici *facies articularis inferiora* iznose $14,74 \text{ mm} \times 18,20 \text{ mm}$ desno, a $14,29 \times 18,61$ mm levo. Intertuberkularno rastojanje, tj. između desnog i levog tuberkla mase lateralis za pripoj poprečne veze, ima prosečnu vrednost od 17,01 mm. Pošto gornje zglobne površine atlasa, slično okcipitalnim kondilima, međusobno stoje pod uglom, prednji razmak između desne i leve mase lateralis prosečno je 18,94 mm, a razmak između zadnjih delova mase je 39,10 mm.

U vezi *foramena transversariuma*, ustanovljeno je da on ima prosečne prečnike od $6,46 \text{ mm} \times 7,39 \text{ mm}$ desno, a $6,23 \text{ mm} \times 7,52 \text{ mm}$ levo. Prosečni prečnici desnog *processus transversus* iznose $7,94 \text{ mm} \times 9,77 \text{ mm}$, a levog $8,17 \text{ mm} \times 10,64 \text{ mm}$. Što se tiče *arcusa posteriora* atlasa, njegov poprečni prečnik u nivou *sulcus a. vertebralis* desno je 9,23 mm, a levo je 8,89 mm. Istovremeno, prosečna vrednost visine luka je 5,60 mm desno, a 5,44 mm levo. S druge strane, mediosagitalna visina luka ima prosečnu vrednost od 9,27 mm. U ovom nivou prosečna debljina *tuberculum posteriusa* je 6,60 mm, a prosečni sagitalni prečnik luka je 8,00 mm.

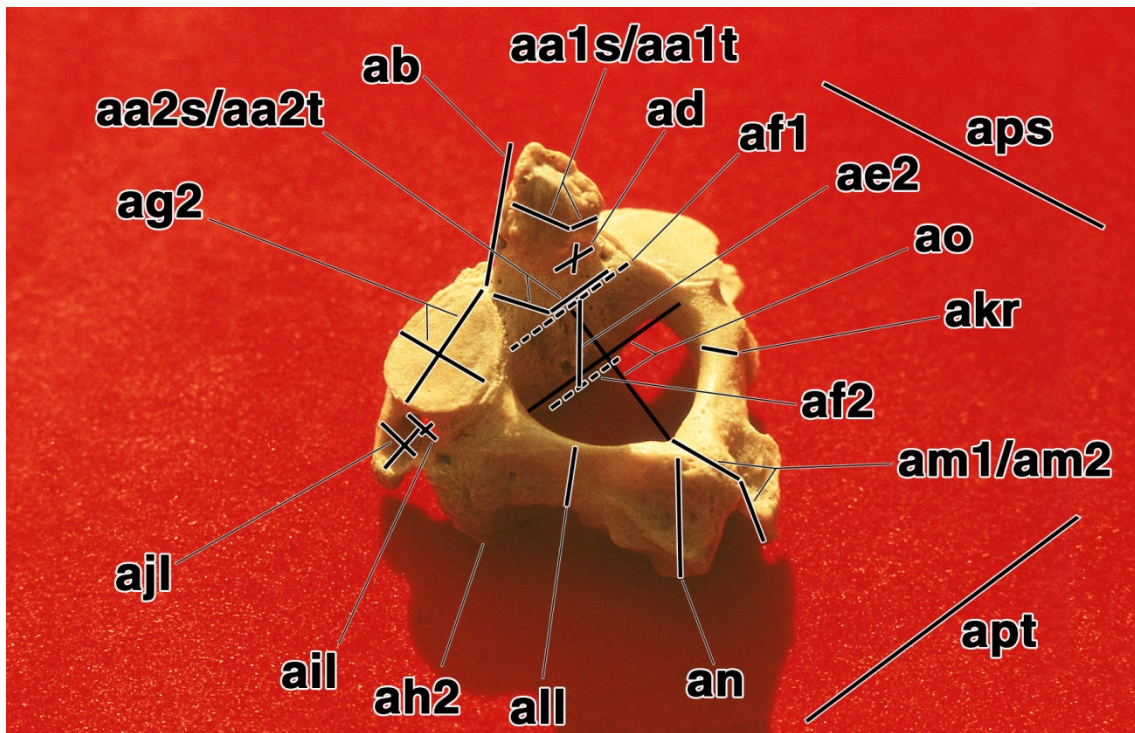
Najzad, sagitalni i poprečni prečnik *foramena vertebrale* iznose 32,80 mm i 29,10 mm. Isti dijometri čitavog atlasa imaju prosečnu vrednost od 46,06 mm i 75,16 mm.

4.1.3. Aksis (C2 pršljen)

Drugi vratni pršljen (*axis* ili *epistropheus*), za razliku od atlasa, ima telo (*corpus axis*), a za razliku od svih ostalih pršljenova, jedini poseduje zubni nastavak (*dens* ili *processus odontoideus*) (sl. 25-27, 30 i 40). Sem toga, na njemu se pojavljuje *processus spinosus*, koji ne postoji na atlasu.

Zubni nastavak ima prednju zglobnu površinu (*facies articularis anterior*), za zglobljavanje sa prednjim lukom atlasa, i zadnju površinu (*facies articularis posterior*), koja je u kontaktu sa poprečnim ligamentom atlasa (sl. 25, 30, 31 i 40). Ostali delovi slični su drugim vratnim pršljenovima: *arcus vertebrae* s desnom i levom laminom, *pediculus arcus vertebrae*, desni i levi *processus articularis superior*, desni i levi *processus articularis inferior*, kao i *processus transversus* koji ima *foramen transversarium* i, istovremeno, *sulcus nervi spinalis*. Takođe za razliku od atlasa, C2 pršljen poseduje i *processus spinosus*, koji može da bude uniforman, ali je češće rascepljen (bifidan). Inače, zadnja strana tela aksisa, dva pedikula i dve lamine ograničavaju *foramen vertebrale* kroz koji prolazi kičmena moždina.

I na *axisu* je meren veći broj parametara, naročito njegovog zubnog nastavka (sl. 43) (tabela 3). Aksis se, inače, gore zglobljava sa atlasom, a dole sa 3. vratnim pršljenom.



Slika 43. Parametri mereni na aksisu. (Oznake su objašnjene u tekstu).

Table 3. Anatomiska merenja (mm) aksisa

Para- metri	Min-maks (X)±SD
aa1s	8.90-10.90 (10.23)±0.77 ×
aa1t	10.40-13.10 (11.77)±1.03
aa2s	8.80-10.80 (9.77)±0.69 ×
aa2t	10.20-12.80 (11.90)±1.10
ab	14.10-19.90 (16.73)±2.27
ac	9.40-12.60 (10.81)±1.38 × 7.00-10.20 (9.04)±1.43
ad	7.20-12.00 (9.14)±1.78 × 6.00-10.30 (7.74)±1.43
ae1	18.70-24.40 (21.96)±2.44
ae2	16.40-20.70 (18.39)±1.65
af1	20.10-26.30 (23.46)±2.41
af2	15.40-20.90 (18.06)±1.88
ag1	13.10-16.50 (15.43)±1.23 × 16.50-22.90 (19.70)±1.88
ag2	13.40-16.80 (15.27)±1.09 × 17.10-22.80 (19.19)±1.94

ah1	9.60-12.00 (10.81) \pm 0.89 \times 11.20-15.90 (13.49) \pm 1.93
ah2	10.05-11.05 (10.54) \pm 0.55 \times 11.40-15.50 (13.54) \pm 1.63
ai1	5.20-6.70 (6.00) \pm 0.50 \times 5.80-8.80 (7.10) \pm 1.03
ai2	4.50-6.60 (5.76) \pm 0.74 \times 5.80-8.40 (7.06) \pm 0.89
ajr	5.50-9.10 (6.83) \pm 1.44 \times 6.80-13.10 (9.84) \pm 2.32
ajl	5.30-8.10 (7.07) \pm 1.19 \times 6.60-13.10 (9.13) \pm 2.11
akr	5.30-9.20 (6.66) \pm 1.35
akl	5.40-8.40 (6.50) \pm 0.96
alr	11.60-15.00 (13.66) \pm 1.29
all	11.20-15.40 (13.36) \pm 1.40
am1	14.60-20.50 (17.20) \pm 2.64
am2	15.40-23.00 (19.91) \pm 2.98
an	11.60-15.10 (13.34) \pm 2.27
ao	14.40-19.19 (17.20) \pm 2.06 \times 23.90-25.30 (24.69) \pm 0.42
aps	46.10-58.10 (50.19) \pm 4.10 \times
apt	49.50-62.10 (55.06) \pm 4.69

Što se tiče zubnog nastavka aksisa, prosečna vrednost njegovih gornjih (kranijalnih) prečnika je 10,23 mm \times 11,77 mm, a donjih (kaudalnih) prečnika je 9,77 mm \times 11,90 mm. Srednja vrednost visine densa je 16,73 mm. Prednja zglobna površina zubnog nastavka koja se, kako je spomenuto, zglobljava sa prednjim lukom atlasa, ima prosečne prečnike od 10,81 mm \times 9,04 mm. Zadnja zglobna površina, koja je u kontaktu s poprečnom vezom (*lig. transversum atlantis*), ima prosečne prečnike 9,14 mm \times 7,74 mm.

U vezi tela C2 pršljena, merena je njegova visina, kao i poprečni prečnici. Ustanovljeno je da visina prednje strane tela prosečno iznosi 21,96 mm, a visina zadnje strane je prosečno 18,39 mm. Gornji poprečni prečnik tela, meren u blizini baze zubnog nastavka, ima prosečnu vrednost od 23,46 mm, a srednja vrednost donjeg prečnika je 18,06 mm. Prosečni prečnici gornje zglobne površine aksisa, za zglobljavanje sa atlasom, iznose 15,43 mm \times 19,70 mm na desnoj strani, a 15,27 mm \times 19,19 mm na

levoj strani. Prečnici donje zglobne površine, za zglobljavanje sa 3. pršljenom, imaju prosečnu vrednost 10,81 mm × 13,49 mm na desnoj strani i 10,54 mm × 13,54 mm na levoj strani.

U vezi *foramena transversariuma*, ustanovljeno je da njegovi prosečni prečnici iznose 6,00 mm × 7,10 mm na desnoj strani, a 5,76 mm × 7,06 mm na levoj strani. Istovremeno, prečnici desnog *processusa transversus* imaju srednju vrednost od 6,83 mm × 9,84 mm, a levog poprečnog nastavka 7,07 mm × 9,13. Prosečna visina desne i leve lamine pršljenskog luka je ista i iznosi 13,66 mm. S druge strane, prosečna vrednost širine desne lamine je 6,66 mm, a leve lamine je 6,50 mm. Mediosagitalni prečnik luka, bez rtnog nastavka, ima srednju vrednost od 17,20 mm, a sa korenom tog nastavka prosečna vrednost prečnika je 19,91 mm. Visina rtnog nastavka (*processus spinosus*) iznosi prosečno 13,34 mm.

Najzad, sagitalni i poprečni prečnik *foramena vertebrale* aksisa imaju srednju vrednost od 17,20 mm i 24,69 mm. Prosečni sagitalni i poprečni prečnik čitavog aksisa iznose 50,19 mm i 55,06 mm.

4.2. Anatomska i radiološka ispitivanja na serijskim preparatima

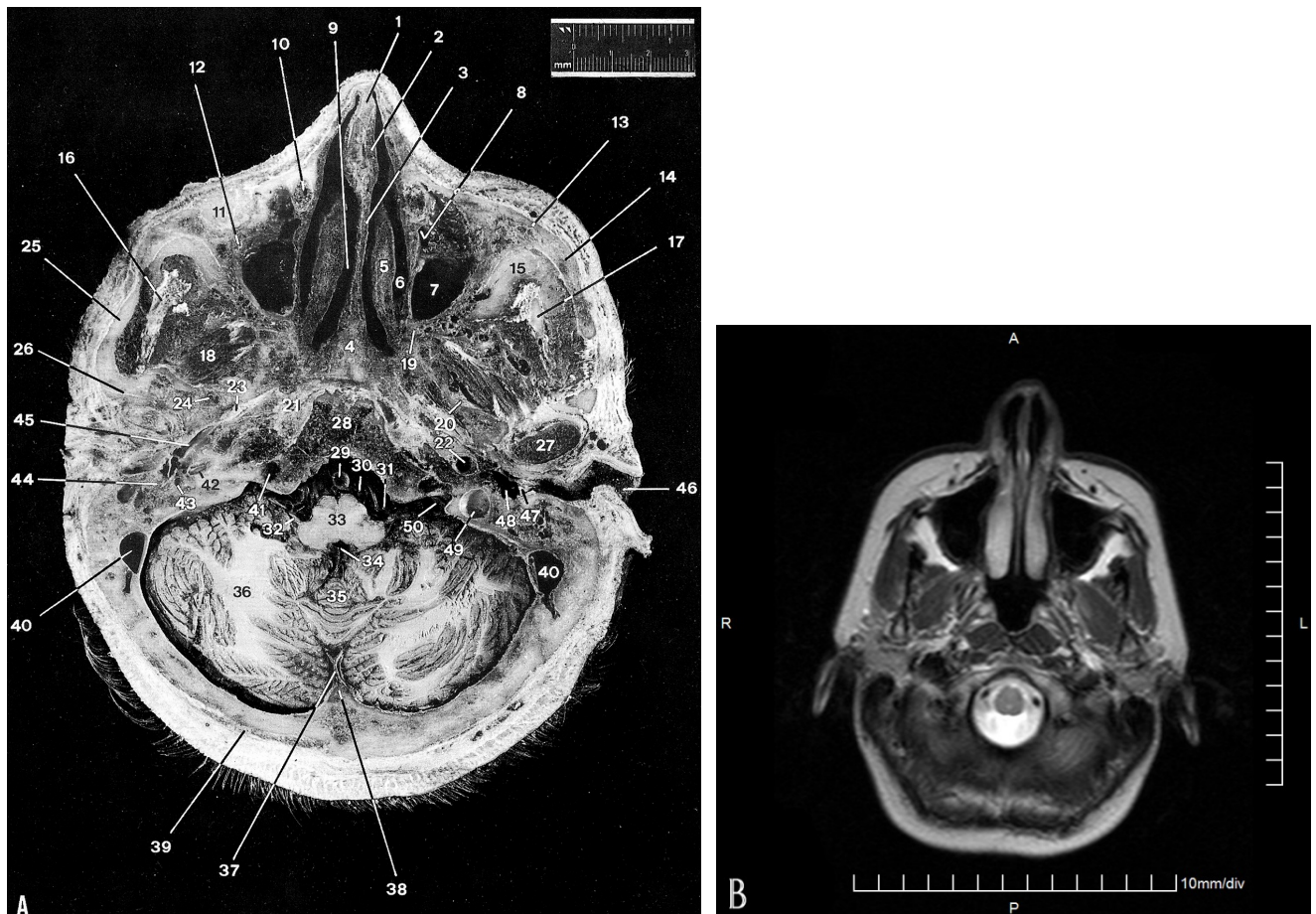
Serijski anatomske preseki kranio-cervikalnog prelaza napravljeni su u svim trima ravnima u prostoru: aksijalnoj (tj. horizontalnoj), koronalnoj i sagitalnoj. Međutim, najveći broj sekcija bio je moguć u aksijalnoj ravni, te su i priloženi ovi snimci. Pojedine slike iz drugih ravni postavljene su u raznim delovima ove disertacije.

4.2.1. Aksijalni preseki

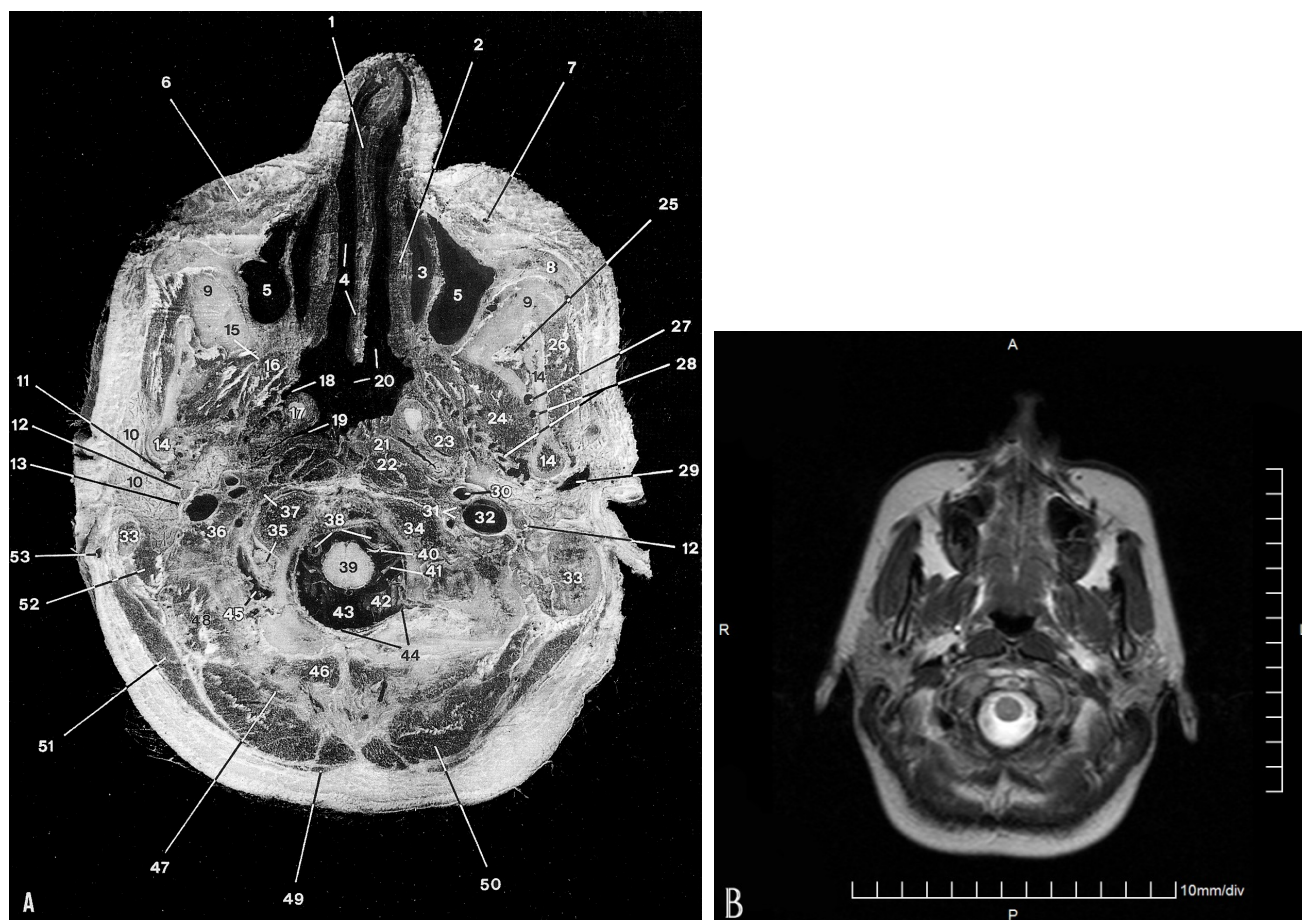
Ovi preseki su praćeni od *parsa basilaris* okcipitalne kosti kranijalno do tela aksisa (C2) (sl. 44A-47A). Istovremeno, dati su i uporedni MRI snimci približno u istim nivoima (sl. 44B-47B).

Presek kroz **bazilarni deo**, osim ovog segmenta okcipitalne kosti, pokazuje i *foramen jugulare*, *fossau jugularis*, *sinus petrosus inferior*, *canalis caroticus* i skvamu potiljačne kosti (sl. 44A i 44B) (str. 110). Zapažaju se i *medulla oblongata* sa olivom, *n. glossopharyngeus* i delovi *cerebelluma*.

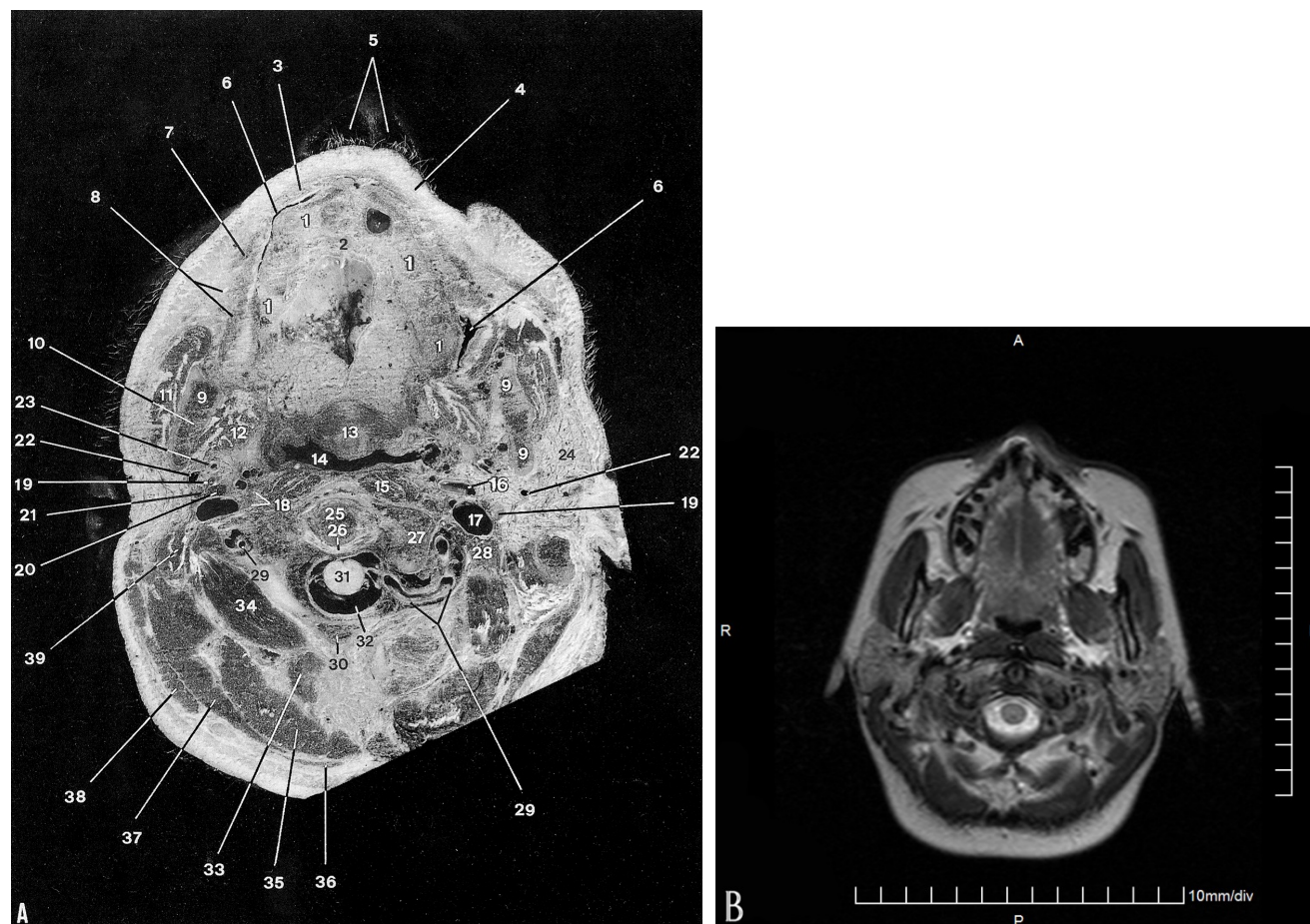
Na preseku kroz **okcipitalne kondile** (sl. 45A i 45B) vidi se, osim ova dva elementa, i deo *foramena magnuma* i atlanto-okcipitalnog zgloba. Zapažaju se i *bulbus v. cavae superioris*, *a. carotis interna*, *n. hypoglossus*, *radix spinalis n. accessorii*, *n. vagus* i desna i leva *a. vertebralis*. Tu je i kaudalni deo *medullae oblongatae*. Pojavljuju se i odgovarajući mišići u području CVJa, na primer *m. longus capitis* napred, kao i *m. rectus capitis posterior major* i *minor* pozadi. Napred se pojavljuje i *nasopharynx*.



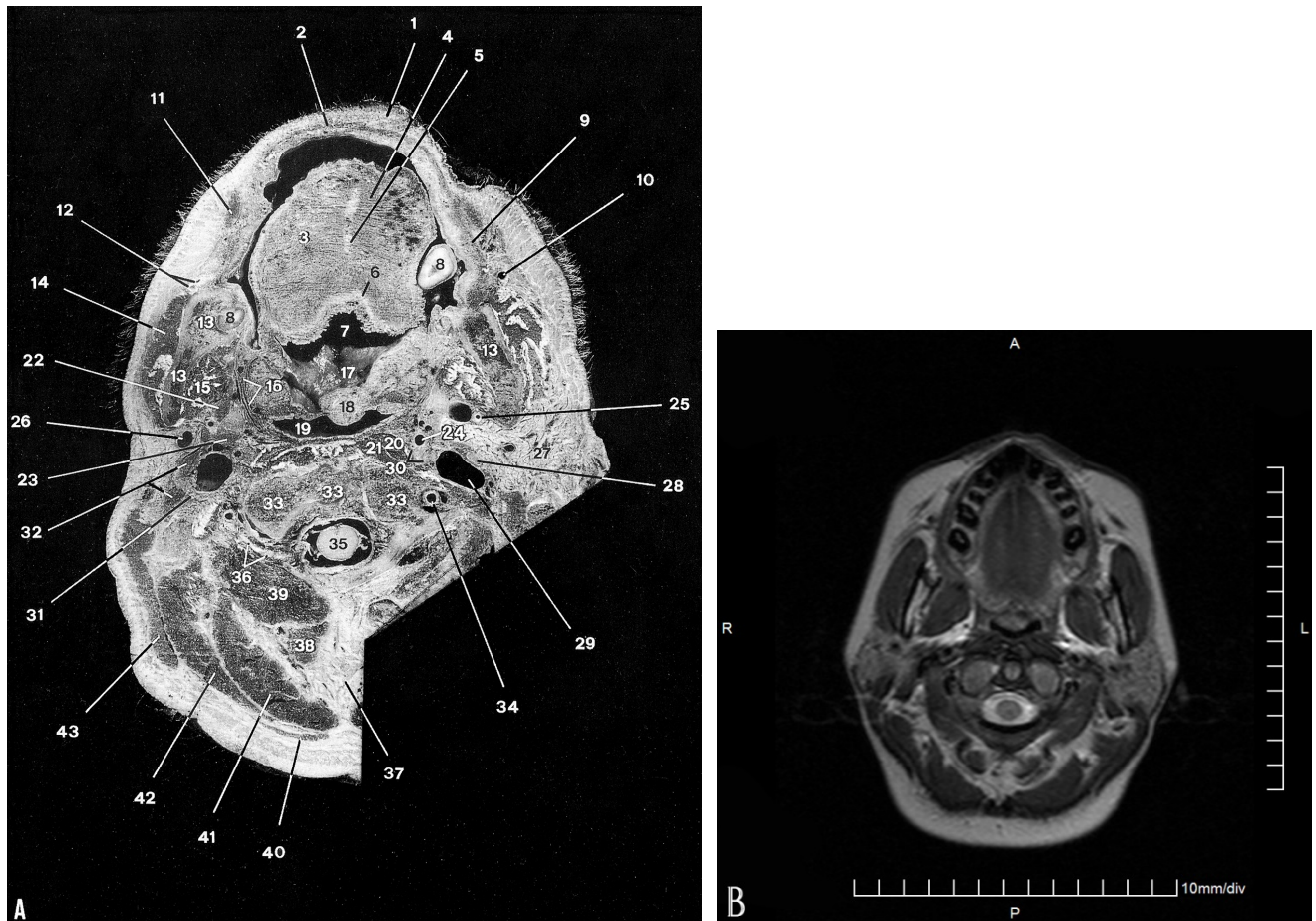
Slika 44A i 44B. Aksijalni anatomski presek kroz donji bazilarni deo okcipitalne kosti (44A) i sličan MRI presek (44B). (Ljubaznošću komentora). 1 – *cartilago septi nasi*; 2 – *tuberculum septi nasi*; 3 – *lamina perpendicularis ossis ethmoidalis*; 4 – *vomer*; 5 – *concha nasalis media*; 6 – *meatus nasi medius*; 7 – *sinus maxillaris*; 8 – *hiatus maxillaris*; 9 – *cavitas nasi*; 10 – *ductus nasolacrimalis*; 11 – *orbita*; 12 – *n. infraorbitalis*; 13 – *processus zygomaticus maxillae*; 14 – *os zygomaticum*; 15 – *corpus adiposum buccae*; 16 – *m. temporalis*; 17 – *processus coronoideus mandibulae*; 18 – *m. pterygoideus lateralis*; 19 – *n. maxillaris*; 20 – *n. mandibularis*; 21 – *foramen lacerum*; 22 – petrozni (C2) segment *a. carotis internae*; 23 – *tuba auditoria*; 24 – *foramen spinosum* i *a. meningea media*; 25 – *arcus zygomaticus*; 26 – *tuberculum articulare*; 27 – *caput mandibule*; 28 – *pars basilaris ossis occipitalis*; 29 – *a. basilaris*; 30 – *n. abducens*; 31 – *n. facialis* i *vestibulocochlearis*; 32 – *n. glossopharyngeus*; 33 – *medulla oblongata*; 34 – četvrta komora; 35 – *vermis cerebelli*; 36 – *hemispherium cerebelli*; 37 – *falx cerebelli*; 38 – *crista occipitalis interna*; 39 – *m. semispinalis capitis*; 40 – *sinus sigmoideus*; 41 – *sinus petrosus inferior*; 42 – *cochlea*; 43 – *vestibulum*; 44 – *n. facialis*; 45 – *canalis m. tensoris tympani*; 46 – *meatus acusticus externus*; 47 – *membrana tympani*; 48 – *cavitas tympani*; 49 – *bulbus superior v. jugularis internae*; 50 – *foramen jugulare*.



Slika 45A i 45B. Aksijalni anatomski presek kroz okcipitalni kondil (44A) i sličan MRI presek (44B). 1 – *septum nasi*; 2 – *concha nasalis inferior*; 3 – *meatus nasi inferior*; 4 – *cavitas nasi* i *vomer*; 5 – *sinus maxillaris*; 6 – *panniculus adiposus*; 7 – *v. facialis*; 8 – *processus zygomaticus maxillae*; 9 – retroantralno masno tkivo; 10 – *glandula parotidea*; 11 – *v. temporalis superficialis*; 12 – *processus styloideus*; 13 – *n. facialis*; 14 – *ramus mandibulae*; 15 – *processus pterygoideus*; 16 – *m. pterygoideus medialis*; 17 – *tuba auditoria*; 18 – *ostium pharyngeum tubae*; 19 – *recessus pharyngeus lateralis*; 20 – *nasopharynx* i *choana*; 21 – *m. constrictor pharyngis superior*; 22 – *m. longus capitis*; 23 – *m. levator veli palatini*; 24 – *m. pterygoideus lateralis*; 25 – *m. temporalis*; 26 – *m. masseter*; 27 – *v. maxillaris*; 28 – *a. maxillaris*; 29 – *v. retromandibularis*; 30 – *a. carotis interna*; 31 – *n. glossopharyngeus, vagus, accessorius* i *hypoglossus*; 32 – *v. jugularis interna*; 33 – *processus mastoideus*; 34 – *condylus occipitalis*; 35 – *articulatio atlantooccipitalis*; 36 – *m. rectus capitis lateralis*; 37 – *m. rectus capitis anterior*; 38 – desna i leva *a. vertebralis*; 39 – *medulla oblongata*; 40 – *n. hypoglossus*; 41 – *radix spinalis n. accessorii*; 42 – *tonsilla cerebelli*; 43 – *cisterna cerebellomedullaris (cisterna magna)*; 44 – *foramen magnum*; 45 – *v. emissaria condylaris*; 46 – *m. rectus capitis posterior minor*; 47 – *m. rectus capitis posterior major*; 48 – *m. obliquus capitis superior*; 49 – *m. trapezius*; 50 – *m. semispinalis capitis*; 51 – *m. sternocleidomastoideus*; 52 – *venter posterior m. digastrici*; 53 – *v. auricularis posterior*.



Slika 46A i 46B. Aksijalni anatomski presek kroz lateralnu masu atlasa i zubni nastavak aksisa (46A) i sličan MRI presek (46B). 1 – *processus alveolaris maxillae*; 2 – *palatum durum*; 3 – *m. orbicularis oris*; 4 – *labium oris superius*; 5 – *nares*; 6 – *vestibulum oris*; 7 – *m. zygomaticus major*; 8 – *m. buccinator* i *ductus parotideus*; 9 – *ramus mandibulae*; 10 – *foramen mandibulae*; 11 – *m. masseter*; 12 – *m. pterygoideus medialis*; 13 – *palatum mole*; 14 – *pharynx*; 15 – *m. longus capitis*; 16 – C1 segment *a. carot s interna*; 17 – *v. jugularis interna*; 18 – *n. glossopharyngeus, n. vagus* i *n. hypoglossus*; 19 – *processus styloideus*; 20 – *mm. styloidei*; 21 – *n. facialis*; 22 – *v. retromandibularis*; 23 – *a. carotis externa*; 24 – *glandula parotidea*; 25 – *dens axis*; 26 – *lig. transversum atlantis*; 27 – *massa lateralis atlasa*; 28 – *processus transverses atlantis*; 29 – *a. vertebralis*; 30 – *arcus posterior atlantis*; 31 – *medulla spinalis*; 32 – *spatium subarachnoidale*; 33 – *m. rectus capitis posterior major*; 34 – *m. obliquus capitis*; 35 – *m. semispinalis capitis*; 36 – *m. trapezius*; 37 – *m. splenius capitis*; 38 – *m. sternocleidomastoideus*; 39 – *venter posterior m. digastrici*.



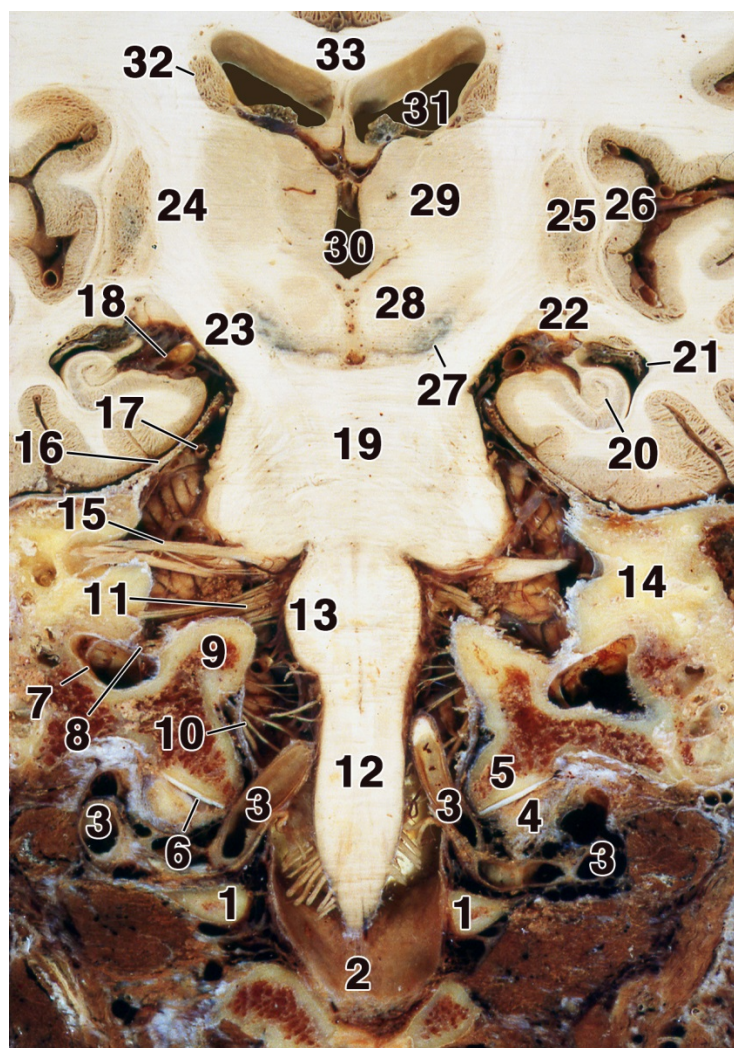
Slika 47A i 47B. Aksijalni anatomski presek kroz aksis (47A) i sličan MRI presek (sl. 47B). 1 – *labium oris inferius*; 2 – *m. orbicularis oris*; 3 – *lingua*; 4 – *m. genioglossus*; 5 – *septum linguae*; 6 – *aponeurosis linguae*; 7 – *cavitas oris*; 8 – *dens molaris*; 9 – *m. buccinator*; 10 – *v. facialis*; 11 – *m. depressor anguli oris*; 12 – *a. facialis*; 13 – *ramus mandibulae*; 14 – *m. masseter*; 15 – *m. pterygoideus medialis*; 16 – *m. constrictor pharyngis superior*; 17 – *palatum mole*; 18 – *uvula*; 19 – *oropharynx*; 20 – *m. longus capitis*; 21 – *m. longus cervicis*; 22 – *m. styloglossus*; 23 – *m. stylpharyngeus*; 24 – *a. carotis interna*; 25 – *a. carotis externa*; 27 – *v. retromendibularis*; 27 – *glandula parotidea*; 28 – *processus styloideus*; 29 – *v. jugularis interna*; 30 – *n. vagus* i *n. hypoglossus*; 31 – *n. accessorius*; 32 – *m. digastricus*; 33 – *axis*; 34 – *a. vertebralis*; 35 – *medulla spinalis*; 36 – *n. cervicalis III*; 37 – *ligamentum nuchae*; 38 – *m. rectus capitis posterior major*; 39 – *m. obliquus capitis inferior*; 40 – *m. trapezius*; 41 – *m. semispinalis capitis*; 42 – *m. splenius capitis*; 43 – *m. sternocleidomastoideus*.

Na preseku kroz **lateralnu masu** (C1 pršljen) (sl. 46A i 46B) zapažaju se ova dva dela atlasa, zatim njegov *processus transversus*, kao i deo prednjeg i zadnjeg luka, potom *a. vertebralis* i kičmena moždina. Vide se i *dens axis* i *lig. transversum atlantis*. U blizini su i *a. carotis interna* i *v. jugularis interna*, kao i delovi prevertebralnih i subokcipitalnih mišića.

Presek kroz **gornji deo aksis** prikazuje delove tela C2 pršljena (sl. 47A i 47B), a delimično i *processus transversus* i *foramen transversarium* sa vertebralnom arterijom. Naravno, u ovom nivou zapaža se *medulla spinalis*. I ovde se u blizini nalaze *a. carotis interna* i *v. jugularis interna*, kao i spomenuti mišići.

4.2.2. Koronalni preseci

Od nekoliko koronalnih preseka odabrali smo onaj koji prolazi kroz **foramen magnum** i čitavo moždano stablo (sl. 48). Ovaj presek zahvata i zadnji luk i masu lateralis atlasa, kao i kondile okcipitalne kosti, odn. *articulatio atlantooccipitalis*. Osim moždanog stabla i kranijalnog dela kičmene moždine, zapažaju se desna i leva *a. vertebralis*, prvi vratni živac (C1), *n. hypoglossus*, *accessorius* i *vagus*, deo *foramena jugulare* i *sinusa sigmoidea* i *tuberculum jugulare*. Zapažaju se i susedni kranijalni živci, kao i delovi CNSa i drugi elementi iznad tentorijuma malog mozga.



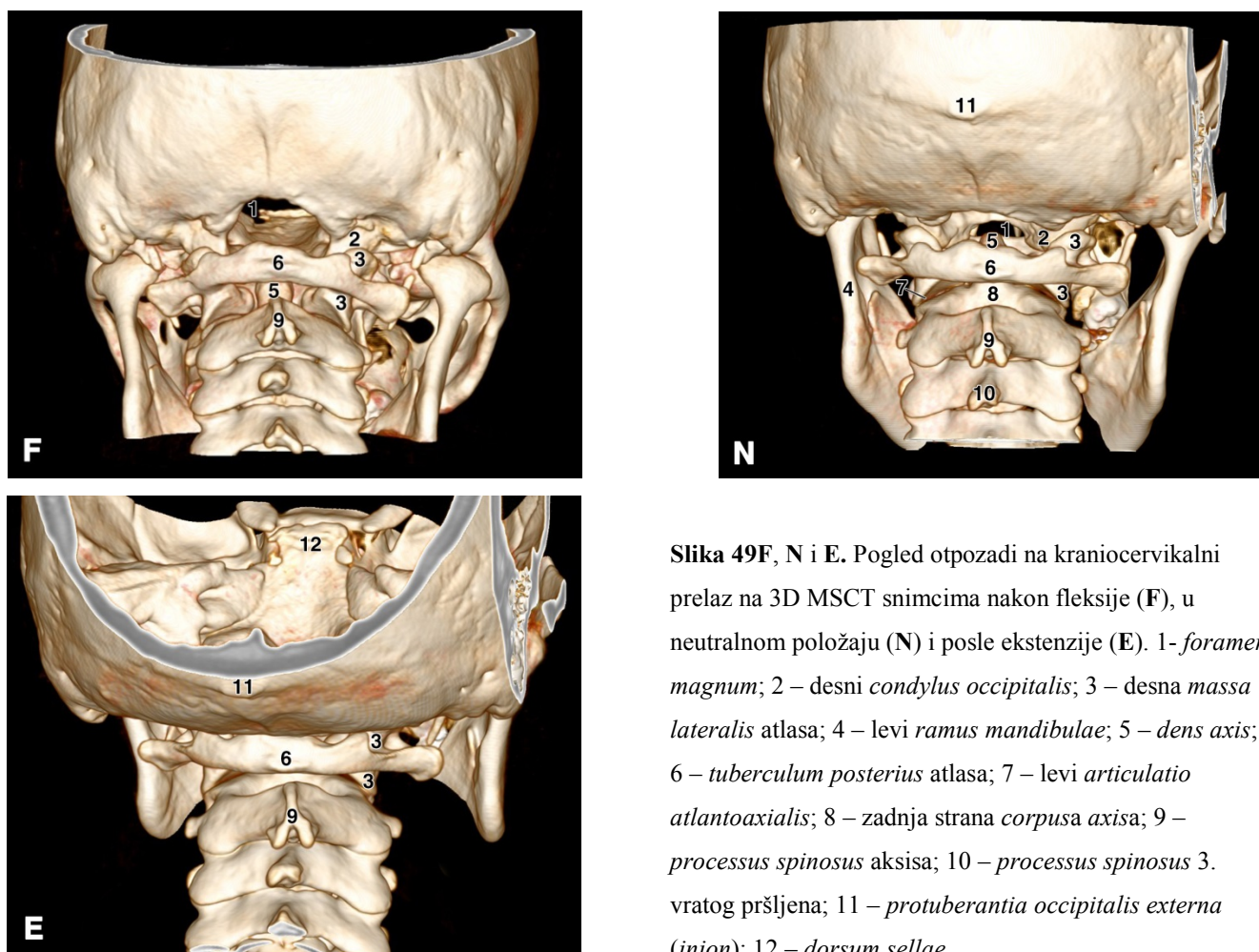
Slika 48. Koronalni i malo kosi presek vrata, glave i mozga. 1 – *arcus posterior atlantis*; 2 – *dura mater spinalis*; 3 – *a. vertebralis dextra* i *sinistra*; 4 – *massa lateralis atlasa*; 5 – *condylus occipitalis*; 6 – *articulatio atlantooccipitalis*; 7 – *sinus sigmoideus*; 8 – deo *foramena jugulare*; 9 – *tuberculum jugulare*; 10 – *radix spinalis n. accessorii*; 11 – *n. glossopharyngeus* i *n. vagus*; 12 – *medulla oblongata* i *nucleus olivaris inferior* (13); 14 – *pars petrosa* temporalne kosti; 15 – *n. facialis* i *n. vestibulocochlearis*, koji prolaze kroz *meatus acusticus internus*; 16 – *tentorium cerebelli*; 17 – *a. cerebelli superior*; 18 – *a. cerebri posterior*; 19 – *pons*; 20 – *formatio hippocampi*; 21 – *cornu inferius ventriculi lateralis*; 22 – *corpus geniculatum mediale i laterale*; 23 – *crus cerebri mezencefalona*; 24 – *crus posterius capsulae internae*; 25 – *putamen*; 26 – *insula*; 27 – *substantia nigra*; 28 – *nucleus ruber*; 29 – *thalamus*; 30 – *ventriculus tertius*; 31 – *pars centralis ventriculi lateralis*; 32 – *n. caudatus*; 33 – *corpus callosum*.

4.2.3. Sagitalni preseci

I ovde je odabran ključni presek kroz *foramen magnum* (sl. 38). Vide se ivice foramena magnuma, zadnji luk atlasa, njegov prednjo-lateralni deo, jedan segment densa aksisa i bazilarni deo okcipitalne kosti. Ove strukture se nalaze oko kranijalnog dela kičmene moždine, produžene moždine i ponsa, kao i tonzile cerebeluma i njegove susedne delove, uključujući i *vermis*. Ispred moždanog stabla pruža se *a. basilaris*. Iza ovih struktura leže mišići *regio nuchae*, a ispred su prevertebralni mišići i farinks.

4.3. Ispitivanje kranio-cervikalnog prelaza pomoću multislajsnog CT skenera

Proučavanje spoja je izvršeno u grupi od 22 volontera u multislajsnom CT aparatu i s naknadnom 3D rekonstrukcijom lobanje i cervikalnog dela kičmenog stuba. Između ostalog, izračunate su razlike

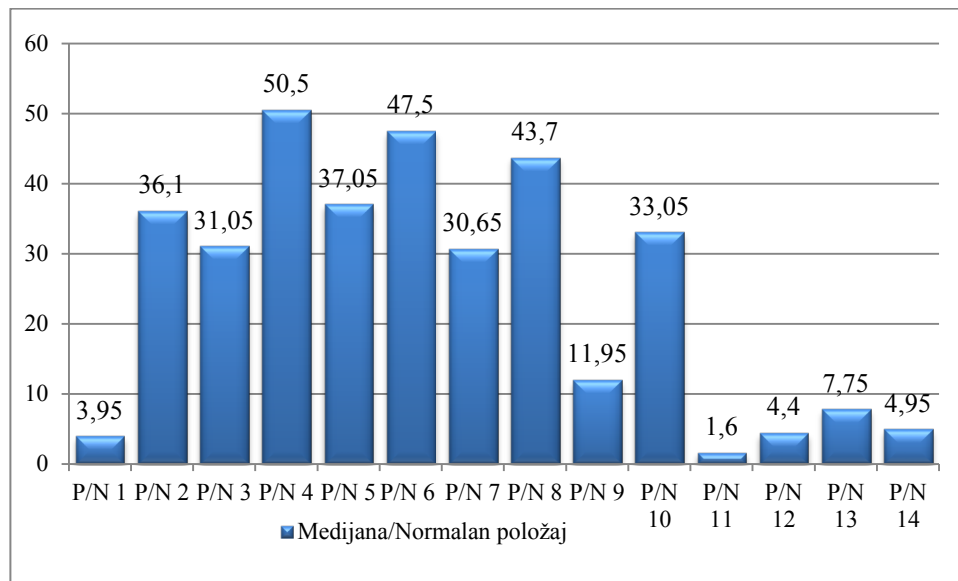


Slika 49F, N i E. Pogled otpozadi na kranio-cervikalni prelaz na 3D MSCT snimcima nakon fleksije (F), u neutralnom položaju (N) i posle ekstenzije (E). 1-*foramen magnum*; 2 – desni *condylus occipitalis*; 3 – desna *massa lateralis* atlasa; 4 – levi *ramus mandibulae*; 5 – *dens axis*; 6 – *tuberculum posterius* atlasa; 7 – levi *articulatio atlantoaxialis*; 8 – zadnja strana *corpora axisa*; 9 – *processus spinosus* aksisa; 10 – *processus spinosus* 3. vratog pršljenja; 11 – *protuberantia occipitalis externa* (inion); 12 – *dorsum sellae*.

pojedinih parametara (od 1 do 14) u normalnom položaju (tabela 4) (grafikon 1) i fleksiji, odnosno ekstenziji. Da bi se ilustrovale razlike u ova tri položaja, uradili smo 3D rekonstrukciju u svakog pacijenta i uporedo prikazali položaj lobanje i vratnih pršljenova u neutralnom položaju, fleksiji i ekstenziji (sl. 49).

Table 4. Rastojanja (mm) u predelu kranio-cervikalnog prelaza u neutralnom položaju

Para- metri	Min-maks (X)±SD	95% Interval poverenja
1	1.50-8.20 (3.95)±1.49	3.28-4.61
2	30.00-44.10 (36.10)±3.40	35.33-38.35
3	27.10-38.50 (31.05)±2.88	30.29-32.84
4	41.40-57.50 (50.50)±4.97	47.50-51.91
5	30.60-43.00 (37.05)±2.88	36.07-38.62
6	40.20-57.80 (47.50)±3.74	46.44-49.76
7	27.20-36.70 (39.65)±2.66	30.06-32.41
8	38.10-51.50 (43.70)±3.57	42.73-45.89
9	5.80-20.00 (11.95)±3.11	10.01-12.78
10	28.50-40.50 (33.05)±2.99	32.24-34.89
11	-4.10-6.30 (1.60)±2.19	0.71-2.65
12	2.10-7.10 (4.40)±1.34	3.79-4.98
13	3.50-11.70 (7.75)±2.39	6.34-8.46
14	1.90-9.10 (4.95)±1.71	4.18-5.69



4.3.1. Parametri u fleksiji

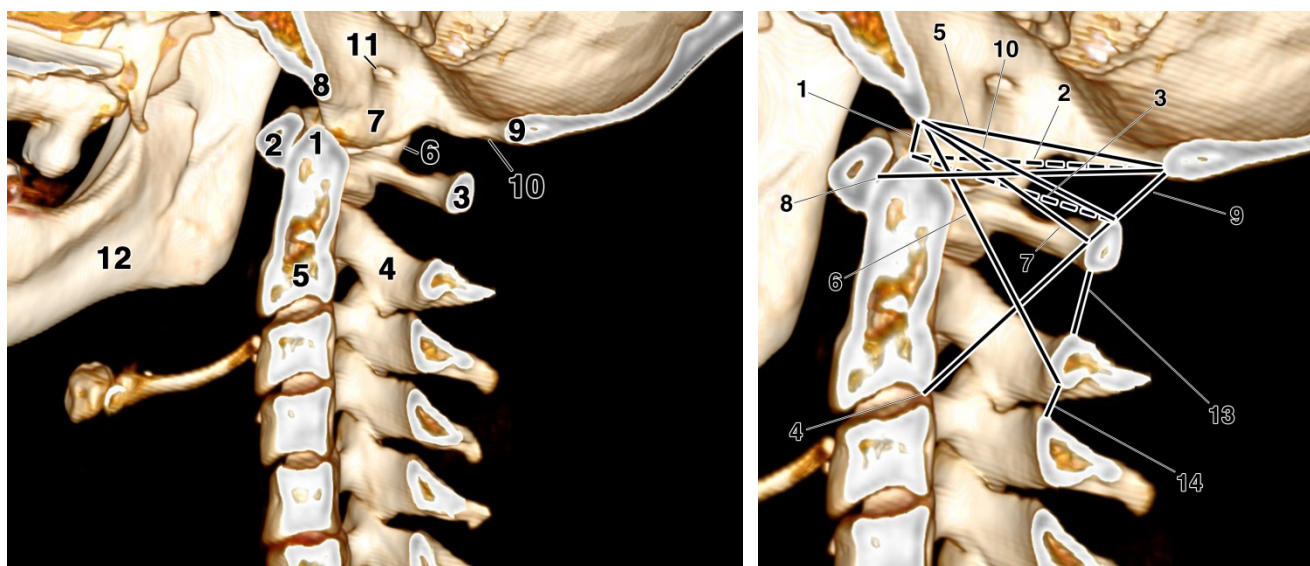
Da bi bilo jasno koji su parametri mereni, naznačene su morfometrijske tačke na mediosagitalnom preseku kraniovertebralnog spoja (sl. 50). Spomenuti parametri obeleženi su sukcesivno brojkama od 1 do 14 (sl. 51). Parametri su prikazani na tabeli 5 i grafikonu 2.

Parametar 1 predstavlja najkraću distancu između vrha *densa axisa* i *basiona*, tj. prednje središnje tačke *foramena magna* (sl. 49). Njegova vrednost u neutralnom položaju vrata i glave iznosila je 1,50-8,20 mm ($X=3,95$ mm) (tabela 4). Vrednost se smanjuje u fleksiji, i to u rasponu od 1,20 mm do 7,80 mm ($X=3,35$ mm) (tabela 5). Razlika između vrednosti neutralnog položaja i fleksije je 0,1-2,7 mm ($X=0,84$ mm). Očigledno je da su u toku fleksije međusobno bliži vrh *densa* i *basion* (sl. 52F). Statistička analiza je pokazala značajnu razliku između podataka u neutralnom položaju i fleksiji ($p<0,002$).

Parametar 2 je, zapravo, razmak između vrha *densa axisa* i *opisthiona*, tj. zadnje središnje tačke *foramena magna*. Ovaj parametar je kraći u fleksiji u odnosu na neutralni položaj ($X=0,99$ mm) u većine osoba, ali su podaci bez statističke značajnosti.

Parametar 3 je distanca između vrha *densa* i gornje (kranijalne) ivice zadnjeg luka atlasa. I ovaj parametar je kraći u fleksiji ($X=1,10$ mm) u većine ispitanika, ali, takođe, bez statističke značajnosti.

Parametar 4 je razmak između baze tela aksisa (C2 pršljena) i *opisthiona*. Ovaj parametar je veći nakon fleksije ($X=3,11$ mm).



Slika 50. Važne morfometrijske tačke na 3DMSCT mediosagitalnom preseku kraniocervikalnog prelaza. 1 – vrh densa; 2 – prednji i (3) zadnji luk atlasa; 4 – luk aksisa; 5 – telo aksisa; 6 – desna lateralna masa; 7 – desni okcipitalni kondil; 8 – bazion; 9 – opistion; 10 – foramen magnum; 11 – kanal hipoglosnog živca; 12 – mandibula.

Slika 51. Prikaz nekih od parametara kraniocervikalnog prelaza. Zapaziti distance između vrha densa i baziona (1), kao i opistiona (2) i gornje ivice zadnjeg luka atlasa (3). Zapaziti i razmake između baze densa i opistiona (4), baziona i opistiona (5), baziona i korena *processusa spinosusa* aksisa (6), baziona i sredine zadnjeg luka atlasa (7), središnje tačke prednjeg luka atlasa i opistiona (8), opistiona i zadnjeg luka atlasa (9), baziona i gornje ivice zadnjeg luka atlasa (10), zadnjeg luka atlasa i luka aksisa (13), kao i *processusa spinosusa* aksisa i 3. vratnog pršljena (14). (Distance 11 i 12 opisane su u tekstu).

Parametar 5 predstavlja, zapravo, mediosagitalni prečnik *foramena magnuma*. Jasno je da je ovaj parametar nepromenljiv u raznim položajima glave. Dakle, njegova vrednost ($X=37,05$ mm) je ista u neutralnoj poziciji i fleksiji.

Parametar 6 je razmak između baziona okcipitalne kosti i donje ivice luka C2 pršljena (sl. 51). On se smanjuje u toku fleksije ($X=1,66$ mm) (tabela 1), što pokazuje statističku značajnost ($p<0,035$).

Parametar 7 predstavlja distancu od baziona foramena magnuma do najanteriornije tačke zadnjeg luka atlasa (C1 pršljena). Parametar je u većine ispitanika kraći nakon fleksije ($X=0,74$ mm) u većine volontera. Statistička značajnost nije zapažena u vezi ovog parametra između neutralnog položaja i fleksije, ali je registrovana u vrednosti između fleksije i ekstenzije ($p<0,05$).

Parametar 8 je razmak između opistiona okcipitalne kosti prednjeg luka atlasa u nivou zglobne površine za dens aksisa. On je bio duži nakon fleksije ($X=1,27$ mm) u većine osoba. Dobijeni rezultati nemaju statističku značajnost, ali, kao i u prethodnom parametru, razlika je značajna između fleksije i ekstenzije.

Table 5. Rastojanja (mm) u predelu kraniocervikalnog prelaza u fleksiji.

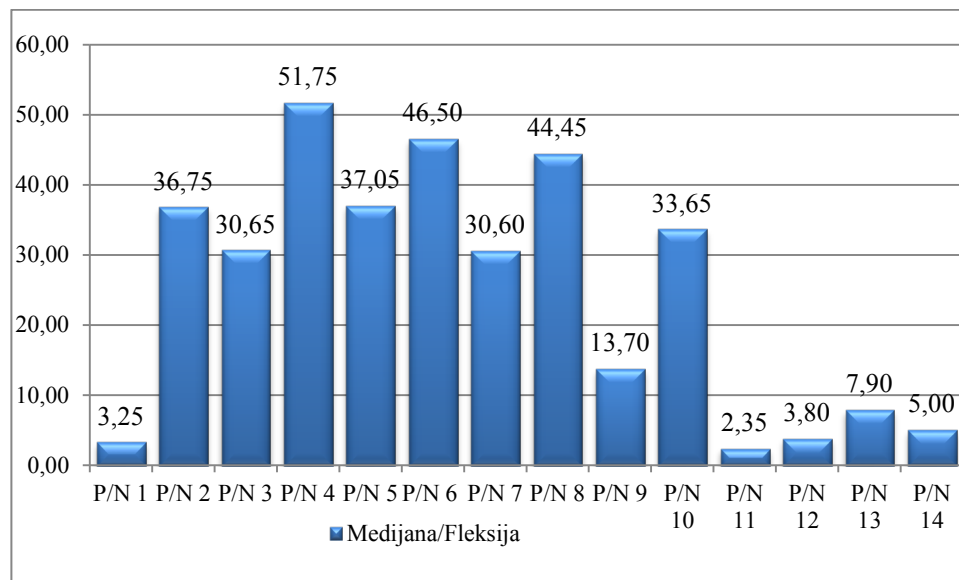
Para-	Min-maks (X)±SD	95% Interval
metri		poverenja
1	1,20-7,80 (3,25)±1,51	2,68-4,02
2	27,80-43,20 (36,75)±3,44	34,86-37,91
3	26,90-37,20 (30,65)±2,68	30,00-32,38
4	43,70-61,60 (51,75)±4,57	49,13-53,18
5	30,60-43,00 (37,05)±2,88	36,07-38,62
6	40,20-57,10 (46,50)±4,23	45,33-49,08
7	26,70-37,50 (30,60)±2,78	29,83-32,29
8	37,50-50,90 (44,45)±3,47	43,18-46,26
9	7,50-23,00 (13,70)±3,36	11,71-14,69
10	28,60-38,10 (33,65)±2,46	32,61-34,78
11	-1,70-6,90 (2,35)±1,94	1,41-3,13
12	1,20-7,50 (3,80)±1,81	3,22-4,82
13	3,90-12,40 (7,90)±2,40	7,02-9,15
14	1,80-8,70 (5,00)±1,85	4,53-6,18

Parametar 9 povezuje opistion i gornju (kranijalnu) ivicu zadnjeg luka atlasa. I on je uvećan nakon fleksije (X=2,18 mm), što je statistički visoko značajno (p<0,0001).

Parametar 10 se pruža između baziona foramena magnuma i kranijalne ivice zadnjeg luka atlasa. Ovaj parametar je bio kraći (X=0,83 mm) u polovine ispitanika, a duži (X=0,82 mm) u drugoj polovini grupe volontera. Dobijeni rezultati nemaju statističku značajnost.

Parametar 11 predstavlja horizontalni razmak između baziona okcipitalne kosti i uzdužne ose densa aksisa koja je produžena kroz foramen magnum. U volontera s pozitivnom vrednošću ovog parametra, vrh densa C2 pršljena nalazi se ispod, ali i iza baziona (72.7%), i to na prosečnom rastojanju od 2,65 mm. Ovaj parametar je kraći nakon fleksije (X=1,07 mm) u poređenju sa neutralnim

položajem u polovine ispitanika. Međutim, on je malo duži ($X=0,99$ mm) ili je nepromenjen u preostalim volonterima. Inače, vrh densa se retko nalazi ispod i u nivou baziona. U osoba sa negativnim vrednostima parametra (9,1%), vrh densa je lokalizovan ne samo ispod već i malo ispred nivoa baziona. U svakom slučaju, postoji značajna statistička razlika ovog parametra u neutralnom položaju i u fleksiji ($p<0,047$).



Parametar 12 predstavlja vertikalni prečnik koji se pruža između mesta preseka linije parametra 11 i uzdužne ose densa C2 pršljena. Ovaj parametar je kraći nakon fleksije (za $X=1,35$ mm).

Parametar 13 je razmak između zadnjeg luka atlasa (C1) i luka C2 pršljena. On je duži nakon fleksije (za $X= 1,32$ mm).

Parametar 14 je sličan prethodnome, ali predstavlja rastojanje između lukova C2 i C3 pršljenova. I on je duži nakon fleksije (za $X=1,44$ mm) u većine ispitanika.

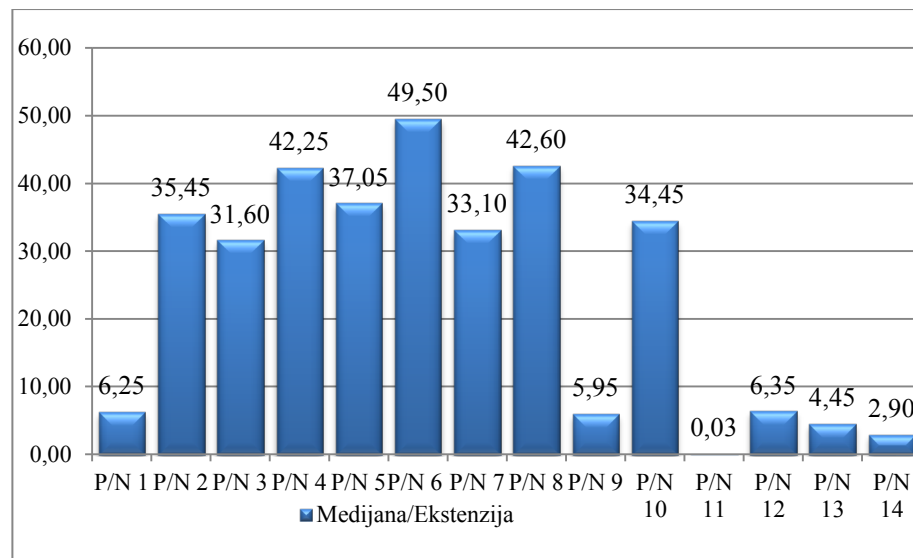
4.3.2. Parametri u ekstenziji

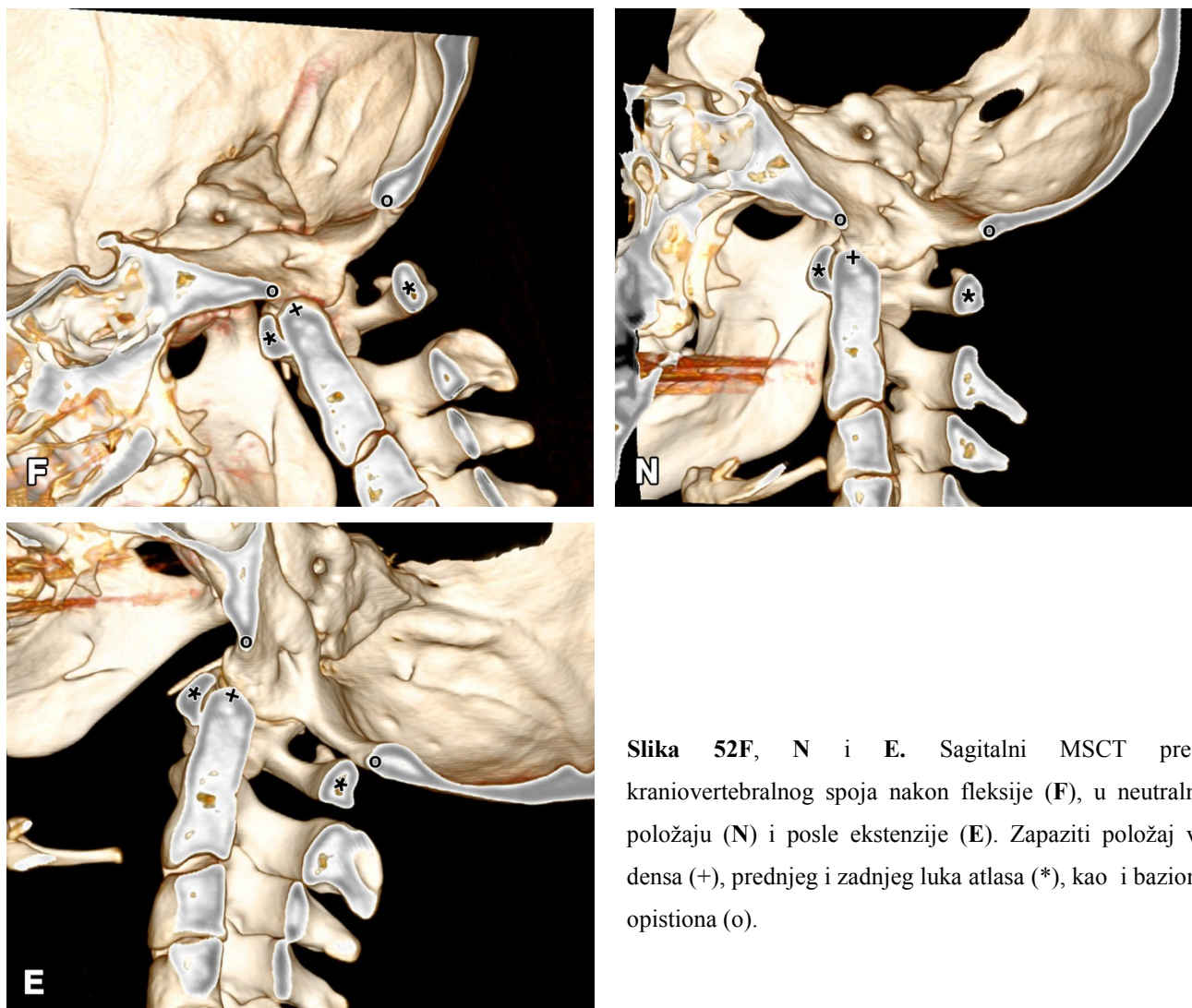
I ovde je ispitano istih 14 parametara (sl. 50 i 51) (tabela 6). Pošto su njihove definicije navedene u prethodnom odeljku, sada ćemo prikazati samo njihove vrednosti u okviru ekstenzije.

Parametar 1, nakon postavljanja vrata i glave u ekstenziju, bio je duži, prosečno, za 2,81 mm, što ima visoku statističku značajnost ($p<0,0001$). Drugim rečima, vrh densa C2 pršljena je udaljeniji od baziona u ekstenziji nego u neutralnom položaju (sl. 52E).

Table 6. Rastojanja (mm) u predelu kraniocervikalnog prelaza u ekstenziji.

Para- metri	Min-maks (X)±SD	95% Interval poverenja
1	3.10-11.00 (6.44) ±2.05	5.53-7.35
2	28.90-44.80(36.40) ±3.86	34.69-38.11
3	26.80-38.00(31.41) ±2.93	30.11-32.71
4	34.40-60.10(42.81) ±6.47	39.94-45.68
5	30.60-43.00(37.35) ±2.88	36.07-38.62
6	41.10-53.80(49.22) ±3.50	47.67-50.77
7	27.80-39.20(32.91) ±3.02	31.57-34.25
8	37.00-51.00(42.60) ±3.69	40.97-44.24
9	1.00-27.10(7.12) ±5.42	4.72-9.52
10	28.20-39.40(33.93) ±2.91	32.64-35.22
11	-8.60-4.50(-0.15) ±2.69	-1.34-1.04
12	2.60-10.10(6.13) ±1.94	5.27-6.99
13	1.30-13.60(4.96) ±2.82	3.72-6.21
14	0.90-7.00(3.31) ±1.59	2.61-4.02





Slika 52F, N i E. Sagitalni MSCT preseki kraniovertebralnog spoja nakon fleksije (F), u neutralnom položaju (N) i posle ekstenzije (E). Zapaziti položaj vrha densa (+), prednjeg i zadnjeg luka atlasa (*), kao i baziona i opisthiona (o).

Parametar 2 pokazivao je različite vrednosti. Naime, u nekih ispitanika on je bio kraći (za $X=1,44$ mm), a u drugih malo duži (za $X=0,81$ mm).

Parametar 3 bio je sličan prethodnom parametru. On je češće imao nešto veću vrednost (za $X=0,63$ mm), a ređe je bio kraći ($X=1,30$ mm).

Parametar 4 pokazivao je izraženo smanjenje vrednosti, i to, prosečno, 8,16 mm, što ima izrazitu statističku značajnost ($p<0,0001$).

Parametar 5, to jest mediosagitalni prečnik foramena magnuma, bio je nepromenjen, kako je spomenuto u odeljku o fleksiji.

Parametar 6 bio je nakon ekstenzije veći ($X=2,40$ mm) u odnosu na neutralni položaj. Ovo ima odgovarajuću statističku značajnost ($p<0,035$).

Parametar 7 takođe je bio veći u ekstenziji ($X=1,77$ mm), što ima visoku statističku značajnost ($p<0,0001$).

Parametar 8 bio je duži u ekstenziji ($X=3,58$ mm) u većine ispitanika, a ređe je imao manju vrednost ($X=1,6$ mm).

Parametar 9 je pokazivao izrazito skraćenje nakon ekstenzije ($X=5,39$ mm). Ovo je imalo visoku statističku značajnost ($p<0,0001$).

Parametar 10, suprotno prethodnome, bio je duži nakon ekstenzije ($X=1,14$ mm).

Parametar 11 bio je kraći posle ekstenzije (za $X=2,73$ mm), što je takođe pokazivalo visoku statističku značajnost ($p<0,0001$). U ovim slučajevima, vrh densa C2 pršljena pomerao se napred u odnosu na bazion u 45,5% ispitanika, ali je u nekih bio dole i u nivou baziona (22.7%).

Parametar 12 je bio duži nakon ekstenzije (za $X=2,01$ mm), i to u svih osoba. I ovde je postojala izrazita statistička značajnost ($p<0,0001$).

Parametar 13, slično parametru 9, bio je kraći posle ekstenzije ($X=3,09$ mm).

Parametar 14 takođe je imao manju vrednost ($X=1,78$ mm). Očigledno je da parametri 9, 13 i 14 predstavljaju rastojanje između lukova C1, C2 i C3 pršljenova, zbog čega su sva tri skraćena pri ekstenziji.

4.3.3. Uglovi u fleksiji i ekstenziji

Merena su dva ugla koja su označena grčkim slovima i čije vrednosti su prikazane na tabeli 7.

Ugao α je imao teme na opistionu. Njegov gornji krak predstavljao je spomenuti mediosagitalni prečnik foramena magnuma. Donji krak ugla prolazio je kroz vrh densa C2 pršljena.

Table 7. Vrednosti uglova ($^{\circ}$) u tri položaja vratne kičme.

Položaj	Uglovi	Min-maks (X) \pm SD	95% Interval poverenja
neutralni	ugao α	1.0-9.0 (6.09) \pm 2.00	5.21-6.98
	ugao β	29.0-47.0 (37.32) \pm 4.24	35.44-39.20
fleksija	ugao α	2.0-9.0 (5.00) \pm 1.85	4.18-5.82
	ugao β	27.0-41.0 (33.95) \pm 3.96	32.20-35.71
ekstenzija	ugao α	1.0-15.0 (9.32) \pm 3.15	7.92-10.72
	ugao β	31.0-51.0 (42.91) \pm 5.76	40.35-45.46

Ovaj ugao nakon fleksije smanjivao se od 1° do 3° ($X=1,59^{\circ}$) (tabela 7). Međutim, posle izvršene ekstenzije ugao je bio uvećan od 1° do 8° ($X=3,18^{\circ}$). U oba slučaja bila je jako izražena statistička značajnost ($p<0,001$).

Ugao β nalazio se ispod prethodnog ugla. Njegovo teme je bilo u nivou donje (kaudalne) ivice zadnje strane aksisa (C2). Prednji krak ugla išao je zadnjom stranom aksisa, a zadnji krak je prolazio kroz opistion okcipitalne kosti.

Ovaj ugao je bio manji nakon fleksije, i to za 1° - 11° ($X=3,36^{\circ}$). S druge strane, bio je veći posle izvršene ekstenzije za 1° do 24° ($X=7,10^{\circ}$). I ovde je zapažena visoka statistička značajnost ($p<0,001$).

Na bazi merenih parametara jasno je da su različiti odnosi koštanih komponenti kraniocervikalnog prelaza u neutralnom položaju, fleksiji i ekstenziji. To se najbolje vidi na uporednim mediosagitalnim presecima u ove tri pozicije u iste osobe (sl. 52). Jasno se zapaža da su vrh densa i prednji luk atlasa mnogo bliži bazionu nego u neutranom položaju, kao i da su lukovi pršljenova udaljeniji od opistiona (sl. 52F). S druge strane, nakon ekstenzije vrh densa i prednji luk atlasa mnogo su udaljeniji od baziona, a lukovi pršljenova mnogo su bliži opistionu (sl. 52E). Zadnji luk atlasa gotovo dodiruje okcipitalnu kost.

4.4. Ispitivanje kraniocervikalnog prelaza pomoću magnetne rezonance

Magnetnarezonantno snimanje („magnetic resonance imaging“ – MRI) je od izuzetnog značaja jer prikazuje sve strukture u kraniovertebralnom predelu, uključujući i meka tkiva, a posebno delove centralnog nervnog sistema u tom nivou.

4.4.1. Morfometrijsko ispitivanje struktura kraniocervikalnog spoja

Ova ispitivanja odnose se na razne vrednosti dimenzija okcipitalnog kondila, atlasa, aksisa i okolnih struktura. Sve ove vrednosti prikazane su ranije, tj. u okviru morfometrijskih proučavanja u oblasti anatomije i multislajsnog CT snimanja.

4.4.2. Statistička analiza parametara koštanih struktura, moždanog stabla i kičmene moždine

Ispitivanje je obavljeno na 6 volontera životnog doba od 29 do 41 godine (prosečno 34.8 godina). Snimanje kraniovertebralnog spoja izvršeno je u sagitalnoj ravni, i to u neutralnom položaju (tabela 8), kao i posle fleksije (tabela 9), odnosno ekstenzije (tabela 10) (sl. 53). Zatim je na elektronskoj verziji snimaka obavljeno morfometrijsko ispitivanje. Dobijeni rezultati, kao što je upravo navedeno, prikazani su tabelarno, uključujući i podatke iz statističke analize.

Table 8. Merenja (mm) u neutralnom položaju vratne kičme.

Para- metri	Min-maks (X)±SD	95% Interval poverenja	
		donja	gornja gramica
a	3.8-8.1 (6.58)±1.54	4.97	8.19
c	8.6-11.9 (10.23)±1.29	8.88	11.59
e	5.4-8.1 (6.52)±1.22	5.24	7.79
g	16.7-23.2 (19.53)±2.40	17.01	22.06
i	2.4-3.6 (3.03)±0.49	2.52	3.55
j	3.4-5.6 (4.48)±0.85	3.59	5.38
l	1.9-5.0 (3.7)±1.09	2.55	4.85
m	0.0-3.1(1.72)±1.13	0.53	2.91
n	1.5-2.8 (2.45)±0.48	1.95	2.95
o	0.0-4.6 (2.25)±1.62	0.55	3.95
p	1.8-3.1 (2.38)±0.43	1.94	2.83
q	1.4-5.8 (2.83)±1.71	1.04	4.63
r	0.9-3.5 (2.53)±0.88	1.61	3.45
s	0.8-4.8 (1.98)±1.46	0.45	3.51

Mereni parametri navedeni su na sl. 54. Na ilustraciji su prikazani parametri koji su obeleženi abecedno, i to od „a“ do „s“. Glavnicilj je bio da se prouči ponašanje moždanog stabla i cervikalnog dela kičmene moždine u normalnom položaju glave, kao i pri fleksiji i ekstenziji u kranio-cervikalnom prelazu.

Merenja su obuhvatala sledeće parametre:

- rastojanje od *clivusa* baze lobanje do ventralne strane ponsa (**a**), i to na liniji koja polazi od *fastigioma* četvrte komore i pruža se perpendikularno na ravan *fossae rhomboideae* (sl. X1);
- prečnik kaudalne polovine moždanog mosta (*pons*) na istoj liniji (**b**);

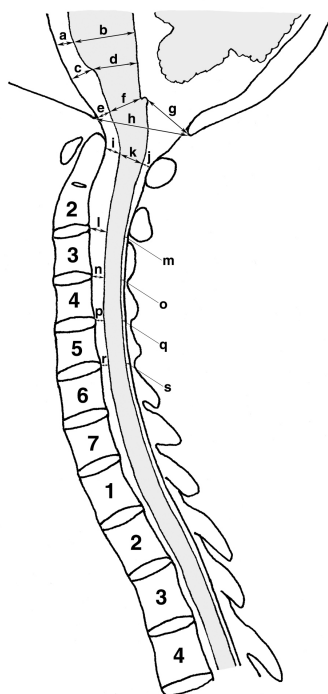
Table 9. Merenja (mm) nakon fleksije vratne kičme.

Para- metri	Min-maks (X)±SD	95% Interval poverenja	
		donja	gornja granica
a	3.10-7.10 (5.92)±1.53	4.31	7.52
c	9.80-12.60 (11.40)±1.09	10.25	12.55
e	1.50-8.90 (6.17)±2.62	3.42	8.92
g	16.00-21.10 (18.22)±2.36	15.74	20.70
i	1.70-3.00 (2.28)±0.58	1.67	2.89
j	3.10-6.50 (4.63)±1.49	3.06	6.20
l	2.80-5.50 (4.17)±0.97	3.15	5.18
m	0.00-2.30 (1.27)±0.83	0.40	2.14
n	1.30-2.90 (2.22)±0.71	1.47	2.97
o	0.60-3.30 (2.38)±0.96	1.38	3.39
p	0.90-2.20 (1.43)±0.43	0.98	1.89
q	1.30-5.90 (3.55)±1.57	1.90	5.20
r	1.40-2.70 (2.17)±0.55	1.59	2.74
s	1.20-5.00 (2.63)±1.49	1.07	4.20

Table 10. Merenja (mm) posle ekstenzije vratne kičme.

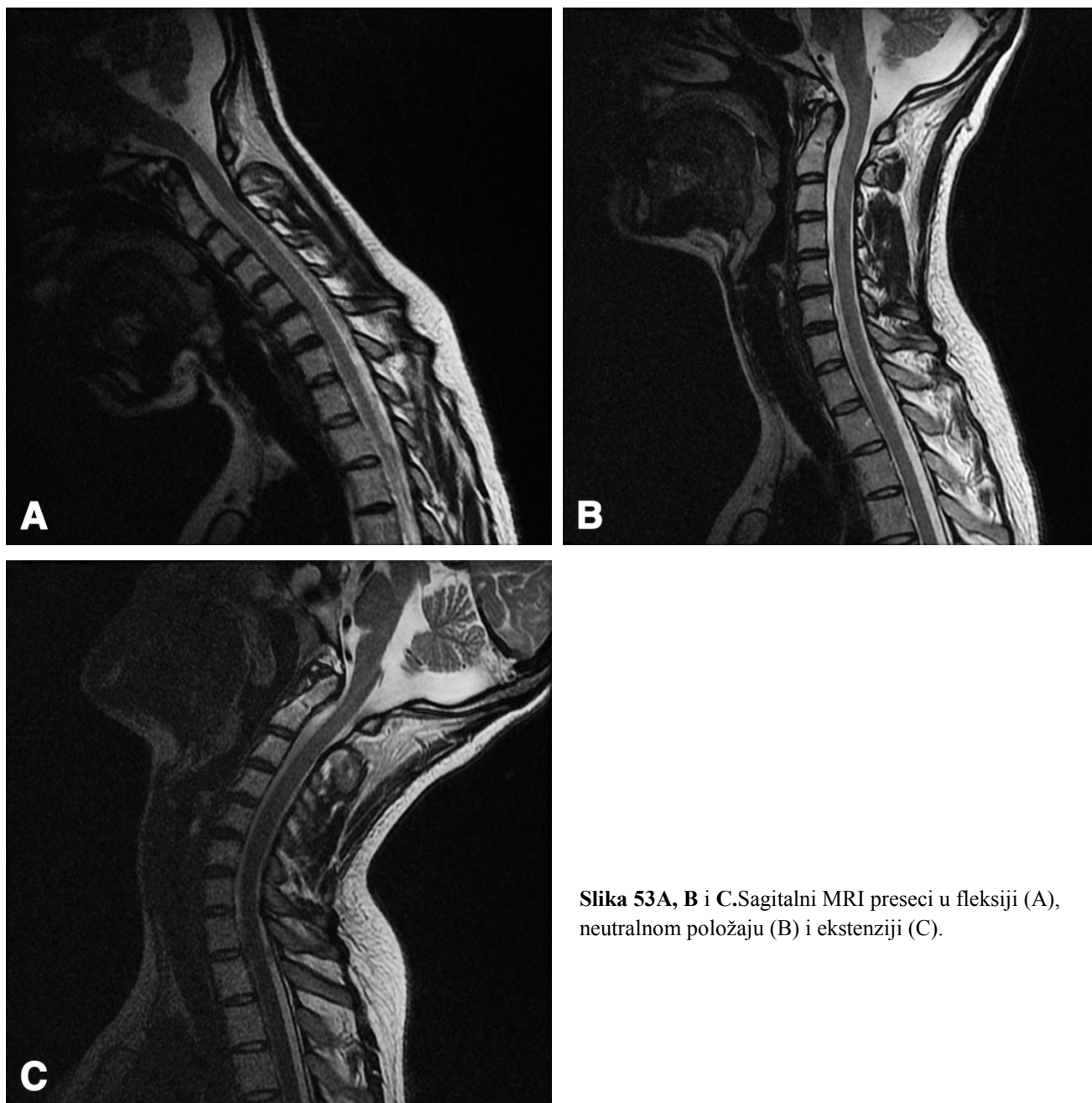
Para- metri	Min-maks (X)±SD	95% Interval poverenja	
		donja	gornja granica
a	4.50-9.10 (7.43)±1.59	5.77	9.10
c	8.10-11.50 (9.87)±1.33	8.47	11.26
e	4.50-8.00 (6.12)±1.48	4.57	7.67
g	16.00-21.70 (18.17)±2.15	15.91	20.43
i	2.80-4.10 (3.35)±0.50	2.83	3.87
j	3.10-5.40 (4.37)±0.84	3.49	5.24
l	1.60-5.10 (3.87)±1.28	2.52	5.21
m	1.40-3.40 (2.42)±0.78	1.60	3.23
n	1.40-4.10 (2.82)±0.87	1.91	3.73
o	1.50-4.30 (2.75)±1.08	1.61	3.89
p	1.70-3.50 (2.45)±0.62	1.80	3.10
q	1.80-3.90 (2.48)±0.83	1.61	3.35
r	1.60-2.30 (1.98)±0.28	1.69	2.28
s	0.60-3.50 (1.62)±0.99	0.58	2.66

- najkraće odstojanje od *clivusa* do *foramena caecuma* produžene moždine (**c**);
- prečnik *medullae oblongatae* u istom nivou (**d**), i to na liniji koja je perpendikularna na ravan romboidne jame;
- odstojanje od središnje tačke prednje ivice foramena magnuma (*basion*) do produžene moždine (**e**), i to na liniji koja prolazi kroz *obex* romboidne jame;
- prečnik produžene moždine (**f**) u istom nivou;
- rastojanje između *areae postremae* produžene moždine i središnje tačke zadnje ivice foramena magnuma (*opisthion*), koja je obeležena oznakom **g**;
- sagitalni prečnik *foramena magnuma* (**h**);
- rastojanje kičmene moždine (**i**) od *densa* C2 prešljena, koje je mereno na liniji koja se pruža odmah ispod vrha *densa* do sredine zadnjeg luka atlasa;
- rastojanje od ovog luka do kičmene moždine (**j**) na istoj liniji;
- prečnik najrostralnijeg dela kičmene moždine (**k**);
- od ostalih rastojanja mereni su sagitalni prečnici prednjeg dela kičmenog kanala na liniji koja spaja sredinu zadnjeg dela odgovarajućeg *discusa intervertebralis* i donju ivicu *processusa spinosusa* odgovarajućeg višeg pršljena, i to u nivou diskusa C2-C3 (**l**), C3-C4 (**n**), C4-C5 (**p**) i C5-C6 (**r**);
- na istim linijama mereni su i sagitalni prečnici zadnjeg dela kičmenog kanala, i to u nivou C2-C3 (**m**), C3-C4 (**o**), C4-C5 (**q**) i C5-C6 (**s**).



Slika 53. Shematski predstavljeni parametric koji su mereni na prethodnim sagitalnim MRI snimcima glave i vrata.

Opisani parametri prikazani su na spomenutim tabelama za normalan položaj glave (tabela 8), kao i za fleksiju (tabela 9) i za ekstenziju (tabela 10).



Slika 53A, B i C. Sagitalni MRI preseki u fleksiji (A), neutralnom položaju (B) i ekstenziji (C).

Parametar **a**, to jest rastojanje ponsa od klivusa pri normalnom položaju glave i vrata u 6 volontera, kretao se od 3.8-8.1 mm ($X=6,58$ mm), kao i u položaju fleksije gde je iznosio 3,10-7,10 mm ($X=5,92$ mm), a u ekstenziji 4,5-9,1 mm ($X=7,43$ mm).

Bez obzira što statistička analiza pokazuje da nema značajne razlike pri normalnom položaju glave i fleksiji, ustanovili smo da se u većine volontera (ukupno 5) smanjuje rastojanje ponsa od klivusa, i to za 0,4-2,0 mm ($X=0,92$ mm). Samo u jedne osobe pons se udaljio od klivusa za 0,6 mm.

Poređenjem normalnog položaja glave i položaja nakon ekstenzije, u 4 osobe je registrovano povećanje rastojanja ponsa od klivusa, i to za 0,6-4,3 mm ($X=1,55$ mm). U preostale 2 osobe zapaženo je smanjenje rastojanja, i to za 0,1 mm, odn. za 1.6 mm.

Na žalost, nije zapažena statistička razlika između vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksije ($p<0,741$) ili pri normalnom položaju i ekstenziji ($p<0,619$), kao ni poređenjem vrednosti pri fleksiji i ekstenziji ($p<0,240$).

Parametar **b**, koji označava prečnik ponsa u istom nivou, pri normalnom položaju glave iznosio je 20,9-24,8 mm ($X=22,5$ mm), a isto toliko u fleksiji i u ekstenziji. Očigledno je da na njegove vrednosti ne utiču pokreti glave i vrata. Nema značajne razlike između vrednosti pri normalnom položaju glave i nakon fleksije, niti pri normalnom položaju i posle ekstenzije ($p<0,467$).

Parametar **c**, koji predstavlja odstojanje najrostralnijeg dela produžene moždine od klivusa, pri normalnom položaju glave varirao je između 8,6 mm i 11,9 mm ($X=10,23$ mm), u fleksiji 9,8-12,6 mm ($X=11,4$ mm), a u ekstenziji 8,1-11,5 mm ($X=9,87$ mm).

Poređenjem podataka pri normalnom položaju glave i pri fleksiji, u svih osoba postoji povećanje rastojanja foramena cekuma, tj. pontomedularnog spoja, i to za 0,6-2,2 mm ($X=1,17$ mm). Ni ovi podaci ne pokazuju statistički značajnu razliku ($p<0,266$).

Poređenjem podataka pri normalnom položaju glave i pri ekstenziji, u 4 volontera zapaženo je smanjenje spomenutog rastojanja za 0,2-1,1 mm ($X=0,65$ mm). U jedne osobe nije bilo razlike, a u druge osobe registrovano je povećanje za 0,4 mm. Ni ovi rezultati nemaju značajnu razliku ($p<0,867$). Razlika nije značajna ni poređenjem vrednosti pri fleksiji i ekstenziji glave i vrata ($p<0,266$).

Parametar **d**, koji predstavlja prečnik najrostralnijeg dela produžene moždine, pri normalnom položaju glave iznosio je 12,0-16,1 mm ($X=14,03$), a ista vrednost je bila i pri fleksiji i ekstenziji. Nema značajne razlike između vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksije ili ekstenzije ($p<1,000$).

Parametar **e**, koji predstavlja rastojanje produžene moždine do baziona, pri normalnom položaju glave kretao se od 5,4 do 8,1 mm ($X=6,52$ mm). Vrednosti pri fleksiji iznosile su 1,50-8,90 mm ($X=6,17$ mm), a pri ekstenziji 4,5-8,0 mm ($X=6,12$).

Poređenjem rezultata pri normalnom položaju glave i fleksiji, jasno je da je u 5 osoba prisutno povećanje rastojanja produžene moždine od *basiona*, i to za 0,4-0,8 mm ($X=0,52$ mm). U jedne osobe

registrovano je blago smanjenje rastojanja, i to za 0,4 mm. Rezultati ne pokazuju statistički značajnu razliku ($p < 0,572$).

Poređenjem rezultata u normalnom položaju glave i pri ekstenziji, u 5 osoba je zapaženo smanjenje spomenutog rastojanja za 0,1-1,3 mm ($X=0,80$ mm). Samo jedan volonter imao je povećanje rastojanja za 0,8 mm. Ni ovde nema značajne razlike ($p < 0,422$).

Parametar **f**, koji predstavlja prečnik središnjeg dela produžene moždine, pri normalnom položaju glave varirao je od 10,3 mm do 13,7 mm ($X=11,87$ mm), a iste vrednosti je imao i pri fleksiji i ekstenziji. Nema značajne razlike između normalnog položaja glave i fleksije ili ekstenzije ($p < 1,000$).

Parametar **g**, koji predstavlja rastojanje areje postreme produžene moždine do opistiona, pri normalnom položaju glave kretao se od 16,7 mm do 23,2 mm ($X=19,53$ mm), pri fleksiji 16,0-21,1 mm ($X=18,22$ mm) i pri ekstenziji 16,0-21,7 mm ($X=18,17$ mm).

Poređenjem podataka pri normalnom položaju glave i fleksiji, u 4 osobe zapaženo je smanjenje rastojanja areje postreme produžene moždine i opistiona za 0,5-3,6 mm ($X=1,47$ mm). U 2 osobe postojalo je blago uvećanje rastojanja, i to za 0,2 mm i 0,8 mm. Između navedenih rezultata nema statistički značajne razlike ($p < 0,596$).

Poređenjem podataka pri normalnom položaju glave i ekstenziji, u 5 volontera je postojalo smanjenje spomenutog rastojanja za 0,7-3,8 mm ($X=1,80$ mm). Samo u jedne osobe zapaženo je blago povećanje rastojanja za 0,8 mm. Ni ovde nema značajne razlike ($p < 0,573$). Značajna razlika ne postoji ni poređenjem podataka u fleksiji i ekstenziji glave i vrata ($p < 0,596$).

Parametar **h**, koji predstavlja sagitalni prečnik foramena magnuma, nepromenljiv je u svih osoba. Pri normalnom položaju glave varirao je od 30,2 mm do 36,1 mm ($X=33,52$ mm), pri fleksiji 30,2-36,1 mm ($X=33,53$ mm), a pri ekstenziji 30,2-36,1 mm ($X=33,52$ mm). Jasno je da nema statistički značajne razlike poređenjem vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksiji ili ekstenziji ($p < 1,000$).

Parametar **i**, koji se odnosi na rastojanje proksimalnog dela cervikalnog područja kičmene moždine od densa aksisa, pri normalnom položaju glave iznosio je 2,4-3,6 mm ($X=3,03$ mm), pri fleksiji 1,70-3,0 mm ($X=2,28$ mm) i pri ekstenziji 2,8-4,1 mm ($X=3,35$ mm).

U okviru ovog parametra zapažena je statistički značajna razlika između izmerenih vrednosti tokom promene položaja glave i vrata ($p < 0,0009$). Poređenjem parametara kod normalnog položaja glave u odnosu na fleksiju nije postojala značajna razlika ($p < 0,063$), kao ni u odnosu na ekstenziju ($p < 0,561$). Međutim, poređenjem vrednosti u fleksiji i ekstenziji registrovana je značajna razlika ($p < 0,008$).

Ovaj parametar u 5 osoba se smanjivao pri fleksiji za 0,1-1,7 mm ($X=0,96$). Samo u jednog volontera je bio uvećan, i to za svega 0,3 mm. S druge strane, on se uvećavao pri ekstenziji u svih osoba za 0,1-1,9 ($X=1,07$ mm).

Parametar **j**, koji predstavlja rastojanje kičmene moždine od zadnjeg luka atlasa, pri normalnom položaju glave kretao se od 3,4 mm do 5,6 mm ($X=4,48$ mm), pri fleksiji 3,1-6,5 mm ($X=4,63$ mm), a pri ekstenziji 3,1-5,4 ($X=4,37$ mm). Nije postojala statistički značajna razlika u vezi ovog parametra ni u poređenju vrednosti između normalnog položaja glave i fleksije ($p<0,873$) niti između normalnog položaja i ekstenzije ($p<0,872$).

Ovaj parametar u jedne polovine osoba smanjivao se pri fleksiji za 0,3-0,8 mm ($X=0,47$ mm), a u druge polovine se povećavao za 0,1-1,7 mm ($X=0,77$ mm). Pri ekstenziji on se povećao u jedne osobe za 0,4 mm, bio je nepromenjen u druge osobe, a u 4 osobe se smanjivao za 0,2-0,3 mm ($X=0,27$ mm). Samo u jedne osobe taj razmak je bio veći za 0,4 mm.

Parametar **k**, koji označava prečnik kičmene moždine, bio je nepromenljiv, te je pri normalnom položaju glave, pri fleksiji i ekstenziji iznosio 6,5-10,1 mm ($X=7,88$ mm). Nema značajne razlike između vrednosti pri normalnom položaju i pri fleksiji ili ekstenziji ($p<1,000$).

Parametar **l**, koji predstavlja rastojanje kičmene moždine od intervertebralnog diska između C2 i C3 pršljena, pri normalnom položaju glave iznosio 1,9-5,0 mm ($X=3,7$ mm), pri fleksiji 2,8-5,5 mm ($X=4,17$ mm) i pri ekstenziji 1,6-5,1 mm ($X=3,87$ mm). Nije zapažena značajna razlika između vrednosti pri normalnom položaju i fleksije ($p<0,755$), niti pri normalnom položaju i ekstenziji ($p<0,964$).

Ovaj parametar se povećavao pri fleksiji u većine osoba za 0,2-1,9 mm ($X=0,78$ mm). Bio je manji samo u jedne osobe, i to za 0,1 mm. Pri ekstenziji, u jedne osobe je bila nepromenjena vrednost, u 2 osobe je zapaženo smanjenje za 0,3 i 0,1, a u 3 osobe je zapaženo povećanje od 0,4-0,6 ($X=0,47$).

Parametar **m**, tj. rastojanje kičmene moždine od zadnjeg zida kičmenog kanala, pri normalnom položaju glave varirao od 0,0 mm do 3,1 mm ($X=1,72$ mm), pri fleksiji 0,0-2,3 mm ($X=1,27$ mm) i pri ekstenziji 1,6-5,1 mm ($X=3,87$ mm). Nema statistički značajne razlike vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksije ($p<0,469$) ili ekstenzije ($p<0,229$). Međutim, zapažena je značajna razlika između vrednosti pri fleksiji i ekstenziji ($p<0,045$).

Nakon fleksije, ovaj parametar je bio nepromenjen u 2 osobe, a u 4 osobe se smanjivao, i to za 0,5-1,4 ($X=0,67$). Pri ekstenziji on se povećavao u svih osoba za 0,1-2,1 ($X=0,87$).

Parametar **n**, koji predstavlja rastojanje kičmene moždine od prednjeg zida kičmenog kanala, pri normalnom položaju glave iznosio je 1,5-2,8 mm ($X=2,45$ mm), pri fleksiji 1,3-2,9 mm ($X=2,22$ mm) i pri ekstenziji 1,4-4,1 mm ($X=2,82$ mm). Ne postoji razlika između vrednosti u normalnom

položaju glave i fleksiji ($p < 0,837$) ili ekstenziji ($p < 0,649$), kao ni između vrednosti pri fleksiji i ekstenziji ($p < 0,331$).

Ovaj parametar se povećavao pri fleksiji u 4 osobe za 0,1-0,7 mm ($X = 0,32$ mm). Bio je manji u 2 osobe za 0,7 mm i 1,2 mm. Isti parametar pri ekstenziji povećavao se u 5 osoba za 0,2-1,3 mm ($X = 0,46$ mm). Bio je smanjen u jedne osobe samo 0,1 mm.

Parametar o, koji predstavlja odstojanje kičmene moždine od zadnjeg zida kičmenog kanala, pri normalnom položaju glave kretao se od 0,0 mm do 4,6 mm ($X = 2,25$ mm), pri fleksiji 0,6-3,3 mm (2,38 mm) i pri ekstenziji 1,5-4,3 mm ($X = 2,75$ mm). Nema značajne razlike između vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksiji ($p < 0,981$) ili ekstenziji ($p < 0,772$).

Ovaj parametar pri fleksiji povećavao se u 4 osobe za 0,3-1,4 mm ($X = 0,92$ mm), a smanjivao se u 2 osobe za 0,6 i 2,6 mm. Pri ekstenziji se povećavao u 5 osoba za 0,1-1,5 mm ($X = 0,66$ mm), a smanjio se u jedne osobe za 0,3 mm.

Parametar p, koji predstavlja odstojanje kičmene moždine od intervertebralnog diska C4-C5, pri normalnom položaju imao je vrednost od 1,8 mm do 3,1 mm ($X = 2,38$ mm), pri fleksiji 0,9-2,2 mm (1,43 mm), a pri ekstenziji 1,7-3,5 mm ($X = 2,45$ mm). Ustanovljena je značajna razlika u izmerenim vrednostima tokom promene položaja glave i vrata ($p < 0,005$), kao i u vrednostima pri normalnom položaju glave i fleksiji ($p < 0,013$). Nema značajne razlike između vrednosti u normalnom položaju i ekstenziji ($p < 0,971$). Najzad, značajna razlika je evidentirana i između vrednosti u fleksiji i ekstenziji ($p < 0,008$).

Ovaj parametar bio je manji pri fleksiji u svih osoba za 0,3-1,9 mm ($X = 0,90$ mm). Pri ekstenziji se povećao u 5 osoba za 0,1-0,4 mm ($X = 0,22$). Smanjio se samo u 1 osobe za 0,7 mm. Pri ekstenziji je zapaženo povećanje u 5 osoba, i to za 0,1-0,4 mm ($X = 0,22$), a u jedne osobe se smanjio za 0,7 mm.

Parametar q, koji predstavlja rastojanje kičmene moždine od zadnjeg zida kičmenog kanala u istom nivou, pri normalnom položaju varirao je od 1,4 mm do 5,8 mm ($X = 2,83$ mm), pri fleksiji 1,3-5,9 mm (3,55 mm) i pri ekstenziji 1,8-3,9 mm ($X = 2,48$ mm). Nema značajne razlike pri normalnom položaju glave i fleksiji ($p < 0,336$) ili ekstenziji ($p < 0,872$).

Ovaj parametar u fleksiji povećao se u 5 osoba za 0,1-2,6 mm ($X = 0,88$ mm), a smanjio se u jedne osobe za 0,1 mm. U ekstenziji se smanjivao u 3 osobe za 1,2-1,9 mm ($X = 1,27$ mm), a povećavao u preostale 3 osobe za 0,4-1,4 mm ($X = 0,90$ mm).

Parametar r, koji predstavlja razmak između kičmene moždine i diska između C5 i C6 pršljena, pri normalnom položaju glave kretao se od 0,9 mm do 3,5 mm ($X = 2,53$ mm), pri fleksiji 1,4-2,7 mm ($X = 2,17$ mm), a pri ekstenziji 1,6-2,3 mm ($X = 1,98$ mm). Ne postoji značajna razlika poređenjem vrednosti u normalnom položaju glave i fleksije ($p < 0,173$) ili ekstenziji ($p < 0,055$).

Ovaj parametar se u fleksiji smanjio u 5 osoba za 0,2-1,9 (X=0,54). Povećanje je zapaženo samo u jedne osobe za 0,5 mm. On se u svih osoba povećavao pri ekstenziji za 0,1-2,1 mm (X=0,87 mm).

Parametar **s**, koji predstavlja rastojanje između kičmene moždine i zadnjeg zida kičmenog kanala u istom nivou, pri normalnom položaju glave iznosio je 0,8-4,8 mm (X=1,98 mm), pri fleksiji 1,2-5,0 mm (2,63 mm) i pri ekstenziji 0,6-3,5 mm (X=1,62 mm). Nije zapažena značajna razlika između vrednosti pri normalnom položaju glave i fleksiji ($p < 0,337$) ili ekstenziji ($p < 0,688$).

Ovaj parametar u fleksiji se povećavao u svih 6 osoba za 0,2-1,3 mm (X=0,48 mm). U ekstenziji se smanjivao u 5 osoba za 0,2-1,3 mm (X=0,52 mm), a povećao u jedne osobe za 0,2 mm.

Parametar **t**, koji predstavlja rastojanje između spinoznog nastavka C2 i C3 pršljena, pri normalnom položaju glave varirao je od 15.0 mm do 17.5 mm (X=16.05). Nije dokazana statistički značajna razlika pri normalnom položaju u odnosu na fleksiju ($p < 1,000$) ili ekstenziju ($p < 0,948$), kao ni poređenjem vrednosti pri fleksiji i ekstenziji ($p < 0,948$).

Za sve analizirane parametre od **a** do **t** urađeni su i grafikoni (grafikoni **a-t**).

Od svih navedenih parametara, statistički značajna razlika ustanovljena je u okviru parametara **i**, **m** i **p**, kako je i spomenuto ranije prilikom opisa ova tri parametra.

Za parametar **i** dokazana je statistički visoko značajna razlika kod izmerenih vrednosti tokom promene položaja glave i vrata ($p < 0,009$). Visoka značajnost dokazana je poređenjem vrednosti pri fleksiji i ekstenziji glave i vrata ($p < 0,008$).

Parametar **m** pokazuje statistički značajnu razliku u poređenju vrednosti pri fleksiji i ekstenziji ($p < 0,045$).

Parametar **p** pokazuje značajnu razliku u poređenju vrednosti pri fleksiji i normalnoj poziciji glave i vrata ($p < 0,013$), kao i između fleksije i ekstenzije ($p < 0,008$).

Iz prethodnih podataka je jasno, najpre, da nema statistički značajne razlike u parametrima **b**, **d**, **f** i **k**, to jest onih koji predstavljaju dimenzije moždanog stabla i proksimalnog dela cervikalnog područja kičmene moždine. Drugim rečima, nema promene dimenzije ovih struktura pri pokretima glave i vrata.

Zatim, nema značajne razlike ni među parametrima **a**, **c**, **e** i **g**, koji označavaju rastojanja moždanog stabla od koštanih struktura baze lobanje. To znači da ne postoji značajna promena položaja moždanog stabla pri fleksiji i ekstenziji glave i vrata.

Najzad, zapaža se značajna razlika u pojedinim parametrima koji označavaju položaj kičmene moždine u kičmenom kanalu, odnosno nekih koji predstavljaju odstojanje moždine od prednjeg zida (parametri **i** i **p**) ili od zadnjeg zida (**m**) kičmenog kanala (sl. 53). Prema tome, pri fleksiji glave i vrata nastaju promene položaja i delimično oblika kičmene moždine.

4.4.3. Statistička analiza uglova moždanog stabla i kičmene moždine

I ova ispitivanja vršena su u istom cilju kao i morfometrijska proučavanja – da bi se ustanovilo ponašanje moždanog stabla i kičmene moždine u toku fleksije i ekstenzije (sl. 53). Na MRI snimcima 6 volontera merena su tri ugla, tj. ugao **A**, **B** i **C** (sl. 55).

Dobijene vrednosti uglova prikazane su i tabelarno (tabela 11). Urađena je i multipla komparacija uglova pri normalnom položaju glave, kao i pri fleksiji i ekstenziji (tabela 11). Vršeno je poređenje uglova B i C u normalnom položaju glave, kao i pri fleksiji i ekstenziji. Ugao A je isključen jer se odnosi na moždano stablo, dok su oba preostala ugla (B i C) relevantna za cervikalni deo kičmene moždine.

Ugao A polazi od temena krivine početnog dela kičmene moždine, koja se nalazi neposredno ispod vrha *densa axisa* (sl. 55). Gornji krak ovog ugla, koji prolazi kroz moždano stablo, paralelan je sa ravni romboidne jame. Donji krak predstavlja uzdužnu osu početnog dela kičmene moždine.

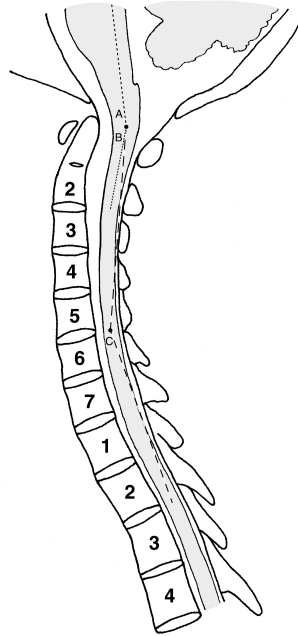
Statistička analiza ovog ugla pri normalnom položaju glave, kao i pri fleksiji i ekstenziji, ne pokazuje značajnu razliku, jer rezultati variraju od $p < 0,870$ (normalan položaj-fleksija), do $p < 0,990$ (normalan položaj-ekstenzija) i $p < 0,799$ (fleksija-ekstenzija).

Ugao B takođe ima teme neposredno ispod zubnog nastavka C2 pršljena. Njegov gornji krak poklapa se sa gornjim krakom ugla A. Njegov donji krak se pruža do sredine kičmene moždine u nivou središnje tačke zadnjeg dela intervertebralnog diska između C5 i C6 pršljena (sl. 55).

Statistička analiza i ovde pokazuje da nema značajne razlike u ovom uglu pri normalnom položaju glave i fleksiji ($p < 0,970$) ili ekstenziji ($p < 0,998$), kao i pri fleksiji i ekstenziji ($p < 0,955$).

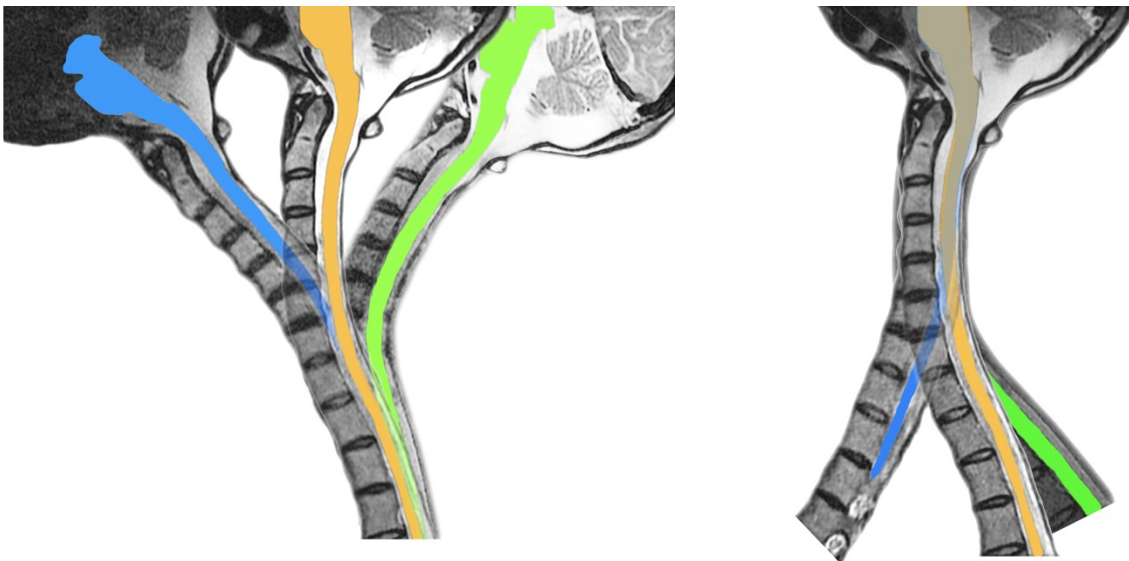
Table 11. Vrednosti uglova ($^{\circ}$) u tri položaja vratne kičme.

Položaj	Uglovi	Min-maks (X) \pm SD	95% Interval poverenja: donja/gornja granica
neutralni	ugao A	159-176 (167.17) \pm 6.05	160.82/173.51
	ugao B	168-191 (179.17) \pm 8.93	169.79/188.54
	ugao C	137-159 (153.00) \pm 8.32	169.79/161.73
fleksija	ugao A	159-175 (165.33) \pm 7.23	157.75/172.92
	ugao B	156-190 (173.17) \pm 10.98	161.64/184.69
	ugao C	170-185 (176.33) \pm 6.35	169.67/182.99
ekstenzija	ugao A	162-177 (167.67) \pm 5.47	161.93/173.40
	ugao B	174-188 (181.50) \pm 5.47	176.12/186.88
	ugao C	111-138 (127.00) \pm 9.32	117.22/136.78



Slika 55. Shematski prikaz uglova merenih na sagitalnim MRI presecima glave i vrata.

Ugao C je imao teme kao i kod prethodnog ugla, tj. u nivou između C5 i C6 pršljena. Njegov gornji krak poklapa se sa donjim krakom ugla B. Njegov donji krak pruža se do nivoa sredine zadnjeg dela intervertebralnog diska između 2. i 3. torakalnog pršljena (sl. 55).



Slika 56. Sagitalni MRI snimci sa sl. 53 u tri pozicije, tj. u fleksiji (plavo), neutralnom položaju (narandžasto) i u ekstenziji (zeleno), koji su preklapljeni u nivou T5 pršljena.

Slika 57. Sagitalni MRI snimci sa sl. 35 preklapljeni u predelu lobanje i moždanog stabla.

Statističkom analizom je ustanovljeno da postoji značajna razlika između ovog ugla u normalnom položaju i pri ekstenziji ($p < 0,0001$). Poređenjem prosečnih vrednosti uglova A i B u fleksiji ne pokazuje se značajna razlika ($p < 0,841$). S druge strane, postoji signifikantna razlika između ova dva ugla pri ekstenziji ($p < 0,0001$).

Da bismo slikovito prikazali promene u toku fleksije i ekstenzije, uz poređenje s neutralnim položajem, izvršili smo preklapanje mediosagitalnih snimaka u ova tri položaja. Najpre smo preklopili donje delove snimaka, i to u nivou 5. torakalnog pršljena (sl. 56). Zatim smo, suprotno, preklopili kranio cervikalni prelaz, odnosno snimke lobanje na sagitalnom preseku (sl. 57). Ovako kombinovani snimci jasno pokazuju da su minimalne promene u položaju moždanog stabla i najproksimalnijeg dela kičmene moždine. Istovremeno, najveće amplitude pokreta ima donji deo cervikalnog područja kičmene moždine.

4.5. Kongenitalne anomalije kraniovertebralnog spoja

Anomalije i anatomske varijacije ustanovljene su u dvema ispitivanim serijama, konkretno u anatomske i multislajsoj CT grupi. One su ustanovljene slučajno, bez selekcije ispitivanih uzoraka i pacijenata.

4.5.1. Anomalije u anatomske seriji

U ovoj grupi obrađene su 22 okcipitalne kosti, 7 atlasa i 7 aksisa. Od ovih triju kostiju anatomske varijacije su nađene na prvim dvema.

Varijacije okcipitalne kosti odnose se na njena zglobna ispupčenja (*condylus occipitalis dexter et sinister*), na otvor iza kondila (*canalis condylaris*) i na hipoglosni kanal (*canalis nevi hypoglossi*).

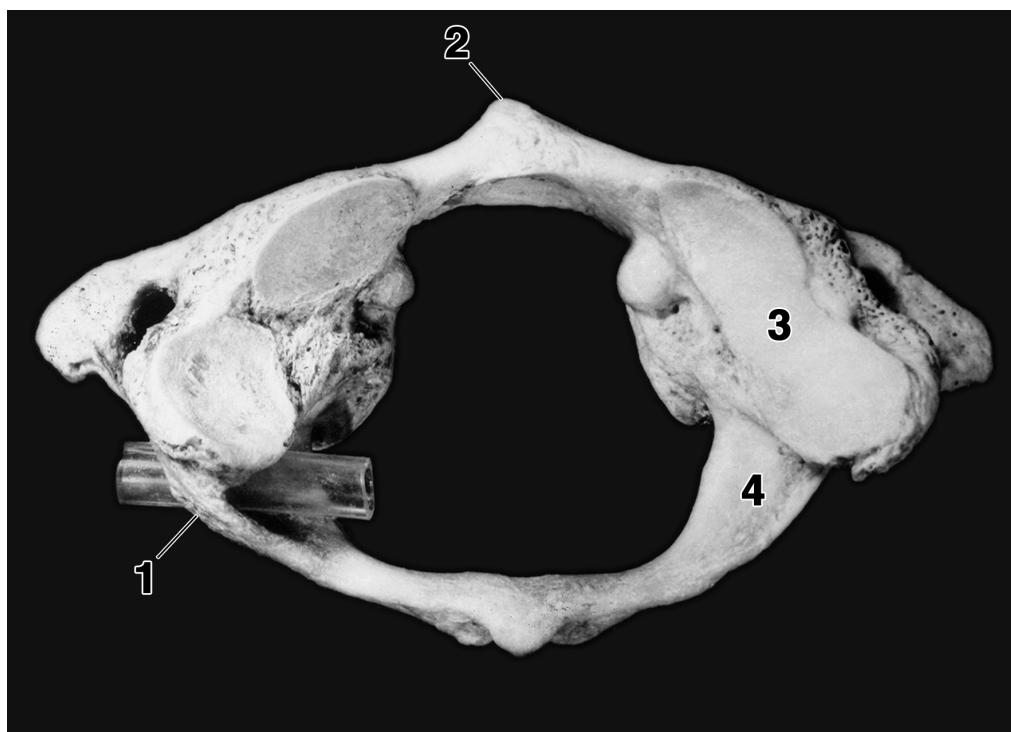
Okcipitalni kondili (sl. 24, 40 i 41) zglobljavaju se s gornjom površinom lateralnih masa atlasa pomoću jedinstvene zglobne površine. Međutim, na kondilima je registrovana dvostruka zglobna površina dvaju uzoraka (9.1%). Ove dve polovine zglobne površine bile su razdvojene tankom nezglubnom linijom, koja se pružala poprečno preko kondila.

Kondilarni kanal obično se nalazi iza zglobne površine kondila, u predelu kondilarne jame (*fossa condylaris*) ili u njenoj neposrednoj blizini (sl. 41). Kanal je bio prisutan na 16 okcipitalnih kostiju (72.7%). Na preostalim preparatima (27.3%) on nije postojao, bilo unilateralno ili bilateralno.

Kanal hipoglosnog živca nalazi se iznad i u nivou središnjeg dela kondila (sl. 41). Uvek je bio prisutan. Međutim, u 4 slučaja (18.2%) zapažene su njegove anatomske varijacije. Naime, na jednoj

okcipitalnoj kosti (4,5%), početni (medijalni) deo kanala imao je potpunu koštanu pregradu. Na tri uzorka zapažena je nepotpuna koštana formacija, zapravo spikula, takođe u početnom delu kanala.

Varijacije atlasa (C1) uglavnom su slične opisanoj zglobnoj površini kondila. Naime, umesto jedinstvene zglobne površine desnog i levog gornjeg zglobnog udubljenja atlasa (*fovea articularis superior*) registrovana je dvostruka zglobna površina, zapravo dve polovine jedne cele zglobne površine (sl. 30 i 58). Anatomaska varijacija je ustanovljena na dva atlasa, jednom na desnoj, a drugi put na levoj strani. Ove dve polovine bile su samo približno simetrične. Dok su na jednom atlasu ove površine bile potpuno razdvojene uzanim nezglobnim poljem (sl. 58), na drugom atlasu one su bile povezane u središnjem delu (sl. 30).



Slika 58. Pogled odozgo na atlas koji ima dvostruku gornju zglobnu površinu levo, kao i *ponticulus posticus* (1) na istoj strani. U ovaj koštani kanal postavljen je deo plastičnog katetera. 2 – *tuberculum anterius* atlasa; 3 – desna *fovea (facies) articularis superior*; 4 – *sulcus a. vertebralis dextrae* na zadnjem luku atlasa.

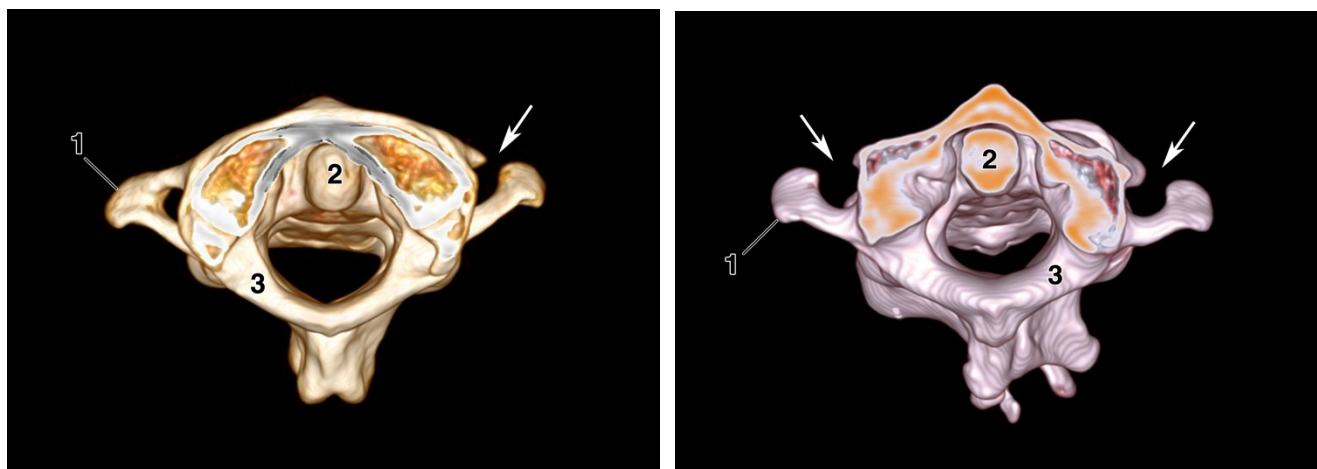
Na jednom preparatu zapažena je anatomaska varijacija koja ne postoji u nivou okcipitalnih kondila. To je uzani kanal, koji je na latinskom najčešće označen kao „poslednji mostić“ (*ponticulus posticus*). Ovaj kanal je registrovani iza leve *massae lateralis*, a iznad lateralnog dela zadnjeg luka atlasa, odn. iznad *sulcusa arteriae vertebralis* (sl. sl. 58). Na istom preparatu i na istoj strani postojala je dvostruka gornja zglobna površina.

Varijacije aksisa (C2) nisu nađene u grupi anatomskih preparata. Međutim, registrovane su u jednog pacijenta snimljenog na MSCT skeneru. (Videti kasniji tekst).

4.5.2. Kongenitalne anomalije u grupi volontera

U grupi od 22 volontera, anomalije i varijacije pronađene su u četiri osobe. One su se odnosile samo na atlas (C1 pršljen), a nisu evidentirane na okcipitalnoj kosti i aksisu (C2).

Najčešće je zapažen **otvoren *foramen transversarium*** atlasa (13,6%). Ovaj defekt je bio jednostran u dve osobe (sl. 59), a obostran u jednog volontera (sl. 60). Defekt je u svim slučajevima zahvatao samo prednji deo spomenutog otvora. Prečnik dehiscencije kretao se od 5,1 mm do 11,0 mm ($X=8,0$ mm). Poprečni kosi prečnik, koji je meren od vrha *processusa transversusa* do lateralne ivice dehiscencije, iznosio je 9,6 mm-11,5 mm ($X=11,3$ mm). Najveći poprečni prečnik ovih atlasa, meren od vrha desnog do vrha levog poprečnog nastavka, kretao se od 76,7 mm do 87,9 mm ($X=84,1$ mm).

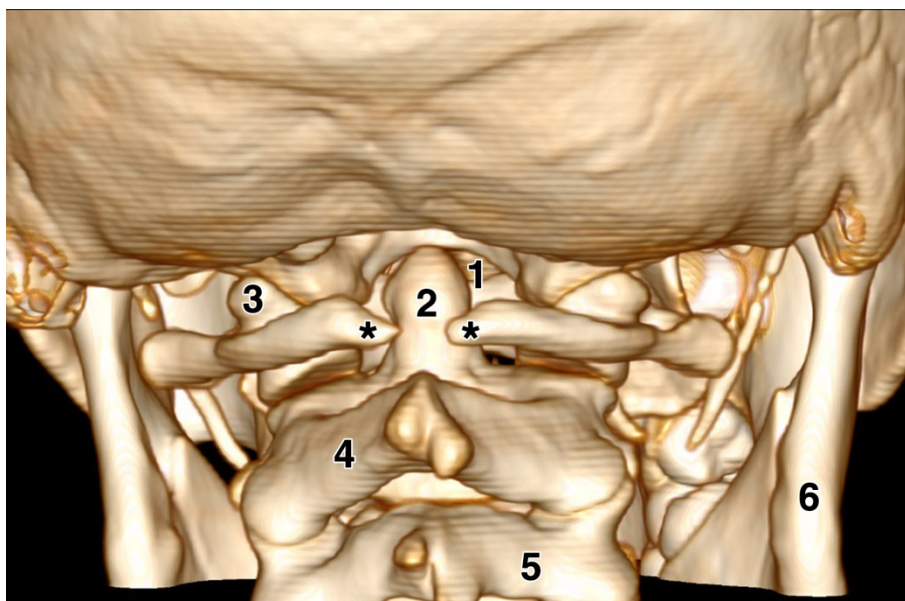


Slika 59. Multislajсни CT 3D aksijalni presek kroz desnu i levu masu lateralis atlasa. Zapaziti koštani defect desnog *foramena transversariuma* atlasa (strelica). 1 – levi *processus transversus* atlasa; 2 – *dens axis*; 3 – *arcus posterior* atlasa sa *sulcusom a. vertebralis*.

Slika 60. Dehiscencija i desnog i levog *foramena transversariuma* (strelice). 1 – levi *processus transversus* atlasa; 2 – *dens axis*; 3 – *arcus posterior* atlasa.

U jednog volontera (4,5%) registrovana je **parcijalna ageneza** zadnjeg luka atlasa (*arcus posterior atlantis*). Ageneza je bila izražena u središnjem delu ovog luka (sl. 61). Prečnik defekta

iznosio je 5,2 mm. Ispitivanje ove osobe u MSCT skeneru nije pokazalo nestabilnost kraniovertebralnog spoja u toku fleksije i ekstenzije.



Slika 61. Ageneza središnjeg dela zadnjeg luka atlasa (između dve zvezdice). 1 – *foramen magnum*; 2 – *dens axis*; 3 – leva *massa lateralis* atlasa; 4 – *arcus axis*; 5 – luk trećeg vranog pršljena; 6 – *ramus mandibulae*.

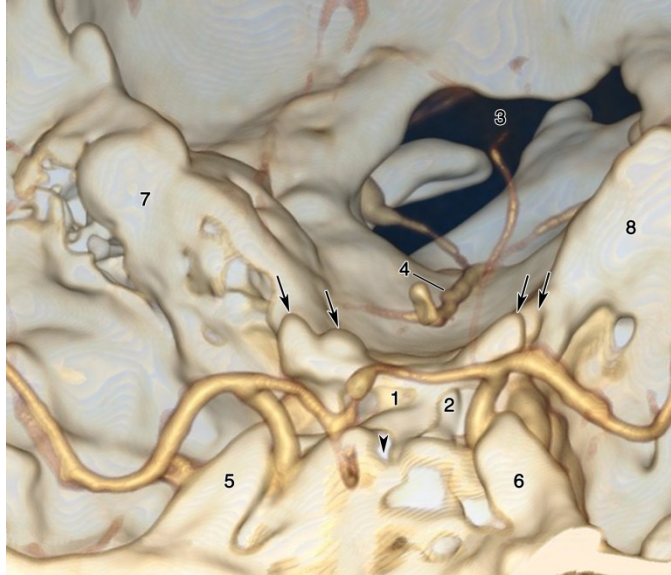
4.5.3. Prikaz specifičnog slučaja

Ovaj pacijent je trebalo da bude deo prethodne grupe volontera. Međutim, ispostavilo se da ima dvostruku hipofizu i druge kongenitalne anomalije, te je isključen iz te grupe. Zbog toga će biti posebno opisan.

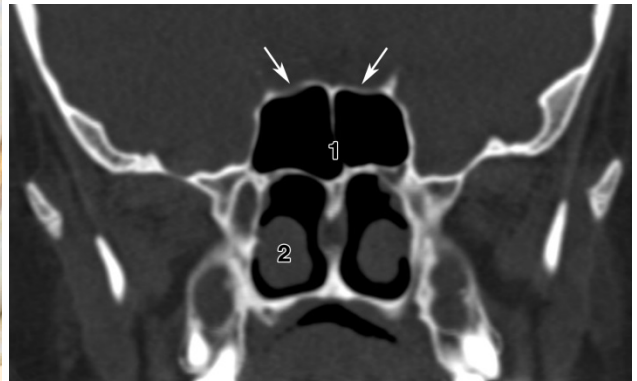
Dvadesetogodišnji muškarac primljen je na Neurohiruršku kliniku Kliničkog centra Srbije zbog intrakranijalnog tumora i dvostruke hipofize, koji su prethodno dijagnostikovani primenom MRI ispitivanja. Još ranije je pacijent ispitivan zbog hipogonadizma, početne ginekomastije i zakasnelog puberteta. Nakon dijagnostikovanog kriptorhizma, hirurški je izvršena obostrana orhipeksija. Zbog niske koncentracije testosterona u cirkulaciji (0,18 ng/mL), pacijent je dobio suplementarnu endokrinu terapiju. Druge endokrinološke i biohemijske analize, kao i kariotip (46XY), nisu pokazivali ma kakav poremećaj.

On je rođen prirodnim putem u 39. nedelji gestacije od strane majke životnog doba od 24 godine, čija je porodična anamneza uredna. Pacijent je izraženije visine (182,3 cm) i telesne mase (105 kg), sa

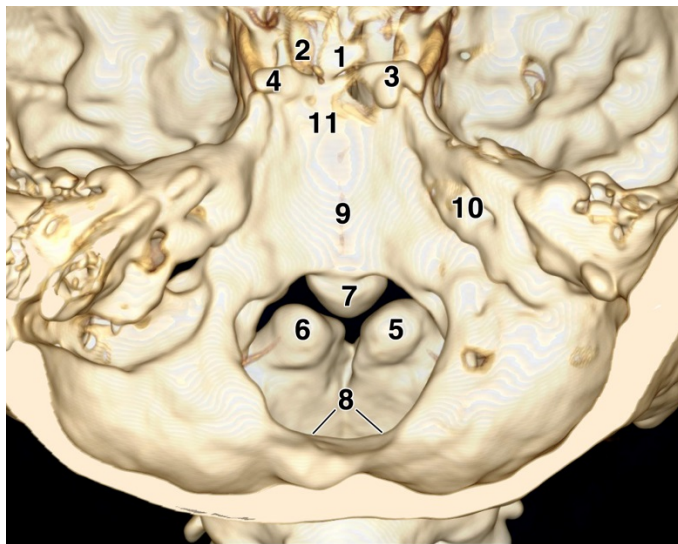
slabom ginekomastijom i hipogonadizmom. Imao je široko čelo, nešto izraženiji *arcus superciliaris* obostrano, progeniju, visoko nepce i kratak vrat s izvesnim teškoćama u rotaciji glave. Psihološkim testiranjem ustanovljen je niži koeficijent inteligencije (IQ=74).



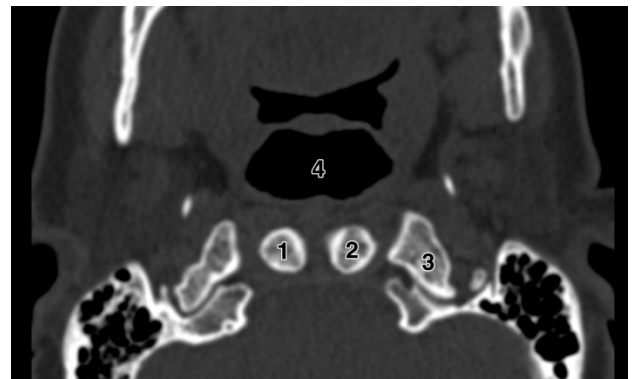
Slika 63. Koronalni presek na multislajsnom CT snimku u 2D koji prikazuje dvostruku *fossau hypophysialis* (strelice), *sinus sphenoidalis* (1) i *conchae nasalis* (2).



Slika 62. Multislajсни CT snimak u 3D pacijenta s dvostrukom hipofizom. Kosi pogled odozgo na bazu lobanje i selarni predeo sa dve *fossae hypophysiales* (1 i 2). Zapaziti usek (vrh strelice) u predelu *tuberculum sellae*, kao i *dorsum sellae* sa dvostrukim desnim i levim *processusom clinoidesom posteriorom* (strelice). U blizini sele turcike je A1 segment desne i leve *a. cerebri anterior*. 3 – *foramen magnum*; 4 – *a. basilaris* na klivusu; 5 i 6 – desni i levi *processus clinoides anterior*, u blizini kojeg je odgovarajući deo *a. carotis interna*; 7 i 8 – desna i leva piramida temporalne kosti.



Slika 65. Aksijalni presek na multislajsnom CT snimku u 2 D, koji pokazuje duplikaciju densa aksisa (1 i 2), masu lateralis atlasa (3) i *nasopharynx* (4).

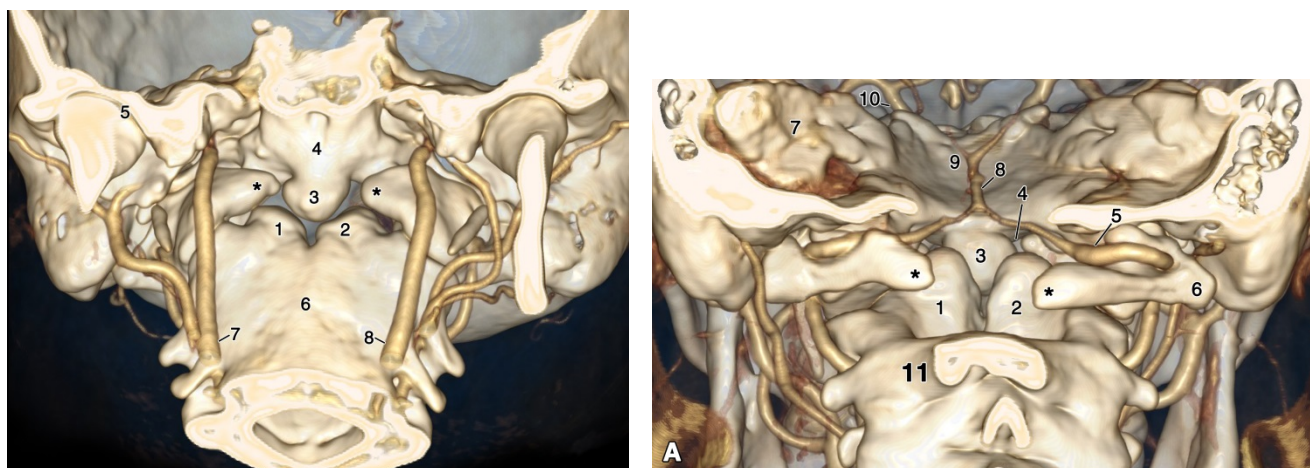


Slika 64. Pogled odozgo na bazu lobanje na kojoj postoje dve hipofizne jame (1 i 2), i dvostruki desni i levi *processus clinoides posterior* (3 i 4). Zapaziti dvostruki dens aksisa (5 i 6), *condylus tertius* (7), *foramen magnum* (8), *clivus* (9), desna piramida (10) i *dorsum sellae* (11).

Primenom T1-weighted MRI glave i mozga ustanovljene su dve hipofize, od kojih svaka ima svoju peteljku. Od drugih eventualnih malformacija mozga registrovano je zadebljanje područja *eminientiae medianae*, tj. zadnji deo *tubera cinereuma* i *infundibuluma*, kao i njihovo srašćivanje sa desnim i levim *corpusom mammillare*. Leva *arteria carotis interna* bila je pomerenjena malo lateralno. Zapažena je i omanja supraselarna parasagitalna masa veličine 12 mm × 10 mm.

Snimanjem pacijenta na MSCT skeneru zapažene su dve *fossae hypophysiales* u predelu *sellae turcicae*, zatim usek u nivou *tuberculuma sellae*, kao i širok *dorsum sellae* s duplikacijom desnog i levog *processusa clinoidesa posteriora* (sl. 62 i 63). Reljef tabule interne lobanjskih kostiju bio je veoma izražen.

Promene su bile karakteristične i u predelu kraniovertebralnog spoja. Tako, *foramen magnum* je bio ovalnog oblika, ali u poprečnom a ne u sagitalnom smeru. Njegov poprečni prečnik je iznosio 39.1 mm, a sagitalni prečnik 35,6 mm. Sem toga, bio je prisutan i tzv. treći kondil (sl. 64). To je neparna koštana struktura postavljena iznad i malo ispred densa C2 pršljenja. Ova kost je srasla s prednjom ivicom foramena magnuma u dužini od 10,8 mm. Njen najveći sagitalni prečnik bio je 10,7 mm, a maksimalni poprečni prečnik iznosio je 12.9 mm.

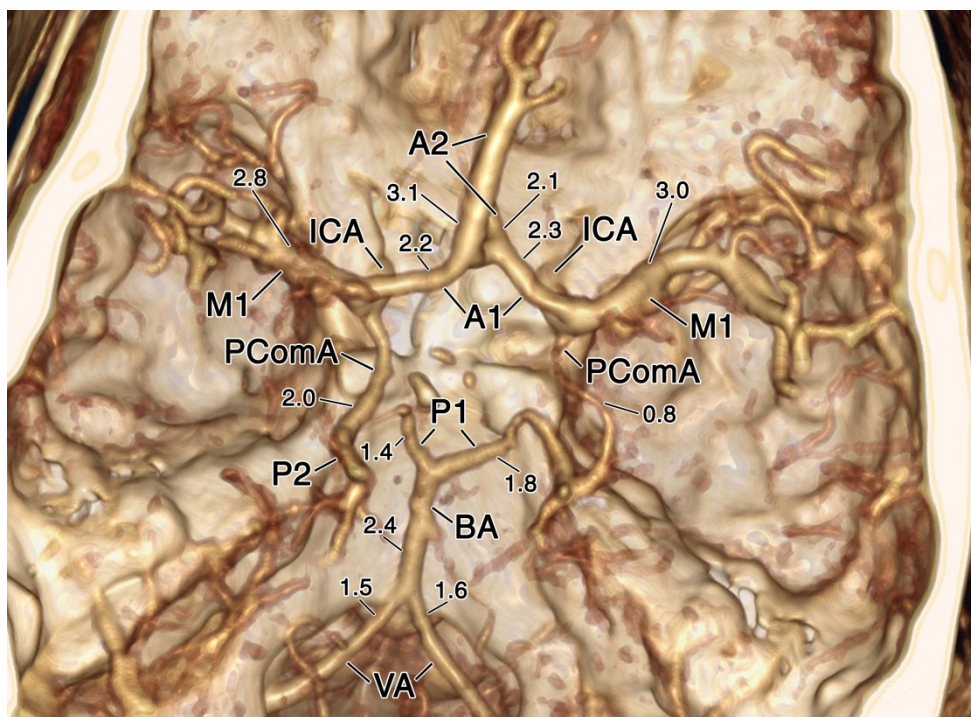


Slika 66. Pogled s prednje strane i malo odozdo na 3D snimka multislajsnog CT skenera. Vidi se duplikacija densa (1 i 2) i *condylus tertius* (3) koji je u kontinuitetu s bazilarnim delom okcipitalne kosti (4). Zapažiti delimičnu aplaziju (između dve zvezdice) prednjeg luka atlasa. 5 – desni *articulatio temporomandibularis*; 6 – koštano srašćenje C2-C4 pršljenova; 7 i 8 – desna i leva *a. carotis interna*.

Slika 67. Pogled otpozadi na kranio cervikalni prelaz. Zapažiti parcijalnu aplaziju zadnjeg luka atlasa (između dve zvezdice), duplikaciju densa (1 i 2) i *condylus tertius* (3) koji je srasao za prednju ivicu (4) foramena magnuma; 5 – dilatirana *a. vertebralis* između atlasa i okcipitalne kosti; 6 – *processus transversus* atlasa; 7 – leva piramida; 8 – *a. basilaris* na klivusu; 9 – *dorsum sellae*; 10 – leva *a. carotis interna*; 11 – leva lamina aksisa, u blizini presečenog *processusa spinosus*. Zapažiti spojene lamine C2-C4 pršljenova.

Jedna od najmarkantnijih malformacija bila je udvojenost *densa axisa* (C2) (sl. 64-66). Levi zubni nastavak bio je nešto viši (8,6 mm) od desnog (7,7 mm). Gornji poprečni prečnik densa, neposredno ispod njegovog vrha, iznosio je 8,1 mm na levoj strani i 7,6 mm na desnoj strani. Donji poprečni prečnik, u predelu baze densa, bio je 14,5 mm na levoj strani, a 14,7 mm na desnoj strani. Sagitalna pukotina između dva zubna nastavka u gornjem delu je imala prečnik od 3,7 mm, a u donjem delu 3,0 mm. Jasno je da se ova središnja pukotina postepeno sužavala u donjem delu. Osim toga, pukotina je zalazila i u telo aksisa (sl. 64). Zbog toga je dužina čitave pukotine iznosila 23,7 mm.

Na atlasu (C1) je zapažen, prvo, središnji defekt prednjeg luka atlasa (sl. 66), čiji je prečnik bio 22,7 mm. Drugo, postojala je delimična ageneza zadnjeg luka atlasa u središnjem delu (sl. 67). Najkraći prečnik defekta iznosio je 26,1 mm. Drugo, i desni i levi *foramen transversarium* pokazivali su defekt svog prednjeg koštanog dela. Inače, desna i leva *massa lateralis* normalno su se zglobljavale gore sa istostranim okcipitalnim kondilom, a dole sa gornjim zglobnim delom aksisa (C2). Poprečni prečnik atlasa, meren od vrha desnog i levog *processus transversus*, imao je veliku vrednost, tj. 91,9 mm.



Slika 68. Kosi pogled odozgo na bazu lobanje i glavne intrakranijalne arterije na 3D snimku multislajsnog CT skenera. VA – desna i leva *a. vertebralis*; BA – *a. basilaris*; P1 – proksimalni segment desne i leve *a. cerebri posterior*; P2 – distalni segment istih arterija; PComA – desna i leva *a. communicans posterior*; ICA – desna i leva *a. carotis interna*; M1 – proksimalni segment desne i leve srednje moždane arterije; A1 i A2 – proksimalni i distalni segment desne i leve *a. cerebri anterior*. Zapaziti prečnike vaskularnih elemenata u milimetrima.

Osim ovih urođenih anomalija, zapaženo je i potpuno srašćivanje aksisa (C2), C3 i C4 pršljenova (sl. 66 i 67). Ovakvo srašćivanje postojalo je i između T12 i L1 pršljenova.

Pacijentu je urađena i MSCT angiografija. Ispostavilo se da su neke cerebralne arterije bile nejednake debljine. Zapažena je i dilatacija ekstraduralnog segmenta *arteriae vertebralis*, tako da je njihov prečnik bio 3,4 mm i 3,3 mm (sl. 67). S druge strane, intrakranijalni (medularni) segmenti ovih dveju arterija imali su mnogo manji kalibar (sl. 68). Istovremeno, registrovano je i rano račvanje *arteriae basilaris*, tzv. duplikacija bazilarke (sl. 68). Zbog toga je dužina ove arterije bila svega 20,6 mm. Zapažena je i blaža hipoplazija levog početnog (P1) segmenta *arteriae cerebri posterior*, kao i „hiperplazija“ *arteriae communicans posterior*, koja se direktno produžavala distalnim (P2) segmentom zadnje moždane arterije. Najzad, postojala je i lokalna dilatacija distalnog (A2) segmenta leve *arteriae cerebri anterior*, te je njen prečnik iznosio 3,1 mm. Inače, svi vaskularni prečnici prikazani su na sl. 68.

4.6. Patološki aspekt kranio-cervikalnog prelaza

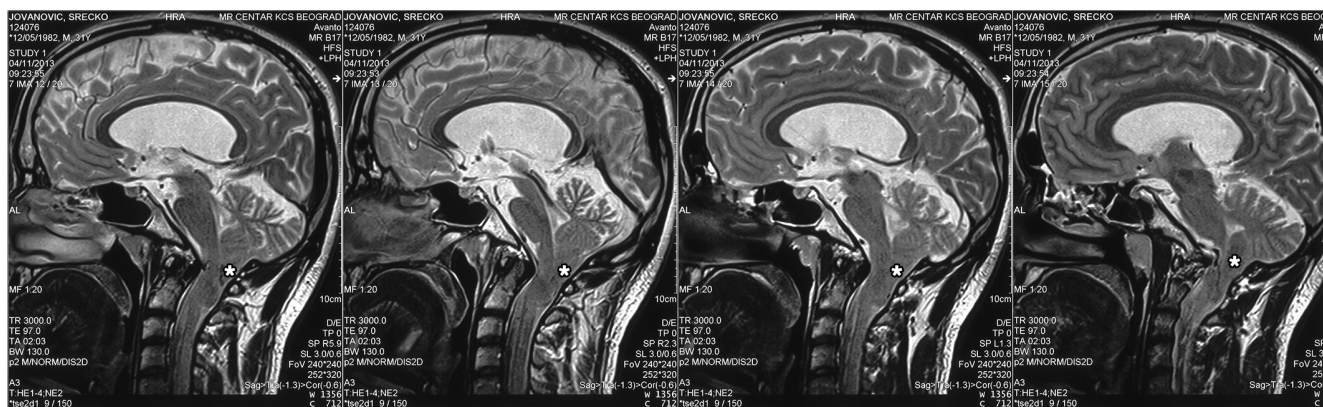
Ovaj odeljak se odnosi na razvoj patoloških procesa u ovom području, kao i na kongenitalne malformacije.

4.6.1. Patološki aspekt

Od 50 ispitanih pacijenata s patološkim procesima u zadnjoj lobanjskoj jami, izdvojili smo četvoro s procesima u predelu kranio-cervikalnog prelaza. Dvoje pacijenata imalo je Kjarijevu (Chiari) malformaciju, a dvoje tumor u ovom području.

Kjarijeva malformacija manifestovala je prolaskom tonzila malog mozga ili dela vermisa kroz foramen magnum u gornji deo kičmenog kanala, uz samu produženu i kičmenu moždinu.

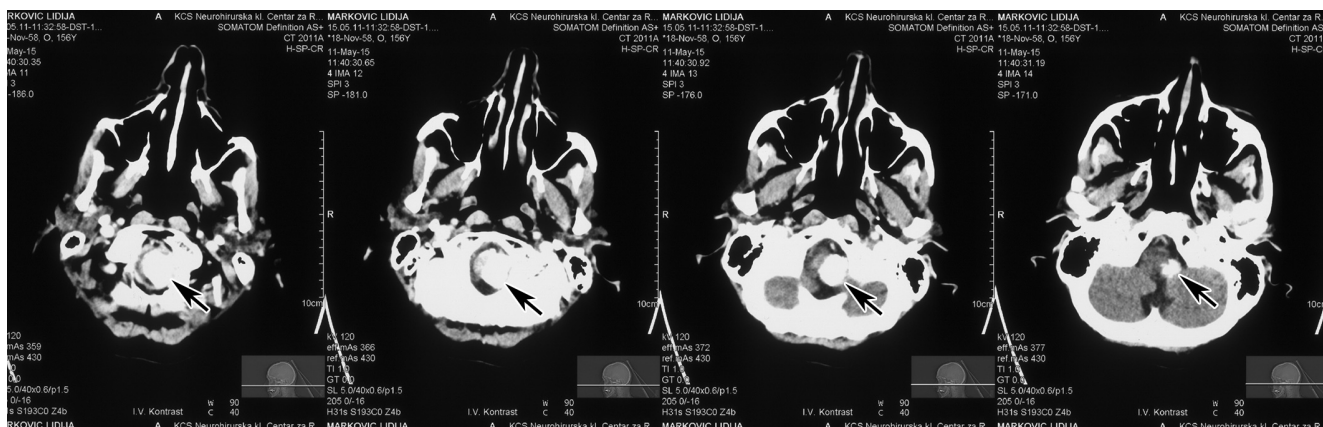
1. pacijent, muškog pola i životnog doba od 45. godina, imao je simptome sedam godina pre prijema na Neurohiruršku kliniku, i to u vidu nestabilnosti pri hodu, uz postepeni razvoj kvadripareze koja je progredirala. MRI ispitivanje pokazalo je hipoplaziju klivusa, bazilarnu invaginaciju i descenziju tonzila cerebeluma u kičmeni kanal do nivoa tela C2 pršljena (sl. 69). Pritom je zapažena kompresija kičmene moždine prolabiranom tonzilom, kao i kompresija produžene moždine od strane densa aksisa. Postavljena je dijagnoza Kjarijeve (Chiari) malformacije tipa I s pratećom hidrosiringomijelijom. Pacijentu je urađena parcijalna resekcija atlasa (C1) i aspiracija tonsila, nakon čega se postepeno smanjivao neurološki ispad.



Slika 69. Kjarijeva (Chiari) malformacija tipa I na sagitalnim MRI “T2-weighted” snimcima. Zapaziti descenziju tonzile malog mozga (zvezdica) u kičmeni kanal.

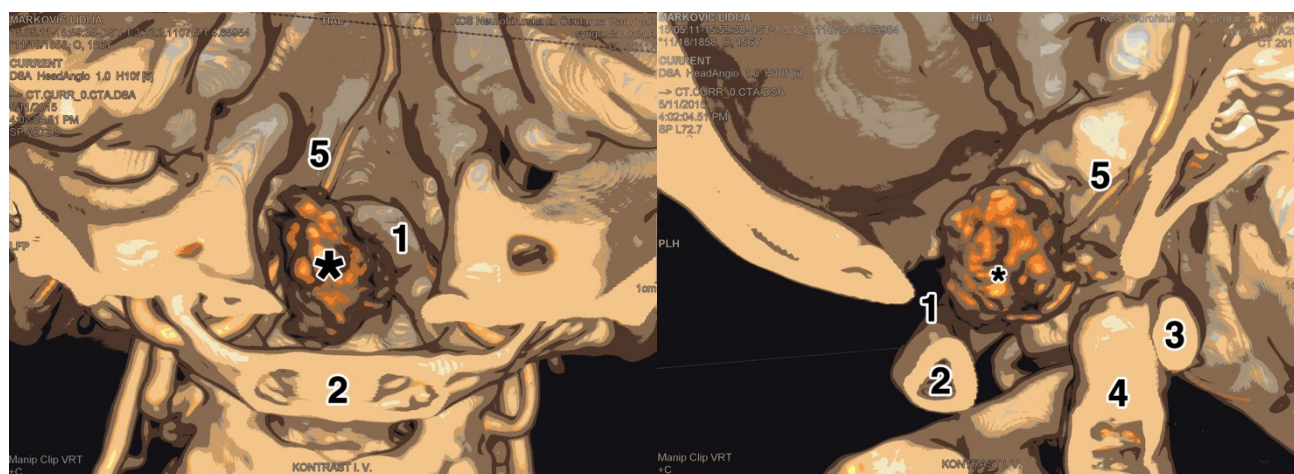
2. pacijent, muškog pola i životnog doba od 43 godine, bolovao je od cerebralne paralize. Javio se neurologu zbog pojave otežanog hoda, kao i mišićne slabosti u rukama i, naročito, u nogama. MRI pregled je pokazao blažu descenziju (4 mm) tonzila malog mozga u kičmeni kanal, te je postavljena dijagnoza Kjarijeve malformacije tipa I. Sem toga, registrovano je cistično proširenje u centralnom delu cervikalnih segmenata kičmene moždine (C5-C7), što je označeno kao prateća hidrosiringomijelija. Nije postojala indikacija za hirurško lečenje.

3. pacijent, osoba ženskog pola životnog doba od 65 godina, javila se neurologu zbog bolova u vratu i osećaja tmjenja u levoj ruci, kao i zbog mišićne slabosti i nespretnosti šake. MRI ispitivanje je pokazalo prisustvo ekspanzivne ekstramedularne promene u nivou kranio-cervikalnog prelaza, naročito



Slika 70. Serijski aksijalni CT snimci koji pokazuju prisustvo meningioma, tj. izrazito hipodenzne formacije (strelica), u kranio-cervikalnom prelazu.

C1 pršljena, s kompresijom levog dela kičmene moždine i delimično produžene moždine (sl. 70). Isti je nalaz bio i na snimcima multislajsnog CT skenera (sl. 71). Sumnja na meningiom potvrđena je patohistološkim nalazom (gradus 1). Nakon subokcipitalnog pristupa, urađena je resekcija zadnjeg luka atlasa i postepeno uklanjanje čvrstog tumora u potpunosti. Pacijentkinja se postepeno oporavila neurološki.



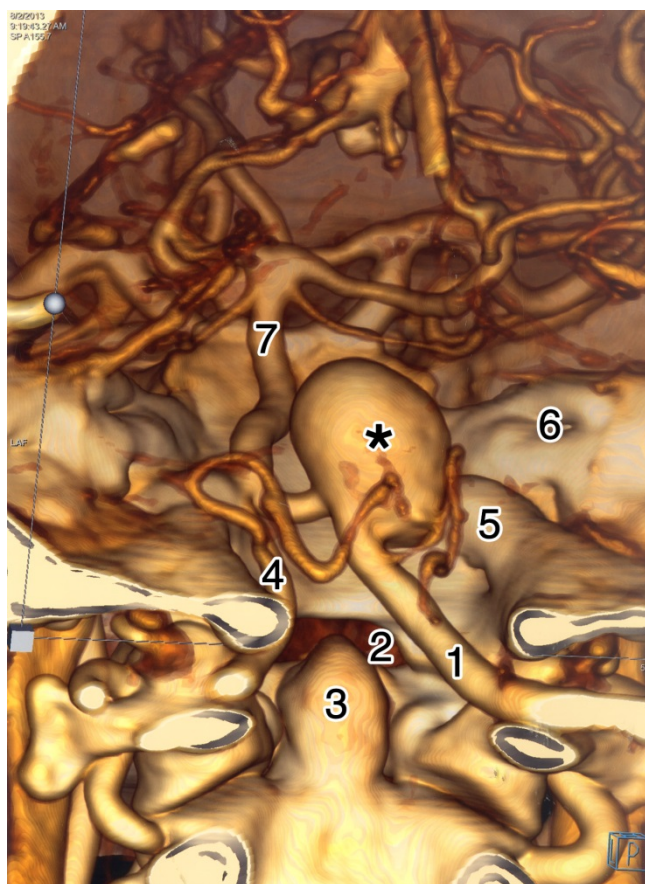
Slika 71. Rekonstrukcija 3D snimaka na multislajsnom skeneru. Zapaziti tumefakt, tj. *meningioma* (zvezdica), u kraniocervikalnom prelazu na sagitalnom preseku (gore) i pri pogledu odozgo (dole). 1 – foramen magnum; 2 – zadnji luk atlasa; 3 – prednji luk atlasa; 4 – dens aksisa; 5 – leva *a. vertebralis*.

4. pacijent, osoba ženskog pola životnog doba od 68 godina, javila se neurologu zbog slabosti leve ruke i noge. MRI pregled je ustanovio prisustvo lobulirane ekspanzivne ekstramedularne promene, dimenzija $22 \times 26 \times 19$ mm, u kraniocervikalnom prelazu, do nivoa C2 pršljena. Suspektan meningiom verifikovan je postoperativno patohistološkim nalazom (gradus 1). Urađena je praktično ista neurohirurška intervencija kao i u prethodne bolesnice, s uklanjanjem tumora *in toto*. Postoperativno je zapaženo poboljšanje neurološkog statusa.

Inače, u nivou kraniocervikalnog prelaza nismo registrovali druge patološke procese. Nisu zapažene degenerativne promene, traumatske lezije, arteriovenske malformacije ni duralne fistule. U jednog pacijenta smo postoperativno dijagnostikovali trombozu leve vertebralne arterije, koja je uzrokovala malu ishemiju produžene moždine, ali sa izraženom distalnom tromboembolijom koja je, preko *a. basilaris* i desne i leve *a. cerebri posterior*, izazvala osrednju bilateralnu ishemiju korteksa okcipitalnih režnjeva.

Najzad, u tri pacijenta dijagnostikovali smo aneurizmu *a. cerebelli inferior posterior* (PICA), a u jednog aneurizmu *a. vertebralis* (VA) u blizini foramena magnuma (sl. 72). Svi pacijenti su imali

slične simptome, naročito vrtoglavicu, nistagmus i poremećaj hoda. Mi smo ih lično operisali, odn. postavili klip na vrat aneurizme. U tri bolesnika intervencija je prošla bez ikakvih postoperativnih komplikacija. Međutim, u jedne starije pacijentkinje pojavila se tromboza vertebralne arterije s malom ishemijom produžene moždine i s osrednjom bilateralnom ishemijom u okcipitalnom delu velikog mozga.



Slika 72. Velika aneurizma (zvezdica) desne *a. vertebralis* (1), neposredno iznad *foramena magnuma* (2); 3 – *dens axis*; 4 – leva *a. vertebralis*; 5 – desni *tuberculum jugulare*; 6 – desni *meatus acusticus internus*; 7 – *a. basilaris*.

4.7. Neurohirurški aspekt

Za hirurški tretman naših pacijenata najčešće smo koristili subokcipitalni pristup. Rez kože potpotiljačnog prostora pravi se na srednjoj liniji, počevši 2 cm-3 cm iznad injona, a zatim se produžuje na dole prem atlasu i C1 pršljenju. Marker za ovaj mediosagitalni rez je upravo injon. Orijentir za paramedijani rez je mastoidni nastavak, odn. njegov vrh. U ovom drugom slučaju treba

identifikovati i koagulisati *a. occipitalis*. Zatim se uradi kraniotomija subokcipitalnog dela skvame potiljačne kosti. Rez dure obično se načini u vidu slova Y, s tim što se neparna nožica slova produži do foramena magnuma ili ispod tog nivoa uz dodatnu resekciju zadnjeg luka atlasa ili laminektomiju C2 ukoliko je patološki proces zašao intraspinalno.

Zatim se otvara arahnoidna opna cisternae magne i aspirira se likvor. Pritom su eksponirane tonzile cerebeluma, koje mogu blago lateralno da se mobilišu, pazeći da se ne povredi PICA. Na taj način je otvoren put za hiruršku intervenciju u predelu foramena magnuma i, eventualno, u proksimalnom delu kičmenog kanala.

Ukoliko je u pitanju meningiom, on se, zbog svoje čvršće konzistencije, pažljivo uklanja deo po deo, uz primenu hemostaze. Ako je reč o aneurizmi okolnog suda, uradi se pažljiva mikrodisekcija vrata aneurizme, na koji se zatim postavlja klip. U slučaju Kjarijeve malformacije, nakon dekompresije resekcijom zadnjeg luka atlasa, izvrši se aspiracija tonzile malog mozga.

5. DISKUSIJA

Kraniovertebralni spoj ili „craniovertebral junction“ (CVJ), koji je centralni deo kraniovertebralnog prelaza, sastoji se, u najužem smislu, od delova okcipitalne kosti u predelu foramina magna, kao i od atlasa (C1 pršljena) i aksisa, tj. C2 pršljena (sl. 28) (Lopez i sar., 2015; Martin i sar., 2010; Netter, 2011; Steinmetz i sar., 2010). Ove osteološke elemente međusobno povezuju potiljačnoatlasni zglob (*articulatio atlantooccipitalis*), desni i levi bočni zglob između atlasa i aksisa (*articulatio atlantoaxialis lateralis*) i središnji zglob između dva pršljena (*articulatio atlantoaxialis mediana*). Zglobove pojačavaju zglobne čaure i zglobne veze, kao i odgovarajuće sindesmoze (sl. 29-31).

Međutim, u samom spoju nalaze se i meka tkiva, pretežno rastresito vezivno tkivo. Tu su i odgovarajući sudovi, naročito *arteria vertebralis* sa svojim ograncima, kao i venski spletovi (*plexus venosi vertebrales*) (sl. 29 i 31-35). Od perifernih neuralnih elemenata nalaze se, uglavnom, prva tri spinalna živca (C1, C2 i C3), a od centralnih komponenti pružaju se kranijalni deo kičmene moždine i kaudalni deo moždanog stabla, naročito produžena moždina, a u neposrednoj blizini je i mali mozak (sl. 37-39) (Carpenter, 1991; Nolde, 2011). Najzad, u susedstvu CVJ nalaze se i veoma važni organi i topografski predeli glave: baza lobanje s donjim kranijalnim živcima, vertebralnom i bazilarnom arterijom, mišići nuhalnog predela pozadi, a bočno leže nazofarinks i orofarinks, kao i parafaringealni (laterofaringealni) prostor s velikim brojem sopstvenih elemenata (Pernkopf, 1963; Yasargil, 1984; Oliveira i sar, 1985; Fosset i Caputy, 2002).

Da bismo prikazali većinu ovih elemenata, pripremili smo, kako je već spomenuto, tri anatomska preparata. Na jednom je izvršen sagitalni presek kroz CVJ (sl. 38), a na drugom preparatu, nakon delimičnog koronalnog preseka, izvršili smo disekciju pojedinih spomenutih vaskularnih i neuralnih elemenata (sl. 48). Najzad, jedan preparat je iskorišćen za pravljenje serijskih preseka CVJ predela, koji su upoređeni sa MRI snimcima u istom nivou (sl. 44-47)

Navedene slike prikazuju svu „statičku“ kompleksnost kraniovertebralnog spoja. Međutim, situacija je još komplikovanija ako se u statiku uključi dinamika, tj. pokreti u predelu CVJa. Kost i zglobovi ovog spoja tako su modelirani i konstruisani da dozvoljavaju velike amplitude pokreta u, praktično, svim smerovima (Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010). Najveći opseg imaju fleksija, ekstenzija i rotacija. Naravno, podrazumeva se da se oni gotovo uvek vrše u sadejstvu sa pokretima nižih delova vratnog segmenta kičmenog stuba. Pokreti CVJ od ogromnog su značaja za normalno funkcionisanje svake jedinice. Razni poremećaji i oboljenja u predelu CVJ, a posebno traumatske lezije, mogu izazvati teže oblike invaliditeta pacijenata, pa i opasnost po život zbog blizine vertebralnih i karotidnih arterija, kao i kičmene moždine, s motornim neuronima za mišiće ekstremiteta, i produžene moždine s vitalnim centrima.

Zbog toga su mnogi anatomici, reumatolozi, ortopedi i neurohirurzi proučavali fleksiju i ekstenziju u raznim situacijama i modelima: u eksperimentalnih životinja (Fiford i Bilston, 2005), na *post mortem* materijalu (Bilston i Thibault, 1996), na određenim digitalnim modelima (Schlamannisar., 2007; Zhang i Bai, 2007), u zdravih osoba korišćenjem radiografije, kompjuterizovane tomografije i magnetne rezonance (Endo i sar., 2012; Gerigk i sar., 2012; Lopezisar., 2015; Lordisar., 2014; Martinisar., 2010; Morishitaisar., 2009; Shenisar., 2013; Steinmetzisar., 2010). Najzad, ispitivanja su obavljena i u pacijenata s određenim degenerativnim oboljenjima, tumorima i traumatskim lezijama cervikalnog dela kičmenog stuba (D'Andreai sar., 2015; Garrett i sar., 2010; Lao i sar., 2014; Magu i sar., 2015;).

I pored toga, još uvek nije do kraja poznat mehanizam fleksije i ekstenzije u CVJ. Zbog toga smo se i odlučili za ovakvu temu naše disertacije. Dobijene podatke u vezi odnosa CVJ elemenata u toku fleksije i ekstenzije analiziraćemo detaljnije u ovom odeljku, a upoređićemo ih i sa podacima drugih autora.

Najpre će biti prikazani, u kratkim crtama, podaci iz literature koji se odnose na evolutivni razvoj kraniovertebralnog spoja (CVJ). Potom će biti analizirani naši rezultati anatomskih ispitivanja i upoređivani sa podacima drugih autora.

Baza lobanje čoveka, uključujući i okcipitalnu kost, doživela je određene promene u toku evolucije (Schaeffer, 1999; Ahern, 2005; Nevell i Wood, 2008; Kimbel i Rak, 2010; Kimbel i sar., 2014; Nakamura i Kato, 2014; Saragusty i sar., 2014). To se naročito odnosi na položaj foramena magna, uključujući i okcipitalne kondile. Naime, postero-inferiorna orijentacija ovih struktura u hominida, majmuna i drugih sisara promenjena je u njihovu donju poziciju. Drugim rečima, one su u *Homo sapiens*a postavljene horizontalno. Zbog toga se prednja ivica foramena magna, zajedno sa bazionom, nalazi na bitimpaničnoj liniji, a ne iza nje kao u ostalih sisara. Slično, zadnja ivica foramena

magnuma sa opistionom postepeno se pomerala na dole i napred. Istovremeno, srčasti izgled foramena postepeno poprima ovalni oblik.

Ove promene najverovatnije su nastale zbog prelaska s kvadripedalnog na bipedarno (dvonožno) kretanje, odn. na zauzimanje uspravnog stava tela u *Homo erectusa*, kao i zbog povećanja intrakranijalnog volumena usled progresivne encefalizacije u *Homo sapiensa* (Kimbel i Rak, 2010). Inače, za razliku od čoveka, foramen magnuma u nekih sisara, na primer u kitova, potpuno je razvijen već nakon rođenja (Nakamura i Kato, 2014).

Najpre, podaci o *foramenu magnumu* odnose se, najpre, na njegove dimenzije, odn. na sagitalni dijametar (prosečno 36,5 mm) i na poprečni prečnik (30,9 mm) (tabela 1). Neki autori (Gruber i sar., 2009; Avci i sar., 2011) navode svoje podatke o ovim prečnicima (36,6 mm × 31,1 mm i 34,5 mm × 29,0 mm) koji ne pokazuju značajnu statističku razliku u odnosu na naše parametre. Međutim, neki drugi autori (Muthukumar i sar., 2006) spominju malo niže vrednosti, tj. 33,3 × 27,9 mm.

Zapažen je direktan odnos između površine foramena magnuma (srednja vrednost je 760 mm²) i volumena intrakranijalnog prostora. Neki autori (Chethan i sar., 2013) razlikuju nekoliko oblika foramena magnuma: okruglasti (22,6%), jajasti (18,9%), četvorougaoni (18,9%), ovalni (15,1%), nepravilni (15,1%), šestougaoni (5,6%) i petougaoni (3,8%). Inače, oblik, a naročito dimenzije, foramena magnuma mogu da se iskoriste za procenjivanje pola osoba, kao i za forenzičku identifikaciju određenih žrtava (Holland, 1998; Uysal i sar., 2005). Predeo foramena magnuma je od ogromnog značaja zbog njegovog sadržaja: produžena moždina, desna i leva vertebralna arterija s granama, kao i spinalni koren desnog i levog akcesornog živca (Oliveira i sar., 1985; Lopez i sar., 2015).

Merenjem uzdužnog i poprečnog prečnika okcipitalnih kondila dobili smo srednje vrednosti od 22,3 mm × 12,65 mm. Drugi autori navode, manje ili više, slične rezultate: 22,9 mm × 14,1; 12,6 mm × 14,7 mm; 23,4 mm × 10,6 mm (Naderi i sar., 2005; Muthukumar i sar., 2006; Hong i sar., 2011). Ovi autori merili su i visinu kondila, te su ustanovili prosečnu vrednost od 9,2 mm. Neki drugi autori merili su visinu prednjeg i zadnjeg dela kondila (13,2 mm i 10,8 mm), kao i medijalnog i lateralnog dela (13,2 mm i 10,8 mm) (Hong i sar., 2011). Oni su ustanovili i da kondil najčešće ima ovalan oblik (65%), a ređe bubrežast, zatim izgled slova S ili osmice, potom trougaoni, prstenasti ili deformisani.

Sagitalni ugao između desnog i levog kondila na našem materijalu ima srednju vrednost od 54,05⁰, dok su drugi autori ustanovili vrednost od 55,0⁰ do 59,3⁰. Dok razmak između prednjeg i zadnjeg dela oba kondila iznosi 17,41 mm i 39,68 mm na našim preparatima, ovi autori navode vrednosti od 21,0 mm i 41,6 mm, odn. 21,0 i 39,0 mm (Kalthur i sar., 2014; Naderi i sar., 2005). Male razlike između njihovih i naših rezultata mogu se objasniti nešto različitim referentnim tačkama koje se

koriste pri ovakvim merenjima. Inače, dimenzija kondila jako su važne zbog postavljanja direktnog transkondilarnog zavrtnja u fiksaciji CVJ područja kad postoji indikacija za to (Hongi sar., 2011). Moguće komplikacije ovakve fiksacije jesu povreda vertebralne arterije, okolnih venskih spletova, hipoglosnog živca i produžene moždine.

Mi smo ustanovili da rastojanje između zadnje ivice kondila i kondilarne jame (*fossa condylaris*) ima prosečnu vrednost od 2,50 mm. Što se tiče kondilarnog kanala, koji sadrži *v. emissariau condylaris*, često započinje odmah iznad zadnje ivice kondila. U ovim slučajevima, njegovo odstojanje od kondila iznosi 0,0 mm. Ovaj kanal povremeno ne postoji, bilo unilateralno ili bilateralno. Inače, neki autori detaljno su opisali ovaj kanal, ali bez morfometrijskih podataka (Haas, 1957).

Pojedini autori (Kalthur i sar., 2014) merili su najkraća rastojanja između *foramena jugulare* i zadnjeg, srednjeg i prednjeg dela okcipitalnog kondila. Srednja distanca, koja iznosi 8,0 mm, slična je našim nalazima (9,10 mm i 9,23 mm). Ovi podaci su važni u slučaju frakture kondila, jer zbog blizine spomenutog otvora može da nastane povreda vagusnog i glosofaringealnog živca.

Razmak između kondila i ulaznog otvor karotidnog kanala iznosio je prosečno 12,50 mm na našem materijalu. Inače, neki autori su posvetili pažnju odnosu unutrašnje karotidne arterije i C1 pršljena (atlasa). Ustanovili su da srednja vrednost ove distance iznosi samo 2,9 mm.

Što se tiče hipoglosnog kanala, njegova dužina iznosi prosečno 12,6 mm. Inače, mi smo ustanovili da najkraći razmak između gornje ivice kondila i donjeg obima spoljnog otvora hipoglosnog kanala ima srednju vrednost od 8,1 mm. Neki autori navode prosečnu vrednost od 12,2 mm i 12,4 mm od otvora kanala do zadnje i lateralne ivice kondila (Avci i sar., 2011; Muthukumar i sar., 2006). Rastojanje od unutrašnjeg otvora kanala do kondila, prema nalazima raznih autora, iznosi 7,5 mm, 11,0 mm i 12,0 mm (Muthukumar i sar., 2006; Bulsara i sar., 2008; Kalthur i sar., 2014). U svakom slučaju, ovi odnosi su veoma značajni u situacijama fiksacije zavrtnjem ili u slučaju resekcije kondila u okviru hirurškog pristupa CVJ predelu, kako bi se izbegla jatrogena povreda hipoglosnog nerva, kao i u slučaju nakon frakture kondila ili raznih drugih poremećaja CVJ regije (Muthukumar, 2002; Bulsara i sar., 2008; Karasu i sar., 2009).

Neposredno iznad hipoglosnog kanala nalazi se *tuberculum jugulare*. Dužina tuberkla iznosi prosečno 15,4 mm, njegova širina je 9,6 mm, a visina je 6,8 mm (Avci i sar., 2011). Ova koštana struktura je važna u slučaju suprakondilarnog transjugularnog tuberalnog pristupa (Matsushima i sar., 1998).

Među najdužim distancama nalaze se one između okcipitalnog kondila i vrha mastoidnog nastavka (srednja vrednost je 25,40 mm), kao i između kondila i stilomastoidnog otvora (prosečno 21,0 mm) kroz koji *n. facialis* napušta lobanju. Mi nismo u literaturi pronašli podatke o ovim merenjima.

Najduža distanca (prosečno 44,78 mm) zapažena je između zadnje ivice foramena magnuma, tj. opistiona, i spoljašnje okcipitalne protuberance, tj. injona. U ovom poslednjem nivou registrovana je najveća debljina okcipitalne kosti (do 15,1 mm), kao i u susednom delu *lineae nuchae superior* (preko 8 mm), a i u predelu iznad injona (prosečno 12,6 mm) (Ebraheim i sar., 1996). Svi ovi podaci veoma su značajni za postavljanje okcipitocervikalnih konstrukcija u slučaju pojave fraktura u CVJ području (Garret i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010).

Mi smo merili i razmak između baziona i *tuberculum pharyngeum* bazilarnog dela okcipitalne kosti, pri čemu je srednja vrednost iznosila 10,69 mm. Drugi autori merili su rastojanje baziona do prednjeg i zadnjeg vrha kondila, pri čemu je dobijena prosečna vrednost 12 mm, odn. 27 mm (Kalthur i sar., 2014). Isti autori ustanovili su da razmak između opistiona i prednjeg i zadnjeg vrha kondila prosečno iznosi 39 mm i 28 mm.

Što se tiče varijacija okcipitalnog kondila, na našim uzorcima zapazili smo samo udvajanje njegove zglobne površine (tzv. bipartitni kondil).

Poređenjem naših rezultata i nalaza drugih autora zapažaju se podudarnosti, ali i izvesne razlike.

Što se tiče mase lateralis atlasa, izračunali smo da srednja vrednost njenog prečnika iznosi 15,18 mm, što je veoma slično nalazima nekih autora (15,47 mm) (Dong i sar., 2003). Takođe, srednja vrednost između visine medijalnog i lateralnog dela mase na našim uzorcima bila je 13,80 mm, što je takođe veoma slično (14,90 mm) nalazima ovih istih autora. Navedeni autori su zaključili da ovde postoji dovoljno prostora za postavljanje zavrtanja kroz masu lateralis radi fiksacije.

Srednja vrednost intertuberkularnog razmaka, tj. rastojanja između desne i leve tačke pripoja *lig. transversum atlantis*, na našim uzorcima iznosila je 17,1 mm, što je nešto više od vrednosti 15,2 mm koju spominju Lopez i sar. (2015). Inače, prema nalazima ovih autora, tuberkul ima prosečnu visinu od 6 mm i širinu od 5 mm. Ostali rezultati naših merenja slični su nalazima drugih autora (Dong i sar., 2003; Meseke i sar., 2008).

Naši rezultati u vezi prečnika gornjih zglobnih površina atlasa pokazuju, najpre, da su one nešto manje nego korespondentne površine okcipitalnih kondila. Drugo, gotovo da ne postoje razlike u prečnicima ovih površina na desnoj i levoj strani. Tako, srednja vrednost poprečnog i uzdužnog prečnika bila je 9,60 mm × 21,69 mm na desnoj strani, a 9,84 mm × 21,73 mm na levoj strani. Ipak, poprečni prečnik desne lateralne mase bio je nešto manji od prečnika leve mase. Međutim, neki autori (Gottlieb, 1994) zapazili su desno-levu asimetriju u ovom predelu, čak, u 63% slučajeva.

Na našim preparatima, donje zglobne površine atlasa takođe su pokazivale simetriju, ali određeni autori i ovde su zapazili izvesnu asimetriju (Meseke i sar., 2008). Ovi autori registrovali su i

funkcionalnu asimetriju u ovom predelu, odn. razliku u rotaciji u atlanto-okcipitalnom zglobu za nekih 3,5⁰. Razlika u desno-levoj rotaciji iznosi 6,3⁰ u atlantoaksijalnom zglobu (Pfirman i sar., 2008).

Na našim preparatima zapazili smo dvostruku gornju zglobnu površinu u 2 slučaja, što je slična frekvenca u rezultatima drugih autora (Gottlieb, 1994; Billmann i sar., 2007). Prema mišljenju navedenih autora, ove dvostruke površine mogu da budu rezultat uspravnog stava i bipedalnog hoda *Homo sapiensa*.

Sangari i sar. (2015) merili su prečnike *foramena transversariuma* vratnih pršljenova, pri čemu su dobili srednju vrednost od 5,17 mm i 5,69 mm, što je nešto manje od dimenzija koje smo mi zapazili u seriji naših atlasa (oko 6 mm × 7 mm). Očigledno, foramen transverzarijum atlasa veći je od istih otvora ostalih vratnih pršljenova. Najzad, neki autori registrovali su povremeno jedan pomoćni otvor iza glavnog transverzarnog otvora (Le Minor, 1997).

Prikaz započinjemo morfometrijskim podacima o zubnom nastavku aksisa (tabela 2). Kao što je ranije navedeno, gornji prečnici densa imaju prosečnu vrednost od 10,23 i 11,77 mm, a srednja vrednost donjih prečnika je 9,77 mm × 11,90 mm. Očigledno, donji sagitalni prečnik densa nešto jemanji od gornjeg. Singla i sar. (2015) dobili su slične rezultate (10,10 mm) kad je u pitanju poprečni prečnik densa.

Izvesne razlike postoje u vezi visine zubnog nastavka, čija srednja vrednost na našim preparatima je 16,73 mm, a na materijalu ovih autora iznosi 14,66 mm. Razlika je nastala zbog različite donje linije merenja densa. Naime, donju liniju u našim merenjima činila je baza densa, a u ovih autora je u pitanju linija koja prolazi kroz najvišu ivicu gornje zglobne površine aksisa. Inače, mi smo merili i prečnike prednje i zadnje zglobne površine densa, što drugi autori nisu činili. Bez obzira na sve, dimenzije densa su takve da omogućuju postavljanje zavrtnja kroz telo aksisa i kroz sam dens u slučaju njegove frakture (Singla i sar., 2015).

Zbog različitog određivanja granica, postoje izvesne razlike i u nekim drugim parametrima. Na primer, na našim preparatima srednja vrednost visine prednje strane tela aksisa je 21,96 mm, a na materijalu spomenutih autora visina je 19,67 mm. Slično, naši rezultat za visinu zadnje strane aksisa je 18,39 mm, a njihov nalaz je 16,67 mm. Takođe, dobili smo i nešto veće vrednosti za prečnike gornjih i donjih zglobnih površina aksisa nego navedeni autori. Inače, zapazili smo da je gornja zglobna površina aksisa malo veća od donje površine atlasa.

Navedeni autori izneli su i podatke o širini pedikla aksisa, tj. srednju vrednost od 10,30 mm. S druge strane, mi smo merili poprečni prečnik desne i leve lamine luka aksisa, koji prosečno iznosi 6,6 mm, što je nešto više (5,17 mm) od nalaza jedne grupe autora (Sharma i sar., 2015). S druge strane, bili

smo jedini koji smo merili visinu lamina i dobili srednju vrednost od 13,5 mm. Sva ova merenja su značajna za postavljanje translaminarnog zavrtnja (Singla i sar., 2015).

Neke od navedenih parametara, kako aksisa tako i atlasa, merili smo i kod 22 volontera koji su ispitani na MSCT skeneru. Većina rezultata je slična u obema grupama. Na primer, visina zubnog nastavka aksisa ima srednju vrednost od 16,73 mm na našim preparatima, a 16,53 mm u volontera, što je gotovo identičan nalaz. Slično, visina lamine aksisa je 13,50 mm na preparatima, a 12,60 mm u volontera, pri čemu je razlika manja od 1 mm.

Što se tiče atlasa, intertuberkularna distanca, na primer, iznosi 17,01 mm na našim preparatima, a 16,78 mm u volontera, s očiglednom razlikom od samo 0,2 mm. Takođe, sagitalni prečnik *foramena vertebrale* imao je srednju vrednost od 32,80 mm na preparatima, a 34,46 mm u volontera. I drugi autori su zapazili veću ili manju sličnost između anatomskih i CT parametara (Sharma i sar., 2015).

Iako zbog malog broja preseka nismo mogli da uradimo mofometrijska ispitivanja, detaljno smo registrovali sve elemente na svakom preseku, kako u aksijalnoj tako i u koronalnoj i sagitalnoj ravni. Naši nalazi poklapaju se sa rezultatima ispitivanja drugih autora (Oliveira i sar., 1985; Rhoton i Buza, 1975), ali na našim presecima su mnogo detaljnije prikazani svi osteološki, vaskularni i neuralni elementi.

U grupi ispitanika koji su snimani MSCT skenerom ispitana su 22 zdrava volontera u neutralnom položaju, a potom u fleksiji i ekstenziji. Mereno je 14 parametara i 2 ugla. Razmotrićemo značenje dobijenih podataka.

Neutralna pozicija podrazumeva vertikalni ili ležeći stav (kao u naših volontera) s neutralnim odnosom elemenata CVJ, dakle bez prednje fleksije, ekstenzije, rotacije i lateralne fleksije (sl. 49N i 52N). U ovom stavu merili smo spomenutih 14 parametara, odn. prečnika i distanci, između koštanih elemenata CVJ, kao i odgovarajuće uglove. Ovi nalazi predstavljali su osnov za ispitivanja mehanizma fleksije i ekstenzije u predelu CVJ. Svi ovi podaci, obrađeni statistički, prikazani su u prethodnom poglavlju.

Usled klizanja *condylusa occipitalisa* po gornjim zglobnim površinama atlasa (desnoj i levoj *foveai articularis superior*) u zadnjem smeru, prednji deo okcipitalne kosti pomera se na dole, zbog čega se vrh densa C2 pršljena približava bazionu (sl. 49F i 52F). Pritom je vrh densa ispod baziona (parameter 1), ali i malo iza njegovog nivoa (parameter 11) (sl. 52F). S druge strane, foramen magnum i opistion rotiraju se na gore. Zbog toga se malo skraćuje razmak između densa i opistiona (parameter 2), kao i razmak između densa i zadnjeg luka atlasa (parameter 3). Razmak je obično kraći i između baziona i zadnjeg luka atlasa (parametri 7 i 10), kao i između baziona i luka C2 pršljena (parameter 6).

Istovremeno, zadnji luk atlasa udaljuje se od opistiona (parametar 9). Zbog prednjeg (ventralnog) savijanja vratnog dela kičmenog stuba, sužavaju se prednji delovi međukičmenih kolutova (*discus intervertebrales*). S druge strane, povećava se razmak između lukova C1, C2 i C3 pršljenova (parametri 13 i 14). Pritom se luk C2 pršljena pokreće ne samo na gore već i malo napred (ventralno).

Što se tiče merenih uglova, zapazili smo da se u fleksiji smanjuju i ugao α i ugao β . Maksimalna fleksija vratnog dela kičmenog stuba iznosi oko 40° (Morishita i sar., 2008). Prema ispitivanjima određenih autora (Le Minor i Kortike, 1991-1992; Pfirmann i sar., 2000; Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010), amplituda fleksije u *articulatio atlantooccipitalis* prosečno iznosi $23,0^{\circ}$ - $27,1^{\circ}$. Istovremeno, lateralna fleksija u ovom zglobu je između $3,5^{\circ}$ i $5,5^{\circ}$, a horizontalna rotacija je od $2,4^{\circ}$ do $7,2^{\circ}$.

Što se tiče zglobova između C1 i C2 pršljenova (*articulationes atlantoaxiales laterales* i *articulatio atlantoaxialis mediana*), srednja vrednost fleksije je $10,1^{\circ}$. Lateralna fleksija iznosi do $6,7^{\circ}$, a horizontalna rotacija prosečno je $23,3^{\circ}$ - $38,9^{\circ}$ na desnoj ili levoj strani.

U toku ekstenzije nastaju dve promene: rotacija na dole zadnjeg dela okcipitalne kosti, kao i posteriorno (dorzalno) savijanje vratnog dela kičmenog stuba.

Usled rotacije, skvama okcipitalne koste jako se približava zadnjem luku atlasa (parametar 9) (sl. 49E i 52E). Potpuno suprotno, povećava se razmak između baziona i prednjeg luka atlasa, kao i baziona i vrha densa C2 pršljena (parametar 1). Povećava se i razmak između baziona, s jedne strane, i luka C2 pršljena (parametar 6) i zadnjeg luka atlasa (parametri 7 i 10), s druge strane. Što se tiče rastojanja između densa i opistiona (parametar 2), on je ili duži ili kraći. Tako se ponaša i distanca između zadnjeg luka atlasa. Obično je ista situacija i sa rastojanjem zadnjeg luka atlasa i opistiona (parametar 8).

Zbog posteriornog (dorzalnog) savijanja kičmenog stuba, smanjuje se distanca između lukova C1, C2 i C3 (parametri 13 i 14), što je statistički značajna razlika između neutralnog položaja i fleksije. Istovremeno, lukovi pojedinih pršljenova pomeraju se malo dorzalno (sl. 52E). S druge strane, povećava se visina prednjih delova intervertebralnih diskova (sl. 52E).

Neki od spomenutih parametara, kao i odnosi između odgovarajućih parametara, u neutralnom položaju jako su važni za procenu odnosa između kostiju CVJa u normalnim situacijama i u patološkim stanjima (Garrett i sar., 2010; Martin i sar. 2010). Na primer, linije parametara 4 i 6 normalno ne seku ni atlas (C1) ni aksis (C2). Zatim, dužina horizontalnog rastojanja između baziona i vertikalne linije povučene duž zadnje strane tela aksisa normalno ne prelazi vrednost od 12 mm anteriorno ni 4 mm posteriorno. Najzad, određuje se i tzv. Pauersova razlika (Powers), koja predstavlja odnos između parametara 7 i 8. Ovaj odnos normalno je manji od 1.

Najzad, kako je već spomenuto, merena su i dva ugla. I za ugao α i za ugao β ustanovljeno je povećanje nakon ekstenzije, uz visoku statističku značajnost ($p < 0,001$).

Prema navodima pojedinih autora (Morishita i sar., 2008), poređenjem neutralnog položaja vrata i maksimalne ekstenzije registruje se ugao od oko 20° . Prema drugim izveštajima (Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010), amplituda ekstenzije u *articulatio atlantooccipitalis* proseno je između $24,5^{\circ}$ i $24,9^{\circ}$. Ekstenzija u *articulationes atlantoaxiales* iznosi prosečno $22,4^{\circ}$.

Varijabilnost nekih parametara u naših volontera pri istom položaju vrata može da ima dva uzroka. Prvi, neprecizno merenja od strane radiologa. Da bi smo izbegli ovakve greške, angažovali smo dva nezavisna radiologa za merenje navedenih dijametara i uglova. Njihovi rezultati su se praktično poklapali. Drugo, ne može da se isključi i mogućnost individualnih razlika u biometrici i biomehanici kraniovertebralnog spoja.

Iako je najveći stepen angulacije cervikalnog dela kičmenog stuba izražen u nivou C4/C5 i C5/C6 pršljenova (Morishita i sar., 2008; Steinmetz i sar., 2010), ustanovljeno je da se najveće amplitude pokreta izvršavaju u kraniovertebralnom spoju (CVJ) u odnosu na ostale delove kičmenog stuba (cervikalni, torakalni, lumbalni i lumbosakralni) (Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010). Dakle, upravo u CVJ zglobovima je najveći stepen fleksije, ekstenzije i rotacije glave (Lopez i sar., 2015). Zbog toga su mnogi autori ispitivali pokrete u nivou CVJ, tj. okcipitalne kosti, atlasa i aksisa, koje povezuju spomenuti zglobovi: *articulatio atlantooccipitalis* (Oc-C1) i *articulationes atlantoaxiales* i *articulatio atlantoaxialis mediana* (C1-C2) (Lopez i sar., 2015; Martin i sar., 2010; Steinmetz i sar., 2010).

Spomenute tri kosti u predelu CVJa, tj. okcipitalnu, atlas i aksis, međusobno spajaju zglobne veze i odgovarajuće sindesmoze koje su opisane u prethodnom poglavlju (Garrett i sar., 2010; Martin i sar., 2010; Netter, 2011). Sve opisane veze imaju dvojaku ulogu u predelu kraniovertebralnog spoja (Garrett i sar., 2010; Martin i sar., 2010). Najpre, one stabilizuju CVJ i omogućuju normalno odvijanje navedenih pokreta (prednju fleksiju, ekstenziju, lateralnu fleksiju i horizontalnu rotaciju). S druge strane, veze sprečavaju prekomerne pokrete u spomenutim zglobovima, tj. hiperfleksiju, hiperekstenziju i hiperrotaciju.

Inače, ove veze u atlanto-okcipitalnim i atlantoaksijalnim spojevima mogu se vizuelizovati primenom specifičnih sekvenci u toku MR snimanja (Pfirmann i sar., 2000; Roy i sar., 2004; Benglisisar, 2009). MRI može da se koristi i za proveru postoperativnog stanja u kranio-cervikalnom prelazu (Anderson i sar., 2012).

Povrede zglobnih čaura ovih i susednih zglobova odgovorne su za pojavu bola nakon deceleracije usled frontalnih sudara pri saobraćajnim udesima – tzv. “whiplash injury“ (Chen i sar., 2009). S druge

strane, zadebljanje ili kalcifikacija *ligamenta flava* može da izazove stenozu kičmenog kanala i mijelopatiju (Sayit i sar., 2013). Najzad, ukoliko je jako dejstvo sile, može nastati ruptura ovih veza ili njihova avulzija s koštanih pripoja, naročito *lig. transversuma atlantisa* i *ligamenta alaria* (Panjabi i sar., 1991; Mesfar i Mogio, 2013; Wong i sar., 2014). U tim slučajevima, pojavljuju se prekomerni pokreti u atlanto-okcipitalnim i atlantoaksijalnim zglobovima, npr. hiperrefleksija, hiperekstenzija ili hiper-rotacija.

U analizi rezultata pacijenata ispitivanih pomoću MRI-a najpre će biti prikazani parametri obeleženi slovima (a-s), a zatim odgovarajući uglovi (A i B).

U ovoj grupi ispitano je 6 zdravih volontera primenom aparata za magnetnu rezonancu, i to u neutralnom položaju, fleksiji i ekstenziji glave i vrata. Pritom su mereni parametri koji su označeni slovima abecede (**a-s**)

Statističkom analizom dobijenih podataka za prečnike ponsa (**b**), produžene moždine (**d** i **f**) i kičmene moždine (**k**), ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike u njihovoj vrednosti u iste osobe, to jest u neutralnom položaju (tabela 4), u fleksiji (tabela 5) i ekstenziji (tabela 6). Značajna razlika nije ustanovljena ni međusobnim poređenjem ovih parametara 6 ispitanih osoba. Drugim rečima, oblik i dimenzije moždanog stabla i kičmene moždine praktično se ne menjaju pri pokretima u kranio-cervikalnom spoju.

Bez obzira na odsustvo statistički značajne razlike u većini ostalih parametara merenih na MRI snimcima 6 volontera, analizom dobijenih podataka ipak se došlo do korisnih zaključaka.

Poređenjem vrednosti parametara **a**, **c** i **e**, koji predstavlja odstojanje *ponsa* i produžene moždine od *clivusa* i baziona, zaključeno je da se u većine osoba pons blago približava klivusu pri fleksiji glave i vrata ($X=0,91$ mm). Pri ekstenziji se događa suprotno, tj. blago udaljavanje ponsa od klivusa ($X=1,55$ mm). S druge strane, produžena moždina pri fleksiji blago se udaljava od klivusa ($X=1,17$ mm) i od baziona ($X=0,52$ mm), a u ekstenziji se blago približava klivusu ($X=0,65$ mm) i *basionu* ($X=0,80$ mm).

Analizom **g** parametra zapaža se da pri fleksiji glave i vrata nastaje smanjenje rastojanja između produžene moždine i *opistiona* ($X=1,17$ mm), odnosno blago pomeranje moždine unazad. To se savršeno uklapa u prethodno spomenuto udaljavanje moždine od klivusa i baziona (parametri **c** i **e**). S druge strane, pri ekstenziji glave i vrata takođe se zapaža blago smanjenje **g** parametra ($X=1,8$ mm). Ovaj paradoksalan rezultat može da se objasni samo na jedan način: pri ekstenziji se produžena moždina najverovatnije malo spušta, što uzrokuje njeno blago približavanje opistionu.

Drugačija je situacija s parametrima **i**, **m** i **p**, za koje je ustanovljena statistički značajna razlika (od $p<0,013$ do $p<0,008$), kako je navedeno u rezultatima istraživanja.

Za parametar **i**, koji predstavlja rastojanje kičmene moždine od densa C2 pršljena, zapažena je značajna razlika ($p < 0,008$) pri njegovom poređenju u fleksiji i ekstenziji. On se smanjivao u toku fleksije, te je vrh densa bio bliži produženoj moždini. Međutim, u ekstenziji se uvećavao ovaj parametar, te se produžena moždina malo udaljavala od densa C2 pršljena.

Što se tiče parametra **j**, on je u pojedinim volontera pri fleksiji bio malo duži, a u drugih nešto kraći. Ovo bi moglo da znači da u nekih osoba dolazi do promene prečnika samog kičmenog kanala nakon fleksije. Tako su Endo i sar. (2014) i Harrison i sar. (1999a) zaključili da se kičmeni kanal (*canalis vertebralis*) posle fleksije malo izdužuje, i to za oko 1 mm. Posle ekstenzije ovaj parametar je bio duži u većine osoba, što znači da se produžena moždina malo približavala zadnjem zidu kičmenog kanala.

U toku fleksije uvećavali su se parametri **l** i **n**, dok su parametri **m** i **o** bili malo varijabilni. Ipak se može zaključiti da se kičmena moždina nešto udaljavala od prednjeg zida kičmenog kanala u nivou intervertebralnih diskova C2/C3 i C3/C4.

Parametar **l** nakon ekstenzije bio je varijabilan, ali su parametri **m** i **o** bili uvećani. Drugim rečima, kičmena moždina biva nešto bliža prednjem zidu kičmenog kanala u nivou intervertebralnih diskova C4/C5 i C5/C6.

Manji parametri **p** i **r** nakon fleksije, a veći parametar **q**, ukazuju da se kičmena moždina približava prednjem zidu kičmenog kanala u nivou C4/C5 i C5/C6. S druge strane, parametri **n**, **p** i **r** nakon ekstenzije bili su uvećani u svih volontera. Istovremeno, parametar **q** je bio varijabilan, dok je **o** pokazivao veću vrednost. U svakom slučaju, jasno je da je kičmena moždina u ovom nivou udaljenija od prednjeg zida kanala, ali i da verovatno nastaju promene u prečniku kičmenog kanala.

Najzad, parametar **s** uvećavao se nakon fleksije, te je kičmena moždina i dalje bila bliža prednjem zidu kičmenog kanala. Sasvim suprotno, u ekstenziji je bio smanjen parametar **s**, što znači da se u ovom nivou kičmena moždina približavala zadnjem zidu kanala. Neki autori (Endo i sar., 2014; Harrison i sar., 1999a,b) zapazili izvesno suženje kičmanog kanala u ovom nivou.

Ugao A je, zapravo, spinomedularni ugao, tj. onaj između produžene i kičmene moždine (sl. 55). On je bio nešto manji nakon fleksije u većine volontera. Međutim, isti ugao je bio malo veći posle ekstenzije u većine osoba.

Ugao B se ponašao na sličan način, tj. bio je nešto manji posle fleksije, a veći posle ekstenzije vratne kičme.

Međutim, **ugao C** bio je znatno veći nakon fleksije vrata, što je i statistički potvrđeno ($p < 0.0001$). S druge strane, ovaj ugao je bio manji posle ekstenzije, takođe uz visoku statističku značajnost ($p < 0.0001$).

Na osnovu prethodne analize parametara u fleksiji, jasno je da je pons nešto bliži klivusu, dok je medula malo udaljenija od ovog dela okcipitalne kosti i od baziona u većine volontera. Očigledno je da u našoj grupi volontera postoje izvesne individualne varijacije. Slično, Doursounian i sar. (1989) zapazili su da je prostor između klivusa i ponsa sužen u 61% ispitanika, a između klivusa i produžene moždine je manji u 77,8% osoba.

Što se tiče susednih struktura mozga, Endo i sar. (2014) zapazili su ushodno ili nishodno pomeranje tonzila malog mozga (prosečno 1 mm). S druge strane, spomenuti autori (Doursounian i sar., 1989) registrovali su nishodno pomeranje 4. komore.

Produžena moždina neposredno ispod nivoa foramena magnuma bila je malo bliža densu C2 pršljena posle fleksije vrata u naših volontera. To je verovatno zbog povećanja razmaka densa i atlasa tokom fleksije (Morishita i sar., 2009). Uzgred, ovaj razmak je mnogo veći nakon ruptur *lig. transversum atlantis* (Mesfar i Moglo, 2013).

Gornji deo kičmene moždine malo je udaljeniji od prednjeg zida kičmenog kanala posle fleksije, dok je donji deo moždine obično bliži ovom istom zidu. Drugi autori su ustanovili da je nakon fleksije vratni deo kičmene moždine duži prosečno za 11,7 mm pri prelasku sa ekstenzije na fleksiju vrata (Endo i sar., 2014). U toku ovog izduživanja, zadnja strana moždine duža je za oko 10%, a prednja strana za 6% (Yuan i sar., 1998). Prema nalazima ovih poslednjih autora, gornji deo kičmene moždine kreće se kaudalno, dok se donji deo moždine pomera rostralno u toku fleksije. Ovu elongaciju prati smanjenje poprečnog preseka moždine pri fleksiji (Kuwazawa i sar., 2006a; Pryputniewicz i Hadley, 2010; Lord i sar., 2014). Izduživanje je najverovatnije posledica klizanja moždine duž kičmenog kanala, zajedno sa svojim spinalnim živcima.

Jasno je da moždano stablo prati spomenute aksijalne pokrete kičmene moždine. Prema podacima Jia i Margulies (2007), u toku fleksije vrata i glave pons se kreće oko 2 mm rostralno ili kaudalno, u zavisnosti od dejstva tenzije i sile gravitacije.

Što se tiče ekstenzije, naši parametri pokazuju da se rostralni deo ponsa malo udaljuje od klivusa, dok se kaudalni deo ponsa, kao i produžena moždina, približavaju klivusu i bazionu. Sem toga, produžena moždina je malo udaljenija od densa C2 pršljena.

Što se tiče cervikalnog dela kičmene moždine, on se najčešće malo udaljava od prednjeg zida kičmenog kanala. Miura i sar. (2009) ustanovili su da je prosečno rastojanje kičmene moždine pri ekstenziji kraće u nivou C4/C5 i C5/C6 diska. Inače, pri ekstenziji, kičmena moždina je kraća i ima nešto veći prečnik. Istovremeno, nakon ekstenziji je zapaženo smanjenje za 1,5 mm prečnika vratnog dela kičmenog kanala (Endo i sar., 2014; Harrison i sar., 1999a).

Analiza uglova u toku pokreta vratne kičme pokazuje, najpre, da su spinomedularni uglovi A i B obično manji u toku fleksije, a veći u toku ekstenzije, ali samo za nekoliko stepeni. Ovo je potvrđeno i ispitivanjima drugih autora (Morishita i sar., 2008). Prema nalazima Doursouniana i sar. (1989), spinomedularni ugao varira od 1° do 32° ($X=14^{\circ}$) u fleksiji vratne kičme. Mi smo, međutim, dobili manje vrednost za ugao A ($1-8^{\circ}$, $X=3,7^{\circ}$), a veće vrednosti za ugao B ($2^{\circ}-19^{\circ}$, $X=10,2^{\circ}$) pri fleksiji u većine volontera.

Što se tiče ugla C, njegove vrednosti su veće posle fleksije, a mnogo manje nakon ekstenzije, što se pokazalo kao visoka statistička značajnost ($p<0,0001$). Ovo potvrđuju i nalazi drugih autora (Morishita i sar., 2009). Drugim rečima, pokreti su mnogo izraženiji u nivou vratnog dela kičmene moždine nego između nje i moždanog stabla. Da bismo ovo dokazali vizuelno, mi smo snimke sve tri pozicije vratne kičme i lobanje preklopili u nivou moždanog stabla kod svakog volontera (sl. 57). Inače, drugi autori su ustanovili da najveća angulacija vratne kičme pri pokretima nastaje u nivou C4/C5 i C5/C6 diskova (Morishita i sar., 2008).

Naši rezultati merenja spomenutih parametara i uglova mogu da posluže za procenu položaja i pokreta vratnog dela kičmene moždine i moždanog stabla u pacijenata s određenim poremećajima, oboljenjima i traumatskim lezijama vratne kičme i kraniovertebralnog spoja (Benglis i Levi, 2010; D'Andrea i sar., 2015; Dalbayrak i sar., 2015; Ghasemii sar., 2015; Hankinson i sar., 2010; Kakarla i sar., 2010; Krauss i sar., 2010; Lao i sar., 2014; Magu i sar., 2015; Miura i sar., 2009; Morishita i sar., 2008 i 2009; Moulding i Bilsky, 2010; Pryputniewicz i Hadley, 2010; Sayit i sar., 2013; Schlamann i sar., 2007; Sen i sar., 2010; Singh i sar., 2010; Smith i sar., 2010; Xiong i sar., 2015).

Kako je ranije spomenuto, na anatomskim preparatima kostiju CVJ i u volontera ispitanih MSCT skenerom ustanovili smo nekoliko malformacija i anatomskih varijacija.

U grupi anatomskih uzoraka nisu nađene „drastične“ malformacije okcipitalne kosti. Primećena je duplikacija zglobne površine okcipitalnog kondila, unilateralni ili bilateralni nedostatak kondilarnog kanala, kao i koštana pregrada ili spikula unutrašnjeg otvora hipoglosnog kanala.

Prva varijacija, tj. „bipartitna“ zglobna površina kondila, zapažena je na dva preparata okcipitalne kosti. Nepostojanje kondilarnog kanala registrovali smo na 6 kostiju. Najzad, u 1 slučaju zapazili smo koštanu pregradu u hipoglosnom kanalu, a u 2 slučaja koštanu spikulu u istom kanalu.

S druge strane, u opisanog pacijents s dve hipofize registrovana je suprotna orijentacija foramena magnuma, koji je bio ovalan u poprečnom a ne u sagitalnom smeru. Što je najvažnije, zapažena je veoma retka kongenitalna malformacija, tj. treći kondil koji je srastao s prednjom ivicom spomenutog foramena.

Drugi autori navode pojavu hipoplazije bazalnog dela (baziokciputa) kosti, što izaziva skraćenje klivusa i bazilarnu impresiju ili invaginaciju, mada poslednja pojava može da bude i bez prisustva hipoplazije (Smoker, 1994; Kyoshima i sar., 2005; Pang i Thompson, 2011; Tubbs i sar., 2013). Mi smo hipoplaziju registrovali u jednog od dva pacijenta s Kjarijevom malformacijom.

Hipoplazija okcipitalnih kondila, kao i koštano srašćivanje kondila i atlasa, pojavljuju se mnogo češće (Menezes, 2008; Pang i Thompson, 2011; Tubbs i sar., 2013; Ciotkowski i sar., 2014). Veoma retko nastaje hipoplazija kondila ili, čak, treći kondil, koji predstavlja hiperplaziju središnjeg dela proatlasnog hipohordalnog luka (Rao i sar., 2002; Figueirido i sar., 2008; Menezes i Fenoy, 2009; Goel i Shah, 2010; Pang i Thompson, 2011; Muhleman i sar., 2012; Tubbs i sar., 2013; Milić i sar., 2015). Ova poslednja anomalija, u kojoj treći kondil može da formira lažni zglobov s atlasom ili s densom, može da bude udružena i sa *os odontoideumom*. Najzad, moguća je i pojava bazilarne invaginacije i Chiarijeve malformacije (Fernández i sar., 2009; Smith i sar., 2010; Smoker, 1994).

U grupi anatomskih preparata pronađene su dve vrste varijacija atlasa (C1). Jedna se odnosila na duplikaciju zglobovne površine *foveae articularis superior* atlasa (tzv. bipartitna površina), koju smo zapazili u 28,6% uzoraka, što je slično nalazima nekih autora (Gottlieb, 1994), koji su povremeno registrovali i bilateralnu pojavu ove varijacije. Drugi autori spominju incidencu od 20,8% (Billman i sar., 2007). Oni pretpostavljaju da je bipartitna površina rezultat funkcionalne modifikacije zbog konstantnog uspravnog stava i bipedalnog hoda *Homo sapiensa*. Inače, na atlasu mogu da se pojave i prekobrojne zglobovne površine (Salunke et al, 2014).

Lateralne mase atlas ponekad su koštano spojne s okcipitalnim kondilima (Ciotkowski i sar., 2014). Pojava se naziva asimilacija ili okcipitalizacija. Ova pojava, koja je registrovana u 0,08-2,8% ispitivanih uzoraka ili pacijenata, rezultat je neizvršene resegmentacija proatlasnog sklerotoma (Avci i sar., 2011; Pang i Thompson, 2011; Ciotkowski i sar., 2014).

Drugoj vrsti pripada spomenuti *ponticulus posticus*, koji je zapažen na jednom našem atlasu, i to na levoj strani. Ova varijacija, koja je poznata i pod nazivom *foramen arcuatum*, lokalizovana je odmah iza *massae lateralis* i posteromedijalno od *foramena transversariuma* (Le Minor i Koritke, 1992; Hasan i sar., 2001; Billmann i Le Minor, 2009; Karau i sar., 2010; Martin i sar., 2010; Chitroda i sar., 2013; Lampropoulou-Adamidou i sar., 2013; Elliott and Tanweer, 2014; Travan i sar., 2011; Young i sar., 2005). Pontikulus može da bude kompletan (do 40%) ili nepotpun (do 60%). Anomalija se zapaža u 12%-19% opšte populacije. Naš nalaz (14,3%) je u okviru spomenutog opsega.

Moguće su dve kliničke implikacije ovakvog pontikula (Chitroda i sar., 2013; Young i sar., 2005). Naime, on ponekad vrši kompresiju vertebralne arterije (VA) i *n. suboccipitalisa*, što uzrokuje bolove u predelu glave i vrata, kao i migrenu, vertigo i diplopiju. Ponekad postoji i udruženost sa

Barre-Lieouvim sindromom (glavobolja, retroorbitalni bol, poremećaj vida, promene fonacije i vazomotorni poremećaj u predelu lica). Najzad, VA može da bude povređena u toku postavljanja zavrtanja za fiksaciju kroz lateralnu masu atlasa, što izaziva konsektivnu trombozu VA, disekciju ili emboliju, a time i pojavu moždanog udara i smrti.

Najzad, osim ovog zadnjeg pontikula, ponekad nastaje slična varijacija u blizini foramena transverzarijuma: retrotransverzni pontikul (do 14.2%) ili lateralni pontikul (do 1,8%) (Chitroda i sar., 2013; Le Minor i Kortike, 1992).

U grupi volontera snimljenih na MSCT skeneru najčešće je registrovan nepotpun *foramen transversarium*, čiji je prednji koštani luk nedostajao. Ista malformacija zapažena je i u pacijenta s dvostrukom hipofizom. Sem toga, jedan volonter je imao i parcijalnu agenezu *arcusa posteriora*, tj. defekt središnjeg dela ovog luka. Identičnu malformaciju imao je i spomenuti pacijent. U ovom poslednjem slučaju ustanovljen je i defekt središnjeg dela *arcusa anteriora* atlasa, što je veoma retka pojava.

Ovu anomaliju ustanovili su i drugi autori nekoliko puta (Ahern, 2005; Gerigk i sar., 2013), dok je potpuno odsustvo *foramena transversariuma* zapaženo veoma retko (Vasudeva i Kumar, 1995). Inače, incidenca nepotpunog foramena kreće se od 2,0% do 10,2%, što je nešto manje nego u našoj grupi volontera (13.6%). Ovaj defekt može da bude lokalizovan na jednoj strani ili bilateralno, kao što je i ustanovljeno u jednog našeg volontera.

Ovaj nepotpuni foramen verovatno je rezultat poremećaja lateralnog sekundarnog centra osifikacije atlasa, ali se ne mogu isključiti ni evolutivne osnove (Billmann i Le Minor, 2009; Pang i Thompson, 2011). Što se tiče drugih vratnih pršljenova, uključujući i aksis, povremeno je zapažen defekt procesusa i foramena transverzarijuma kao posledica kongenitalnog odsustva kostalnog elementa (Gomez i sar., 2003; Wiener i sar., 1990). Najzad, ovakav defekt može da bude i stečen, tj. da nastane zbog tortuoziteta vertebralne arterije.

Mi smo registrovali u jednog volontera delimičnu agenezu zadnjeg luka atlasa. Nastanak ovakvog defekta najverovatnije izaziva poremećaj lateralnog primarnog centra osifikacije, kao i dva zadnja paramedijana sekundarna centra (O'Rachilly i sar., 1983; Pang i Thompson, 2011; Smoker, 1994). Drugi autori navode razne anomalije zadnjeg luka atlasa, dok su anomalije prednjeg luka i mase lateralis veoma retke (0,09-0,1%) (Currarino et al, 1994; Smoker, 1994; Klimo i sar., 2003; Pasku i sar., 2007; Chau i sar., 2009; Duan i sar., 2009; Pang i Thompson, 2011; Sabuncuoglu i sar., 2011; Elmalky i sar., 2013; Quinteiro i sar., 2013). Neke od ovih anomalija mogu da simuliraju frakturu atlasa (Caro i sar., 2008; Kakarla i sar., 2010).

Kako je ranije spomenuto, jedan naš volonter je imao središnji defekt zadnjeg luka atlasa. Ponekad postoje kombinacije anomalija zadnjeg i prednjeg luka, što je označeno kao bipartitni atlas (Hu i sar., 2009; Tsuang i sar., 2011). Neke od ovih kombinacija mogu da uzrokuju nestabilnost u kranio-cervikalnom području, što zahteva hiruršku intervenciju (Hu i sar., 2009; Pang i Thompson, 2011). Nestabilnost CVJa mogu da izazovu i neke druge anomalije, na primer one u pacijenata s Downovim sindromom (Hankinson i sar., 2010).

Od ostalih malformacija atlasa u literaturi se spominje i njegova hipoplazija, uz odgovarajuće neurološke simptome (Phanisar., 1998).

U grupi anatomskih preparata, kao i u volontera snimljenih na MSCT skeneru, nije pronađena nijedna varijacija aksisa (C2). Izuzetak su samo odgovarajuće promene na densu aksisa tipa osteofita i semilunarnih hiperplazija vrha densa, koje zapravo pripadaju stečenim promenama. Međutim, opisani pacijent imao je veoma retke malformacije C2 pršljena, tj. duplikaciju densa i udvajanje tela aksisa.

Drugi autori navode i malformacije i varijacije koje nisu pronađene na našim preparatima i u volontera. Takve su, na primer, *os odontoideum* i *os terminale persistens* (Fielding i sar., 1980; Smoker, 1994; Arvin i sar., 2010; Pang i Thompson, 2011). Tu je i bifidni oblik densa ili njegova duplikacija (Smoker, 1994; Garant i sar., 2007). Najzad, treba spomenuti i agenezu densa, koja je izuzetno retka (Gurney, 1986), kao i njegovu hipoplaziju (Westermeyer, 2003).

Što se tiče vaskularnih elemenata, moguće su anatomske varijacije i, retko, malformacije vertebralne arterije (VA). Na primer, povremeno se pojavljuje hipoplazija jedne VA (3%-11%), prema nekim podacima češće na desnoj strani (Yasargil, 1984), a prema drugima na levoj strani (Kosla i sar., 2014). Ageneza jedne VA veoma je retka pojava (Duan i sar., 2009), koja uglavnom prati pojava embrionalne arterije, tj. perzistentne primitivne proatlasne intersegmentalne arterije (Ishiguro i sar., 1991). U ovakvim slučajevima nepostojanja VA, krv u vertebro-bazilarni sistem dolazi iz *a. carotis interna* ili *externa*.

Osim ove zahvaćenosti čitave VA, moguće su varijacije i na raznim njenim delovima.

Tako, ekstraduralni segment VA može da uđe u kičmeni kanal kroz *membranau atlantoaxialis posterior*, umesto kroz *membranau atlantooccipitalis posterior*, dakle između zadnjeg luka atlasa i luka aksisa (Nishiura i sar., 1998). Ovakva VA može u kičmenom kanalu, u nivou atlasa, da pravi omču koja vrši pritisak na početni deo produžene moždine i na susedni deo kičmene moždine, zbog čega mora da se uradi hirurška dekompresija. Ovakvu kompresiju ponekad može da vrši i VA koja ima normalan tok (Watanabe i sar., 2001; Koyama i sar., 2002). Najzad, kompresiju može da izazove i fenestracija VA, kao i neka njena grana sa aberantnim tokom, npr. PICA koja polazi od ekstraduralnog segmenta (Oliveira i sar., 1985; Furumoto i sar., 1996; Yamazaki i sar., 2004 i 2012).

U okviru patološkog aspekta kranio-cervikalnog prelaza razmotriće se slučajevi četiri pacijenta s patološkim procesima u ovom predelu, a zatim će se analizirati pacijent s duplikacijom hipofize i pratećim kranio-cervikalnim malformacijama.

U prvoj grupi pacijenata sa patološkim nalazom su dve bolesnice s meningiomom u predelu kranio-cervikalnog prelaza. U ovom nivou incidenca tumora nije visoka. Među neoplazmama u CVJ predelu obično se pojavljuju hondromi, meningiomi, koštane ciste, granulomi, osteoblastomi, švanomi, glomusni i paraglomusni tumori i hondrosarkomi, kao i metastaze raznih tumora (Konovalov i sar., 2002; Parlato i sar., 2003; Shin i sar., 2006; Atalay i sar., 2007; Sanna i sar., 2007; Kagoshima i sar., 2008; Menezes, 2008; Moulding i sar., 2010; Matsui, 2012; Ladzinski i sar., 2012; Liu, 2012). Najčešća je lokalizacija u zadnjem delu klivusa, u prednjem delu foramena magna i u gornjem području cervikalne kičme. Uobičajeni simptomi jesu poremećaj hoda, motorni i senzorni deficiti, bolovi u glavi ili vratu i, eventualno, ispadi donjih kranijalnih nerava (Ladzinski i sar., 2012; Matsui, 2012; Menezes, 2008). Ovo se poklapa sa simptomima u naših pacijenata.

U drugoj grupi pacijenata sa patološkim nalazom su dva pacijenta s Kjarijevom malformacijom bilo tipa I s udruženom hidrosiringomijelijom (Kyoshima i sar., 2005; Kumar i sar., 2007; Fernández i sar., 2009). U okviru tipa I, ključni znak je descenzija tonzila malog mozga kroz foramen magnum u spinalni kanal.

Postoji, zapravo, pet tipova Kjarijeve malformacije (Fernández i sar., 2009). U tipu 0 zapaža se siringomijelija bez tonzilarnе hernijacije ili sa slabijom hernijacijom. Tip I, koji je najčešći, karakteriše se jačom hernijacijom tonzila kroz foramen magnum, tj. 5 mm ili više, što je udruženo sa siringomijelijom, a zadnja lobanjska jama može da bude manje zapremine. Ponekad je prisutna platibazija ili bazilarna impresija s dislokacijom densa u foramen magnum. U predelu ovog otvora meninge su stanjene, a može da postoji i mehanički arahnoiditis. Hirurška intervencija sastoji se od dekompresije foramena magna.

U tipu II postoji kaudalna hernijacija vermisa, malog mozga, moždanog stabla i 4. komore, kao i udruženost sa hidrocefalusom ili mijelomeningokelom, a ponekad i sa hipoplazijom tentorijuma. Tip III praćen je okcipitalnom encefalokelom i nekim intrakranijalnim defektima. U tipu IV zapaža se aplazija ili hipoplazija cerebeluma i tentorijuma.

Što se tiče spomenute siringomijelije, ona nastaje zbog poremećaja cirkulacije likvora u kranio-cervikalnom prelazu. Naime, deo subarahnoidalnog prostora oko gornjeg dela kičmene moždine u direktnoj je vezi sa premedularnom i cerebelomedularnom cisternom, što omogućuje normalan protok likvora u oba smera (Williams, 1981; Hentschel i sar., 2010). Hidrodinamika likvora zavisi od odnosa između zapremine, pritiska i protoka. Dinamika, koja je uglavnom podržana arterijskim

pulsacijama, modifikuje se pod dejstvom respiracije, uspravnog ili ležećeg stava tela i pokretima cervikalnog dela kičme.

Međutim, u osoba s Kjarijevom malformacijom, usled opstrukcije postoji disocijacija između intrakranijalnog i spinalnog pulsno pritiska. Drugim rečima, povišen je pritisak likvora u spinalnom subarahnoidalnom prostoru. Zbog toga, likvor prodire kroz kičmenu moždinu u njen centralni kanal, kojeg proširuje, te tako nastaje hidrosiringomijelija (Pinna i sar., 2000; Støverud i sar., 2011 i 2016).

Kakojepomenutoupoglavljuorazultatimaistraživanja, imalismojednupacijentkinjustrombozomvertebralnearterijeitromboembolijomobejuzadnjihmoždanihart erija.Ovakvevaskularneokluzijemogudaizazovupojavuraznihznakovaisindromamoždanogstabla: čistumotornahemiparezu, medijalnimedularnisindrom, lateralnimedularnisindrom (Wallenberg) ilateralnipontomedularnisindrom (Listerisar., 1982; Fisher, 1982; Marinković isar, 1995; Brazisisar., 2001).

Takođe, imali smo tri bolesnika sa neurizmama *a. cerebella inferior posterior* (PICA) i jednog sa neurizmom *a. vertebralis* (VA), od kojih smo tri uspešno operisali. U principu, aneurizme same VA ređe su nego na arterijama karotidnog sistema (Yasargil, 1984). U odnosu na čitav vertebrobazilarni sistem, aneurizme VA i njenih grana obuhvataju 20%-30%. Aneurizme su najčešće na najvećoj grani ove arterije (PICA), pogotovo na njenom početnom delu, odn. na spoju sa VA. Mogu da polaze i iznad spoja, od same VA, kao što je bio slučaj s našim spomenutim pacijentom. Ponekad se razvijaju na mestu spoja desne i leve VA, odn. na početnoj račvi bazilarne arterije. Osim tipičnih sakularnih aneurizmi, mogu da se pojave i disekantne aneurizme (Yasargil, 1984; Solomon i Stein, 1988; Sasaki i sar., 1991; Yamaura i sar., 1991). Ponekad se registruju duralne arteriovenske fistule, npr. u predelu foramina magnuma (Reinges i sar., 2001). On se ponekad manifestuju subarahnoidalnom hemoragijom (Guo i sar., 2010).

Inače, u kranio-cervikalnom prelazu mogu da se zapaze i druge patološke pojave. To se naročito odnosi na degenerativne promene, a posebno na „diskopatije“ i na reumatoidni artritis (König i sar., 2005; Miura i sar., 2009; Koakutsu i sar., 2011; Kim i sar., 2014; Dalbayrak i sar., 2015; Söderman i sar., 2015). U nekih od ovih pacijenata treba primeniti kinetičko MR snimanje (Lao i sar, 2014). Ovakvo snimanje poboljšava, na primer, otkrivanje hernijacije intervertebralnog diska za 6%-20%. Sem toga, MRI omogućuje i proverupostoperativnogstanjaukranio-cervikalnomprelazu (Andersonisar, 2012).

U ovom predelu povremeno nastaju i traumatske povrede, bilo indirektno ili direktno (Muthukumar, 2002; Alcelik i sar., 2006; Kakarla i sar., 2010; Pryputniewicz i Handley, 2010;

Joaquim i sar., 2014). Trauma CCJ nije obrađena u našoj grupi bolesnika jer, praktično, svi pacijenti s ovim povredama bivaju hospitalizovani u ortopedskim institucijama.

Kako smo ranije naveli, u pacijenta s duplikacijom hipofize registrovane su višestruke malformacije u raznim delovima lica, lobanje, mozga i kičmenog stuba (Milić i sar. 2015). Ovakva kombinacija malformacija izgleda da do sada nije opisana u medicinskoj literaturi.

Pojava dvostruke hipofize izuzetno je retka, što opravdava detaljno prikazivanje ovog pacijenta. Prema nekim podacima, od 1880. do 2011. (Manjila i sar., 2012). opisano je samo 38 ovakvih kongenitalnih anomalija (Hähnelisar., 2003; Manjilaisar., 2012). Samo jednom je registrovana trostruka hiperplazija (Manara i sar., 2009). Što se tiče mozga, zapaženo je zadebljanje delova hipotalamusa i njegovo sraščivanje sa susednim mamilarnim telima, što su registrovali i neki drugi autori (Manjila i sar., 2012). Poznata je i udruženost sa hamartomom (Manjila i sar., 2012). U literaturi se spominje i duplikacija infundibuluma, mamilarnih tela, 3. komore dijencefalona i akvedukta, zatim treći krus cerebri mezencefalona, hipoplazija ponsa ili malog mozga, zatim proširenje moždanih komora, hidrocefalus, odsustvo bulbusa ili traktusa olfaktorijusa, hipoplazija ili ageneza korpusa kalozuma, ageneza septuma peluciduma i komisura anterior, pojava pukotine ili duplikacije kičmene moždine (BaleiReye, 1976; Hori, 1983; Bagherianetal, 1984; Roessmann, 1984; Hamon-Kérautretisar., 1998; Burkeisar., 2000; Mutluisar., 2004; Vittoreisar., 2005; Slavotinekisar., 2005; Stevensisar., 2009; Manjila, 2012;).

U predelu lica, glave i lobanje mogu da se zapaze bifidni ili dvostruki jezik, rascept usne ili nepca, makrostomija, prekobrojni zubi, mikrognatija ili retrognatija, dermoid nepca, epignatus, teratom ždrele, hipertelorizam, široko čelo i promene oblika ušne školjke (BaleiReye, 1976; Hori, 1983; Shahisar., 1997; Hamon-Kérautretisar., 1998; Slavotinekisar., 2005; Vieiraisar., 2007). Naš pacijent imao je slabije izražene promene na licu: široko čelo, malo izraženiji desni i levi arkus superciliaris, progeniju i niže postavljene aurikule. U ovih pacijenata povremeno se zapažaju i malformacije i promene u drugim organima i delovima tela: kratak vrat, tortikolis, odsustvo istmusa tiroidne žlezde, anomalije srca (ventrikularni septalni defekt ili transpozicija velikih krvnih sudova), ageneza jedne polovine dijafragme, kongenitalna dijafragmatična hernija, nedostatak jednog para rebara, poremećaji urinarnog sistema, ageneza ili hipetrofija bubrega, kolorektalna atrezija itd. (Manjila i sar., 2012; Slavotinek i sar., 2005).

U našem slučaju registrovane su i odgovarajuće cerebrovaskularne promene: hipoplazije, „hiperplazije“, duplikacije ili segmentalne dilatacije pojedinih moždanih arterija. Iste ili slične pojave zapazili su i drugi autori (Burke i sar., 2000; Hori, 1983; Ilinai sar., 1989; Shroff i sar., 2003). Posebno je karakteristična „duplikacija“ bazilarne arterije, tj. njeno rano račvanje.

Što se tiče lobanje, mi smo zapazili rascep tuberkuluma sele, duplikaciju hipofizne jame i udvajanje zadnjih klinoidnih nastavaka. U okviru kraniovertebralnog spoja registrovali smo treći okcipitalni kondil, parcijalnu aplaziju prednjeg i zadnjeg luka atlasa, defekt foramena transverzarijuma, duplikaciju densa i tela aksisa, kao i srašćivanje vratnih pršljenova. Drugi autori su registrovali pojedine od ovih malformacija, ali i neke druge, na primer hipoplaziju klivusa, suženi foramen magnum, hipoplaziju okcipitalnih kondila, os odontoideum, zglobljavanje densa sa klivusom itd. (Iiko i sar., 1998; Menezes i sar., 1980; Michie i sar., 1968; Smith i sar., 2010). Pojava srašćivanja vratnih pršljenova najčešće se manifestuje kao Klippel-Feil ili Rubinstein-Taybisindrom (Ahmedisar., 2008; Arvinisar., 2010; BaleiReye, 1976; Hamon-KérautretIsar., 1998; Hori, 1983; IlinaiLaziuk, 1989; Shahisar., 1997; Slavotinekisar., 2005; Vieiraisar., 2007; Yamamotoisar., 2005). Delimičnoilipotpunosrašćivanjemožedazahvatiraznepršljenove: C2–C3, C3–C5 iliC2–C5 (Lampropoulou-Adamidouisar., 2013; Samartzisisar., 2008; Slavotinekisar., 2005).

Uzroci i precizan mehanizam navedenih malformacija hipofize, mozga, lica i kraniovertebralnog spoja nisu sasvim jasni. Neki od spomenutih autora navode dejstvo prenatalnih teratogenih faktora, drugi smatraju da je u pitanju varijanta sindroma središnjeg rascepa lica, a treća grupa veruje da je suština u rascepu notohorde u toku embrionalnog razvoja.

Bez poznavanja embrionalnog i ranog postnatalnog razvoja elemenata kraniovertebralnog spoja nemoguće je razumeti mehanizam nastanka pojedinih malformacija i anatomskih varijacija. Sem toga, interesantni su i evolutivni podaci o CVJ.

Baza lobanje čoveka, uključujući okcipitalnu kost, pretrpela je odgovarajuće promene tokom evolucije (Schaefer, 1999; Ahern, 2005; Nevel i Wood, 2008; Kimbel i sar., 2014; Nakamura i Kato, 2014; Saragusty i sar., 2014). To se posebno odnosi na položaj foramena magnuma, uključujući i okcipitalne kondile. Ove strukture u hominida, majmuna i drugih sisara promenile su svoju postero-inferiornu orijentaciju u inferiornu poziciju. Zbog toga su ove strukture postavljene horizontalno u uspravnom stavu *Homo sapiens*. To je dovelo do toga da se sada prednja ivica foramena magnuma s bazionom nalazi u nivou bitimpanične linije, a ne iza nje kao u ostalih sisara. Uporedo sa ovim, opistion se pomera na dole i napred. Takođe, srčasti oblik foramena magnuma postepeno se transformiše u ovalni.

Ove promene verovatno su nastale zbog prelaska s kvadripedalnog na bipedalni hod, tj. postavljanje *Homo erectus* u uspravan stav. Od značaja je i povećanje zapremine endokranijuma zbog procesa encefalizacije, tj. intenzivnog rasta velikog mozga (Kimbel i Rak, 2010). Inače, interesantno je da je u nekih sisara foramen magnum potpuno razvijen već nakon rođenja (Nakamura i Kato, 2014).

CVJ se u embrionalnom periodu razvija iz nekoliko somita i sklerotoma (Menezes, 1980; O’Rahilly i sar., 1985; Pang i Thompson, 2011; Smoker, 1994, Tubbs i sar., 2013; Young i sar., 2005). Najpre, okcipitalna kost se sastoji od bazilarnog dela (*pars basilaris* ili *basiocciput*), od egzokcipitalnog dela (levi i desni *pars lateralis*, uključujući i oba kondila) i od supraokcipitalnog dela (*squama occipitalis*), koji svi zajedno ograničavaju foramen magnum (Smoker, 1994; Young i sar., 2005). U toku embrionalnog razvoja, pojavljuje se 4. okcipitalni somit, od kojeg se razvijaju aksijalni i lateralni sklerotomi (Pang i Thompson, 2011). Prva tri aksijalna okcipitalna sklerotoma kasnije formiraju rostralni baziokciput, dok lateralni somiti, između ostalog, izgrađuju hipoglosni kanal.

Što se tiče 4. okcipitalnog sklerotoma, njegov kaudalni deo, zajedno sa rostralnim delom 5. sklerotomom, formira proatlasni sklerotom. Od njega se obrazuju bazion i apikalni segment densa aksisa, kao i *lig. apicis dentis* (Arvin i sar., 2010). Takozvana lateralna gusta zona 4. okcipitalnog sklerotoma postaje egzokcipitalni segment, tj. okcipitalni kondili, lateralna ivica i opistion foramena magnuma. Prema nalazima nekih autora (O’Rachilly i sar., 1983), sami okcipitalni kondili najvećim delom nastaju od ovog egzokcipitalnog segmenta, ali delimično i od baziokciputa. Možda se iz ovog razloga povremeno pojavljuje dvostruka (bipartitna) zglobna površina levog i desnog kondila, što smo i mi ustanovili na našim uzorcima.

Od 8 cervikalnih sklerotoma, prvi (C1) sklerotom, koji potiče od 5. i 6. somita, obrazuju deo baze densa aksisa, dok njihova lateralna zona izgrađuje zadnji luk atlasa (O’Rahilly et al, 1983; Smoker, 1994; Pang i Thompson, 2011). S druge strane, prednji luk atlasa formira se od hipohordalnog luka. U svakom slučaju, delimična ageneza zadnjeg luka atlasa u naših volontera očigledno je uzrokovana poremećajem razvoja C1 sklerotoma.

Što se tiče C2 sklerotoma, koji potiču od 6. i 7. somita, on obrazuje telo aksisa (C2 pršljena), dok lateralna zona sklerotoma postaje luk aksisa. Najzad, zona između proatlasa i C1 sklerotoma formira gornju sinhondrozu densa, dok zona između C1 i C2 sklerotoma obrazuje donju sinhondrozu densa.

Definitivno formiranje atlasa i aksisa zavisi i od njihovih primarnih i sekundarnih centara osifikacije (Ganau et al, 2013; Pang i Thomspson, 2011; Smoker, 1994).

Tako, atlas (C1) obično ima tri primarna centra osifikacije. Prvi od njih, koji se nalazi napred, formira prednji luk i njegov tuberkul. Ukoliko ovaj centar ne postoji, ili se napred pojave dva centra koja se ne spoje, nastaće ageneza prednjeg luka. Dva lateralna centra, tj. desni i levi, obrazuju lateralne mase atlasa, ali se prostiru i posteromedijalno kako bi osifikovale zadnji luk atlasa i njegov tuberkul. Najzad, postoje i dva sekundana paramedijana centra.

Najzad, postoje i dva najlateralnija sekundarna centra, koji formiraju *processus transversi* i *foramina transversaria* na desnoj i levoj strani (Pang i Thompson, 2011). Verovatno je poremećaj ovih centara uzrokovao dehiscenciju foramena transverzarijuma u naša tri volontera.

Za hirurške intervencije u području kraniocervikalnog prelaza koristi se nekoliko pristupnih puteva i raznih modifikacija zahvata, u zavisnosti od lokalizacije i veličine patološkog procesa (Yasargil, 1984; Fosset i Caputy, 2002; Singh i sar., 2010).

Subokcipitalni pristup opisan je u poglavlju o rezultatima. Može se samo dodati da je on najoptimalniji za operacije u predelu foramena magnuma, vermisa cerebeluma, hemisfera malog mozga 4. komore, i moždanog stabla, kao i za dekompresiju u pacijenata s Kjarijevom malformacijom. Uz laminektomiju mogu da se rade i intervenciju u proksimalnom delu kičmenog kanala.

Zadnji vratni pristup započinje mediosagitalnim rezom kože u *regio nuchae*. Nakon incizije identifikuje se *lig. nuchae*, a onda se avaskularnom disekcijom mišićnih snopova prati *septum nuchae* do *processusa spinosus* vratnih pršljenova i zadnjeg luka atlasa. Potom se izvrši resekcija dela ovog luka atlas i, ako je potrebno, laminektomija C2 pršljena. Nakon reza dure, ulazi se u spinalni subarahnoidalni prostor i pristupa se patološkom procesu.

Ovaj pristup najčešće se koristi za dekompresiju korenova cervikalnih spinalnih živaca, u slučaju stenozе kičmenog kanala ili spondiloze, nakon frakture cervikalnih pršljenova, u slučaju ekstramedularnih ili intramedularnih tumora kičmene moždine i raznih vaskularnih lezija.

Transoralni pristup je pogodan za operacije tumora u gornjem delu vratnog kičmenog stuba ili tumora klivusa, u slučaju frakture densa ili pseudoartroze, zatim ukoliko postoji *os odontoidemu*, *os avis*, *os terminale* ili treći kondil, u slučaju težeg reumatoidnog oboljenja u ovom predelu, kao i za neke vrste posttraumatskih fiksacija (Fosset i Caputy, 2002; Hsu i sar., 2010; Singh i sar., 2010).

Najpre se uradi incizija zadnje zida farinksa, od predela *tuberculuma anteriora* atlasa do nivoa C2 ili C3 pršljena. Mišići farinksa pomere lateralno i eksponiraju se desni i levi *m. longus colli(cervicis)*. Ova dva mišića se zatim ekartiraju da bi se otkrio *lig. longitudinale anteriorus*. Nakon resekcije ovog ligamenta, eksponiraju su spomenuta prednja kvržica atlasa i tela C2 i C3 pršljena. Otkriveno operativno polje ne sme da pređe 2 cm bočno od kvržice, kao ni 1 cm lateralno od C2 i C3 pršljena da se ne bi povredila obližnja *a. vertebralis*, kao i *truncus sympathicus*, *n. glossopharyngeus* i *n. hypoglossus*. Zatim se uradi resekcije dela prednjeg luka atlasa i dela densa aksisa nakon presecanja *lig. apicisa dentisa* i *ligamenta alaria*. Na taj način eksponiraju se *dura mater* i *lig. longitudinale posterius*.

Spoljni transoralni, oralno-palatofaringealni ili prošireni oralni pristup jesu modifikacije prethodne metode (Singh i sar., 2010; Youssef i sar., 2010). Donekle je sličan transnazalni pristup

Prednji vratni pristup retko se koristi za operacije u predelu kranio-cervikalnog prelaza. Međutim, može da se uradi ako je u pitanju, na primer, diskotomija između C2 i C3 pršljena ili patološki proces u u tom predelu.

Napravi se infrahioidni rez kože na prednjoj strani vrata, pri čemu je orijentir hioidna kost, koja se nalazi u nivou C3-C4 pršljena. Nakon presecanja platizme, dopire se do prednje ivice sternokleidomastoideusa, pre čemu se tako izvrši ekartiranje da se tiroidna žlezda, traheja i jednjak dislociraju medijalno, a karotidni omotač s neurovaskularnim elementima (*a. carotis*, *v. jugularis interna* i *n. vagus*) se pomere lateralno. Zatim se preseca prednja vratna fascija i identifikuju se *m. longus cervicis*, koji se retrahuje lateralno da bi se eksponirao *lig. longitudinale anterius* i tela pršljenova sa intervertebralnim diskovima.

Visoki prednji vratni pristup započinje incizijom oko 4 cm ispod mandibule, u donjem delu submandibularnog prostora. Nakon disekcije i retrakcije faringealne muskulature, eksponira se prednja kvržica atlasa i C2 pršljen.

Endoskopske metode takođe se izvode povremeno, na primer, u okviru transoralnog, transnazalnog ili transcervikalnog pristupa (Singh i sar., 2010).

Lateralni pristup ima različite varijacije, na primer, lateralni retrokondilarni, parakondilarni, suprakondilarni, transkondilarni i transtuberkularni (Sen i sar., 2010). Rez se vrši iznad, iza i ispodušne školjke. Nakon odizanja kože i uklanjanja okolnih mišića s njihovog mesta pripoja, eksponira se subokcipitalni trougao, a zatim atlas i aksis. Strogo se vodi računa da se ne povredi vertebralna arterija, koja se, nakon resekcije poprečnog nastavka atlasa, izvadi iz poprečnog otvora i mobilize lateralno. Što se tiče vertebralnog venskog spleta, on se koaguliše termokauterom. Zatim se uradi niska subokcipitalna kraniotomija do predela okcipitalnog kondila. Potom se vrši postepena resekcija zadnjeg dela okcipitalnog kondila, kao i mase lateralis atlasa. Na taj način, omogućen je pristup foramenu magnumu, uključujući i klivus. Kako smo pokazali u našim morfometrijskim ispitivanjima, okcipitalni kondil ima dovoljne dimenzije da bude uklonjen njegov posteriorni deo. Pritom velika pažnja mora da se posveti obližnjem hipoglosnom živcu.

Inače, ponekad se vrši i transmastoidni i transpetrozni pristup, kao i pristup kroz lavirint unutrašnjeg uha, ali samo onda ako su drugi pristupni putevi nemogući, ili su rizični, i ako to zahteva položaj patološkog procesa.

Na osnovu našeg iskustva sa subokcipitalnim pristupom, predlažemo izvesne izmene u operativnoj proceduri. Jedna od najvažnijih jeste smanjenje vremena maksimalne fleksije glave pacijent koji se operiše u sedećem položaju. Ovo je važno da bi se izbegla dugotrajna elongacija a.

vertebralis, ali i kompresija *a. carotis interna* s prednje i lateralne strane, kao i pritisak na okolne kranijalne nerve.

Metode fiksacije u kranio cervikalnom prelazu su neophodne u slučaju frakture pojedinih komponenti kranio cervikalnog prelaza, tj. okcipitalnih kondila i raznih delova atlasa i aksisa, ali i u osoba sa kraniovertebralnom subluksacijom i luksacijom, sa određenim oboljenjima, kao i sa odgovarajućim kongenitalnim anomalijama u ovom području (Arvin i sar., 2010; Garrett i sar., 2010; Kakarla i sar., 2010; Karam i sar., 2010; Krauss i sar., 2010; Lu i sar., 2010; Mummaneni i sar., 2010; Pang i sar., 2010; Pryputniewicz i sar., 2010; Smith et al, 2010; Steinmetz i sar., 2010; Yanni i sar., 2010).

Primenjene metode zavise od vrste i obima lezije. Ukoliko je lezija u predelu jednog pršljena, moguća je izolovana fiksacija aksisa i, naročito, atlasa postavljanjem zavrtnja kroz njegovu masu *lateralis* (Mummaneni i sar, 2010; Hu i sar., 2015). Kako smo ustanovili u našim istraživanjima, visina bočnog dela mase *lateralis* dovoljno je velika da izdrži postavljanje zavrtnja. Naravno, mora se voditi računa da ne postoji *ponticulus posticus*, što može da izazove povredu *a. vertebralis* (Young i sar., 2005). Ipak, obično se međusobno spolja povezuju C1 i C2 pršljen spoljnom konstrukcijom ili, pak, kosim zavrtnjem koji prolazi kroz atlantoaksijalni zglob (transartikularna fiksacija).

S druge strane, ukoliko su u pitanju višestruk frakture, odn. prelomi koji zahvataju više pršljenova, mogu se postaviti konstrukcije koje povezuju sve zahvaćene pršljenov ili, pak, konstrukcije koje povezuju te pršljenove i potiljačnu kost – okcipitocervikalna fiksacija (Ebraheim i sar., 1996; Wolfla, 2006; Steinmetz i sar., 2010).

6. ZAKLJUČCI

1. U okviru ove disertacije ispitane su 22 lobanje, 7 atlasa, 7 aksisa, 3 glave fiksirane u formalinu, 29 volontera i 9 pacijenata. Na okcipitalnim kostima baze lobanje ustanovljeno je da je srednja vrednost sagitalnog prečnika foramena magnuma bila 36.54 mm), a ista vrednost transverzalnog prečnika iznosila je 30.93 mm. Desni okcipitalni kondil imao je prosečne dijametere 21,95 mm × 12,92 mm, a levi kondil 22,50 mm × 12,37 mm. Srednja vrednost ugla između sagitalnog prečnika desnog i levog kondila iznosila je 54.05⁰. Prednji interkondilarni razmak imao je prosečnu vrednost od 17,41 mm, a zadnje interkondilarno rastojanje bilo je 39,68 mm. Odstojanje desnog kondila od istostrane *fossae condylaris* iznosilo je 2,71 mm, a levog kondila od leve jame 2,30 mm. Rastojanje kondila od desnog *foramena jugulare* iznosio 9,10 mm, a od levog prosečno 9,23 mm. Najkraći razmak između kondila i spoljnog otvora desnog *canalisa n. hypoglossi* bio je 8,15 mm, a levog prosečno 8,05 mm. Rastojanje kondila od otvora desnog *canalisa carotica* bilo je 12,85 mm, a od levog prosečno 12,20 mm dok je srednja vrednost razmaka između kondila i desnog mastoidnog nastavka bila 25,20 mm, a levog nastavka prosečno 26,00 mm. Prosečna vrednost rastojanja desnog kondila od *foramena stylomastoideuma* iznosila je 21,15 mm, a levog kondila od ipsilateralnog otvora 20.95 mm. Razmak između baziona i *tuberculuma pharyngeuma* iznosio je 10.69 mm, a srednja vrednost rastojanja između opistiona i iniona bila je 44,78 mm.
2. Prosečna vrednost sagitalnog prečnika prednjeg luka atlasa iznosila je 7,16 mm. Visina *tuberculuma anteriora* bila je veća (X=10,07 mm), a vrednosti prečnika foveae dentis bile su 8,07 × 8,86 mm. Prečnik lateralnog dela arcusa anteriora bio je prosečno 4,16 mm desno i 4,21 mm levo. Visina tog dela luka iznosila je prosečno 11,90 mm desno i 11,86 mm levo. Najveći poprečni prečnik desne *massae lateralis* imao je srednju vrednost 14,60 mm, a levog 15,77 mm. Medijalna visina desne lateralne mase bila je 9,13 mm, a leve 8,26 mm dok je lateralna visina desne lateralne mase prosečno je iznosila 18,71 mm, a leve 19,23 mm. Srednja vrednost intertuberkularnog rastojanja bila je 17,01 mm. Prednji razmak između desne i leve lateralne mase bio je dvostruko

manji ($X=18,94$ mm) nego njihov zadnji razmak ($X=39,10$ mm). Prosečni prečnici desnog *facies articularis superiora* bili su $9,60$ mm \times $21,69$ mm, a levog $9,84$ \times $21,37$ mm. Prosečni prečnici desnog *facies articularis inferiora* bili su $14,74$ mm \times $18,20$ mm desno, a levog $14,29$ \times $18,61$ mm. Srednja vrednost prečnika desnog *processus transversus* bila je $7,94$ mm \times $9,77$ mm, a levog $8,17$ mm \times $10,64$ mm. Srednja vrednost prečnika desnog *foramena transversarium* iznosila je $6,46$ mm \times $7,39$ mm, a levog $6,23$ mm \times $7,52$ mm. Sagitalni prečnik *arcus posterior* bio je $X=8,00$ mm, a visina luka u istom nivou iznosila je $X=9,27$ mm. Debljina *tuberculum posterius* bila je $6,60$ mm. Srednja vrednost prečnika lateralnog dela zadnjeg luka iznosila je $5,60$ mm desno, a $5,44$ mm levo. Prosečna vrednost sagitalnog i poprečnog prečnika *foramena vertebrale* bila je $32,80$ mm \times $29,10$ mm. Prosečna vrednost sagitalnog i poprečnog prečnika čitavog atlasa iznosila je $46,06$ mm \times $75,16$ mm.

3. Visina prednje strane tela aksisa bila je $X=21,96$ mm, a zadnje strane $X=18,39$ mm. Vrednost poprečnog prečnika gornjeg dela tela aksisa bila je $X=23,46$ mm, a donjeg prečnika $18,06$ mm. Srednja vrednost prečnika desnog *facies articularis superiora* iznosila je $15,43$ mm \times $19,70$ mm, a levog $15,27$ mm \times $19,19$ mm, dok je srednja vrednost prečnika desnog *facies articularis inferiora* bila $10,81$ \times $13,49$ mm, a levog $10,54$ mm \times $13,54$ mm. Srednja vrednost visine densa aksisa iznosila je $16,23$ mm, a prečnici gornjeg dela densa bili su $X=10,23$ mm \times $11,77$ mm, a donjeg dela densa $X=9,77$ mm \times $11,90$ mm. *Facies articularis anterior* densa imao je prosečne prečnike $10,81$ mm \times $9,04$ mm, a dimenzije *facies articularis posteriora* bile su $9,17$ mm \times $7,74$ mm. Prečnici desnog *processus transversus* iznosile su $X=6,83$ mm \times $9,84$ mm, a levog $X=7,07$ mm \times $9,13$ mm. Prečnici desnog *foramena transversarium* bili su $X=6,00$ mm \times $7,10$ mm, a levog $5,76$ mm \times $7,06$ mm. Mediosagitalni prečnici *arcus axis*, bez i sa korenom rtnog nastavka, imali su prosečne vrednosti od $17,20$ mm, odnosno $19,91$ mm. Srednja vrednost prečnika desne *laminae* luka aksisa bila je $6,66$ mm, a leve lamine $6,50$ mm, a visina desne i leve lamine imala je istu vrednost ($X=13,66$). Srednja vrednost visine *processus spinosus* bila je $13,34$ mm. Prosečna vrednost sagitalnog i poprečnog prečnika *foramena vertebrale* bila je $17,20$ mm \times $24,69$ mm, a prosečna vrednost sagitalnog i poprečnog prečnika čitavog aksisa iznosila je $50,19$ mm \times $55,06$ mm;
4. Na aksijalnim serijskim preseccima, u zavisnosti od nivoa sekcije, vide se različiti koštani delovi: *pars basilaris*, predeo *foramena magnum*, donji deo okcipitalne skvame, lukovi i lateralne mase C1 pršljena (*atlas*), dens ili telo C2 pršljena (*axis*) i, najzad, C3 pršljen. Od krvnih sudova u različitim nivoima zapažaju se, pretežno, *sinus sigmoideus* i *petrosus inferior*, v. *jugularis interna*, a. *carotis interna* i a. *vertebralis*, a od nerava n. *hypoglossus*, n. *accessorius*, n. *vagus* i n.

glossopharyngeus dok se od CNSa vide se cervikalni deo *medullae spinalis* i *medulla oblongata*. Sve navedene strukture zapažaju se i u raznim nivoima koronalnih i sagitalnih preseka.

5. Na MSCT snimcima, razmak između baziona i vrha densa je $X=3,95$ mm u neutralnom položaju, $X=3,35$ mm u fleksiji ($p<0,002$) i $X=2,81$ mm u ekstenziji ($p<0,0001$). Prema tome, vrh densa je značajno bliži bazionu u fleksiji, a značajno udaljeniji u ekstenziji. Pri fleksiji je kraći i razmak između densa i opistiona ($X=0,99$ mm), kao i densa i zadnjeg luka atlasa ($X=1,10$ mm). Prvi parametar je nešto kraći ($X=1,44$ mm) ili duži ($X=0,81$ mm) u ekstenziji, dok je drugi parametar nešto veći ($X=0,63$ mm). Vertikalni prečnik uzdužne ose densa do nivoa baziona kraći je nakon fleksije ($X=1,35$ mm), a duži je nakon ekstenzije ($X=2,01$ mm; $p<0,0001$). Rastojanje između baze C2 i opistiona veće je nakon fleksije ($X=3,11$ mm), a mnogo manji nakon ekstenzije ($X=8,16$ mm; $p<0,0001$). Razmak između baziona i donje ivice luka C2 pršljena značajno se smanjuje u toku fleksije ($X=1,66$ mm; $p<0,035$), a povećava se posle ekstenzije ($X=2,40$ mm; $p<0,035$). Rastojanje između opistiona i prednjeg luka atlasa je veće nakon fleksije ($X=1,27$ mm) i obično, veće i nakon ekstenzije ($X=3,58$ mm). Razmak između opistiona i zadnjeg luka atlasa uvećan je posle fleksije ($X=2,18$ mm; $p<0,0001$), a smanjen je nakon ekstenzije ($X=5,39$ mm; $p<0,0001$). Slično, razmak između luka C1 i C2 pršljena duži je posle fleksije ($X=1,32$ mm), a kraći posle ekstenzije ($X=3,09$ mm). Takođe je duže rastojanje između lukova C2 i C3 pršljena pri fleksiji ($X=1,44$ mm), a kraće pri ekstenziji ($X=1,78$ mm). Ugao α smanjivao se nakon fleksije ($X=1,59^0$), a povećavao se nakon ekstenzije ($X=3,18^0$; $p<0,001$). I ugao β bio je manji nakon fleksije ($X=3,36^0$), a dvostruko veći posle ekstenzije ($X=7,10^0$; $p<0,001$).
6. Na MRI snimcima, rastojanje između ponsa i klivusa pri fleksiji iznosilo je 5,92 mm, tj. smanjivalo se prosečno za 0,92 mm. Suprotno, ovo rastojanje, koje je u ekstenziji iznosilo 7,43 mm, uvećavalo se pri ekstenziji za 1,55 mm. Pontomedularni spoj pri fleksiji povećavao se prosečno za 1,17 mm, a pri ekstenziji se smanjivao za 0,65 mm. Povećavao se i razmak između produžene moždine i baziona posle fleksiji (0,52 mm), a smanjivao se nakon ekstenzije ($X=0,80$ mm). Rastojanje između areje postreme i opistiona najčešće se smanjivalo pri fleksiji ($X=1,47$ mm), ali i pri ekstenziji ($X=1,80$ mm). Razmak između početnog dela kičmene moždine i densa smanjivao se nakon fleksije ($X=0,96$ mm), a uvećavao se posle ekstenzije ($X=1,07$ mm). Merena su i rastojanja kičmene moždine od prednjeg i zadnjeg zida kičmenog kanala. Zaključeno je da je gornji deo cervikalnog dela kičmene moždine nakon fleksije malo udaljeniji od prednjeg zida, a da je donji deo moždine bliži ovom zidu. Često je obrnuta situacija posle ekstenzije, odn. kičmena moždina bliža je zadnjem zidu kanala. Spinomedularni ugao povećavao se za nekoliko stepeni nakon

- fleksije, a povećavao se posle ekstenzije, dok sa druge strane, ugao između gornjeg i donjeg dela kičmene moždine bio je znatno veći posle fleksije ($p < 0,0001$), a manji posle ekstenzije ($p < 0,0001$).
7. U patologiji kraniocervikalnog prelaza, u 2 pacijenta smo zapazili tumor (meningiom), a u sledeća 2 bolesnika registrovana je pojava Arnold-Kjarijeve malformacije. Od urođeniha anomalijama, na okcipitalnim kondilima je registrovana dvostruka zglobna površina dvaju uzoraka (9.1%). Na 2 atlasa zapažena je slična pojava, tj. duplikacija njegove gornje zglobne površine. Na jednom uzorku primećen je tzv. *ponticulus posticus* u nivou *sulcusa a. vertebralis*. Najčešće je zapažen otvoren *foramen transversarium* atlasa (13,6%), bilo jednostrano ili obostrano. Najzad, samo u jednog volontera zapažena je parcijalna, središnja, ageneza njegovog zadnjeg luka. Specifičan je pacijent sa dvostrukom hipofizom, koji je imao kombinaciju nekoliko malformacija: dvostruku hipofiznu jamu, udvajanje zadnjih klinoidnih nastavaka, širok klivus, treći okcipitalni kondil, središnju agenezu i prednjeg i zadnjeg luka atlasa, duplikaciju i tela i densa C2 pršljena i, najzad, srašćivanje prva četiri vratna pršljena. U kliničkoj seriji bila su 2 pacijenta s meningiomom u predelu kraniocervikalnog spoja, 2 s Kjarijevom malformacijom tipa I, kao i 3 bolesnika s aneurizmom *a. cerebelli inferior posterior* i jednog s aneurizmom vertebralne arterije blizu foramina magnuma. Svi pacijenti su operisani korišćenjem subokcipitalnog pristupa.
 8. Na osnovu naših nalaza i rezultata drugih autora date su smernice za neurohirurške intervencije u predelu kraniocervikalnog prelaza. Jedna od njih je skraćivanje vremena fleksije vrata pacijenta u toku operacije. Drugo, na osnovu naših morfometrijskih nalaza, moguća je bezbedna resekcija zadnjeg dela okcipitalnog kondila, uz prethodno blago mobilisanje *a. vertebralis*, *a. carotis internae* i *v. jugularis internae*, kao i pažljivo manipulisanje oko *n. hypoglossusa*. U okviru fiksacije, može se postaviti transkondilarni zavrtnanj. Najzad, dimenzije bočnog dela *massae lateralis* atlasa, kao i tela i lamine aksisa omogućuju bezbedno postavljanje transatlasnog, transartikularnog ili translaminarnog zavrtnja.

7. LITERATURA

1. Ahern JC. Foramen magnum position variation in Pan troglodytes, Plio-Pleistocene hominids, and recent Homo sapiens: implications for recognizing the earliest hominids. *Phys Anthropol* 2005; 127:287–276.
2. AhmedR, TraynelisVC, MenezesAH. Fusions at the craniovertebral junction. *Child Nerv Syst* 2008;24:1209–1224.
3. Alcelik I, Manik KS, Sian PS, Khoshneviszadeh SE. Occipital condylar fractures. Review of the literature and case report. *J Bone Joint Surg (BR)* 2006;88:665–669.
4. Anderson PA, Sasso RC, Hipp J, Norvell DC, Raich A, Hashimoto R. Kinematics of the cervical adjacent segments after disc arthroplasty compared with anterior discectomy and fusion: a systematic review and meta-analysis. *Spine* 2012;37(22 suppl):S85-95.
5. Arvin B, Fournier-Gosselin MP, Fehlings MG. Os odontoideum: etiology and surgical management. *Neurosurgery* 2010;66 (3 suppl.):A22–A31.
6. Atalay A, Atalay B, Yemisci OU, Karatas M, Altinörs N. Intraoperative monitoring of a patient with craniovertebral junction meningioma. *Turk Neurosurg* 2007;17:109-111.
7. Avci E, Dagtekin A, Ozturk H, Kara E, Ozturk NC, Uluc K, Akture E, Baskaya MK. Anatomical variations of the foramen magnum, occipital condyle and jugular tubercle. *Turkish Neurosurgery* 2011;21:181–190.
8. Bagherian V, Graham M, Gerson LP, Armstrong DL. Double pituitary glands with partial duplication of facial and forebrain structures with hydrocephalus. *Comput Radiol* 1984;8:203–210.
9. Bale PM, Reye RD. Epignathus, double pituitary and agenesis of corpus callosum. *J Pathol* 1976; 120:161–164.
10. Baumert B, Wrtler K, Steffinger D, Schmidt GP, Reiser MF, Baur-Melnyk A. Assessment of the internal craniocervical ligaments with a new magnetic resonance imaging sequence: three-

- dimensional turbo spin echo with variable flip-angle distribution (SPACE). *Magn Reson Imaging* 2009;27:954-960.
11. Benglis D, Levi AD. Neurologic findings of craniovertebral junction disease. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A13-A21.
 12. Billmann F, Le Minor JM, Steinwachs M. Bipartition of the superior articular facets of the first cervical vertebra (atlas or C1): a human variant probably specific among primates. *Ann Anat* 2007;189:79–85.
 13. Billmann F, Le Minor JM. Transverse foramen of the atlas (C1) anteriorly unclosed: a misknown human variant and its evolutionary significance. *Spine* 2009;20:E422–E426.
 14. Bilston LE, Thibault LE. The mechanical properties of the human cervical cord in vitro. *Ann Biomed Eng* 1996;24:67–74.
 15. Bourgery JM, Jacob NH. Atlas of human anatomy and surgery. The complete coloured plates of 1831-1854. Taschen, Köln, 2005, pp 213-214.
 16. Brazis PW, Masdeu JC, Biller J. Localization in clinical neurology. Lippincott Williams & Wilkins. A Wolters Kluwer Company, Philadelphia, 2001, pp 353-370.
 17. Bulsara KR, Asaoka K, Aliabadi H, Kanaly C, Friedman A, Fukushima T. Morphometric three-dimensional computed tomography anatomy of the hypoglossal canal. *Neurosurg Rev* 2008;31: 299–302.
 18. Burke M, Zinkovsky S, Abrantes MA, Riley W. Duplication of the hypophysis. *Pediatr Neurosurg* 2000;33:95–99.
 19. Carlson NR. Physiology of behaviour. Allyn and Bacon, Inc, Boston, 1986, pp 36.
 20. Caro AF, Prieto PM, Berciano F. Congenital defect of the atlas and axis. A cause of misdiagnose when evaluating an acute neck trauma. *Am J Emerg Med* 2008;26:e1–e2.
 21. Carpenter MB. Core text of neuroanatomy. Williams & Wilkins, Baltimore, 1991, pp 121-134.
 22. Chau AM, Wong JH, Mobbs RJ. Cervical myelopathy associated with congenital C2/3 canal stenosis and deficiencies of the posterior arch of the atlas and laminae of the axis: case report and review of the literature. *Spine* 2009;15:E886–E891.
 23. Chen HB, Yang KH, Wang ZG. Biomechanics of whiplash injury. *Clin J Traumatol* 2009;12:305-314.
 24. Chethan P, Prakash KG, Murlimanju BV, Prashanth KU, Prabshu LV, Saralaya VV, Krishnamurthy A, Somesh MS, Kumar CG. Morphological analysis and morphometry of the foramen magnum: an anatomical investigation. *Turk Neurosurg* 2013;22: 416–419.

25. Chitroda PK, Katti G, Baba IA, Najmudin M, Ghali SR, Kalmath B, G V. Ponticulusposticus on the posterior arch of atlas, prevalence analysis in symptomatic and asymptomatic patients of gulbarga population 2013;7:3044-3047.
26. Ciotkowski MK, Krajewski P, Ciszek B. A case of atlas assimilation: description of bony and soft structures. *Surg Radiol Anatom* 2014;36:833–836.
27. Currarino G, Rollins N, Diehl JT. Congenital defect of the posterior arch of the atlas: a report of seven cases including an affected mother and son. *Am J Neuroradiol* 1994;15: 249–254.
28. Currier BL, Maus TP, Eck JC, Larson DR, Yaszemski MJ. Relationship of the internal carotid artery to the anterior aspect of the C1 vertebra: implications for C1-C2 transarticular and C1 lateral mass fixation. *Spine* 2008;33: 635–639.
29. Dalbayrak S, Yaman O, Firidin MN, Yilmaz T, Yilmaz M. The contribution of cervical dynamic magnetic resonance imaging to the surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy. *Turk Neurosurg* 2015;25:36-43.
30. D'Andrea K, Dreyer J, Fahim DK. Utility of preoperative magnetic resonance imaging coregistered with intraoperative computed tomographic scan for the resection of complex tumors of the spine. *World Neurosurg* 2015. [Epub ahead of print].
31. Davies PJE, Denny WB, Hofrichter FF, Jacobs J, Roberts AM, Simon DL. *Janson's history of Art. The Western tradition*. Upper Saddle River, New Jersey, 2007, pp 114-687.
32. Davis D, Gutierrez FA. Congenital anomaly of the odontoid in children. A report of four cases. *Child Brain* 1977;3:219–229.
33. Descharnes R, Néret G. *Salvador Dalí, Taschen, Köln, 2006*, pp 157-203.
34. Dommissie GF. *The arteries and veins of the human spinal cord from birth*. Churchill Livingstone, Edinburg, 1975, pp 5-168.
35. Dong Y, Hong MX, Jianyi L, Lin MY. Quantitative anatomy of the lateral mass of the atlas. *Spine* 2003;28:860–863.
36. Duan S, Lv S, Ye F, Lin Q. Imaging anatomy and variation of vertebral artery and bone structure at craniocervical junction. *Eur Spine J* 2009;18:1102-1108.
37. DUBY G, DAVAL JL. *Sculpture. From antiquity to the middle ages, and from the renaissance to the present day*. Vol. 1, 2. Taschen, Köln, 2006, pp 81-693.
38. Düring M, Poggesi M. *Encyclopaedia anatomica. A collection of anatomical waxes*. Taschen, Köln, 2006, pp. 1–576.
39. Ebraheim NA, Lu J, Biyani A, Brown JA, Yeasting RA. An anatomic study of the thickness of the occipital bone. Implications for occipitocervical instrumentation. *Spine* 1996;21:1725–1729.

40. ElAsriAC, AkhaddarA, GazzazM, OkachaN, BoulhroudO, BaallalH, BelfquihH, BelhachmiA, MandourC, ElMostarchidB, BoucettaM. DynamicCTscanofthecraniovertebraljunction: aroleinthemanagementofosodontoideum. *Neurol Neurochir Pol* 2010;44:603–608.
41. Elgar D. Expressionism. A revolution in German art. Taschen, Köln, 2007, pp 1-264.
42. Elliott RE, Tanweer O. The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the Goel-Harms procedure: meta-analysis and review of the literature. *World Neurosurg* 2014;82:e335–e343.
43. Elmalky MM, Elsayed S, Arealis G, Mehdian H. Congenital C1 arch deficiency: Grand Round presentation. *Eur Spine J* 2013;22:1223–1226.
44. Endo K, Suzuki H, Nishimura H, Tanaka H, Shishido T, Yamamoto K. Kinematic analysis of the cervical cord and cervical canal by dynamic neck motion. *Asian Spine J* 2014;8:747–752.
45. Fahr-Becker G. The art of East Asia. Könemann, Köningswinter, 2006, pp 591.
46. FernándezAA, GuerreroAI, MartínezMI, VázquezME, FernándezJB, ChesaiOctavioE, LabradoJdeL, SilvaME, deAraozMF, García-RamosR, RibesMG, GómezC, ValdiviaJI, ValbuenaRN, RamónJR. Malformations of the craniocervical junction (Chiari type I and syringomyelia: classification, diagnosis and treatment. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009;10(suppl 1):S1–S11.
47. Fielding W, Hensinger RN, Arbor A, Hawkins RJ. Os odontoideum. *J Bone Joint Surg Am* 1980; 62:376–383.
48. Fiford RJ, Bilston LE. The mechanical properties of rat spinal cord in vitro. *J Biomech* 2005;38: 1509–1515.
49. Figueiredo N, Moraes LB, Serra A, Castelo S, Gonsales D, Medeiros RR. Median (third) occipital condyle causing atlantoaxial instability and myelopathy. *Arq. Neuro-Psiquiatr* 2008;66:90–92.
50. Finn MA, Apfelbaum RI. Atlantoaxial transarticular screw fixation: update on technique and outcomes in 269 patients. *Neurosurgery* 2010; 66(suppl):A184-A192.
51. Fisher CM. Lacunar strokes and infarcts: A review. *Neurology* 1982;28:871-876.
52. Fosset DT, Caputy AJ. Operative neurosurgical anatomy. Thieme, New York, Stuttgart, 2002, pp 121-137.
53. Furumoto T, Nagase J, Takahashi K, Itabashi T, Iai H, Ishige N. Cervical myelopathy caused by the anomalous vertebral artery. A case report. *Spine* 1996;21:2280-2283.
54. Ganau M, Spinelli R, Tacconi L. Complex developmental abnormality of the atlas mimicking a Jefferson fracture: diagnostic tips and tricks. *J Emerg Trauma Shock* 2013;6:47–49.

55. Garant M, Oudjihane K, Sinsky A, O’Gorman AM. Duplicated odontoid process: plain radiographic and CT appearance of a rare congenital anomaly of the cervical spine. *Am J Neuroradiol* 1997;18:1719–1720.
56. Garret M, Consiglieri G, Kakarla UK, Chang SW, Dickman CA. Occipitoatlantal dislocation *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A48-A55.
57. Gerigk L, Bostel T, Hegewald A, Thomé C, Scharf J, Groden C, Neumaier-Probst E. Dynamic magnetic resonance imaging of the cervical spine with high-resolution 3-dimensional T2-imaging. *Clin Neuroradiol* 2012;22:93–99.
58. Ghasemi A, Haddadi K, Shad AA. Comparison of diagnostic accuracy of MRI with and without contrast in diagnosis of traumatic spinal cord injuries. *Medicine (Baltimore)* 2015;94:e1942.
59. Gibson M. *Symbolism*, Taschen, Köln, 2006, pp 4-203.
60. Giger HR. *HR Giger Arh+*, Taschen, Köln, 2007, pp 3-263.
61. Goel A, Shah A. Unusual bone formation in the anterior rim of foramen magnum: cause, effect and treatment. *Eur Spine J* 2010;19(suppl 2):S162–S164.
62. Gomez MA, Damie F, Besson M, Roger R, Alison D. Congenital absence of a cervical spine pedicle: misdiagnosis in a context of trauma. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2003;89:738–743.
63. Gottlieb MS. Absence of symmetry in superior articular facets on the first cervical vertebra in humans: implications for diagnosis and treatment. *J Manipulative Physiol Ther* 1994;17:314–320.
64. Grant J, Vysniauskas A. *Digital art for the 21th century. Renderosity. Artists’ and Photographers’ Press Ltd., London* 2004, pp 1-185.
65. Gruber P, Henneberg M, Böni T, Rühli FJ. Variability of human foramen magnum size. *Anat Rec* 2009;292:1713-1719.
66. Guo LM, Zhou HY, Xu JW, Wang GS, Tian X, Wang Y, Qiu YM, Jiang JY. Dural arteriovenous fistula at the foramen magnum presenting with subarachnoid hemorrhage: case reports and literature review. *Eur J Neurol* 2010;17:684-691.
67. Gurney JW. Absent dens on submentovertex view of the skull: new sign of an abnormal odontoid. *Can Assoc Radiol J* 1986;37:38–39.
68. Haas LL. The posteriorcondylarfossa, foramen and canal, and the jugularforamen. *Radiology*, 195;69:546–552.
69. Haffajee MR, Thompson C, Govender S. The supraodontoid space or “apical cave” at the craniocervical junction: a microdissection study. *Clin Anat* 2008;21:405-415.

70. Hähnel S, Schramm P, Hassfeld S, Steiner HH, Seitz A. Craniofacial duplication (diprosopus): CT MR imaging, and MR angiography findings. Case report. *Radiology* 2003;226:210–213.
71. Hamon-Kérautret M, Ares GS, Demondion X, Rouland V, Francke JP, Pruvo JP. Duplication of the pituitary gland in a newborn with median cleft face syndrome and nasal teratoma. *Pediatr Radiol* 1998;28:290–292.
72. Hankinson TC, Anderson RCE. Craniovertebral junction abnormalities in Down syndrome. *Neurosurgery* 2010;66 (3 suppl.):A32–A38.
73. Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A review of biomechanics of the central nervous system – part I: spinal canal deformations resulting from changes in posture. *J Manipulative Physiol Ther* 1999a;22:227–234.
74. Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A review of biomechanics of the central nervous system – part II: spinal cord strains from postural loads. *J Manipulative Physiol Ther*, 1999b;22:322–332.
75. Hasan M, Shukla S, Siddiqui S, Singh D. Posterolateral tunnels and ponticuli in human atlas vertebrae. *J Anat* 2001;199:339-343.
76. Hentschel S, Mardal KA, Løvgren AE, Linge S, Haughton V. Characterization of cyclic CSF flow in the foramen magnum and upper cervical spinal canal with MR flow imaging and computational fluid dynamics. *Am J Neuroradiol* 2010;31:997-1002.
77. Holzwart HW. 100 contemporary artists. Vol. 1, 2, Taschen, Köln, 2009, pp 2-735.
78. Hong JT, Takigawa T, Sugisaki K, Espinoza Orvaas AA, Inoue N, An HS. Biomechanical and morphometric evaluation of occipital condyle for occipitocervical segmental fixation. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2011;51:701–706.
79. Hori A. A brain with two hypophyses in median cleft face syndrome. *Acta Neuropathol* 1983;59: 150–154.
80. Hsu W, Wolinsky J, Gokaslan ZL, Sciubba DM. Transoral approaches to the cervical spine. *Neurosurgery* 2010: 66(suppl):A119-A125
81. Hu Y, Ma W, Xu R. Transoral osteosynthesis C1 as a function-preserving option in the treatment of bipartite atlas deformity: a case report. *Spine* 2009;34:E418– E421.
82. Hubbard S. Olja Ivanjicki. *Painting the future*. Philip Wilson Publishers Ltd., London, 2009; pp. 190–191.
83. Iikko E, Tikkaoski T, Pyhtinen J. The helical three-dimensional CT in the diagnosis of torticollis with occipitocondylar hypoplasia. *Eur J Radiol* 1998;29:55–60.

84. Ilina EG, Laziuk GI. A new case of the “double hypophysis-multiple congenital developmental defect” complex. *Tsitol Genet* 1989;23:45–46.
85. Ishiguro M, Sohma T, Tsuchita H, Kitami K, Hotta H, Kurokawa Y. Persistent primitive proatlantal intersegmental artery (PPPIA) presenting with cerebral infarction. *No Shinkei Geka* 1991;19:559-563.
86. Ji S, Margulies SS. In vivo pons motion within the skull. *J Biomech* 2007;40:92–99.
87. Joaquim AF, Ghizoni E, Tedeschi H, Lawrence B, Brodke DS, Vaccaro AR, Patel AA. Upper cervical injuries – a rational approach to guide surgical management. *J Spinal Cord Med* 2014;37:139-151.
88. Jung S-H, Jung S, Moon K-S, Park H-W, Kang S-S. Tailored surgical approaches for benign craniovertebral junction tumors. *J Korean Neurosurg Soc* 2010;48:139-144.
89. Kagoshima K, Imai H, Nagaki T, Nakamura M, Kazama K, Yoshimoto Y. Intra-tumoral hemorrhage caused by foramen magnum meningioma: a case report. *No Shinkei Geka* 2008;36:703-707.
90. Kakarla UK, Chang SW, Theodore N, Sonntag VKH. Atlas fracture. *Neurosurgery*, 2010;66(suppl): A60–A67.
91. Kalthur SG, Padmashali S, Gupta C, Dsouza AS. Anatomical study of the occipital condyle and its surgical implications in transcondylar approach. *J Craniovertebr Junction Spine* 2014;5:71–77.
92. Karam YR, Traybekus VC. Occipital condyle fractures. *Neurosurgery* 2020; 66(suppl):A56-A59.
93. Karam YR, Menezes AH,, Traynelis VC. Posterolateral approaches to the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A135:A140.
94. Karau PB, Ogengo JA, Hassanali J, Odula P. Anatomy and prevalence of atlas vertebrae bridges in a Kenyan population: An osteological study. *Clin Anat* 2010;23:649–653.
95. Katsuta T, Matsushima T, Wen HT, Rhoton AL. Trajectory of the hypoglossal nerve in the hypoglossal canal: significance for the transcondylar approach. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2000; 40:206-210.
96. Kettenmann A. Frida Kahlo. Taschen, Köln, 2007, pp 1-96.
97. Kim CH, Chung CK, Kim KJ, Park SB, Lee SJ, Yoon SH, Park BJ. Cervical extension magnetic resonance imaging in evaluating cervical spondylotic myelopathy. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156:259-266.
98. Kimbel WH, Rak Y. The cranial base of *Australopithecus afarensis*: new insight from the female skull. *Phil Trans R Soc B* 2010;365:3365–3376.

99. Kimbel WH, Suwa G, Asfaw B, Rak Y, White TD. *Ardipithecus ramidus* and the evolution of the human cranial base. *Proc Natl Acad Sci USA* 2014;111:948–953.
100. Klimo P, Blumenthal DT, Couldwell WT. Congenital partial aplasia of the posterior arch of the atlas causing myelopathy: case report and review of the literature. *Spine* 2003;28:E224–E228.
101. Koakutsu T, Nakajo J, Morozumi N, Hoshikawa T, Ogawa S, Ishii Y. Cervical myelopathy due to degenerative spondylolisthesis. *Upsala J Med Sci* 2011;116:129-132.
102. Konovalov AN, Makhmudov UB, Grigorian AA, Shimanski VN, Taniashin SV, Arutiunov NV, Sidorkin DV. Surgical treatment of meningiomas of the craniovertebral junction. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko* 2001;2:19-24.
103. Kosla KN, Majos M, Podgorski M, Polgaj M, Topol M, Stefanczyk L, Majos A. Anomalous course and diameter of left-sided vertebral arteries – significance and predisposing factors in clinical practice. *Ann Anat* 2014;196:360-364.
104. Koyama S, Maeda T, Komine A. Medulla and upper cervical cord compression by bilateral vertebral artery presented with myelopathy and drop attack: case report. *No To Shinkei* 2001;54:435-439.
105. König SA, Goldammer A, Vitzthum HE. Anatomical data on the craniocervical junction and their correlation with degenerative changes in 30 cadaveric specimens. *J Neurosurg Spine* 2005;3:379-385.
106. Krauss WE. Rheumatoid arthritis of the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A83-A95.
107. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. *Robins basic pathology*. Saunders, an Imprint of Elsevier Inc, 2007, pp 872-873.
108. Kuwazawa Y, Bashir W, Pope MH, Takahashi K, Smith FW. Biomechanical aspects of the cervical cord: effects of postural changes in healthy volunteers using positional magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord Tech* 2006a;19:348–352.
109. Kuwazawa Y, Pope MH, Bashir W, Takahashi K, Smith FW. The length of the cervical cord: effects of postural changes in healthy volunteers using positional magnetic resonance imaging. *Spine* 2006b;31:E579–E583.
110. Kyoshima K, Kakizawa Y, Tokushige K, Akaishi K, Kanaji M, Kuroyanagi T. Odontoid compression of the brainstem without basilar impression—“odontoid invagination“. *J Clin Neurosci* 2005;12: 565–569.
111. Ladzinski P, Majchrzak H, Kaspera W, Maliszewski M, Majchrzak K, Tymowski M, Adamczyk P. Meningiomas of the anterior portion of the craniovertebral junction: immediate and late

- outcome following surgical removal using a partial transcondylar approach. *Neurol Neurochir Pol* 2012;46:205-215.
112. Lampropoulou-Adamidou K, Athanassacopoulos M, Karampinas PK, Vlamis J, Korres DS, Pneumaticos SG. Congenital variations of the upper cervical spine and their importance in preoperative diagnosis. A case report and a review of the literature. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013;23 (suppl 1):S101–S105.
113. Lao LF, Zhong GB, Li QY, Liu ZD. Kinetic magnetic resonance imaging analysis of spinal degeneration: a systematic review. *Orthop Surg* 2014;6:294–299.
114. Le Minor JM. The retrotransverse foramen of the human atlas vertebra. A distinctive variant within primates. *Acta Anat (Basel)* 1997;160:208–212.
115. Le Minor JM, Kortike JG. Associations among non-metric features of the atlas in the human species. *Arch Anat Histol Embryol* 1991-1992;74:11–26.
116. Lister RJ, Rhoton AL, Matsushima T, Peace DA. Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* 1982;10:170-199.
117. Liu JK. Extreme lateral transcondylar approach for resection of ventrally based meningioma of the craniovertebral junction and upper cervical spine. *Neurosurg Focus*, 2012;33(suppl 1):21-24.
118. Lopez AJ, Scheer JK, Leib KE, Smith ZA, Dlouhy DA, Dahdaleh NS. Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurg Focus* 2015;38:E2–E9.
119. Lord EL, Alobaidan R, Takahashi S, Cohen JR, Wang CJ, Wang BJ, Wang JC. Kinetic magnetic resonance imaging of the cervical spine: A review of the literature. *Global Spine J* 2014;4:121–128.
120. Lu DC, Roeser AC, Mummaneni VP, Mummaneni PV. Nuances of occipitocervical fixation. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A141-A146.
121. Ma XY, Yin QS, Wu ZH, Xia H, Riew KD, Liu JF. C2 anatomy and dimensions relative to translaminar screw placement in an Asian population. *Spine* 2010;35:704–708.
122. Magu S, Singh D, Yadav RK, Bala M. Evaluation of traumatic spine by magnetic resonance imaging and correlation with neurological recovery. *Asian Spine J* 2015;9:748–756.
123. Manara R, Citton V, Rossetto M, Padoan A, D'Avella D. Hypophyseal triplication: case report and embryologic considerations. *Am J Neuroradiol* 2009;30:1328-1329.
124. Manjila S, Miller EA, Vadera S, Goel RK, Khan FR, Crowe C, Geertman RT. Duplication of the pituitary gland associated with multiple blastogenesis defects: Duplication of the pituitary gland (DPG)-plus syndrome. Case report and review of literature. *Surg Neurol Int* 2012;3:23–35.
125. Marinković S. *Anatomija čoveka*. Apeiron, Banja Luka, 2016, pp 1-508.

126. Marinković S, Gibo H, Brigante L, Milisavljević M, Donzelli R. Arteries of the brain and spinal cord. Anatomic features and clinical significance. De Angelis, Avellino, 1997, pp 37-48.
127. Marinković S, Kovacević M, Gibo H, Milisavljević M, Bumbasirević L. The anatomical basis for the cerebellar infarcts. *Surg Neurol* 1995;44:450-460.
128. Marinković S, Milisavljević M, Gibo H, Maliković A, Djulejić V. Microsurgical anatomy of the perforating branches of the vertebral artery. *Surg Neurol* 2004;61:190-197.
129. Martin MD, Bruner HJ, Maiman DJ. Anatomic and biomechanical considerations of the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A2–A6.
130. Marzona D. Conceptual art. Taschen, Köln, 2006, pp 1–96.
131. Matsui T. Therapeutic strategy and long-term outcome of meningiomas located in the posterior cranial fossa. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2012;52:704-713.
132. Matsuno H, Rhoton AL, Peace D. Microsurgical anatomy of the posterior fossa cisterns. *Neurosurgery* 1988;23:58-80.
133. Menezes AH. Craniocervical developmental anatomy and its implications. *Childs Nerv Syst* 2008;24:1109–1122.
134. Menezes AH, Fenoy KA. Remnants of occipital vertebrae: proatlas segmentation abnormalities. *Neurosurgery* 2009;64:945–953.
135. Menezes AH, VanGilder JC, Graf CJ, McDonnell DE. Craniocervical abnormalities. A comprehensive surgical approach. *J Neurosurg* 1980;53:444–455.
136. Meseke CA, Duray SM, Brillon SR. Principal components analysis of the atlas vertebra. *J Manipulative Physiol Ther* 2008;31:212–216.
137. Mesfar W, Mogio K. Effect of the transverse ligament rupture on the biomechanics of the cervical spine under a compressive loading. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2013;28:846-852.
138. Michie I, Clark M. Neurological syndromes associated with cervical and craniocervical anomalies. *Arch Neurol* 1968;18:241–247.
139. Milić I, Samardžić M, Djorić I, G. Tasić, V. Djulejić V, S. Marinković S. Craniovertebral anomalies associated with double pituitary gland. *Folia Morphol* 2015;74:524–531.
140. Miura J, Doita M, Miyata K, Marui T, Nishida K, Fujii M, Kurosaka M. Dynamic evaluation of the spinal cord in patients with cervical spondylotic myelopathy using a kinematic magnetic resonance imaging technique. *J Spinal Disord Tech* 2009;22:8-13.
141. Moore KL, Dalley AF, Agur AM. Clinically oriented anatomy. Wolter Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2010, pp 525-534.

142. Morishita Y, Falakassa J, Naito M, Hymanshon HJ, Taghavi C, Wang JC. The kinematic relationships of the upper cervical spine. *Spine* 2009;34:2642–2645.
143. Morishita Y, Hymanson H, Miyazaki M, Zhang HH, He W, Wu G, Kong MH, Wang JC. Review article: Kinematic evaluation of the spine: a kinetic magnetic resonance imaging study. *J Orthopaed Surg* 2008;16:348–350.
144. Moulding HD, Bilsky MH. Metastases to the craniovertebral junction. *Neurosurgery*, 2010;66(suppl): A113–A118.
145. Muhleman M, Charran O, Matusz P, Shoja MM, Tubbs RS, Loukas M. The proatlas: a comprehensive review with clinical implications. *Childs Nerv Syst* 2012;28:349–356.
146. Mummaneni PV, Lu DC, Dhall SS, Mummaneni VP, Chou D. C1 lateral mass fixation: a comparison of constructs. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A153-AA160.
147. Muthukumar N. Delayed hypoglossal palsy following occipital condyle fracture – case report. *J Clin Neurosci* 2002;9:580–582.
148. Mutlu H, Paker B, Bunes N, Emektar A, Keceli M, Kantarci M. Pituitary duplication associated with oral dermoid and corpus callosum hypogenesis. *Neuroradiology* 2004;46:1036–1038.
149. Naderi S, Korman E, Citak G, Güvencer M, Arman C, Senoğlu M, Tetik S, Arda MN. Morphometric analysis of human occipital condyle. *Clin Neurol Neurosurg* 2005;107:191–199.
150. Nakamura G, Kato H. Developmental changes in the skull morphology of common minke whales *Balaenoptera acutorostrata*. *J Morphol* 2014;275:1113–1121.
151. Nathan J. Anatomical drawings. In: Zöllner F ed. Leonardo da Vinci. The complete paintings and drawings. Taschen, Köln, 2007, pp. 400–479.
152. Netter FH. Atlas of human anatomy. Saunders Elsevier, Philadelphia, 2011, pp 1–326.
153. Nevell L, Wood B. Cranial base evolution within the hominin clade. *J Anat* 2008;212:455–468.
154. Nishiura T, Fujiwara K, Handa A, Gotoh M, Tsuno K, Ishimitsu H. Cervical myelopathy caused by bilateral vertebral artery compression. *No Shinkei Geka* 1988;26:45–50.
155. Nolte J. Essentials of the human brain. Mosby, Elsevier, Philadelphia, 2010, pp 97–125.
156. O’Rachilly R, Miller F, Meyer DB. The human vertebral column at the end of the embryonic period proper. 2. The occipitocervical region. *J Anat* 1983;136:181–195.
157. Oliveira E, Rhoton AL, Peace D. Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surg Neurol* 1985;24:293–352.
158. Panjabi M, Dorak J, Crisco J, Oda T, Hillbrand A, Grob D. Flexion, extension, and lateral bending of the upper cervical spine in response to alar ligament transections. *J Spinal Disord* 1991;4:157–167.

159. Parlato C, Tessitore E, Schonauer C, Moraci A. Management of benign craniovertebral junction tumors. *Acta Neurochir (Wien)* 2003;145:31-36.
160. Pang D. Atlantoaxial rotatory fixation. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A161-A183.
161. Pang D, Thompson DN. Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Childs Nerv Syst* 2011;27:523-564.
162. Pasku D, Katonis P, Karantanias A, Hedjipavlou A. Congenital posterior atlas defect associated with anterior rachischisis and early cervical degenerative disc disease: a case study and review of the literature. *Acta Orthop Belg* 2007;73:282–285.
163. Pernkopf E. Atlas of topographical and applied human anatomy. Head and neck. Vol. 1. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1963, pp 192-227.
164. Persaud TVN. Early history of human anatomy. From antiquity to the beginning of the modern era. Charles C. Thomas Publishers, Springfield, 1984, pp. 1–200.
165. Pfirmann CW, Binkert CA, Zanetti M, Boos N, Hodler J. Functional MR imaging of the craniocervical junction. Correlation with alar ligaments and occipito-atlantoaxial joint morphology: a study in 50 asymptomatic subjects. *Schweiz Med Wochenschr* 2000;130:645–651.
166. Phan N, Marras C, Midha R, Rowed D. Cervical myelopathy caused by hypoplasia of the atlas: two case reports and review of the literature. *Neurosurgery* 1998;43:629–633.
167. Pinna G, Alessandrini F, Alfieri A, Rossai M, Bricolo A. Cerebrospinal fluid flow dynamics study in Chiari I malformation: implications for syrinx formation. *Neurosurg Focus* 2000;8:E3-E7.
168. Pryputniewicz DM, Handley MN. Axis fractures. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A68–A82.
169. Quinteiro Antolin T, Castellano Romero I, Yáñze Calvo J. Aplasia of the posterior arches of the atlas: a presentation of 2 cases. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2012;56:381–384.
170. Rao PV, Mbajjorgu EF, Levy LF. Bony anomalies of the craniocervical junction. *Cent Afr J Med* 2002;48:17–23.
171. Rameshbabu C, Gupta OP, Gupta KK, Qasim M. Bilateral asymmetrical duplicated origin of vertebral arteries: Multidetector row CT angiographic study. *Indian J Radiol Imaging* 2014;24:61-65.
172. Reinges MH, Thron A, Mull M, Huffmann BC, Gilsbach JM. Dural arteriovenous fistulae at the foramen magnum. *J Neurol* 2001;248:197-203.
173. Rhoton AL, Buza R. Microsurgical anatomy of the jugular foramen. *J Neurosurg* 1975;42:541-550.
174. Roessmann U. Duplication of the pituitary gland and spinal cord. *Arch Pathol Lab Med* 1984;109:518–520.

175. Roy S, Hol PK, Laerum LT, Tillung T. Pitfalls of magnetic resonance imaging of alar ligament. *Neuroradiology*, 2004;46:392-398.
176. Ruhrberg K, Schneckenburger S, Fricke M, Honnef K. Art of 20th century. Painting, sculpture, new media, photography. Vol. 1, 2. Taschen, Köln, 2005, pp 3-835
177. Russoli F. Il postimpressionismo. Le origini del' arte moderna. Fratelli Fabbri Editori, Milano, 1967, pp 1-289.
178. Sabuncuoglu H, Ozdogan S, Karadag D, Kaynak ET. Congenital hypoplasia of the posterior arch of the atlas: case report and extensive review of the literature. *Turk Neurosurg* 2011;21:97–103.
179. Salunke P, Futane S, Sharma M, Sahoo S, Kovilapu U, Khandelwal NK. “Pseudofacets“ or “supernumerary facets“ in congenital atlanto-axial dislocation: boon or bane? *Eur Spine J* 2014. [Epub ahead of print].
180. Samartzis D, Kalluri P, Herman J, Lubicky JP, Shen FH. 2008 young investigator award: The role of congenitally fused cervical segments upon the space available for the cord and associated symptoms in Klippel-Feil patients. *Spine* 2008;33:1442–1450.
181. Sangari SK, Dossous P-M, Heineman T, Mtui EP. Dimensions and anatomical variants of the foramen transversarium of typical cervical vertebrae. *Anat Res Int* 2015. [Published online Sept 2015].
182. Sanna M, Bacciu A, Falcioni M, Taibah A, Piazza P. Surgical management of jugular foramen meningiomas: a series of 13 cases and review of the literature. *Laryngoscope* 2007;117:1710-1719.
183. Saragusty J, Shavit-Meyrav A, Yamaguchi N, Nadler R, Bdolah-Abram T, Gibeon L, Hindebrandt TB, Shamir MH. Comparative skull analysis suggests specific captivity-related malformation in lions (*Panthera leo*). *PloS One* 2014;9:e94527.
184. Saunders deCM JB, O'Malley CD. The illustrations from the works of Andreas Vesalius of Brussels. Dover Publications Inc., New York, 1973, pp 1–251.
185. SayitE, DaubsMD, AghdasiB, MontgomerySR, InoueH, WangCJ, WangBJ, PhanKH, ScottTP. Dynamic changes of the ligamentum flavum in the cervical spine assessed with kinetic magnetic resonance imaging. *Global Spine J* 2013;3:69-74.
186. Schaefer MS. Brief communication: foramen magnum-carotid foramina relationship: is it useful for species designation? *Am J Phys Anthropol* 1999;110:467-471.
187. Schlamann M, Reischke L, Klassen D, Maderwald S, Böhner V, Kollia K, Ladd ME, Forsting M, Wanke I. Dynamic magnetic resonance imaging of the cervical spine using the NeuroSwing System. *Spine* 2007;32: 2398–2401.

188. Sen C, Shrivastava R, Anwar S, Triana A. Lateral transcondylar approach for tumors at the anterior aspect of the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 2010; 66(suppl):A104-A112.
189. Shah S, Pereira JK, Becker CJ, Roubal SE. Duplication of pituitary gland. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:459–461.
190. Sharma RM, Pruthi N, Pandey P, Dawn R, Ravindranath Y, Ravindranath R. Morphometric and radiological assessments of dimensions of axis in dry vertebrae: A study in Indian population. *Indian J Orthop* 2015;49:583–588.
191. Shen W, Cui J, Chen J, Ji Y, Zou J, Chen H, Yiongzhen M. Partial midfacial duplication. *J Craniofac Surg* 2013;24:934–936.
192. Shin H, Barrenechea IJ, Lesser J, Sen C, Perin NI. Occipitocervical fusion after resection of craniovertebral junction tumors. *J Neurosurg Spine* 2006;4:137-144.
193. Shroff M, Blaser S, Jay V, Chitayat D, Armstrong D. Basilar artery duplication associated with pituitary duplication: a new finding. *Am J Neuroradiol* 2003;24:956–961.
194. Singer C. *A short history of anatomy from the Greeks to Harvey*. Dover Publications, Inc., New York, 1957, pp 1–209.
195. Singh H, Harrop J, Schiffmacher P, Rosen M, Evans J. ventral surgical approaches to craniovertebral junction chordomas. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A96-A103.
196. Singla M, Goel P, Ansari MS, Ravi KS, Khare S. Morphometric analysis of axis and its clinical significance – an anatomical study of Indian human axis vertebrae. *J Clin Diagn Res* 2015;9: AC04–AC09.
197. Slavotinek A, Parisi M, Heike C, Hing A, Huang E. Craniofacial defects of blastogenesis: Duplication of pituitary with cleft palate and oropharyngeal tumors. *Am J Med Genet A* 2005;35: 13–20.
198. Smith JS, Shaffrey CI, Abel MF, Menezes AH. Basilar invagination. *Neurosurgery* 2010;66 (suppl):A39–A47.
199. Smoker WRK. Craniovertebral junction: normal anatomy, craniometry, and congenital anomalies. *RadioGraphics* 1994;1:255–277.
200. Solomon RS, Stein BM. Surgical approach to aneurysms of the vertebral and basilar arteries. *Neurosurgery* 1988;23:203-208.
201. Sasaki O, Ogawa H, Koike T, Koizumi T, Tanaka R. A clinicopathological study of dissecting aneurysms of the intracranial vertebral artery. *J Neurosurg* 1991;74:874-882.
202. Söderman T, Olerud C, Shalabi A, Alavi K, Sundin A. Static and dynamic CT imaging of the cervical spine in patients with rheumatoid arthritis. *Skeletal Radiol* 2015;44:241-248.

203. Stangos N. Concepts of modern art. From fauvism to postmodernism. Thames and Hudson World of Art, London, 2006, pp 1-288.
204. Steinmetz MP, Mroz TE, Benzel EC. Craniovertebral junction: biomechanical considerations. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A7–A12.
205. Stevens CA, Pearce RG, Burton EM. Familial odontoid hypoplasia. *Am J Med Genet A*, 49A: 1290–1292. Mammillo-hypophyseal duplication (diplo-mammillo-hypophysis). *Acta Neuropathol* 2009;69:38–44.
206. Støverud KH, Alnaes M, Langangen HP, Haughton V, Mardal KA. Poro-elastic modeling of Syringomyelia – a systematic study of the effects of pia mater, central canal, median fissure, white and gray matter on pressure wave propagation and fluid movement within the cervical spine cord. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2016;19:686-698.
207. Støverud CSF. flow in Chiari I and syringomyelia from the perspective of computational fluid dynamics. *Neuroradiol J* 2011;24:20-23.
208. Toman R. The art of the Italian Renaissance. Architecture, sculpture, painting, drawing. h.f. Ullmann & Könemann, Köningswinter, 2005, pp 1-625.
209. Toman R. Baroque. Architecture, sculpture, painting. h.f. Ullmann & Könemann, Köningswinter, 2007, pp 1-638.
210. Travan L, Saccheri P, Sabbadini G, Crivellato E. Bilateral arcuate foramen associated with partial defect of the posterior arch of the atlas in a medieval skeleton: case report and review of the literature. *Looking backward to go forward. Surg Radiol Anat* 2011;33:495–500.
211. Tsuang FY, Chen JY, Wang YH, Lai DM. Neurological picture. Occipitocervical malformation with atlas duplication. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2011;82:1101–1102.
212. Tubbs RS, Dixon J, Loukas M, Shoja MM, Cohen-Gadol AA. Ligament of Barkow of the craniocervical junction: its anatomy and potential clinical and functional significance. *J Neurosurg Spine* 2010;12:619-622.
213. Tubbs RS, Hallock JD, Radcliff V, et al. (2011) Ligaments of the craniocervical junction. A review. *J Neurosurg Spine* 2011;14:697-709.
214. Tubbs RS, Mortazavi MM, Louis RG, Loukas M, Shoja MM, Chern JJ, Benninger B, Cohen-Gadol AA. The transverse occipital ligament: anatomy and potential functional significance. *World Neurosurg*. 2012 ;77:775-777.
215. Tubbs RS, Lingo PR, Mortazavi MM, Cohen-Gadol AA. Hypoplastic occipital condyle and third occipital condyle: review of their dysembryology. *Clin Anat* 2013;26:928-932.
216. Vasudeva N, Kumar R. Absence of foramen transversarium in the human atlas vertebra: a case

- report. *Acta Anat (Basel)* 1995;152:230–233.
217. Vieira TC, Chinen RN, Ribeiro MR, Nogueira RG, Abucham J. Central precocious puberty associated with pituitary duplication and midline defects. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2007;20:1141–1148.
218. Vittore CP, Murray RA, Martin LS. Case 79: pituitary duplication. *Radiology* 2005;234:411–414.
219. Vučurević G, Marinković S, Puškaš L, Kovačević I, Tanasković S, Radak D, Ilić A. Anatomy and radiology of the variations of aortic arch branches in 1,266 patients. *Folia Morphol (Warsz)* 2013;72:113-122.
220. Walther IF. *Impressionism 1860-1920*. Taschen, Köln, 2006, pp 1-752.
221. Walther IF, Metzger R. *Van Gogh. The complete paintings*. Taschen, Köln, 2006, pp 7-734.
222. Watanabe K, Hasegawa K, Takano K. Anomalous vertebral artery-induced cervical cord compression causing severe nape pain. Case report. *J Neurosurg* 2001;95(s suppl):146-149.
223. Westermeyer RR. Odontoid hypoplasia presenting as torticollis: a discussion of its significance. *J Emerg Med* 2003;24:15–18.
224. Wiener MD, Martinez S, Forsberg DA. Congenital absence of a cervical spine pedicle: clinical and radiologic findings. *Am J Roentgenol* 1990;155:1037–1041.
225. Williams B. Simultaneous cerebral and spinal fluid pressure recordings. I. Technique, physiology, and normal results. *Acta Neurochir (Wien)* 1981;58:167-185.
226. Wolfla CE. Anatomical, biomechanical, and practical considerations in posterior occipitocervical instrumentation. *Spine J* 2006;6(6 suppl):225S-232S.
227. Wong ST, Ernest K, Fan G, Zovickian J, Pang D. Isolated unilateral rupture of the alar ligament. *J Neurosurg Pediatr* 2014;13:541-547.
228. Wong ST, Ernest K, Fan G, Zovickian J, Pand D. Isolated unilateral rupture of the alar ligament. *J Neurosurg Pediatr* 2014;13:541-547.
229. Yamahata H, Yamaguchi S, Takavasu M, Takasaki K, Osuka K, Aoyama M, Yasuda M, Tokimura H, Kurisu K, Arita K. Exploration of simple classification and space created by the tumor for the treatment of foramen magnum meningiomas. *World Neurosurg* 2016;87:1-7.
230. Xiong C, Suzuki A, Daubs MD, Scott T, Phan K, Wang J (2015) The evaluation of cervical spine mobility without significant spondylosis by kMRI. *Eur Spine J*, 2015. [Epub ahead of print].
231. Yamamoto T, Kurosawa K, Masuno M, Okuzumi S, Kondo S, Miyama S, Okamoto N, Aida N, Nishimura G. Congenital anomaly of cervical vertebrae is a major complication of Rubinstein-Taybi syndrome. *Am J Med Genet A* 2005;135:130–133.

232. Yamaura A, Isobe K, Karasudani H, Tanaka M, Komiya H. Dissecting aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* 1991;28:894-898.
233. Yamazaki M, Okawa A, Aramomi MA, Hashimoto M, Masaki Y, Koda M. Fenestration of vertebral artery at the craniovertebral junction in Down syndrome: a case report. *Spine* 2004;29:E551-554.
234. Yamazaki M, Okawa A, Furuya T, Sakuma T, Takahashi H, Kato K, Fujiyoshi T, Mannoji C, Takahashi K, Koda M. Anomalous vertebral arteries in the extra- and intraosseous regions of the craniovertebral junction visualized by 3-dimensional computed tomographic angiography: analysis of 100 consecutive surgical cases and review of the literature. *Spine* 2012;47:1389-1397.
235. Yasargil MG. *Microneurosurgery*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1984, pp 4-353.
236. Yanni DS, Perin NI. Fixation of the axis. *Neurosurgery* 2010; 66(suppl):A147-A152,
237. Young JP, Young PH, Ackermann MJ, Anderson PA, Riew DK. The ponticulus posticus: implications for screw insertion into the first cervical lateral mass. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87: 2495–2498.
238. Youssef SA, Sloan AE. Extended transoral approaches: surgical technique and analysis. *Neurosurgery* 2010;66(suppl):A126-A134.
239. Zhang H, Bai J (2007) Development and validation of a finite element model of the occipitoatlantoaxial complex under physiologic loads. *Spine* 2007;32:968–974.

BIOGRAFIJA AUTORA

Mili Ivan, rođen 08.01.1966. godine u Beogradu, pohađao je osnovnu školu i matematičko-informatičku i muzičku gimnaziju u Osijeku koje je završio 1985. godine. Godinu dana nakon odsluženog vojnog roka upisao je Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu u Hrvatskoj i stekao diplomu doktora medicine 1991. godine sa prosečnom ocenom 9,86 i 10 na diplomskom ispitu.

Obavezan lekarski staž obavio je od avgusta 1991. godine do avgusta 1992. godine u Kliničkom centru Srbije u Beogradu, a iste godine položio je stručni ispit.

Specijalizaciju iz neurohirurgije zapeo je 31.12.1992. godine u Institutu za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije, a specijalistički ispit položio je 14.07.1998. godine.

U Institutu za neurohirurgiju, Kliničkog centra Srbije radio je od 31.12.1992. godine do februara meseca 1999. godine, u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra u Brešici u Italiji radio je od februara 1999. godine do maja 2000. godine, u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Crna Gora u Podgorici radio je od maja 2000. godine do marta 2003. godine i od marta 2003. godine zaposlen je na neodređeno vreme u Klinici za neurohirurgiju Kliničkog centra Srbije.

Magistarsku tezu pod nazivom „Mikroanatomske i histohemijske osobine pontinskih grana bazilarne arterije i njihov klinički značaj“ odbranio je 2009. godine.

Tema za izradu doktorske disertacije pod nazivom „Anatomske i radiološke karakteristike kraniocervikalnog prelaza i njihov značaj za izbor neurohirurškog pristupa“ sa mentorom Prof. dr Miroslavom Samardžićem i komentorom Prof. dr Slobodanom Marinkovićem odobrena je od strane Naučno-nastavnog veća maja 2012. godine.

Jula 2015. godine izabran u zvanje kliničkog asistenta na katedri za hirurgiju sa anestezijom. Od tada učestvuje u nastavi za studente Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i nastavi na engleskom jeziku za strane studente.

Obavio je veliki broj neurohirurških operacija u Srbiji, Italiji i Crnoj Gori.

Prezentovao je više radova i usavršavao se na brojnim kursovima, sekcijama i kongresima neurohirurga u zemlji i inostranstvu.

Do sada je objavio preko 25 radova u domaćim i stranim časopisima i kongresima i autor je poglavlja u dve knjige, „Neurologija i osnovi neurohirurgije“ Stanka Milića i „Hitna stanja u neurohirurgiji“ Miroslava Samardžića.

Ivan je član Lekarske komore Srbije, Srpskog lekarskog društva, Udruženja neurohirurga Srbije, Udruženja neurohirurga jugoistočne Evrope i AOSpine-a.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani dr Ivan

Milić _____

broj upisa _____

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

„Anatomske i radiološke karakteristike kranio-cervikalnog prelaza i njihov
značaj za izbor neurohirurškog pristupa“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, __12. Maj 2016. _____



Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada


Ime i prezime autora ___ Ivan Milić

Broj upisa _____

Studijski program _____

Naslov rada _____ „Anatomske i radiološke karakteristike kraniocervikalnog
prelaza i njihov značaj za izbor neurohirurškog pristupa“

Mentor ___ prof. dr Miroslav Samardžić


Potpisani 

izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, ___ 12. Maja 2016. 

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

„Anatomske i radiološke karakteristike kranio-cervikalnog prelaza i njihov značaj za izbor neurohirurškog pristupa“

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerađe
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerađe
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

Potpis doktoranda

