

## MORFOMETRIJSKA ANALIZA VELIKOG POTILJAČNOG OTVORA (*FORAMEN MAGNUM*) U ODNOSU NA POL

611.714-055

*Bojana Krstonošić, Biljana Srdić, Dušica Marić,  
Saša Mijatov, Radmila Gudović, Siniša Babović*

Zavod za anatomiju, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad

**Izvod:** Veliki potiljačni otvor (*foramen magnum - FM*) predstavlja komunikacioni otvor između lobanjske duplje i kičmenog kanala. Uobičajeno je jajastog oblika, užim krajem okrenut napred. Cilj ovog rada je bio da se odrede dimenzije i oblik FM i utvrdi da li postoje razlike u dobijenim rezultatima između lobanja muškog i ženskog pola.

U istraživanju je korišćeno 19 lobanja odraslih osoba (12 lobanja muškog i 7 lobanja ženskog pola), koje pripadaju Osteološkoj kolekciji Zavoda za anatomiju Medicinskog fakulteta u Novom Sadu. Za procenu pola lobanja korišćen je protokol za vizuelno određivanje pola modifikovan po Ferembach-u i sar. (1980) i Buikstra-u i sar. (1994). Mereni su sagitalni (SD), poprečni prečnik (TD) i površina (A) FM, i analiziran je oblik otvora. Merenja su izvršena pomoću softverskog programa za obradu i analizu slike „*Image J*”.

Kod lobanja muškog pola nađene su statistički značajno veće dimenzije SD ( $46,3\pm 4,01$  mm vs.  $41,39\pm 2,18$  mm,  $p<0,01$ ), TD ( $39,85\pm 4,53$  mm vs.  $35,65\pm 3,12$  mm,  $p<0,05$ ), kao i A ( $1349,62\pm 247,83$  mm<sup>2</sup> vs.  $1077,77\pm 149,07$  mm<sup>2</sup>,  $p<0,01$ ). Opisnom analizom oblika otvora, ispitivane FM smo podelili na sedam tipova: jajast, ovalan, okrugao, četvorougao, petougao, šestougao i nepravilan. Najzastupljeniji oblik FM (31,6%) je bio šestougao, i to poglavito na lobanjama muškog pola.

Poznavanje polnih razlika u veličini FM, varijacije njegovog oblika, kao i njihovog uticaja na sadržaj velikog potiljačnog otvora, ima dijagnostički i klinički značaj.

**Ključne reči:** Foramen magnum, Determinacija pola, Lobanja čoveka, Morfometrija

### Uvod

Veliki potiljačni otvor (*foramen magnum - FM*), oko kojeg su raspoređena četiri osnovna dela potiljačne kosti, zbog svog anatomskog, antropološkog, dijagnostičkog i hirurškog značaja, čest je predmet istraživanja. Ispitivanja FM su izvođena od jednostavne analize dimenzija velikog potiljačnog otvora (Sendemir i sar., 1994) i njene povezanosti sa polom (Catalina-Herrera, 1987; Çiçekbaşı i sar., 2004; Uysal i sar., 2005; Gapert i sar., 2009; Galdames i sar., 2009; Manoel i sar., 2009; Gruber i sar., 2009), preko ispitivanja povezanosti FM sa intrakranijalnim volumenom (Acer i sar., 2006) i posturom tela (Röthig, 1971), kao i značajem FM u identifikaciji leševa u

masovnim nesrećama (Holland, 1989), sve do značaja područja velikog potiljačnog otvora u hirurškim pristupima (Muthukumar i sar., 2005).

Cilj ove analize je bio da se odrede dimenzije i razlike u obliku velikog potiljačnog otvora i utvrdi njihova povezanost sa polom.

### Materijal i metod

U istraživanju je korišćeno 19 lobanja odraslih osoba koje pripadaju Osteološkoj kolekciji Zavoda za anatomiju Medicinskog fakulteta u Novom Sadu. Za procenu pola lobanja primenjen je protokol za vizuelno određivanje pola lobanja, modifikovan po Ferembach-u i sar. (1980) i Buikstra-u i sar. (1994). Protokol je podrazumevao analizu deset struktura na lobanji, različitog stepena pouzdanosti za procenu pola (stepen pouzdanosti 3 se smatrao najvećim, a 1 najmanje pouzdanim stepenom za procenu pola). Svaka struktura je na osnovu svojih osobina, koje su ukazivale na pripadnost lobanje odgovarajućem polu, označena vrednostima od -2 do +2. Analizirane strukture na lobanjama i vrednovanje njihovih osobina su prikazani u Tabeli 1.

**Tabela 1.** Protokol za vizuelno određivanje pola lobanje modifikovan po Ferembach-u (1980) i Buikstra-u (1994)

**Table 1.** Protocol for visual assessment of sex determination of the cranium, modified from Ferembach et al. (1980) and Buikstra et al. (1994)

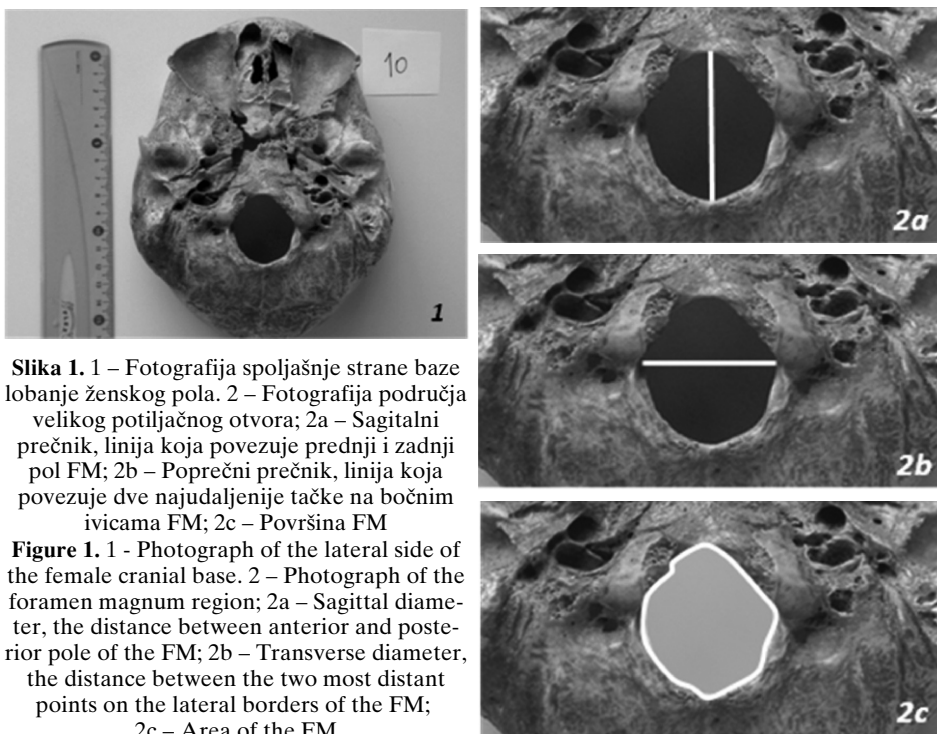
Analizirane strukture	Stepen pouzdanosti za procenu pola	Naglašen ženski pol (-2)	Ženski pol (-1)	Neodređen pol (0)	Muški pol (+1)	Naglašen muški pol (+2)
<i>Glabella</i>	3	Glatka	Neznatno ograničena	Ograničena	Naglašena	Masivna, prominentna
<i>Processus mastoideus</i>	3	Vrlo mali	Mali	Srednje velik	Velik	Vrlo velik
<i>Vratno polje ljske potiljačne kosti</i>	3	Glatko	Neznatno zasvođeno, tragovi vratnih linija	Vratne linije i potiljačni greben vidljivi	Vratne linije i potiljačni greben naglašeni	Neravne površine potiljačnog grebena i vratnih linija
<i>Processus zygomaticus ossis temporalis</i>	3	Vrlo tanak i nizak	Tanak i nizak	Srednje velik	Naglašen i visok	Vrlo naglašen i visok
<i>Arcus superciliaris</i>	2	Gladak	Neznatno ograničen	Ograničen	Naglašen	Vrlo naglašen
<i>Tuber frontale et parietale</i>	2	Ograničeni	Srednje naglašeni	Umereno naglašeni	Nejasni	Nedostaju
<i>Protuberantia occipitalis externa</i>	2	Glatka	Jedva vidljiva	Srednje naglašena	Ograničena	Izraženo ograničena
<i>Os zygomaticum</i>	2	Vrlo niska, glatke površine	Niska, glatke površine	Srednje veličine, neravne površine	Visoka, neravne površine	Vrlo visoka, neravne površine
<i>Aditus orbitalis</i>	1	Izraženo okrugao, oštarih ivica	Okrugao, oštarih ivica	Prelazni oblik, srednje oštarih ivica	Četvrtast, zaobljenih ivica	Izraženo četvrtast, oblih ivica
<i>Frontalni profil</i>	1	Uspravan	Skoro uspravan	Blago nagnut	Srednje nagnut	Izraženo nagnut

Nakon vizuelne analize i tabelarnog vrednovanja osobina struktura na ispitivanim lobanjama, određivanje pola lobanja je vršeno pomoću formule za indeks polnosti (IS) (Ascadi i Nemeskeri, 1970, Ferembach i sar., 1980):

$$IS = \frac{\text{(zbir osobina stepen pouzdanosti)}}{\text{stepen pouzdanosti}}$$

Pozitivne vrednosti indeksa polnosti označile su muški pol, a negativne vrednosti ženski pol. Ako je indeks polnosti bio jednak nuli, smatralo se da je pol neodređen, odnosno da se datim protokolom pol lobanja ne može odrediti.

Analiziranih 19 lobanja su svrstane u dve grupe: lobanje muškog i lobanje ženskog pola. Ukupno 12 lobanja je bilo muškog, pet ženskog pola, a za dve lobanje se nije mogao odrediti pol (IS = 0). Analizirajući osobine struktura lobanja koje su imale najveći stepen pouzdanosti za vizuelnu procenu pola (*glabella*, *processus mastoideus*, vratno polje ljske potiljačne kosti, *processus zygomaticus*), lobanje neodređenog pola smo svrstali u grupu lobanja ženskog pola.



**Slika 1. 1** – Fotografija spoljašnje strane baze lobanje ženskog pola. 2 – Fotografija područja velikog potiljačnog otvora; 2a – Sagitalni prečnik, linija koja povezuje prednji i zadnji pol FM; 2b – Poprečni prečnik, linija koja povezuje dve najudaljenije tačke na bočnim ivicama FM; 2c – Površina FM

**Figure 1. 1** - Photograph of the lateral side of the female cranial base. 2 – Photograph of the foramen magnum region; 2a – Sagittal diameter, the distance between anterior and posterior pole of the FM; 2b – Transverse diameter, the distance between the two most distant points on the lateral borders of the FM; 2c – Area of the FM

Ispitivane lobanje su fotografisane fotoaparatom „Olympus” (18 optički zum), a potom trajno zapisane na magnetnom medijumu računarskog sistema. Morfometrijska analiza digitalizovane slike izvedena je pomoću softverskog programa za obradu i analizu slike „Image J”, u kojem su mereni sagitalni (SD), poprečni prečnik (TD) i površina (A) velikog potiljačnog otvora. Maksimalni sagitalni prečnik je

rastojanje između tačke koja odgovara prednjem polu velikog potiljačnog otvora (*basion*) i tačke koja odgovara njegovom zadnjem polu (*opisthion*). Maksimalni poprečni prečnik je rastojanje između dve najudaljenije tačke na bočnim ivicama velikog potiljačnog otvora. Površina otvora je merena iscrtavanjem njegovih ivica.

Rezultate istraživanja smo statistički obradili Studentovim t-testom.

## Rezultati

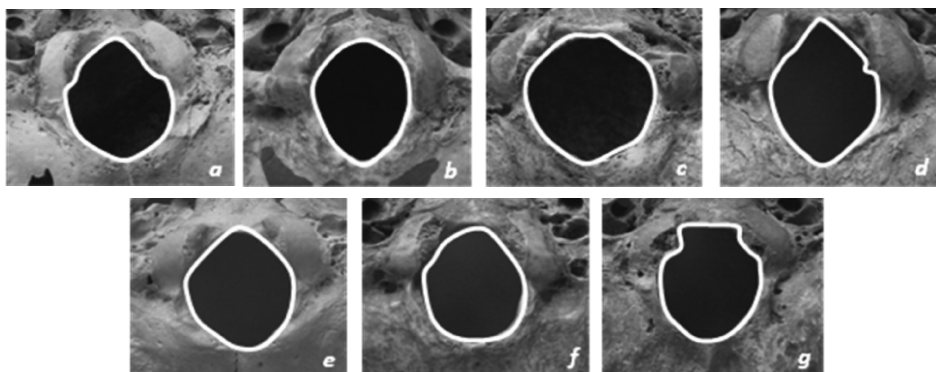
Statistička obrada podataka istraživanja, sa maksimalnim i minimalnim vrednostima, srednjim vrednostima i standardnim devijacijama za svaku izmerenu dimenziju velikog potiljačnog otvora lobanja muškog i ženskog pola, prikazana je u Tabeli 2.

**Tabela 2.** Prikaz statistički obrađenih rezultata analize veličine velikog potiljačnog otvora, korišćenjem Studentovog t-testa

**Table 2.** Statistics of the foramen magnum size obtained using Student's t-test

	Lobanje muškog pola (n=12)			Lobanje ženskog pola (n=7)			P
	Max	Min	X±SD	Max	Min	X±SD	
SD (mm)	52,43	41,79	46,30±4,01	45,20	38,75	41,39±2,18	0,004
TD (mm)	46,92	33,89	39,85±4,53	42,00	33,17	35,65±3,12	0,022
A (mm <sup>2</sup> )	1837,3	1049,6	1349,62±247,83	1369,6	899,3	1077,77±149,07	0,008

Izmerene maksimalne dimenzije kod lobanja muškog pola iznosile su 52,43 mm, 46,92 mm i 1837,3 mm<sup>2</sup>, nasuprot minimalnim vrednostima od 41,79 mm, 33,89 mm i 1049,6 mm<sup>2</sup> za sagitalni prečnik (SD), poprečni prečnik (TD), odnosno površinu FM (A). Kod lobanja ženskog pola, maksimalne dimenzije sagitalnog, poprečnog prečnika i površine FM bile su 45,20 mm, 42,00 mm i 1369,6 mm<sup>2</sup>, u poređenju sa minimalnim vrednostima od 38,75 mm, 33,17 mm i 899,3 mm<sup>2</sup>.



**Slika 2.** Fotografije na kojima su prikazani oblici velikog potiljačnog otvora, a – jajast; b – ovalan; c – okrugao; d – četvorougao; e – šestougao; f – petougao; g – nepravilan  
**Figure 2.** Photographs of types of foramen magnum shape, a – egg-shaped; b – oval; c – round; d – tetragonal; e – hexagonal; f – pentagonal; g – irregular

Kod lobanja muškog pola nađene su statistički značajno veće dimenzije SD ( $46,3\pm 4,01$  mm vs.  $41,39\pm 2,18$  mm,  $p<0,01$ ), TD ( $39,85\pm 4,53$  mm vs.  $35,65\pm 3,12$  mm,  $p<0,05$ ), kao i A ( $1349,62\pm 247,83$  mm<sup>2</sup> vs.  $1077,77\pm 149,07$  mm<sup>2</sup>,  $p<0,01$ ).

Opisnom analizom oblika otvora izdvojili smo sedam tipova FM: jajast, ovalan, okrugao, četvorougao, petougao, šestougao i nepravilan, koji su prikazani na Slici 2.

U našem istraživanju najzastupljeniji je bio šestougao FM. Zastupljenost različitih oblika velikog potiljačnog otvora, u našem uzorku lobanja muškog i ženskog pola, prikazana je u Tabeli 3.

**Tabela 3.** Prikaz oblika velikog potiljačnog otvora – raspodela prema polu, broju lobanja i procenatu zastupljenosti

**Table 3.** Types of foramen magnum shape – distribution by gender, number of cases and percentages

Oblik fm	broj lobanja	muški pol	Ženski pol	%
Ovalan	1	0	1	5,3
Jajast	2	1	1	10,5
Okrugao	3	2	1	15,8
Četvorougao	2	1	1	10,5
Petougao	2	1	1	10,5
Šestougao	6	5	1	31,6
Nepravilan	3	2	1	15,8

Šest lobanja (31,6%) je imalo šestougao FM, od kojih je pet bilo muškog, a jedna lobanja ženskog pola. Okrugao i nepravilan oblik FM su imale po tri lobanje (15,8%), dok se jajast, okrugao i petougao oblik FM nalazio na po dve lobanje (10,5%). Najmanje zastupljen oblik velikog potiljačnog otvora bio je ovalan, na jednoj lobanji (5,3%) ženskog pola.

## Diskusija

Dimenzije velikog potiljačnog otvora (SD, TD i A) lobanja koje su korišćene u našem istraživanju su statistički značajno veće kod lobanja muškog pola, čime smo potvrdili rezultate koje smo pronašli u dostupnoj literaturi (Murshed i sar., 2003; Durić i sar., 2005; Galdames i sar., 2009; Gruber i sar., 2009; Manoel i sar., 2009).

U našem istraživanju izmerene vrednosti za SD su bile  $46,3\pm 4,01$  mm kod lobanja muškog pola vs.  $41,39\pm 2,18$  mm kod lobanja ženskog pola, za TD  $39,85\pm 4,53$  mm vs.  $35,65\pm 3,12$  mm, a za A  $1349,62\pm 247,83$  mm<sup>2</sup> vs.  $1077,77\pm 149,07$  mm<sup>2</sup>. U poređenju sa našim rezultatima, Galdames i sar. (2009) su izmerili manje vrednosti SD ( $36,5\pm 2,5$  mm vs.  $35,6\pm 2,5$  mm) i TD ( $30,6\pm 2,5$  mm vs.  $29,5\pm 1,9$  mm), kao i Manoel i sar. (2009) (SD  $35,7\pm 0,29$  mm vs.  $35,1\pm 0,33$  mm; TD  $30,3\pm 0,2$  mm vs.  $29,4\pm 0,23$  mm), koji su u svojim istraživanjima koristili lobanje iz Osteološke kolekcije Univerziteta u Sao Paulu. Razlika u predstavljenim rezultatima bi se mogla objasniti različitim rasnom pripadnošću. Određivanje veličine velikog potiljačnog otvora koristi se kao deo protokola za utvrđivanje pripadnosti određenoj rasi. Manje dimenzije FM se javljaju kod populacija koje su etnički šarolike. FM je veći među populacijama Centralne Evrope, u poređenju sa stanovnicima Srednjeg Istoka i Južne Amerike

(Sauzo i sar., 2008). Muthukumar i sar. (2005) su na uzorku od 50 lobanja izmerili dimenzije SD (33,3 mm), TD (27,9 mm), ne deleći lobanje prema polu. Slične rezultate su dobili Şendemir i sar. (1994). Murshed i sar. (2003) su, takođe, dobili rezultate koji ukazuju na manje vrednosti SD ( $37,2\pm 3,43$  mm vs.  $34,6\pm 3,16$  mm), TD ( $31,6\pm 2,99$  mm vs.  $29,3\pm 2,19$  mm) i A ( $931,7\pm 144,29$  mm<sup>2</sup> vs.  $795,0\pm 99,32$  mm<sup>2</sup>). Oni su u svom istraživanju merili velike potiljačne otvore koristeći snimke dobijene kompjuterizovanim tomografijom, te bi se razlike u veličini FM njihovog i našeg uzorka mogle objasniti različitim materijalima i metodama koje su upotrebljene u istraživanjima.

Određivanje oblika FM ima klinički značaj zbog vitalnih struktura koje prolaze kroz njega. U našem uzorku lobanja najzastupljeniji oblik velikog potiljačnog otvora (31,6%) je bio šestougaoni. Zaidi i Dayal (1988) su opisali da se ovalan oblik FM nalazio u 64% lobanja, nasuprot Lange i sar. (1989) koji su ovaj oblik pronašli u oko 19% lobanja. Murshed i sar. (2003) su opisali ovalan (8,1%), jajast (6,3%), okrugao (21,8%), četvorougaoni (12,7%), petougaoni (13,6%), šestougaoni (17,2%) i nepravilan oblik FM (19,9%).

Sigurno je da bi se moglo očekivati da se pouzdaniji rezultati ispitivanja veličine, kao i oblika velikog potiljačnog otvora dobiju na većem uzorku nego što je to bio naš, a to bi moglo da predstavi i cilj našeg budućeg istraživanja.

### Zaključak

Sagitalni, poprečni prečnik i površina velikog potiljačnog otvora su većih dimenzija kod lobanja muškog, nego kod lobanja ženskog pola. Sagitalni prečnik je veći od poprečnog prečnika kod lobanja oba pola. Najzastupljeniji oblik velikog potiljačnog otvora je šestougaoni.

Poznavanje polnih razlika u veličini velikog potiljačnog otvora, varijacije njegovog oblika i njihov uticaj na sadržaj velikog potiljačnog otvora imaju dijagnostički i klinički značaj.

### Literatura

- Acer N, Sahin B, Ekinci N, Ergür H, Basaloglu H. Relation between intracranial volume and the surface area of the foramen magnum. *J Craniofac Surg.* 2006; 17: 326-330.
- Ascadi G, Nemeskeri J. History of human lifespan and mortality. Budapest: Akademiai Kiado. 1970.
- Buikstra J, Ubelaker D, Aftandilian DA. Standards for data collection from human skeletal remains. Fayetteville, AK: Arkansas Archeological Survey. 1994.
- Catalina Herrera CJ. Study of the anatomic metric values of the foramen magnum and its relation to sex. *Acta Anat.* 1987; 130: 344-347.
- Çiçekcibaşı AE, Murshed KA, Ziyilan T, [eker M, Tuncer I. A morphometric evaluation of some important bony landmarks on the skull base related to sex. *Turk J Med Sci.* 2004; 34: 37-42.
- Durić M, Rakočević Z, Donić D. The reliability of sex determination of skeletons from forensic context in the Balkans. *Forensic Sci Int.* 2005; 147: 159-164.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M. Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons. *J Hum Evol.* 1980; 9: 517-549.
- Galdames ICS, Russo PP, Matamala DAZ, Smith RL. Sexual dimorphism in the foramen magnum dimensions. *Int J Morphol.* 2009; 27: 21-23.

- Gapert R, Black S, Last J. Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century British sample. *Int J Legal Med.* 2009; 123: 25-33.
- Gruber P, Henneberg M, Böni T, Rühli JF. Variability of human foramen magnum size. *The Anat Rec.* 2009; 292: 1713-1719.
- Holland TD. Use of cranial base in the identification of fire victims. *J Forensic Sci.* 1989; 34: 458-460.
- Lange S, Grumme T, Kluge W. Cerebral and spinal computerized tomography. *HD Med Information Germany.* 1989; 15.
- Manoel C, Prado FB, Caria PHF, Groppo FC. Morphometric analysis of the foramen magnum in human skulls of brazilian individuals: its relation to gender. *Braz J Morphol Sci.* 2009; 26: 104-108.
- Murshed KA, Çiçekbaşı AE, Tuncer I. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its shape: a study on the computerized tomographic images of normal adults. *Turk J Med Sci.* 2003; 33: 301-306.
- Muthukumar N, Swaminathan R, Venkatesh G, Bhanumathy SP. A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach. *Acta Neurochir (Wien).* 2005; 147: 889-895.
- Röthig W. Die Beziehung zwischen der Körperlänge und dem Querdurchmesser des Foramen occipitale magnum beim erwachsenen Menschen. *Anthropol Anz.* 1971; 33: 48-51.
- Sauzo GIC, Zavando MDA, Smith RL. Evaluating accuracy and precision in morphologic traits for sexual dimorphism in malnutrition human skull: a comparativ study. *Int J Morphol.* 2008; 26: 876-883.
- Şendemir E, Savci G, Çimen A. Evaluation of the foramen magnum dimensions. *Acta Anat Nippon.* 1994; 69: 50-52.
- Uysal S, Gokharman D, Kacar M, Tuncbilek I, Kosa U. Estimation of sex by 3D CT measurements of the foramen magnum. *J Forensic Sci.* 2005; 50: 1310-1314.
- Zaidi SH, Dayal SS. Variations in the shape of foramen magnum in Indian skulls. *Anat Anz Jena.* 1988; 167: 338-340.

## **MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE FORAMEN MAGNUM RELATED TO GENDER**

### **Summary**

Foramen magnum (FM) is the comunicational opening between cranial cavity and spinal canal. Usually, it is egg shaped, with it's narrower end placed anterior. The purpose of this study was to evaluate the measurements of the FM and their relation to gender, as well as to analyse the variations in the shape of the FM.

We examined 19 adult human skulls (12 male and 7 female) from the Osteological collection at the Department of Anatomy of Medical Faculty in Novi Sad. We observed 10 character traits for visual assesment of sex determination of cranium, using the protocol modified from Ferembach et al. (1980) and from Buikstra et al. (1994). The sagittal diameter (SD), transverse diameter (TD) and the area (A) of the FM were measured using the software program "Image J".

Our findings showed that the dimensions of the FM were greater in males than in females: SD ( $46.3 \pm 4.01$  mm vs.  $41.39 \pm 2.18$  mm,  $p < 0.01$ ), TD ( $39.85 \pm 4.53$  mm vs.  $35.65 \pm 3.12$  mm,  $p < 0.05$ ) and A ( $1349.62 \pm 247.83$  mm<sup>2</sup> vs.  $1077.77 \pm 149.07$  mm<sup>2</sup>,  $p < 0.01$ ). According to the identity with the shape, the FM was classified in seven

types: egg type, oval, round, tetragonal, pentagonal, hexagonal and irregular type. Most common type of the observed FM (31.6%) was the hexagonal one.

The knowledge of gender differences in the dimensions of the FM and the variations of its shape has diagnostic and clinical importance.

**Key words:** Foramen magnum, Sex determination, Human skull, Morphometry