

The aortic root is the area subject to interventions in the correction of congenital or acquired heart defects. Modern endovascular methods of correction of severe aortic stenosis involve detailed morphometric analysis of the aortic root and adjacent structures. The aim of the study was to conduct a morphometric analysis of the aortic bulb among women with severe aortic stenosis and to model the prediction of the size of the studied structures. Computed tomography of the aortic bulb and coronary artery in 26 females with severe aortic stenosis, mathematical and statistical calculations. Data of morphometric analysis: the height of the posterior aortic sinus is 19.42 ± 2.68 mm, the left - 18.64 ± 2.39 mm, the right - 17.59 ± 2.41 mm. The height of the right coronary artery branch is 10.88 ± 3.45 mm, the left - 11.20 ± 2.27 mm.). Multifactor regression analysis proves the direct effect of age, height and body mass index and the inverse effect of weight on the level of height of the right aortic sinus. The linear equations of the constructed logistic model were tested for efficiency after calculating the predicted values of the right aortic sinus height for two different anthropometric and age parameters of the studied patients. In females with severe aortic stenosis, a direct correlation between the height of the aortic sinuses and the height of the coronary artery is found in the analysis of the aortic bulb on CT images.

Key words: aorta, morphometry, aortic sinuses, coronary arteries.

Relationship of the publication with the planned research works. The research is a fragment of the planned research work of the Department of Normal Anatomy and the Department of Operative Surgery with Topographic Anatomy "Morpho-functional features of organs in pre- and postnatal periods of ontogenesis, under the influence of opioids, food additives, reconstructive surgery and obesity".

Introduction. The aortic root is the area subject to interventions in the correction of congenital or acquired heart defects. Aortic stenosis is characterized by a decrease in the aortic valve area, which impedes blood flow from the left ventricle to the aorta. In aortic stenosis, the processes of degeneration and calcification of the aortic valve change the geometry of the aortic root.

Modern endovascular methods of correcting severe aortic stenosis (for example, transcatheter aortic valve implantation, TAVI) involve detailed morphometric analysis of the aortic root and adjacent structures [1, 2]. Data on the correlation between anthropometric data and mathematical measurements of the aorta at different intervals differ among the authors [3-5]. Obviously, the variability of growth, body weight and body mass index calculated according to them, body surface area differ in different gender and ethnic groups [3, 6, 7].

Data on the morphometry of the height of the aortic sinuses, the branching of the coronary arteries ostia using computed tomography in females with severe aortic stenosis in Ukraine could not be found in the medical literature.

The aim of the research. Carry out morphometric analysis of the aortic bulb, measuring the height of the right, left, posterior aortic sinuses; lower and upper margins of the right and left coronary arteries in women with severe aortic stenosis during contrast-enhanced aortic computed tomography. Based on the obtained results, conduct a model for predicting the size of the studied structures.

Object and methods of research. The object of study is the root of the aorta and the coronary arteries ostia in females with severe aortic stenosis. The research meth-

od is computed tomography of the aorta with contrast enhancement, mathematical and statistical calculations.

The study included patients in the cardiac surgery department with severe aortic stenosis (scale C1-C2, D1-D3). The diagnosis was made according to the current recommendations of the American College of Cardiology and the American Heart Association (ACC / AHA) [8]. All patients signed informed consent to participate in the study, approved by the Danylo Halytsky LNMU Bioethics Commission (Minutes №10 of December 20, 2021). The study included patients over 18 years of age, with no history of cardiothoracic surgery, trauma, congenital malformations of the cardiovascular system. From the sample of 68 people, 26 people met the criteria. Patients were divided into groups 1 – short (less than 1.60 m) and 2 – medium height (more than 1.61 m). Data on age, height, weight, body mass index (BMI) and body surface area (BSA) were collected. BSA was calculated according to Mosteller's formula [9].

Aortic computed tomography was performed on a LightSpeed VCT XT 64 (General Electric) computed tomography with ECG monitoring. Scanning parameters: helical type 0.4 s; the thickness of the sections is 3.75 mm. Contrast – Ultravist 470 (Bayer Healthcare). The obtained images were processed and analyzed on a computer station with licensed software (General Electric) in accordance with the computer tomograph. Measurements were performed according to step-by-step instructions [10].

Statistical analysis involved using a t-test (Student's test) to compare the two groups. Linear correlation analysis between the studied parameters, Durbin-Watson autocorrelation criterion and multifactor regression analysis were performed. Indicators $p < 0.05$ were considered probable. Statistical analysis was performed using SPSS (version 22.0, IBM Corp., Armonk).

Research results and their discussion. The middle age of the subjects was 64.92 ± 14.07 years. As a result of morphometric analysis of the aortic root and coronary arteries ostia in women with aortic stenosis, it was found that the height of the posterior aortic sinus

was 19.42 ± 2.68 mm, the height of the left aortic sinus – 18.64 ± 2.39 mm, the height of the right sinus aorta 17.59 ± 2.41 mm. The height of the branching of the lower and upper edges of the coronary arteries ostia was: right coronary artery – 10.88 ± 3.45 mm and 14.19 ± 2.58 mm, left coronary artery – 11.20 ± 2.27 mm and 14.72 ± 2.63 mm respectively.

Evaluation of anthropometric data of women with aortic stenosis revealed that women with this pathology were relatively short: from 1.52 m to 1.70 m (mean height 1.60 ± 0.05 m), of which 16 women were classified in group 1 – short (1.5-1.6 m, average age 63.75 ± 13.99 years) and 10 women – to group 2 – medium height (1.61-1.7 m, average age 66.8 ± 15.64 years).

Comparison of vascular parameters according to CT in two groups of women showed only three parameters were slightly higher in the medium height group compared to the low height group: the height of the lower edge of the right coronary artery ostia (17.70 ± 2.32 mm vs. 17.53 ± 2.63 mm, $p=0.90$), the height of the upper edge of the right coronary artery ostia (14.98 ± 2.79 mm vs. 13.70 ± 2.49 mm, $p=0.42$) and the height of the upper edge of the left coronary artery ostia (12.26 ± 3.73 mm vs. 10.02 ± 3.19 mm, $p=0.29$), respectively (table 1). Other studied parameters were higher in women of short stature with aortic stenosis than in women of medium height with this pathology, but no significant difference was found between groups of women with height ($p>0.05$).

The results of the correlation analysis did not prove the presence of significant correlations between age and anthropometric indicators and the studied parameters ($p>0.05$), which can be attributed to the small number of studied ($n=26$). However, it is essential to note the presence of a direct mean correlation between the height and height of the right coronary artery ($p>0.05$).

The linear correlation analysis between the studied parameters established a proven direct relationship between the height of the posterior aortic sinus and the left parameters of the aortic root: the height of the left aortic sinus ($r= + 0.74$, $p=0.004$), the height of the lower marginal coronary artery. $r= + 0.63$, $p=0.02$), the height of the branching of the upper edge of the left coronary artery

Table 1 – Distribution of vascular parameters according to CT in groups of women with aortic stenosis in height (M $\pm$ SD, mm)

Indicators	Group 1 (short height: 1,5-1,6 m), n=16	Group 2 (medium height: 1,61-1,7 m), n=10	p
Height of the posterior aortic sinus	19,71 $\pm$ 3,24	18,94 $\pm$ 1,66	0,58
Height of the left aortic sinus	19,23 $\pm$ 2,85	17,70 $\pm$ 1,07	0,20
Height of the right aortic sinus	11,76 $\pm$ 2,62	10,31 $\pm$ 1,36	0,22
Height of the upper edge of the left coronary artery ostia	15,33 $\pm$ 3,21	13,76 $\pm$ 0,93	0,22
Height of the upper edge of the right coronary artery ostia	17,53 $\pm$ 2,63	17,70 $\pm$ 2,32	0,90
Height of the lower edge of the left coronary artery ostia	10,02 $\pm$ 3,19	12,26 $\pm$ 3,73	0,29
Height of the lower edge of the right coronary artery ostia	13,70 $\pm$ 2,49	14,98 $\pm$ 2,79	0,42

ostia ($r= + 0.65$, $p=0.02$) (table 2, fig. 1). A strong direct correlation was proved between left-handed indicators, $p<0.001$. In particular: the height of the left aortic sinus with the height of the lower edge of the left coronary artery ostia ($r= + 0.83$, $p=0.0005$) and the height of the

Table 2 – Data on the correlation (r) between vascular parameters and age and anthropometric parameters in women with CA injury

Indicators	AS p	AS p	AS p	LCA l	LCA l	LCA u	LCA u
Age	r	-0,12	0,33	0,26	0,11	0,14	0,18
	p	0,71	0,28	0,39	0,72	0,65	0,55
Height	r	-0,26	-0,26	0,17	-0,18	0,49	-0,22
	p	0,40	0,38	0,57	0,55	0,09	0,48
Weight	r	-0,11	0,36	-0,05	0,29	-0,06	0,40
	p	0,72	0,23	0,88	0,33	0,84	0,17
BMI	r	-0,01	0,47	-0,08	0,38	-0,21	0,51
	p	0,97	0,10	0,78	0,20	0,49	0,08
BSA	r	-0,14	0,29	0,00	0,24	0,03	0,35
	p	0,66	0,33	0,99	0,42	0,92	0,25
AS p	r		0,74	0,17	0,63	0,20	0,65
	p		0,004	0,58	0,02	0,51	0,02
AS l	r	0,74		0,30	0,83	0,22	0,87
	p	0,004		0,33	0,0005	0,47	0,0001
AS r	r	0,17	0,30		0,16	0,84	0,06
	p	0,58	0,33		0,60	0,0004	0,83
LCA l	r	0,63	0,83	0,16		0,01	0,96
	p	0,02	0,0005	0,60		0,98	<0,0001
RCA u	r	0,20	0,22	0,84	0,01		-0,08
	p	0,51	0,47	0,0004	0,98		0,80
LCA u	r	0,65	0,87	0,06	0,96	-0,08	
	p	0,02	0,0001	0,83	<0,0001	0,80	
RCA u	r	0,19	0,14	0,89	-0,06	0,96	-0,15
	p	0,54	0,64	0,0001	0,84	<0,0001	0,63

Notes: BMI – body mass index; BSA – body surface area; AS p – Height of the posterior aortic sinus; AS l – Height of the left aortic sinus; AS r – Height of the right aortic sinus; LCA l – Height of branching of the lower edge of the left coronary artery ostia; RCA u – The height of the branching of the upper edge of the right coronary artery ostia; LCA u – The height of the branching of the upper edge of the left coronary artery ostia; RCA u – The height of the branching of the upper edge of the right coronary artery ostia;

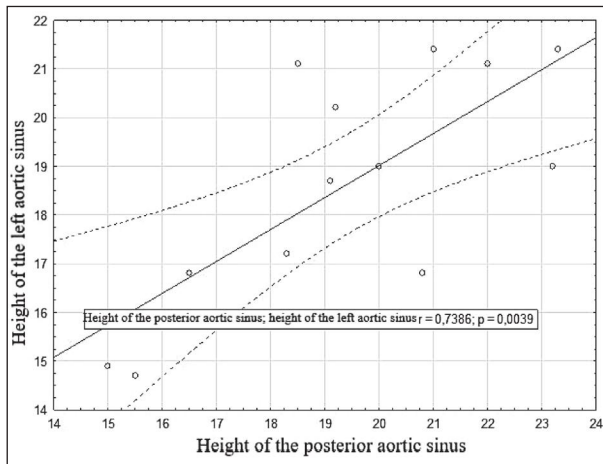


Figure 1 – Correlation between left aortic sinus height and right aortic sinus height in women with aortic stenosis.

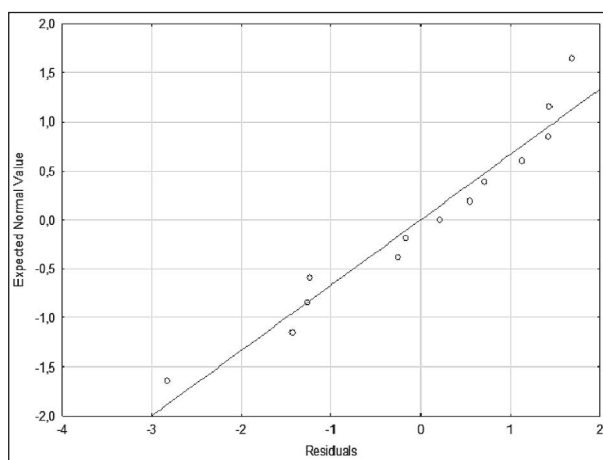


Figure 2 – Normal probability of predictors influencing the predicted value of the right aortic sinus height in women with aortic stenosis.

upper edge of the left coronary artery ostia ($r = + 0.87$, $p = 0.0001$). It is quite logical that there is a strong direct correlation between the height of the upper and lower edges of the left coronary artery ostia ($r = + 0.96$, $p < 0.0001$).

Similarly, there was a strong direct correlation between the right aortic root parameters: between the height of the right aortic sinus and the height of the lower edge of the right coronary artery ostia ($r = + 0.84$, $p = 0.0004$) and the height of the upper edge of the upper right coronary artery ostia ($r = + 0.89$, $p = 0.0001$); between the height of the branching of the upper and lower edges of the right coronary artery ostia ($r = + 0.96$, $p < 0.0001$).

The lack of proven pairwise correlations between age and anthropometric parameters and morphomet-

Table 3 – The results of logistic regression calculations for predicting the level of the height of the right aortic sinus in women with CA injury

Indicators	Conditional indicators	β -coefficients	p
Constanta		-415,339	0,012
Age	A1	0,142	0,02
Height	A2	272,601	0,010
Weight	A3	-3,029	0,010
BMI	A4	7,296	0,012

ric parameters prompted us to perform a multifactor regression analysis to identify the effect of several independent predictors of age or height on the dependent variable of vascular parameters.

As a result of such analysis, a significant strong direct regression effect on the level of the height of the right aortic sinus 4 predictors: age, height, weight, BMI. The regression coefficient was $R = + 0.82$, the adjusted coefficient of multiple determination $R^2_{adj} = + 0.52$, which proves the effect of these predictors in 52% of cases ($p = 0.039$, $StEr = 1.675$).

All calculated β -coefficients are significant and prove the direct effect of age, height and BMI and the inverse effect of weight on the level of height of the right aortic sinus. The Durbin-Watson autocorrelation criterion is within the norm and is 1,519, which proves the correctness of the constructed model, the indicators of which are presented in **table 3**.

The linear equation of this model will look like this: The level of the height of the right aortic sinus = $0,142 \times A1 + 272,601 \times A2 - 3,029 \times A3 + 7,296 \times A4 - 415,339$

The calculated average predicted value of the right aortic sinus height is 17.59 ± 1.99 mm (minimum value 14.55 mm, maximum 21.04 mm) and coincides with the actual average value of the right sinus height 17.59 ± 2.41 mm.

Visualization of the normal probability of the influence of independent predictors on the predicted value of the height of the right aortic sinus in women with aortic stenosis is presented in graphical (**fig. 2**) and dimensional (3D) images (**fig. 3**).

To test the effectiveness of this logistics model, the calculated values of the height of the right aortic sinus for two different in anthropometric and age parameters of the studied patients were calculated.

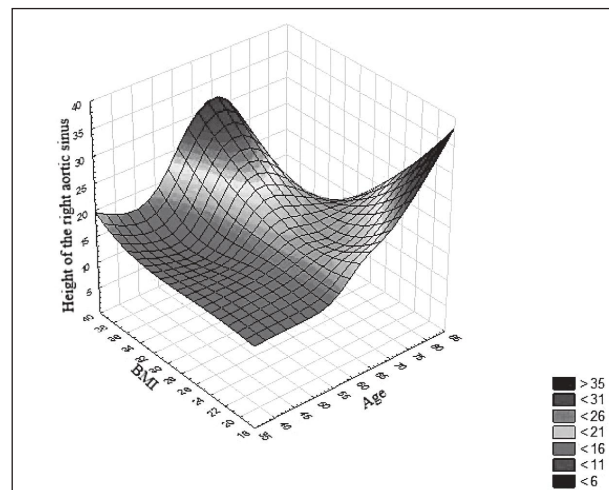


Figure 3 – Relationship between age, BMI and right aortic sinus height in women with aortic stenosis.

Example №1. Patient № 3 from the database: female, 74 years old, height 1.52 m, weight 80 kg, BMI 34.63 kg / m², value of the height of the right aortic sinus, obtained by CT, 20.10 mm. Substituting all the above data from the patient in the equation of the model, we obtain the result:

The level of the height of the right aortic sinus = $0,142 \times 74 + 272,601 \times 1,52 - 3,029 \times 80 + 7,296 \times 34,63 - 415,339 = 19,89$ mm

The difference between the actual (20.10 mm) and the calculated (19.89 mm) value of the height of the right aortic sinus is 0.21 mm, which does not exceed 5% of the error.

Example №2. Patient № 9 from the database: female, 62 years old, height 1.71 m, weight 80 kg, BMI 27.68 kg / m², value of the height of the right aortic sinus, obtained by CT, 21.00 mm. The equation of the model with this data will look like:

The level of the height of the right aortic sinus = $0,142 \times 62 + 272,601 \times 1,71 - 3,029 \times 80 + 7,296 \times 27,68 - 415,339 = 19,30$ mm

Thus, the difference between the actual (21.00 mm) and the calculated (19.30 mm) value of the height of the right aortic sinus is 1.70 mm and does not exceed 5% of the error. This proves the effectiveness of the developed model.

Multifactor regression analysis to determine the influence of independent predictors (anthropometric and age indicators) on other parameters of the studied vessels (height of the left aortic sinus, height of the posterior aortic sinus, height of coronary arteries ostia) did not prove a significant relationship between these indicators in women with aortic stenosis. The coefficient of multiple correlation R ranged from +0.44 to +0.84, the adjusted coefficient of multiple determination R²_{adj} = from -0.37 to +0.48, at p>0.05 (according to Fisher).

The study provides data on the morphometric features of the height of the aortic sinuses, the branching of the coronary arteries with the help of computed tomography in females with severe aortic stenosis in Ukraine. From a large sample of patients with severe aortic stenosis, the inclusion criteria were met by 26 people aged 64.92±14.07 years, which in the age analysis belong to the elderly group (56-74 years) and the second period of adulthood (36-55 years). This is important in describing the anatomy of the aorta in aortic stenosis, which progresses with age [11]. The height of people from 1.52 m to 1.70 m (average height 1.60±0.05 m) correlates with the data that cardiovascular disease is more common in people of short stature [12]. The division of patients into two groups by height did not show a significant difference in the parameters studied and the lack of proven paired correlations between age and anthropometric

parameters with morphometric parameters. The data are somewhat at odds with previously published studies [4, 7, 13] but are consistent with the assertion of no correlation with BSA [14].

According to the results of linear correlation analysis, a direct relationship was found between the height of the posterior aortic sinus and the height of the left aortic sinus (p=0.004), the height of the left coronary artery ostia (p=0.02). A strong direct correlation was found between the height of the left aortic sinus and the height of the left coronary artery ostia (p<0.001). Similarly, a strong direct correlation was found between the height of the right aortic sinus and the height of the right coronary artery ostia (p<0.001).

Multifactor regression analysis revealed a significant strong direct regression effect on the level of height of the right aortic sinus age, height, weight, BMI. In particular, the direct effect of age, height and BMI and the inverse effect of weight on the level of height of the right aortic sinus have been proven. The linear equations of the constructed logistic model were tested for efficiency after calculating the predicted values of the right aortic sinus height for two different anthropometric and age parameters of the studied patients.

Conclusions. Females with severe aortic stenosis do not have proven paired correlations between age and anthropometric parameters with morphometric parameters (aortic sinus height and coronary artery branching) when analyzing the aortic root on CT images. There is a direct relationship between the height of the aortic sinuses and the height of the coronary artery ostia branching.

Prospects for further research. Subsequent studies may include the use of additional imaging techniques (transesophageal echocardiogram (TEE), magnetic resonance imaging of the aorta with contrast) to assess the anatomy of the aortic root. Involving more people and multicenter studies will have a positive result for a comprehensive assessment of the correlation between anthropometric indicators and morphometric parameters.

Thanks. I thank the Armed Forces of Ukraine for defending the country, which made it possible to write this article.

References

- Thiele H, Kurz T, Feistritz H-J, Stachel G, Hartung P, Eitel I, et al. Comparison of newer generation self-expandable vs. balloon-expandable valves in transcatheter aortic valve implantation: the randomized SOLVE-TAVI trial. *Eur Heart J*. 2020;41(20):1890-9.
- Astudillo P, Mortier P, Bosmans J, De Backer O, de Jaegere P, Iannaccone F, et al. Automatic Detection of the Aortic Annular Plane and Coronary Ostia from Multidetector Computed Tomography. *J Interv Cardiol*. 2020;2020:9843275.
- Forte E, Punzo B, Salvatore M, Maffei E, Nistri S, Cavaliere C, et al. Low correlation between biometric parameters, cardiovascular risk factors and aortic dimensions by computed tomography coronary angiography. *Medicine*. 2020;99(35):e21891.
- Zhu D, Zhao Q. Dynamic Normal Aortic Root Diameters: Implications for Aortic Root Reconstruction. *Ann Thorac Surg*. 2011;91(2):485-9.
- Knight J, Kurtcuoglu V, Muffy K, Marshall W, Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Ex vivo and in vivo coronary ostial locations in humans. *Surg Radiol Anat*. 2009;31(8):597-604.
- Du F, Liu X, Zhu Q, He Y, Jiang J, Napawan T, et al. Sex-specific aortic root anatomy in patients with bicuspid aortic valve undergoing TAVR in a Chinese cohort. *Herz*. 2020;45(4):375-81.
- Wang X, Ren X-S, An Y-Q, Hou Z-H, Yu Y-T, Lu B, et al. A Specific Assessment of the Normal Anatomy of the Aortic Root in Relation to Age and Gender. *Int J Gen Med*. 2021;14:2827-37.
- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143(5):e72-227.
- Mosteller RD. Simplified Calculation of Body-Surface Area. *N Engl J Med*. 1987;317(17):1098.
- Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Jilaihawi H, et al. Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation (TAVI) / transcatheter aortic valve replacement (TAVR): An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2019;13(1):1-20.
- Coffey S, Roberts-Thomson R, Brown A, Carapetis J, Chen M, Enriquez-Sarano M, et al. Global epidemiology of valvular heart disease. *Nat Rev Cardiol*. 2021;18(12):853-64.
- Khan SS, Ning H, Wilkins JT, Allen N, Carnethon M, Berry JD, et al. Association of Body Mass Index With Lifetime Risk of Cardiovascular Disease and Compression of Morbidity. *JAMA Cardiol*. 2018;3(4):280.

13. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK, Best LG, Boerwinkle E, Howard BV, et al. Normal Limits in Relation to Age, Body Size and Gender of Two-Dimensional Echocardiographic Aortic Root Dimensions in Persons ≥ 15 Years of Age. *Am J Cardiol.* 2012;110(8):1189-94.
14. Stolzmann P, Knight J, Desbiolles L, Maier W, Scheffel H, Plass A, et al. Remodelling of the aortic root in severe tricuspid aortic stenosis: implications for transcatheter aortic valve implantation. *Eur Radiol.* 2009;19(6):1316-23.

МОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЦИБУЛИНИ АОРТИ У ЖІНОК З АОРТАЛЬНИМ СТЕНОЗОМ

Підвальна У. Є.

Резюме. *Вступ.* Сучасні ендоваскулярні методи корекції важкого аортального стенозу передбачають детальний морфометричний аналіз кореня аорти та суміжних структур.

Мета роботи. Провести морфометричний аналіз цибулини аорти, вимірюючи висоту правої, лівої, задньої пазухи аорти; відходження вічок правої та лівої вінцевих артерій серед жінок з важким аортальним стенозом при виконанні комп'ютерної томографії аорти з контрастуванням. На основі одержаних результатів провести модель прогнозування розмір досліджуваних структур. *Об'єкт і методи дослідження.* Об'єкт дослідження – цибулина аорти та вічка вінцевих артерій у осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом. Метод дослідження – комп'ютерна томографія аорти з контрастним підсиленням, математичні та статистичні розрахунки.

Результати. У дослідження включені зображення комп'ютерної томографії 26 пацієнток з важким аортальним стенозом, середній вік становить $64,92 \pm 14,07$ років. Дані морфометричного аналізу: висота задньої пазухи аорти складає $19,42 \pm 2,68$ мм, висота лівої пазухи аорти – $18,64 \pm 2,39$ мм, висота правої пазухи аорти $17,59 \pm 2,41$ мм. Висота відходження нижнього та верхнього країв вічка правої вінцевої артерії – $10,88 \pm 3,45$ мм та $14,19 \pm 2,58$ мм, вічка лівої вінцевої артерії – $11,20 \pm 2,27$ мм та $14,72 \pm 2,63$ мм відповідно. За результатами лінійного кореляційного аналізу встановлений прямий сильний взаємозв'язок між висотою задньої пазухи аорти та висотою лівої пазухи аорти ($r=+0,74$, $p=0,004$), та середній з висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,63$, $p=0,02$). Доведений прямий сильний кореляційний зв'язок між висотою лівої пазухи аорти та висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,83$, $p=0,0005$). Аналогічно доведений прямий сильний кореляційний зв'язок поміж висотою правої пазухи аорти та висотою відходження вічка правої вінцевої артерії ($r=+0,84$, $p=0,0004$). Використанням мультифакторного регресійного аналізу виявив суттєвий сильний прямий регресійний вплив на рівень висоти правої пазухи аорти віку, зросту, ваги, індексу маси тіла. Зокрема доведено прямий вплив віку, зросту та індексу маси тіла і зворотній вплив ваги на рівень висоти правої пазухи аорти. Лінійні рівняння побудованої логістичної моделі пройшли перевірки ефективності роботи після проведення розрахунків прогнозованих значень висоти правої пазухи аорти для двох різних за антропометричними та віковими параметрами досліджуваних пацієнтів.

Висновки. У осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом при аналізі цибулини аорти на КТ зображеннях відсутні доведені парні кореляційні зв'язки поміж віковими і антропометричними показниками з морфометричними параметрами (висотою пазух аорти та висотою відходження вінцевих артерій). Встановлено прямий взаємозв'язок між висотою пазух аорти та висотою відходження вічка вінцевих артерій.

Ключові слова: аорта, морфометрія, пазухи аорти, вінцеві артерії.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE AORTIC ROOT IN WOMEN WITH AORTIC STENOSIS

Pidvalna U. Ye.

Absrtact. *Introduction.* Modern endovascular methods of severe aortic stenosis correction involve detailed morphometric analysis of the aortic root and adjacent structures.

Objectives. To conduct morphometric analysis of the aortic root by measuring the height of the right, left, and posterior aortic sinuses as well as the right and left coronary arteries ostia in women with severe aortic stenosis while performing contrast-enhanced aortic computed tomography. Based on the obtained results, to establish a model for predicting the size of the studied structures. *Materials and methods.* The object of study is the aortic root and the coronary arteries ostia in female patients with severe aortic stenosis. The method of research is computed tomography of the aorta with contrast enhancement, mathematical and statistical calculations.

Results. The study included computed tomography images of 26 patients with severe aortic stenosis, with a mean age of 64.92 ± 14.07 years. Morphometric analysis data: the height of the posterior aortic sinus 19.42 ± 2.68 mm, the height of the left aortic sinus 18.64 ± 2.39 mm, the height of the right aortic sinus 17.59 ± 2.41 mm. The height of the branching of the lower and upper edges of the right coronary artery ostium 10.88 ± 3.45 mm and 14.19 ± 2.58 mm, the left coronary artery ostium 11.20 ± 2.27 mm and 14.72 ± 2.63 mm, respectively. According to the results of the linear correlation analysis, a strong direct relationship is observed between the height of the posterior aortic sinus and the height of the left aortic sinus ($r=+0.74$, $p=0.004$); a medium-strength relationship is found with the height of the left coronary artery ostium ($r=+0.63$, $p=0.02$). A strong direct correlation is proven between the height of the left aortic sinus and the height of the left coronary artery ostium ($r=+0.83$, $p=0.0005$). Similarly, a strong direct correlation is detected between the height of the right aortic sinus and the height of the right coronary artery ostium ($r=+0.84$, $p=0.0004$). Multifactor regression analysis revealed a significant strong direct regression effect of age, height, weight, and body mass index on the height of the right aortic sinus. In particular, the direct effect of age, height, and body mass index as well as the inverse effect of weight on the level of the height of the right aortic sinus have been documented. The linear equations of the constructed logistic model were tested for efficiency after calculating the predicted values of the right aortic sinus height for two studied patients who had different anthropometric and age parameters.

Conclusions. Females with severe aortic stenosis do not have proven paired correlations of age and anthropometric parameters with the morphometric parameters (the aortic sinus height and the height of the coronary artery branching) when analyzing the aortic root based on the CT images. There is a direct relationship between the height of the aortic sinuses and the height of the coronary arteries ostia.

Key words: aorta, morphometry, aortic sinuses, coronary arteries.

ORCID and contributionship:

Pidvalna U. Ye.: **0000-0001-7360-8111** ^{ABCDEF}

Corresponding author

Pidvalna Ulyana Yevhenivna
Danylo Halytsky Lviv National Medical University
Ukraine, 79010, Lviv, 69 Pekarska str.
Tel.: +3809763551782
E-mail: Uljaska.p@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article.

Received 23.11.2021

Accepted 01.05.2022

DOI 10.29254/2077-4214-2022-2-2-165-136-146

УДК 611.132:616.132-007.271-055.2]-07

Підвальна У. Є.

**МОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЦИБУЛИНИ АОРТИ
У ЖІНОК З АОРТАЛЬНИМ СТЕНОЗОМ**

Львівський національний університет імені Данила Галицького (м. Львів, Україна)

Uljaska.p@gmail.com

Цибулина аорти – ділянка, що піддається інтервенціям при корекції природжених чи набутих вадах серця. Сучасні ендоваскулярні методи корекції важкого аортального стенозу передбачають детальний морфометричний аналіз кореня аорти та суміжних структур. Метою роботи було провести морфометричний аналіз цибулини аорти серед жінок з важким аортальним стенозом та провести модель прогнозування розмірів досліджуваних структур. Зображення комп'ютерної томографії цибулини аорти та вічка вінцевих артерій у 26 осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом, математичні та статистичні обчислення. Дані морфометричного аналізу: висота задньої пазухи аорти складає $19,42 \pm 2,68$ мм, лівої – $18,64 \pm 2,39$ мм, правої – $17,59 \pm 2,41$ мм. Висота відходження вічка правої вінцевої артерії – $10,88 \pm 3,45$ мм, лівої – $11,20 \pm 2,27$ мм.). Мультифакторний регресійний аналіз доводить прямий вплив віку, зросту та індексу маси тіла і зворотній вплив ваги на рівень висоти правої пазухи аорти. Лінійні рівняння побудованої логістичної моделі пройшли перевірку ефективності роботи після проведення розрахунків прогнозованих значень висоти правої пазухи аорти для двох різних за антропометричними та віковими параметрами досліджуваних пацієнтів. У осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом при аналізі цибулини аорти на КТ зображеннях встановлено прямий взаємозв'язок між висотою пазух аорти та висотою відходження вічка вінцевих артерій.

Ключові слова: аорта, морфометрія, пазухи аорти, вінцеві артерії.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Дослідження є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри нормальної анатомії та кафедри оперативної хірургії з топографічною анатомією «Морфо-функціональні особливості органів у пре- та постнатальному періодах онтогенезу, при впливі опіоїдів, харчових добавок, реконструктивних операціях та ожирінні», № державної реєстрації 0120U002129.

Вступ. Цибулина аорти – ділянка, що піддається інтервенціям при корекції природжених чи набутих вадах серця. Аортальний стеноз характеризується зменшенням площі клапану аорти, що утруднює потік крові з лівого шлуночка в аорту. При аортальному стенозі процеси дегенерації, кальцифікації стулок клапана аорти змінюють геометрію цибулини аорти.

Сучасні ендоваскулярні методи корекції важкого аортального стенозу (для прикладу транскатетрна імплантація клапана аорти, TAVI) передбачають детальний морфометричний аналіз кореня аорти та суміжних структур [1, 2]. Дані щодо кореляції між антропометричними даними та математичними вимірами аорти на різних її проміжках різняться серед авторів [3-5]. Очевидно, що варіабельність показників зросту, маси тіла та розрахованих згідно них показників індексу маси тіла, площі поверхні тіла відрізняються у різних гендерних та етнічних групах [3, 6, 7].

Даних про морфометрію висоти пазух аорти, відходження вічок вінцевих артерій за допомогою комп'ютерної томографії у осіб жіночої статі з важ-

Таблиця 1 – Розподіл показників судин за даними КТ у групах жінок з аортальним стенозом за зростом (M±SD, мм)

Показники	Група 1 (низького зросту: 1,5-1,6 м), n=16	Група 2 (середнього зросту: 1,61-1,7 м), n=10	p
Висота задньої пазухи аорти	19,71±3,24	18,94±1,66	0,58
Висота лівої пазухи аорти	19,23±2,85	17,70±1,07	0,20
Висота правої пазухи аорти	11,76±2,62	10,31±1,36	0,22
Висота верхнього краю вічка лівої вінцевої артерії	15,33±3,21	13,76±0,93	0,22
Висота верхнього краю вічка правої вінцевої артерії	17,53±2,63	17,70±2,32	0,90
Висота нижнього краю вічка лівої вінцевої артерії	10,02±3,19	12,26±3,73	0,29
Висота нижнього краю вічка правої вінцевої артерії	13,70±2,49	14,98±2,79	0,42

Таблиця 2 – Дані кореляційного зв'язку (r) між показниками судин та віковими й антропометричними показниками у жінок із ураженням КА

Показники	ПА з	ПА з	ПА з	ЛВА н	ЛВА н	ЛВА в	ЛВА в
Вік	r	-0,12	0,33	0,26	0,11	0,14	0,18
	p	0,71	0,28	0,39	0,72	0,65	0,55
Зріст	r	-0,26	-0,26	0,17	-0,18	0,49	-0,22
	p	0,40	0,38	0,57	0,55	0,09	0,48
Вага	r	-0,11	0,36	-0,05	0,29	-0,06	0,40
	p	0,72	0,23	0,88	0,33	0,84	0,17
ІМТ	r	-0,01	0,47	-0,08	0,38	-0,21	0,51
	p	0,97	0,10	0,78	0,20	0,49	0,08
ППТ	r	-0,14	0,29	0,00	0,24	0,03	0,35
	p	0,66	0,33	0,99	0,42	0,92	0,25
ПА з	r		0,74	0,17	0,63	0,20	0,65
	p		0,004	0,58	0,02	0,51	0,02
ПА л	r	0,74		0,30	0,83	0,22	0,87
	p	0,004		0,33	0,0005	0,47	0,0001
ПА п	r	0,17	0,30		0,16	0,84	0,06
	p	0,58	0,33		0,60	0,0004	0,83
ЛВА н	r	0,63	0,83	0,16		0,01	0,96
	p	0,02	0,0005	0,60		0,98	<0,0001
ПВА н	r	0,20	0,22	0,84	0,01		-0,08
	p	0,51	0,47	0,0004	0,98		0,80
ЛВА в	r	0,65	0,87	0,06	0,96	-0,08	
	p	0,02	0,0001	0,83	<0,0001	0,80	
ПВА в	r	0,19	0,14	0,89	-0,06	0,96	-0,15
	p	0,54	0,64	0,0001	0,84	<0,0001	0,63

Примітки: ІМТ – індекс маси тіла; ППТ – площа поверхні тіла; ПА з – Висота задньої пазухи аорти; ПА л – Висота лівої пазухи аорти; ПА п – Висота правої пазухи аорти; ЛВА н – Висота відходження нижнього краю вічка лівої вінцевої артерії; ПВА н – Висота відходження верхнього краю вічка правої вінцевої артерії; ЛВА в – Висота відходження верхнього краю вічка лівої вінцевої артерії; ПВА в – Висота відходження верхнього краю вічка правої вінцевої артерії;

ким аортальним стенозом в Україні не вдалося знайти у фаховій медичній літературі.

Мета роботи. Провести морфометричний аналіз цибулини аорти, вимірюючи висоту правої, лівої, задньої пазух аорти; нижнього та верхнього краю

відходження вічок правої та лівої вінцевих артерій серед жінок з важким аортальним стенозом при виконанні комп'ютерної томографії аорти з контрастуванням. На основі одержаних результатів провести модель прогнозування розмір досліджуваних структур.

Об'єкт і методи дослідження. Об'єкт дослідження – цибулина аорти та вічка вінцевих артерій у осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом. Метод дослідження – комп'ютерна томографія аорти з контрастним підсиленням, математичні та статистичні розрахунки.

У дослідження включені пацієнтки кардіохірургічного відділення з важким аортальним стенозом (шкала C1-C2, D1-D3). Діагноз був встановлений згідно актуальних рекомендацій Американського Коледжу Кардіології та Американської Асоціації Серця (ACC/ANA) [8]. Усі пацієнтки підписали інформовану згоду на участь в дослідженні, яке затверджено Біоетичною комісією ЛНМУ імені Данила Галицького (Протокол №10 від 20 грудня 2021 р.). В дослідження включені пацієнтки віком понад 18 років, з відсутністю кардіоторакальних операцій, травм, природжених вад серцево-судинної системи в анамнезі. З вибірки 68 осіб відповідним критеріям відповідало 26 осіб. Пацієнток було поділено на дві групи: група 1 – низького росту (менше 1.60 м) та групу 2 – середнього зросту (більше 1.61 м). Проводився збір даних віку, зросту, ваги, індексу маси тіла (ІМТ) та площі поверхні тіла (ППТ). ППТ розраховували згідно формули Мостеллера [9].

Комп'ютерна томографія аорти проводилася на комп'ютерному томографі LightSpeed VCT XT 64 (General Electric) з ЕКГ моніторингом. Параметри сканування: гвинтоподібний тип 0.4 с; товщина зрізів 3.75 мм. Контрастна речовина – Ультравіст 470 (Bayer Healthcare). Одержані зображення оброблялися та аналізувалися на відповідний до комп'ютерного томографа комп'ютерній станції з ліцензованим програмним забезпеченням (General Electric). Вимірювання проводилися згідно покроковою інструкцією [10].

Статистичний аналіз передбачав використання t-тесту (критерій Стюдента) для порівняння між двома групами. Проведений лінійний кореляційний аналіз поміж досліджуваними параметрами, критерій автокореляції Дурбіна-Уотсона та мультифакторний регресійний аналіз. Вірогідними вважалися показники $p < 0.05$. Статистичний аналіз проводили з допомогою SPSS (version 22.0, IBM Corp., Armonk).

Таблиця 3 – Результати розрахунків логістичної регресії щодо прогнозування рівня висоти правої пазухи аорти у жінок із ураженням КА

Показники	Умовне позначення	β -коефіцієнти	p
Константа		-415,339	0,012
Вік	A1	0,142	0,02
Зріст	A2	272,601	0,010
Bmi	A3	-3,029	0,010
Bmi	A4	7,296	0,012

Результати дослідження та їх обговорення. Середній вік осіб, включених у дослідження становив $64,92 \pm 14,07$ років. У результаті проведеного морфометричного аналізу цибулини аорти та вічок вінець артерій у жінок з аортальним стенозом встановлено, що висота задньої пазухи аорти складала $19,42 \pm 2,68$ мм, висота лівої пазухи аорти – $18,64 \pm 2,39$ мм, висота правої пазухи аорти $17,59 \pm 2,41$ мм. Висота відходження нижнього та верхнього країв вічок вінець артерій становила: правої вінцевої артерії – $10,88 \pm 3,45$ мм та $14,19 \pm 2,58$ мм, лівої вінцевої артерії – $11,20 \pm 2,27$ мм та $14,72 \pm 2,63$ мм відповідно.

Оцінка антропометричних даних жінок із аортальним стенозом виявила, що жінки з цією патологією були відносно низького зросту: від 1,52 м до 1,70 м (середній зріст $1,60 \pm 0,05$ м), з яких 16 жінок віднесли до групи 1 – низького зросту (1,5-1,6 м, середній вік $63,75 \pm 13,99$ років) та 10 жінок – до групи 2 – середнього зросту (1,61-1,7 м, середній вік $66,8 \pm 15,64$ років).

Порівняння параметрів судин за даними КТ у двох групах жінок показало, лише три параметри мали незначно вищі значення у групі середнього зросту порівняно із групою низького зросту: висота нижнього краю вічка правої вінцевої артерії ($17,70 \pm 2,32$ мм проти $17,53 \pm 2,63$ мм, $p=0,90$), висота верхнього краю вічка правої вінцевої артерії ($14,98 \pm 2,79$ мм проти $13,70 \pm 2,49$ мм, $p=0,42$) та висота верхнього краю вічка лівої вінцевої артерії ($12,26 \pm 3,73$ мм проти $10,02 \pm 3,19$ мм, $p=0,29$) відповідно (табл. 1). Інші досліджувані параметри були вищими у жінок низького зросту з аортальним стенозом, ніж у жінок середнього зросту з цією патологією, проте суттєвої різниці між групами жінок зі зростом не виявлено ($p>0,05$).

Результати кореляційного аналізу не довели наявності суттєвих кореляційних зв'язків поміж віковими й антропометричними показниками та досліджуваними параметрами ($p>0,05$), що можна пов'язати із малою кількістю досліджуваних ($n=26$). Проте, важливим є відмітити присутність прямого середньої сили кореляційного зв'язку між показниками зросту та висотою вічка правої вінцевої артерії ($p>0,05$).

Проведений лінійний кореляційний аналіз поміж досліджуваними параметрами встановив доведений прямий взаємозв'язок між висотою задньої пазухи аорти та лівосторонніми параметрами кореня аорти: висотою лівої пазухи аорти ($r=+0,74$, $p=0,004$), висотою відходження нижнього краю вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,63$, $p=0,02$), висотою відходження верхнього краю вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,65$, $p=0,02$) (табл. 2, рис. 1). Доведено прямий сильний кореляційний зв'язок між лівосторонніми показниками, $p<0,001$. Зокрема: висота лівої пазухи аорти із висотою відходження нижнього краю

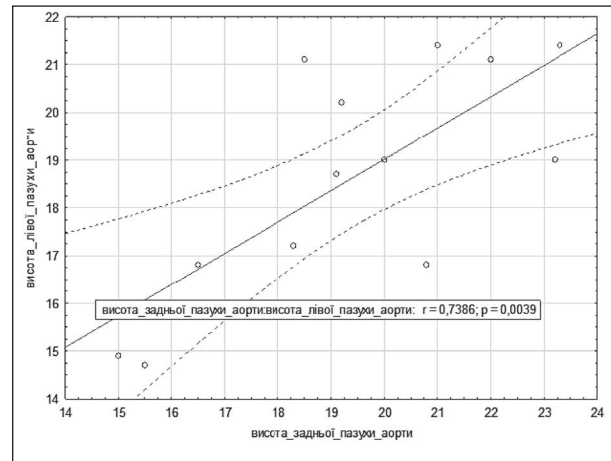


Рисунок 1 – Кореляційний зв'язок між показником висоти лівої пазухи аорти та висоти правої пазухи аорти у жінок із аортальним стенозом.

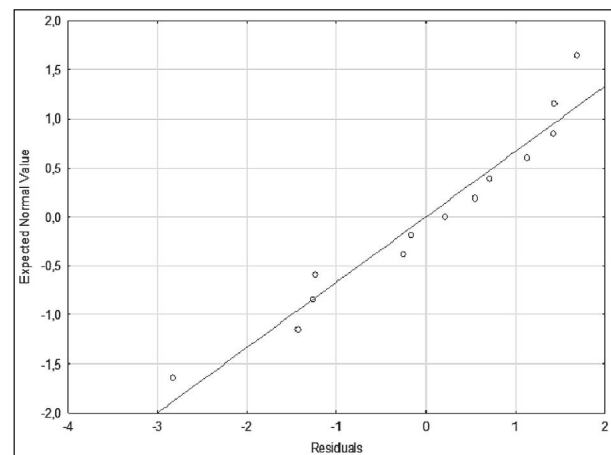


Рисунок 2 – Нормальна ймовірність впливу предикторів на прогнозоване значення висоти правої пазухи аорти у жінок із аортальним стенозом.

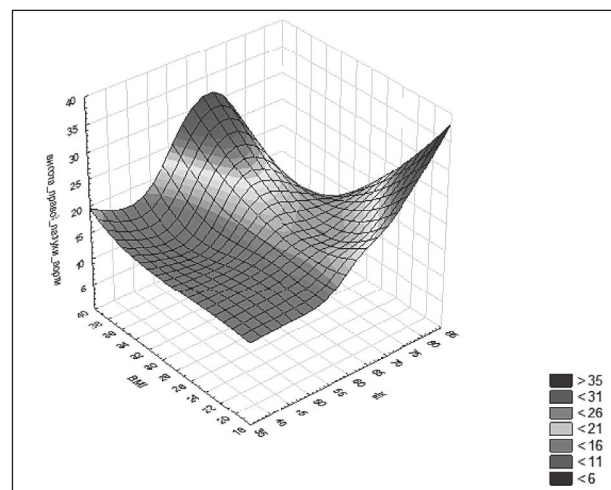


Рисунок 3 – Взаємозв'язок між показниками віку, ІМТ та висоти правої пазухи аорти у жінок із аортальним стенозом.

вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,83$, $p=0,0005$) та висотою відходження верхнього краю вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,87$, $p=0,0001$). Цілком логічним є наявність прямого сильного кореляційного зв'язку між висотою відходження верхнього та нижнього країв вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,96$, $p<0,0001$).

Аналогічно існував прямий сильний кореляційний зв'язок поміж правосторонніми параметрами кореня аорти: між висотою правої пазухи аорти та висотою відходження нижнього краю вічка правої вінцевої артерії ($r=+0,84$, $p=0,0004$) і висотою відходження верхнього краю верхнім вічка правої вінцевої артерії ($r=+0,89$, $p=0,0001$); між висотою відходження верхнього та нижнього країв вічка правої вінцевої артерії ($r=+0,96$, $p<0,0001$).

Відсутність доведених парних кореляційних зв'язків поміж віковими і антропометричними показниками і морфометричними параметрами спонукала нас провести мультифакторний регресійний аналіз для виявлення впливу кількох незалежних предикторів віку чи зросту на залежну змінну параметрів судин.

У результаті такого аналізу виявлено суттєвий сильний прямий регресійний вплив на рівень висоти правої пазухи аорти 4 предикторів: вік, зріст, вага, ІМТ. Коефіцієнт регресії становив $R=+0,82$, скоригований коефіцієнт множинної детермінації $R^2_{adj}=+0,52$, що доводить вплив цих предикторів у 52% випадків ($p=0,039$, $StEr=1,675$).

Всі обраховані β -коефіцієнти є значимими та доводять прямий вплив віку, зросту та ІМТ і зворотній вплив ваги на рівень висоти правої пазухи аорти. Критерій автокореляції Дурбіна-Уотсона є у межах норми і складає 1,519, що доводить правильність побудованої моделі, показники якої є представлені в табл. 3.

Лінійне рівняння цієї моделі буде мати наступний вигляд: Рівень висоти правої пазухи аорти = $0,142 \times A1 + 272,601 \times A2 - 3,029 \times A3 + 7,296 \times A4 - 415,339$

Обчислене середнє прогнозоване значення висоти правої пазухи аорти становить $17,59 \pm 1,99$ мм (мінімальне значення 14,55 мм, максимальне 21,04 мм) та співпадає з фактичним середнім значенням висоти правої пазухи $17,59 \pm 2,41$ мм.

Візуалізація нормальної ймовірності впливу незалежних предикторів на прогнозоване значення висоти правої пазухи аорти у жінок із аортальним стенозом подано на графічному (рис. 2) та просторовому (3D) зображеннях (рис. 3).

Для перевірки ефективності роботи цієї логістичної моделі проведено розрахунки прогнозованих значень висоти правої пазухи аорти для двох різних за антропометричними та віковими параметрами досліджуваних пацієнтів.

Приклад №1. Пацієнтка № 3 із бази даних: жінка, 74 роки, зріст 1,52 м, вага 80 кг, ІМТ 34,63 кг/м², значення висоти правої пазухи аорти, отримане при КТ, 20,10 мм. Підставивши всі наведені дані від пацієнтки в рівняння моделі, отримаємо результат:

Рівень висоти правої пазухи аорти = $0,142 \times 74 + 272,601 \times 1,52 - 3,029 \times 80 + 7,296 \times 34,63 - 415,339 = 19,89$ мм

Різниця між фактичним (20,10 мм) та розрахованим (19,89 мм) значенням висоти правої пазухи аорти складає 0,21 мм, що не виходить за межі 5% похибки.

Приклад №2. Пацієнтка № 9 із бази даних: жінка, 62 роки, зріст 1,71 м, вага 80 кг, ІМТ 27,68 кг/м², значення висоти правої пазухи аорти, отримане при КТ, 21,00 мм. Рівняння моделі з цими даними матиме вигляд:

Рівень висоти правої пазухи аорти = $0,142 \times 62 + 272,601 \times 1,71 - 3,029 \times 80 + 7,296 \times 27,68 - 415,339 = 19,30$ мм

Таким чином, різниця між фактичним (21,00 мм) та розрахованим (19,30 мм) значенням висоти правої пазухи аорти становить 1,70 мм та не виходить за межі 5% похибки. Це доводить ефективність розробленої моделі.

Мультифакторний регресійний аналіз для визначення впливу незалежних предикторів (антропометричних та вікових показників) на інші параметри досліджуваних судин (висота лівої пазухи аорти, висота задньої пазухи аорти, висота вічок вінцевих артерій) не довів наявності суттєвого взаємозв'язку між цими показниками у жінок із аортальним стенозом. Коефіцієнт множинної кореляції R коливався від +0,44 до +0,84, скоригований коефіцієнт множинної детермінації R^2_{adj} = від -0,37 до +0,48, при $p>0,05$ (за Фішером).

Проведене дослідження подає дані про морфометричні особливості висоти пазух аорти, відходження вічок вінцевих артерій за допомогою комп'ютерної томографії у осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом в Україні. Зі значної вибірки пацієнток з важким аортальним стенозом, критеріям включення відповідало 26 осіб віком $64,92 \pm 14,07$ років, що у віковому аналізі відносяться до групи похилого віку (56-74 роки) та другого періоду зрілого віку (36-55 років). Це важливо в аспекті опису анатомії аорти при аортальному стенозі, який прогресує з віком [11]. Зріст осіб від 1,52 м до 1,70 м (середній зріст $1,60 \pm 0,05$ м) корелює з даними, що серцево-судинні захворювання частіше спостерігаються в осіб невисокого зросту [12]. Розподіл пацієнтів на дві групи за ростом не показав достовірної різниці у показниках досліджуваних параметрів як і відсутність доведених парних кореляційних зв'язків поміж віковими і антропометричними показниками з морфометричними параметрами. Дані дещо дисонують з опублікованими раніше дослідженнями [4, 7, 13] але співзвучні з твердженням відсутності кореляції з ППТ [14].

За результатами лінійного кореляційного аналізу встановлено прямий взаємозв'язок між висотою задньої пазухи аорти та висотою лівої пазухи аорти ($p=0,004$), висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($p=0,02$). Доведено прямий сильний кореляційний зв'язок між висотою лівої пазухи аорти та висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($p<0,001$). Аналогічно доведено прямий сильний кореляційний зв'язок поміж висотою правої пазухи аорти та висотою відходження вічка правої вінцевої артерії ($p<0,001$).

Використанням мультифакторного регресійного аналізу виявив суттєвий сильний прямий регресійний вплив на рівень висоти правої пазухи аорти віку, зросту, ваги, ІМТ. Зокрема доведено прямий вплив віку, зросту та ІМТ і зворотній вплив ваги на рівень висоти правої пазухи аорти. Лінійні рівняння побудованої логістичної моделі пройшли перевірки ефективності роботи після проведення розрахунків прогнозованих значень висоти правої пазухи аорти для двох різних за антропометричними та віковими параметрами досліджуваних пацієнтів.

Висновки. У осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом при аналізі цибулини аорти на КТ зображеннях відсутні доведені парні кореляційні зв'язки поміж віковими і антропометричними показниками з морфометричними параметрами (висотою пазух аорти та висотою відходження вінцевих артерій). Встановлено прямий взаємозв'язок між висотою пазух аорти та висотою відходження вічка вінцевих артерій.

Перспективи подальших досліджень. Наступні дослідження можуть включати використання до-

даткових методів візуалізації (черезстравохідне ЕХО, магнітно-резонансна томографія аорти з контрастуванням...) для оцінки анатомії цибулини аорти. Залучення численнішої кількості осіб та мультицентрові дослідження матимуть позитивний результат для комплексної оцінки кореляції антропометричних показників та морфометричних параметрів.

Подяки. Дякую Збройним Силам України за обопону країни, що дало змогу для написання цієї статті.

Література

1. Thiele H, Kurz T, Feistritz H-J, Stachel G, Hartung P, Eitel I, et al. Comparison of newer generation self-expandable vs. balloon-expandable valves in transcatheter aortic valve implantation: the randomized SOLVE-TAVI trial. Eur Heart J. 2020;41(20):1890-9.
2. Astudillo P, Mortier P, Bosmans J, De Backer O, de Jaegere P, Iannaccone F, et al. Automatic Detection of the Aortic Annular Plane and Coronary Ostia from Multidetector Computed Tomography. J Interv Cardiol. 2020;2020:9843275.
3. Forte E, Punzo B, Salvatore M, Maffei E, Nistri S, Cavaliere C, et al. Low correlation between biometric parameters, cardiovascular risk factors and aortic dimensions by computed tomography coronary angiography. Medicine. 2020;99(35):e21891.
4. Zhu D, Zhao Q. Dynamic Normal Aortic Root Diameters: Implications for Aortic Root Reconstruction. Ann Thorac Surg. 2011;91(2):485-9.
5. Knight J, Kurtcuoglu V, Muffly K, Marshall W, Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Ex vivo and in vivo coronary ostial locations in humans. Surg Radiol Anat. 2009;31(8):597-604.
6. Du F, Liu X, Zhu Q, He Y, Jiang J, Napawan T, et al. Sex-specific aortic root anatomy in patients with bicuspid aortic valve undergoing TAVR in a Chinese cohort. Herz. 2020;45(4):375-81.
7. Wang X, Ren X-S, An Y-Q, Hou Z-H, Yu Y-T, Lu B, et al. A Specific Assessment of the Normal Anatomy of the Aortic Root in Relation to Age and Gender. Int J Gen Med. 2021;14:2827-37.
8. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. Circulation. 2021;143(5):e72-227.
9. Mosteller RD. Simplified Calculation of Body-Surface Area. N Engl J Med. 1987;317(17):1098.
10. Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Jilaihawi H, et al. Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation (TAVI) / transcatheter aortic valve replacement (TAVR): An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2019;13(1):1-20.
11. Coffey S, Roberts-Thomson R, Brown A, Carapetis J, Chen M, Enriquez-Sarano M, et al. Global epidemiology of valvular heart disease. Nat Rev Cardiol. 2021;18(12):853-64.
12. Khan SS, Ning H, Wilkins JT, Allen N, Carnethon M, Berry JD, et al. Association of Body Mass Index With Lifetime Risk of Cardiovascular Disease and Compression of Morbidity. JAMA Cardiol. 2018;3(4):280.
13. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK, Best LG, Boerwinkle E, Howard BV, et al. Normal Limits in Relation to Age, Body Size and Gender of Two-Dimensional Echocardiographic Aortic Root Dimensions in Persons ≥ 15 Years of Age. Am J Cardiol. 2012;110(8):1189-94.
14. Stolzmann P, Knight J, Desbiolles L, Maier W, Scheffel H, Plass A, et al. Remodelling of the aortic root in severe tricuspid aortic stenosis: implications for transcatheter aortic valve implantation. Eur Radiol. 2009;19(6):1316-23.

МОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЦИБУЛИНИ АОРТИ У ЖІНОК З АОРТАЛЬНИМ СТЕНОЗОМ

Підвальна У. Є.

Резюме. Вступ. Сучасні ендovasкулярні методи корекції важкого аортального стенозу передбачають детальний морфометричний аналіз кореня аорти та суміжних структур.

Мета роботи. Провести морфометричний аналіз цибулини аорти, вимірюючи висоту правої, лівої, задньої пазух аорти; відходження вічок правої та лівої вінцевих артерій серед жінок з важким аортальним стенозом при виконанні комп'ютерної томографії аорти з контрастуванням. На основі одержаних результатів провести модель прогнозування розмір досліджуваних структур. **Об'єкт і методи дослідження.** Об'єкт дослідження – цибулина аорти та вічка вінцевих артерій у осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом. Метод дослідження – комп'ютерна томографія аорти з контрастним підсиленням, математичні та статистичні розрахунки.

Результати. У дослідження включені зображення комп'ютерної томографії 26 пацієнток з важким аортальним стенозом, середній вік становить $64,92 \pm 14,07$ років. Дані морфометричного аналізу: висота задньої пазухи аорти складає $19,42 \pm 2,68$ мм, висота лівої пазухи аорти – $18,64 \pm 2,39$ мм, висота правої пазухи аорти $17,59 \pm 2,41$ мм. Висота відходження нижнього та верхнього країв вічка правої вінцевої артерії – $10,88 \pm 3,45$ мм та $14,19 \pm 2,58$ мм, вічка лівої вінцевої артерії – $11,20 \pm 2,27$ мм та $14,72 \pm 2,63$ мм відповідно. За результатами лінійного кореляційного аналізу встановлений прямий сильний взаємозв'язок між висотою задньої пазухи аорти та висотою лівої пазухи аорти ($r=+0,74$, $p=0,004$), та середній з висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,63$, $p=0,02$). Доведений прямий сильний кореляційний зв'язок між висотою лівої пазухи аорти та висотою відходження вічка лівої вінцевої артерії ($r=+0,83$, $p=0,0005$). Аналогічно доведений прямий сильний кореляційний зв'язок поміж висотою правої пазухи аорти та висотою відходження вічка правої вінцевої артерії ($r=+0,84$, $p=0,0004$). Використанням мультифакторного регресійного аналізу виявив суттєвий сильний прямий регресійний вплив на рівень висоти правої пазухи аорти віку, зросту, ваги, індексу маси тіла. Зокрема доведено прямий вплив віку, зросту та індексу маси тіла і зворотній вплив ваги на рівень висоти правої пазухи аорти. Лінійні рівняння побудованої логістичної моделі пройшли перевірки ефективності роботи після проведення розрахунків прогнозованих значень висоти правої пазухи аорти для двох різних за антропометричними та віковими параметрами досліджуваних пацієнтів.

Висновки. У осіб жіночої статі з важким аортальним стенозом при аналізі цибулини аорти на КТ зображеннях відсутні доведені парні кореляційні зв'язки поміж віковими і антропометричними показниками з мор-

фометричними параметрами (висотою пазух аорти та висотою відходження вінець артерій). Встановлено прямий взаємозв'язок між висотою пазух аорти та висотою відходження вічка вінець артерій.

Ключові слова: аорта, морфометрія, пазухи аорти, вінець артерій.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE AORTIC ROOT IN WOMEN WITH AORTIC STENOSIS

Pidvalna U. Ye.

Absrtact. *Introduction.* Modern endovascular methods of severe aortic stenosis correction involve detailed morphometric analysis of the aortic root and adjacent structures.

Objectives. To conduct morphometric analysis of the aortic root by measuring the height of the right, left, and posterior aortic sinuses as well as the right and left coronary arteries ostia in women with severe aortic stenosis while performing contrast-enhanced aortic computed tomography. Based on the obtained results, to establish a model for predicting the size of the studied structures. *Materials and methods.* The object of study is the aortic root and the coronary arteries ostia in female patients with severe aortic stenosis. The method of research is computed tomography of the aorta with contrast enhancement, mathematical and statistical calculations.

Results. The study included computed tomography images of 26 patients with severe aortic stenosis, with a mean age of 64.92 ± 14.07 years. Morphometric analysis data: the height of the posterior aortic sinus 19.42 ± 2.68 mm, the height of the left aortic sinus 18.64 ± 2.39 mm, the height of the right aortic sinus 17.59 ± 2.41 mm. The height of the branching of the lower and upper edges of the right coronary artery ostium 10.88 ± 3.45 mm and 14.19 ± 2.58 mm, the left coronary artery ostium 11.20 ± 2.27 mm and 14.72 ± 2.63 mm, respectively. According to the results of the linear correlation analysis, a strong direct relationship is observed between the height of the posterior aortic sinus and the height of the left aortic sinus ($r = +0.74$, $p = 0.004$); a medium-strength relationship is found with the height of the left coronary artery ostium ($r = +0.63$, $p = 0.02$). A strong direct correlation is proven between the height of the left aortic sinus and the height of the left coronary artery ostium ($r = +0.83$, $p = 0.0005$). Similarly, a strong direct correlation is detected between the height of the right aortic sinus and the height of the right coronary artery ostium ($r = +0.84$, $p = 0.0004$). Multifactor regression analysis revealed a significant strong direct regression effect of age, height, weight, and body mass index on the height of the right aortic sinus. In particular, the direct effect of age, height, and body mass index as well as the inverse effect of weight on the level of the height of the right aortic sinus have been documented. The linear equations of the constructed logistic model were tested for efficiency after calculating the predicted values of the right aortic sinus height for two studied patients who had different anthropometric and age parameters.

Conclusions. Females with severe aortic stenosis do not have proven paired correlations of age and anthropometric parameters with the morphometric parameters (the aortic sinus height and the height of the coronary artery branching) when analyzing the aortic root based on the CT images. There is a direct relationship between the height of the aortic sinuses and the height of the coronary arteries ostia.

Key words: aorta, morphometry, aortic sinuses, coronary arteries.

ORCID автора та його внесок до статті:

Pidvalna U. Ye.: 0000-0001-7360-8111 ^{ABCDEF}

Адреса для кореспонденції

Підвальна Уляна Євгенівна

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Адреса: Україна, 79010, Львів, вул. Пекарська 69

Тел.: +3809763551782

E-mail: Uljaska.p@gmail.com

A – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Стаття надійшла 23.11.2021 року
Стаття прийнята до друку 01.05.2022 року