

combinations: mesocrania with hypsiccephalic and macrocephalic forms, mesocrania with platycephalic and tapeinocephalic, mesocrania with orthocephalic and tapeinocephalic, mesocrania with orthocephalic and metriocephalic and dolichocrania with hypsiccephalic and macrocephalic forms. Among men, all the above-mentioned combinations occur with approximately the same probability.

Key words: craniometry, linear dimensions of the skull, cranial, height-longitudinal and height-latitude indices of the skull, types of skull structure.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Melnyk B. I.: <https://orcid.org/0000-0001-9482-7399>^{ABCD}

Boiagina O. D.: <http://orcid.org/0000-0003-2302-0584>^{EF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Melnyk Bohdan Ihorovych / Мельник Богдан Ігорович

Kharkiv National Medical University / Харківський національний медичний університет

Ukraine, 61000, Kharkiv, 4 Nauky av. / Адреса: Україна, 61000, м. Харків, пр. Науки 4

Tel.: 0505937439 / Тел.: 0505937439

E-mail: bi.melnyk@knmu.edu.ua

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

Received 10.03.2024 / Стаття надійшла 10.03.2024 року
Accepted 20.08.2024 / Стаття прийнята до друку 20.08.2024 року

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-310-317

UDC 616.132.13:616-018.2:572.511.4]-055.1

^{1,2}Pidvalna U. Ye.

CORRELATION OF THE DIAMETER OF THE ASCENDING AORTIC WITH AGE AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN MEN WITH MARFAN SYNDROME: A CT STUDY

¹Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Lviv, Ukraine)

²Ukrainian-Polish Heart Center Lviv (Lviv, Ukraine)

pidvalna_uliana@meduniv.lviv.ua

This study explores the correlation between the diameter of the ascending aortic with anthropometric parameters and age in Ukrainian men with Marfan syndrome. DICOM files from ECG-triggered contrast-enhanced computed tomography scans were used with measuring the diameters of the ascending aortic segments. Diameter of the aorta were measured at the levels of: aortic annulus, sinotubular junction, sinuses of Valsalva, at the level of pulmonary trunk bifurcation, before the brachiocephalic trunk and maximal ascending aortic diameter. Marfan syndrome diagnose was primarily established by the Ghent nosology. Statistical analyses, including Student's t-test, Pearson's linear correlation, and multiple regression, were conducted. The study found a direct correlation between height and the diameter of the aorta at the sinotubular junction and an inverse correlation between height and the diameter of the high-ascending aortic. No significant correlations were found between the diameters of the ascending aortic and age, weight, body mass index or body surface area. The results suggest that in men with Marfan syndrome, the diameter of the ascending aortic at the sinotubular junction increases with height. In contrast, the high-ascending aortic diameter decreases, with other factors showing no significant impact.

Key words: aorta, computed tomography, Marfan syndrome, humans, male.

Connection of the publication with planned research works.

This work is a part of scientific topic "Morpho-functional features of organs in the pre- and postnatal periods of ontogenesis, under the influence of opioids, food additives, reconstructive operations and obesity", state registration number 0120U002129.

Introduction.

Patients with Marfan syndrome frequently experience cardiovascular issues, with prevalence of aortic pathologies [1]. Research indicates that up to 90% of people with Marfan syndrome are affected by aortic complications [2]. The growing diameter of the ascend-

ing aortic in the Marfan patients is considered an indication of cardiothoracic surgery [3].

The correlation of the diameter of the ascending aortic with anthropometric parameters and age in men with Marfan syndrome is still an open question that has not been fully explored in Ukraine. In general population, the aortic diameter correlates positively with sex, body size and relatively stronger correlate with age [4]. Larger body surface area is associated with larger aortic dimensions, indicating that body size can influence aortic dimensions [5, 6]. Nevertheless, there is limited data on patients with Marfan syndrome. Despite the wide range of international data, to our knowledge, there needs to

be more data on morphometric analysis of ascending aortic in men with Marfan syndrome in Ukraine. Moreover, personalized medicine and the correlation of aortic diameter with age and anthropometric parameters are necessary.

The aim of the study.

To provide measurements of ascending aortic at different levels and establish a connection between anthropometric data (weight, height, body mass index (BMI), and body surface area (BSA)) and age with aortic diameters in men with Marfan syndrome.

Object and research methods.

Data was collected from the registry of Marfan syndrome patients at the Cardiac Surgery Department (Lviv Regional Clinical Hospital, Lviv, Ukraine) and Ukrainian-Polish Heart Center Lviv (Lviv, Ukraine). The study was done according to the Helsinki Declaration and approved by the Local Bioethics Commission (№7, June 26, 2023; Lviv National Medical University). All participants gave their consent for the use their data.

Materials: DICOM files with ECG-triggered contrast-enhanced computed tomography (CT) images of the aorta in males with Marfan syndrome. Marfan syndrome diagnose was primarily established by the Ghent nosology [7]. Clinical data, included to the study were: weight, height, body mass index (BMI), body surface area (BSA) and age. Inclusion criteria: adult males (18+ years old), proven Marfan syndrome diagnosis by a cardiologist or cardiac surgeon, complete clinical and CT data. Exclusion criteria: patients with aortic dissection, acute aortic syndrome, congenital heart defects, aortic repair, cardiothoracic surgery, incomplete data, artefacts. Analysis of the 98 DICOM exams revealed that 26 patients met the criteria. Further, patients were divided into groups, based on BMI index: up to 25 kg/m² (n=7) and more than 25 kg/m² (n=19); and depending on BSA values: BSA less than 1.9 m² (n=5) and BSA 1.9 m² and more (n=21).

Methods: CT was conducted on LightSpeed 64 VCT XT (General Electric, Boston, USA) with ECG-triggered and contrast enhancement Ultravist 470 (Bayer Healthcare, Berlin, Germany). Diameter of the aorta were measured at the levels of: aortic annulus (1), sinotubular junction (2), sinuses of Valsalva (3), mid-ascending aortic level (at the level of pulmonary trunk bifurcation) (4), high-ascending aortic level (before arising of the brachiocephalic trunk) (5), maximal ascending aortic diameter (6) [8]. Morphometric analysis was conducted with official GE software. Statistical analysis, using Student's t-test, Pearson's linear correlation and multiple regression analysis was done in R Commander (version 2.7-2. GNU General Public License, Ontario, Canada) and SPSS (version 22.0. IBM Corp. Armonk, NY, USA). p<0.05 was considered valid. English language was approved by the free accessible online large language model (ChatGPT 4o mini version).

Research results and their discussion.

The average age of men with Marfan syndrome (n=26) was 56.61±16.11 years (from 19 years to 84 years), height – 1.78±0.09 m (from 1.65 m to 2.0 m), weight – 86.89±13.2 kg (from 58 kg to 115 kg); BMI 27.62±4.69 kg/m² (from 16.07 kg/m² to 36.30 kg/m²), BSA – 2.07±0.17 m² (from 1.75 m² to 2.38 m²). The ascending aortic diameters in men with Marfan syndrome are presented in **table 1**.

Table 1 – Ascending aortic dimension (aortic diameter) in males with Marfan syndrome, mm

Diameter (mm)	M±SD	Min	Max
Aortic annulus	30,59±4,39	22,00	42,00
Sinuses of Valsalva	44,01±9,56	27,00	64,00
Maximum ascending aortic	43,9±10,63	24,00	72,00
Sinotubular junction	38,12±12,17	20,00	71,00
Mid-ascending aortic	36,73±7,60	18,00	56,00
High-ascending aortic	34,23±5,88	21,00	48,00

Correlation between anthropometric data and with CT aortic dimension by paired correlation Pearson analysis statistically proved a direct relationship between the height and the aortic diameter at the sinotubular junction: r=+0.38, p=0.046, as well as an inverse relationship between the height and the high-ascending aortic diameter: r= -0.39, p=0.042 (**table 2, fig. 1, fig. 2**).

The stepwise regression analysis showed a reliable numerical relationship between the height and the ascending aortic diameter in men with Marfan syndrome. The regression coefficient between the height and the aortic diameter at the sinotubular junction was R=0.38, p=0.048. Increasing height by 1 cm causes the increase of the aortic diameter at the level of the sinotubular junction by 0.14 mm. The regression coefficient between height and the high-ascending aortic diameter is R=0.39, p=0.040. With the increase in height in men by 1 cm, the high- ascending aortic diameter will decrease by 0.15 mm. There were no proven correlations (p>0.05) between age, other anthropometric parameters.

There was no significant difference in age in the two groups, depending on BMI: up to 25 kg/m² (n=7) and more than 25 kg/m² (n=19). Men with Marfan syndrome and BMI more than 25 kg/m² had an average height of 14 cm lower: 1.74±0.07 m versus 1.88±0.08 m in the group with BMI less than 25 kg/m² (p=0.006), the weight was greater by 13.19 kg: 90.19±12.56 kg versus 77.00±10.28 kg (p=0.032), respectively.

In the diameters of the ascending aortic depending on BMI there were no significant differences (p>0.05). However, it should be noted that in the group of men with BMI greater than 25 kg/m², the diameters of the aorta at the level of the mid-ascending aortic and the

Table 2 – The relationship between clinical data and aortic diameter in men with Marfan syndrome, Value of Pearson correlation coefficients (r)

Parameters		Aortic diameters on different aortic levels, mm					
		AoAnn	SoV	STH	Max	Mid-asc	High-asc
Age, years	r	-0,19	-0,09	-0,28	-0,17	0,32	0,30
	p	0,33	0,65	0,14	0,38	0,10	0,12
Height, cm	r	0,17	0,34	0,38	0,14	-0,24	-0,39
	p	0,39	0,07	0,046	0,47	0,22	0,042
Weight, kg	r	-0,11	0,17	0,18	0,24	0,24	0,15
	p	0,56	0,38	0,35	0,22	0,22	0,45
BMI, kg/m ²	r	-0,15	-0,01	-0,03	0,15	0,35	0,35
	p	0,46	0,97	0,88	0,45	0,07	0,07
BSA, m ²	r	-0,07	0,26	0,27	0,25	0,14	0,02
	p	0,72	0,18	0,17	0,20	0,47	0,93

Notes: AoAnn – aortic annulus; SoV – sinuses of Valsalva; STJ – sinotubular junction; Max – maximum ascending aortic; mid-asc – mid-ascending aortic level (at the level of pulmonary trunk bifurcation); high-asc – high-ascending aortic level (before arising of the brachiocephalic trunk).

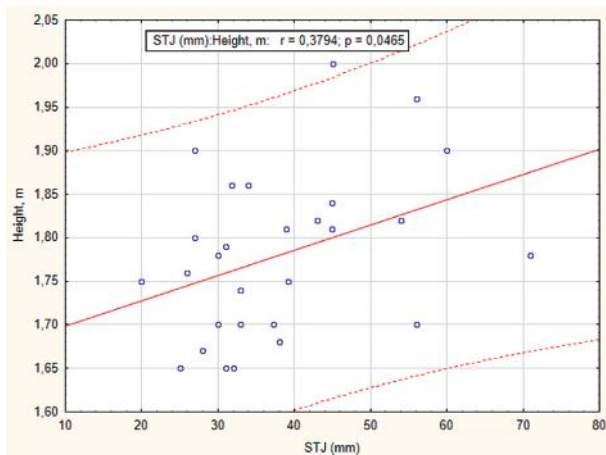


Figure 1 – Correlations between height and aortic diameter on sinotubular junction in male patients with Marfan syndrome.

high-ascending aortic were slightly larger than in the group of men with BMI less than 25 kg/m². In comparison, the other diameters were smaller ($p > 0.05$) (table 3).

Comparison of age-anthropometric parameters with the aorta dimensions in groups of men with Marfan syndrome depending on BSA values: BSA less than 1.9 m² (n=5) and BSA 1.9 m² and more (n=21) showed no difference in age and height ($p > 0.05$). However, men with a BSA of 1.9 m² and more had a significantly larger weight (by 19.83 kg): 90.43±11.42 kg versus 70.60±7.40 kg ($p < 0.001$).

No significant differences were found between the diameter of the aorta at different ascending aortic levels across different BSA categories in men with Marfan syndrome. However, it should be noted that four diameters were slightly larger in the group of men with BSA of 1.9 m² or more: at the level of the aortic annulus (1), the sinuses of Valsalva (2), the sinotubular junction(3), and the mid-ascending aortic (4) ($p > 0.05$) (table 4). The maximum diameter of the ascending aortic and the high-ascending aortic diameter had slightly higher mean values in men with BSA up to 1.9 m² ($p > 0.05$).

This study has provided diameters of the ascending aortic in males with Marfan syndrome in the Ukrainian population at various levels, including the aortic annu-

Table 4 – Comparison of aortic diameters across different body surface area (BSA) categories in men with Marfan syndrome

Parameters (diameter)	BSA < 1,9 m ² (n=5)			BSA ≥ 1,9 m ² (n=21)			p
	M±SD	Min	Max	M±SD	Min	Max	
AoAnn	29,60±4,77	25,00	37,00	30,80±4,38	22,00	42,00	0,61
SoV	38,40±9,61	30,00	54,00	45,23±9,31	27,00	64,00	0,16
STJ	34,80±14,27	25,00	60,00	38,84±11,90	20,00	71,00	0,56
Max	44,00±10,27	38,00	62,00	43,88±10,93	24,00	72,00	0,98
Mid-asc	35,60±3,71	33,00	42,00	36,98±8,25	18,00	56,00	0,57
High-asc	36,60±3,58	32,00	41,00	33,71±6,21	21,00	48,00	0,17

Notes: AoAnn – aortic annulus; SoV – sinuses of Valsalva; STJ – sinotubular junction; Max – maximum ascending aortic; mid-asc – mid-ascending aortic level (at the level of pulmonary trunk bifurcation); high-asc – high-ascending aortic level (before arising of the brachiocephalic trunk).

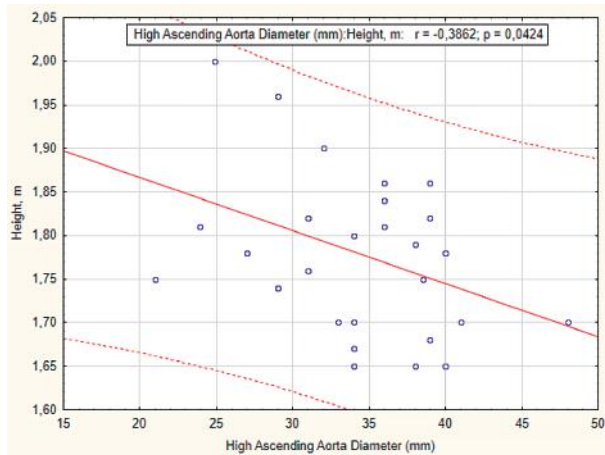


Figure 2 – Correlations between height and high-ascending aortic in male patients with Marfan syndrome.

lus, sinuses of Valsalva, sinotubular junction, maximum ascending aortic diameter, mid-ascending aortic level (at the level of pulmonary trunk bifurcation), and high-as-

Table 3 – Comparison of aortic diameters according to different categories of body mass index (BMI) in men with Marfan syndrome

Parameters (diameter)	BMI < 25 kg/m ² (n=7)			BMI ≥25 kg/m ² (n=19)			p
	M±SD	Min	Max	M±SD	Min	Max	
AoAnn	32,14±4,10	27,00	37,00	30,07±4,45	22,00	42,00	0,27
SoV	45,27±11,06	30,00	59,90	43,59±9,27	27,00	64,00	0,72
STJ	41,59±13,59	27,00	60,00	36,96±11,78	20,00	71,00	0,43
Max	44,21±11,51	36,50	62,00	43,80±10,61	24,00	72,00	0,93
Mid-asc	33,93±5,75	23,50	42,00	37,67±8,03	18,00	56,00	0,19
High-asc	32,27±4,38	24,90	38,00	34,88±6,26	21,00	48,00	0,24

Notes: AoAnn – aortic annulus; SoV – sinuses of Valsalva; STJ – sinotubular junction; Max – maximum ascending aortic; mid-asc – mid-ascending aortic level (at the level of pulmonary trunk bifurcation); high-asc – high-ascending aortic level (before arising of the brachiocephalic trunk).

ascending aortic level (before arising of the brachiocephalic trunk or innominate artery). Aortic measurements are crucial in patients with Marfan syndrome. Even a slight enlargement of more than 2 mm might require cardiovascular surgery [9]. ECG-triggered CT is an “in vivo” diagnostic tool for the morphometric study of the ascending aortic, which is considered to be a “gold standard” [10],

has the potential to significantly impact patient care, providing clinicians with a reliable method for early intervention and management.

Moreover, we analysed a connection between age, weight, height, BMI, BSA and ascending aortic diameters in men with Marfan syndrome. The height had a direct relationship with the diameter of the aorta at the level of the sinotubular junction and inverse with the high-ascending aortic diameter. There were no significant differences in the diameters of the ascending aortic, depending on the BMI or BSA in male patients with Marfan syndrome. Previous publications reported that the aortic diameter increases with ageing [4]. Moreover, the other paper indicated no correlation between age and aortic length [11], but a correlation with height, which is found in our research.

The correlation between aortic dimensions and BSA or BMI is still a topic of discussion [12]. The wide range of published data on aortic dimension is inappropriate for comparison based on the patient selection and diagnostic modalities [9, 13, 14]. ECG-triggered CT is essential to compare aortic measurements at the same aortic levels in patients with Marfan syndrome. Therefore, further studies and investigations are needed.

Study limitations. It's important to note that our study, while informative, does have some limitations. Firstly, it is a single-centre study. Secondly, there is a limited number of patients with Marfan syndrome (n=26), due to the strict inclusion and extended exclusion criteria. Thirdly, it may affect the generalizability of our findings to a broader population.

Conclusions.

In males with Marfan syndrome, the diameter of the sinotubular junction increases with height, opposite to the high-ascending aortic diameter, which decreases. Notably, age, weight, body mass index, and body surface have no significant correlation with ascending aortic diameter in male Marfan patients.

Prospects for further research.

The potential for future research is vast. Conducting multicenter studies and expanding the investigation to include more Marfan patients is crucial. A broad spectrum of acquired elastography (inherited disorders of connective tissue) could be considered for morphometric analysis of the ascending aortic, including Ehler-Danlos syndrome and Loeys-Dietz syndrome.

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-310-317

УДК 616.132.13:616-018.2:572.511.4]-055.1

^{1,2}Підвальна У. Є.

КОРЕЛЯЦІЯ ДІАМЕТРА ВИСХІДНОЇ АОРТИ З ВІКОМ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ У ЧОЛОВІКІВ ІЗ СИНДРОМОМ МАРФАНА: КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

¹Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького (м. Львів, Україна)

²Україно-Польський центр серця Львів (м. Львів, Україна)

pidvalna_uliana@meduniv.lviv.ua

У статті досліджується кореляція між діаметром висхідної аорти та антропометричними параметрами та віком українських чоловіків із синдромом Марфана. Для вимірювання діаметра сегментів висхідної аорти використовувалися файли DICOM комп'ютерної томографії з контрастним підсиленням та ЕКГ-синхронізацією. Діаметр аорти вимірювали на рівнях: аортального кільця, синотубулярного з'єднання, пазух аорти (синусів Вальсальви), на рівні біфуркації легеневого стовбура, перед відходженням плечоголового стовбура і максимального діаметра висхідної аорти. Діагноз синдрому Марфана встановлювався в першу чергу за нозологією Ghent. Проведені статистичні аналізи, включаючи t-критерій Стьюдента, лінійну кореляцію Пірсона та множинну регресію. За результатами дослідження встановлено пряму кореляцію між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання та зворотню кореляцію між довжиною тіла та діаметром висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура. Не виявлено вірогідних кореляцій між діаметром висхідної аорти та віком, масою тіла, індексом маси тіла або площею поверхні тіла. Результати свідчать про те, що у чоловіків із синдромом Марфана діаметр висхідної аорти на рівні синотубулярного з'єднання збільшується з довжиною тіла. Натомість, діаметр висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура зменшується, а інші фактори не виявляють істотного впливу.

Ключові слова: аорта, комп'ютерна томографія, синдром Марфана, людина, чоловік.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Ця робота є частиною НДР «Морфо-функціональні особливості органів в пре- і постнатальному періодах онтогенезу, під впливом опіоїдів, харчових добавок, реконструктивних операцій та ожиріння», номер державної реєстрації 0120U002129.

Вступ.

Пацієнти зі синдромом Марфана часто страждають від серцево-судинної патології, серед яких поширеною є захворювання аорти [1]. Попередні дослідження вказують, що практично до 90% осіб зі синдромом Марфана мають ускладнення зі сторони аорти [2]. Динамічне зростання діаметра висхідної аорти у пацієнтів зі синдромом Марфана вважається показом до серцево-судинних чи кардіо-торакальних операцій [3].

Питання співвідношення діаметра висхідної аорти з антропометричними параметрами та віком

у чоловіків зі синдромом Марфана є досі відкритим і не було ґрунтовно досліджено в Україні. У загальній популяції, діаметр аорти позитивно корелює зі статтю, розмірами тіла і відносно сильно корелює з віком [4]. Більша площа поверхні тіла асоціюється з вищими показниками розміру аорти, вказуючи на те, що розмір тіла може впливати на розміри аорти [5, 6]. Тим не менш, обмеженими є дані щодо пацієнтів із синдромом Марфана. Незважаючи на широке представлення міжнародних даних, в Україні, згідно наших даних, такі дослідження не проводилися. Окрім цього, прагнення до персоналізованої медицини вимагає вивчення кореляції діаметра аорти з віком і антропометричними параметрами.

Мета дослідження.

Провести вимірювання висхідної аорти на різних рівнях аорти зі встановленням зв'язку між антропометричними даними (маса тіла, довжина тіла, індекс маси тіла (ІМТ) і площа поверхні тіла (ППТ)) та віком

з діаметром аорти у чоловіків із синдромом Марфана.

Об'єкт і методи дослідження.

Дані залучені з реєстру пацієнтів зі синдромом Марфана кардіохірургічного відділення (Львівська обласна клінічна лікарня, Львів, Україна) та Україно-Польського центру серця Львів (Львів, Україна). Дослідження проведено, відповідно до Гельсінської декларації та схвалено Комісією з біоетики (№7 від 26 червня 2023 р. Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького). Усі учасники дослідження надали згоду на використання їхніх результатів дослідження.

Матеріали: DICOM-файли зі КТ-зображенням аорти з контрастуванням та ЕКГ-синхронізацією у чоловіків із синдромом Марфана. Діагноз синдрому Марфана встановлений у відповідності з Гентською (Ghent) нозологією [7]. Клінічні дані, включені до дослідження: маса тіла, довжина тіла, індекс маси тіла (ІМТ), площа поверхні тіла (ППТ) та вік. Критерії включення: дорослі чоловіки (18+ років), з підтвердженим діагнозом синдрому Марфана кардіологом або кардіохірургом, повні клінічні та КТ дані. Критерії виключення: пацієнти з розшаруванням аорти, гострим аортальним синдромом, природженими вадами серця, реконструктивними операціями на аорті, пацієнти після кардіоторакальної хірургії, неповні дані, артефакти. Після аналізу 98 досліджень DICOM файлів, відібрано 26 файлів пацієнтів, які відповідали наведеним критеріям. Додатково проведено поділ пацієнтів на групи за індексом маси тіла: ІМТ до 25 кг/м² (n=7) та ІМТ більше 25 кг/м² (n=19); і в залежності від значення площі поверхні тіла: ППТ менше більше 1,9 м² (n=5) і ППТ 1,9 м² і більше (n=21).

Методи: КТ проводили на апараті LightSpeed 64 VCT XT (General Electric, Бостон, США) з ЕКГ-синхронізацією та контрастним підсиленням Ультравіст 470 (Bayer Healthcare, Берлін, Німеччина). Діаметр аорти вимірювали на рівнях: аортального кільця (1), синотубулярного з'єднання (2), пазух аорти (синусів Вальсальви) (3), рівні середини висхідної аорти (на рівні біфуркації легеневого стовбура) (4), рівень висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура (5), максимальний діаметр висхідної аорти (6) [8]. Морфометричний аналіз проводився за допомогою офіційного програмного забезпечення General Electric. Статистичний аналіз: t-критерій Стюдента, лінійна кореляція Пірсона та множинний регресійний аналіз; R Commander (версія 2.7-2. GNU General Public License, Онтаріо, Канада) та SPSS (версія 22.0. IBM Corp. Armonk, Нью-Йорк, США); p<0,05 вважали вірогідним. Текст англomовної версії був покращений за допомогою безкоштовної доступної великої мовної моделі (LLM) (ChatGPT 4o).

Результати дослідження та їх обговорення.

Середній вік чоловіків зі синдромом Марфан (n=26) становив 56,61±16,11 років (з 19 років до 84 років), довжина тіла – 1,78±0,09 м (від 1,65 м до 2,0 м), маса тіла – 86,89±13,2 кг (від 58 кг до 115 кг); ІМТ 27,62±4,69 кг/м² (від 16,07 кг/м² до 36,30 кг/м²), ППТ – 2,07±0,17 м² (від 1,75 м² до 2,38 м²). Діаметр висхідної аорти у чоловіків зі синдромом Марфан представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розмір висхідної аорти (діаметр аорти) у чоловіків із синдромом Марфана, мм

Діаметр (мм)	M±SD	Міні-мальний	Максимальний
Кільце аорти	30,59±4,39	22,00	42,00
Пазухи аорти	44,01±9,56	27,00	64,00
Максимальний розмір висхідної аорти	43,9±10,63	24,00	72,00
Синотубулярне з'єднання	38,12±12,17	20,00	71,00
Рівень біфуркації легеневого стовбура	36,73±7,60	18,00	56,00
Рівень висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура	34,23±5,88	21,00	48,00

Кореляція між антропометричними даними та розміром аорти за даними КТ (за допомогою парної кореляції Пірсона) довів статистично вірогідну пряму кореляцію між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання: r=+0,38, p=0,046, окрім цього зворотню кореляцію між довжиною тіла та діаметром висхідної аорти на рівні перед відходженням плечоголового стовбура: r= -0,39, p=0,042 (табл. 2, рис. 1, рис. 2).

Проведений регресійний аналіз методом покрокового відбору показав достовірну числову залежність між довжиною тіла чоловіків зі синдромом Марфана та наведеними параметрами аорти. Зокрема, коефіцієнт регресії між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання становив R=0,38, p=0,048. При збільшенні довжини тіла у чоловіків зі синдромом Марфана на 1 см наведений діаметр буде зростати на 0,14 мм. Коефіцієнт регресії між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура – R=0,39, p=0,040 і при збільшенні довжини тіла у чоловіків на 1 см цей діаметр буде зменшуватись на 0,15 мм. Не було доведено кореляції (p>0,05) між віком та іншими антропометричними параметрами.

Істотної різниці у віці серед двох груп чоловіків в залежності від індексу маси тіла: ІМТ до 25 кг/м² (n=7) та ІМТ понад ніж 25 кг/м² (n=19) не виявлено. Чоловіки зі синдромом Марфана та ІМТ понад 25 кг/м² були нижчими на 14 см: 1,74±0,07 м проти 1,88±0,08 м, ніж чоловіки групи з ІМТ менше 25 кг/м²

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів кореляції Пірсона (r) при оцінці взаємозв'язку між клінічними даними та розмірами діаметрів аорти у чоловіків зі синдромом Марфана

Показники		Діаметри аорти на різних рівнях аорти, мм					
		AoAnn	SoV	STH	Max	Mid-asc	High-asc
Вік, років	r	-0,19	-0,09	-0,28	-0,17	0,32	0,30
	p	0,33	0,65	0,14	0,38	0,10	0,12
Довжина тіла, см	r	0,17	0,34	0,38	0,14	-0,24	-0,39
	p	0,39	0,07	0,046	0,47	0,22	0,042
Маса тіла, кг	r	-0,11	0,17	0,18	0,24	0,24	0,15
	p	0,56	0,38	0,35	0,22	0,22	0,45
ІМТ, кг/м ²	r	-0,15	-0,01	-0,03	0,15	0,35	0,35
	p	0,46	0,97	0,88	0,45	0,07	0,07
ППТ, м ²	r	-0,07	0,26	0,27	0,25	0,14	0,02
	p	0,72	0,18	0,17	0,20	0,47	0,93

Примітки: AoAnn – аортальне кільце; SoV – синуси Вальсальви; STJ – синотубулярне з'єднання; Max – максимальна висхідна аорта; mid-asc – рівень середини висхідної аорти (на рівні біфуркації легеневого стовбура); high-asc – рівень аорти перед відходженням плечоголового стовбура.

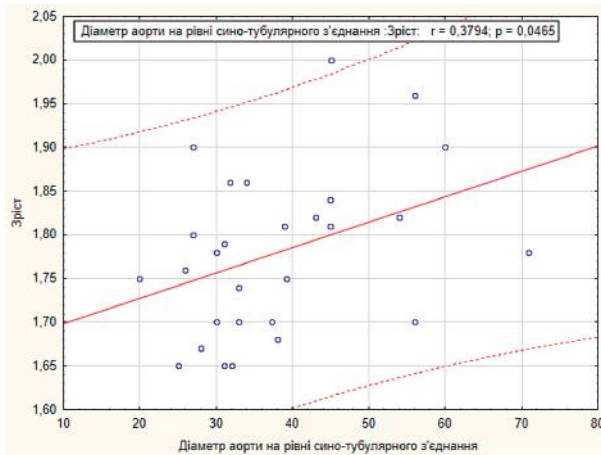


Рисунок 1 – Кореляційний зв'язок між довжиною тіла (зріст) та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання у чоловіків зі синдромом Марфана.

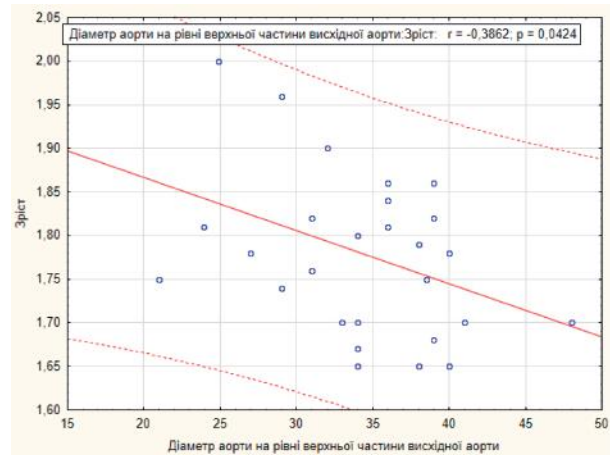


Рисунок 2 – Кореляційний зв'язок між довжиною тіла (зрістом) та діаметром аорти на рівні верхньої частини висхідної аорти (перед відходженням плечоголового стовбура) у чоловіків зі синдромом Марфана

($p=0,006$), натомість маса тіла була більшою на $13,19$ кг: $90,19 \pm 12,56$ кг проти $77,00 \pm 10,28$ кг ($p=0,032$) відповідно.

У діаметрах висхідної аорти залежно від ІМТ достовірних відмінностей не верифіковано ($p>0,05$). Однак слід зазначити, що в групі чоловіків з ІМТ понад 25 кг/м² діаметри аорти на рівні середньої частини висхідної аорти (рівень біфуркації легеневого стовбура) та висхідної аорти еперд відходженням плечоголового стовбура були дещо більшими, ніж у групі чоловіків з ІМТ менше 25 кг/м². Для порівняння, інші діаметри були меншими ($p>0,05$) (табл. 3).

Порівняння віково-антропометричних параметрів з діаметром висхідної аорти на рівні різних її частин у групі чоловіків із синдромом Марфана, в залежності на значення площі поверхні тіла: ППТ менше ніж $1,9$ м² ($n=5$) і ППТ $1,9$ м² і більше ($n=21$) показали відсутність різниці у віці та довжині тіла ($p>0,05$). Проте чоловіки з ППТ $1,9$ м² і більше мали значно більшу масу тіла (на $19,83$ кг): $90,43 \pm 11,42$ кг проти $70,60 \pm 7,40$ кг ($p<0,001$).

Не встановлено значних відмінностей між діаметром висхідної аорти на різних її рівнях та серед різних груп за площею поверхні тіла серед чоловіків із синдромом Марфана. Проте, вартує зазначити, що чотири діаметри аорти були дещо більшими в групі чоловіків з ППТ $1,9$ м² та більше: рівень аортального кільця (1), пазух аорти (2), синотубулярне з'єднання (3), розмір аорти на рівні біфуркації легеневого стовбура (4) ($p>0,05$) (табл. 4). Проте, максимальний діаметр висхідної аорти та діаметр аорти на рівні перед відходженням плечоголового стовбура мали дещо вищі значення у чоловіків з вищими показниками площі поверхні тіла (ППТ понад $1,9$ м²) ($p>0,05$).

У цьому дослідженні визначено діаметри висхідної аорти на різних рівнях аорти у чоловіків із синдромом Марфана української популяції. Вимірювання проведені на рівні аортального кільця, синус Вальсальви, синотубулярного з'єднання, максимальний діаметр висхідної аорти, рівень біфуркації

Таблиця 3 – Порівняння діаметрів аорти за різними категоріями індексу маси тіла (ІМТ) у чоловіків із синдромом Марфана

Параметри (діаметр)	BMI<25 кг/м ² (n=7)			BMI≥25 кг/м ² (n=19)			p
	M±SD	Min	Max	M±SD	Min	Max	
AoAnn	32,14±4,10	27,00	37,00	30,07±4,45	22,00	42,00	0,27
SoV	45,27±11,06	30,00	59,90	43,59±9,27	27,00	64,00	0,72
STJ	41,59±13,59	27,00	60,00	36,96±11,78	20,00	71,00	0,43
Max	44,21±11,51	36,50	62,00	43,80±10,61	24,00	72,00	0,93
Mid-asc	33,93±5,75	23,50	42,00	37,67±8,03	18,00	56,00	0,19
High-asc	32,27±4,38	24,90	38,00	34,88±6,26	21,00	48,00	0,24

Примітки: AoAnn – аортальне кільце; SoV – синуси Вальсальви; STJ – синотубулярне з'єднання; Max – максимальна висхідна аорта; mid-asc – рівень середини висхідної аорти (на рівні біфуркації легеневого стовбура); high-asc – рівень аорти перед відходженням плечоголового стовбура.

легеневого стовбура і діаметр висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура або безіменної артерії. Вимірювання аорти має критичне значення для пацієнтів із синдромом Марфана. Навіть незначне збільшення аорти, понад 2 мм, може бути показом до проведення кардіохірургічного втручання [9]. КТ з контрастуванням та ЕКГ-синхронізацією вважається «золотим стандартом» і є тим діагностичним інструментом «in vivo», який дозволяє провести морфометричний аналіз висхідної аорти [10]. Відпо-

Таблиця 4 – Порівняння діаметра висхідної аорти у чоловіків із синдромом Марфана та різною площею поверхні тіла (ППТ)

Параметри (діаметр)	ППТ<1,9 м ² (n=5)			ППТ≥1,9 м ² (n=21)			p
	M±SD	Min	Max	M±SD	Min	Max	
AoAnn	29,60±4,77	25,00	37,00	30,80±4,38	22,00	42,00	0,61
SoV	38,40±9,61	30,00	54,00	45,23±9,31	27,00	64,00	0,16
STJ	34,80±14,27	25,00	60,00	38,84±11,90	20,00	71,00	0,56
Max	44,00±10,27	38,00	62,00	43,88±10,93	24,00	72,00	0,98
Mid-asc	35,60±3,71	33,00	42,00	36,98±8,25	18,00	56,00	0,57
High-asc	36,60±3,58	32,00	41,00	33,71±6,21	21,00	48,00	0,17

Примітки: AoAnn – аортальне кільце; SoV – синуси Вальсальви; STJ – синотубулярне з'єднання; Max – максимальна висхідна аорта; mid-asc – рівень середини висхідної аорти (на рівні біфуркації легеневого стовбура); high-asc – рівень аорти перед відходженням плечоголового стовбура.

відно, це дослідження має потенціал значного впливу на тактику ведення та лікування пацієнтів.

Окрім цього, ми проаналізували зв'язок між віком, масою тіла, довжиною тіла, індексом маси тіла, площею поверхні тіла та діаметром висхідної аорти у чоловіків із синдромом Марфана. Довжина тіла має прямий зв'язок з діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання та зворотний – з діаметром висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура. Не було суттєвих відмінностей у діаметрі висхідної аорти залежно від ІМТ або ППТ у пацієнтів чоловічої статі зі синдромом Марфана. У попередніх публікаціях повідомляється, що діаметр аорти збільшується з віком [4]. натомість, у іншій статті не зазначено кореляції між віком і довжиною аорти [11], але кореляція з довжиною тіла все-таки наявна, що і виявлено в нашому дослідженні. Кореляція між розмірами аорти та площею поверхні тіла або індексом маси тіла все ще залишається предметом дискусії [12]. Широкий діапазон опублікованих даних щодо розмірів аорти не підходить для порівняння на основі відбору пацієнтів та діагностичних методів [9, 13, 14]. КТ з ЕКГ-синхронізацією є необхідним інструментом для порівняння вимірювань аорти на однакових рівнях висхідної аорти у пацієнтів із синдромом Марфана. Тому необхідні надалі дослідження та вивчення.

Обмеження дослідження. Це важливо зауважити, що попри інформативність, є декорі обмеження. По-перше, це одно-центрове дослідження. По-друге, існує обмеженість кількості пацієнтів із синдромом Марфана (n=26), обумовлена строгими критеріями включення і розширеними критеріями виключення. По-третє, результати зі залученої когорти пацієнтів зі синдромом Марфана може впливати на узагальненість те репрезентабельність висновків до широкі верстви населення.

Висновки.

У чоловіків зі синдромом Марфана діаметр аорти на рівні синотубулярного з'єднання збільшується зі зростанням довжини тіла та навпаки, діаметр на рівні висхідної аорти перед відходженням плечоголового стовбура зменшується. Вік, маса тіла, індекс маси тіла, площа поверхні тіла не мають значної кореляції із діаметром висхідної аорти у чоловіків зі синдромом Марфана.

Перспективи подальших досліджень.

Проведення багатоцентричних досліджень і розширення діагностичних модальностей обстеження для включення більшої кількості осіб зі синдромом Марфана. Для морфометричного аналізу висхідної аорти можна розглянути ширший спектр спадкових порушень сполучної тканини, включаючи синдром Елера-Данлоса та синдром Лойеса-Дітца.

References / Література

- Grewal N, Gittenberger-de Groot AC. Pathogenesis of aortic wall complications in Marfan syndrome. *Cardiovascular Pathology*. 2018;(33):62-9.
- Martín C, Evangelista A, Serrano-Fiz S, Villar S, Ospina V, Martínez D, et al. Aortic Complications in Marfan Syndrome: Should We Anticipate Preventive Aortic Root Surgery? *Ann Thorac Surg*. 2020;109(6):1850-7.
- Wenzel JP, Petersen E, Nikorowitsch J, Müller J, Kölbel T, Reichenspurner H, et al. Aortic root dimensions as a correlate for aortic regurgitation's severity. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021;37(12):3439-49.
- Chang HW, Kim SH, Hakim AR, Chung S, Kim DJ, Lee JH, et al. Diameter and growth rate of the thoracic aorta-analysis based on serial computed tomography scans. *J Thorac Dis*. 2020;12(8):4002-13.
- Suleiman MN, Freilinger S, Meierhofer C, May M, Bischoff G, Ewert P, et al. The relation of aortic dimensions and obesity in adults with Marfan or Loeys-Dietz syndrome. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2022;12(6):787-802.
- Lembrança L, Teivelis MP, Tachibana A, Dos Santos RS, Joo RW, Zippo E, et al. Thoracic aortic size in Brazilian smokers: measures using low-dose chest computed tomography anatomical and epidemiological assessment. *Clinics (Sao Paulo)*. 2021;76:e2315.
- Renner S, Schüler H, Alawi M, Kolbe V, Rybczynski M, Woitschach R, et al. Next-generation sequencing of 32 genes associated with hereditary aortopathies and related disorders of connective tissue in a cohort of 199 patients. *Genetics in Medicine*. 2019;21(8):1832-41.
- Hennessey B, Vera-Urquiza R, Mejía-Rentería H, Gonzalo N, Escaned J. Contemporary use of coronary computed tomography angiography in the planning of percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2020;36(12):2441-59.
- Kolck J, Trippel TD, Philipp K, Gehle P, Geisel D, Beetz NL. Updated 2022 ACC/AHA Guideline Improves Concordance Between TTE and CT in Monitoring Marfan Syndrome and Related Disorders, but Relevant Measurement Differences Remain Frequent. *Glob Heart*. 2024;23.
- Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022;146(24).
- Saade W, Vinciguerra M, Romiti S, Macrina F, Frati G, Miraldi F, et al. 3D morphometric analysis of ascending aortic as an adjunctive tool to predict type A acute aortic dissection. *J Thorac Dis*. 2021;13(6):3443-57.
- Forte E, Punzo B, Scavatore 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.
- Massias SA, Pittams A, Mohamed M, Ahmed S, Younas H, Harky A. Aortic root enlargement: When and how. *J Card Surg*. 2021;36(1):229-235.
- Flachskampf FA. How Exactly Do You Measure That Aorta? Lessons from Multimodality Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9(3):227-9.

КОРЕЛЯЦІЯ ДІАМЕТРА ВИСХІДНОЇ АОРТИ З ВІКОМ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ У ЧОЛОВІКІВ ІЗ СИНДРОМОМ МАРФАНА: КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Підвальна У. Є.

Резюме. Пацієнти з синдромом Марфана часто страждають від проблем з серцево-судинною системою, особливо часто від патології аорти. Кореляція діаметра висхідної аорти з віком та антропометричними показниками у чоловіків із синдромом Марфана досі залишається відкритим питанням, яке в Україні до кінця не вивчено. Мета дослідження – провести морфометричний аналіз висхідної аорти та встановити зв'язок між віком, масою тіла, довжиною тіла, індексом маси тіла, площею поверхні тіла і діаметром висхідної аорти у чоловіків із синдромом Марфана. Матеріали: DICOM-файли комп'ютерної томографії аорти з контрастуванням та ЕКГ-синхронізацією чоловіків із синдромом Марфана. Діаметр аорти вимірювали на рівнях: аортального кільця, синотубулярного з'єднання, синусів Вальсальви (пазух аорти), на рівні середньої частини висхідної

аорти, перед відходженням плечо-головного стовбура та максимальний діаметр висхідної аорти. Статистичний аналіз: t-критерій Стюдента, лінійна кореляція Пірсона та множинний регресійний аналіз. Середній вік чоловіків із синдромом Марфана (n=26) становив 56,61±16,11 року, довжина тіла – 1,78±0,09 м, маса тіла – 86,89±13,2 кг, індекс маси тіла 27,62±4,69 кг/м², площа поверхні тіла – 2,07±0,17 м². Кореляція між антропометричними даними та діаметром аорти з використанням парного кореляційного аналізу Пірсона показала статистично доведений прямий зв'язок між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання: r=+0,38, p=0,046, а також обернена залежність між довжиною тіла та діаметром висхідної аорти перед відходженням плечо-головного стовбура: r= -0,39, p=0,042. Покроковий регресійний аналіз показав достовірну чисельну залежність між довжиною тіла чоловіків із синдромом Марфана та діаметром висхідної аорти. Коефіцієнт регресії між довжиною тіла та діаметром аорти на рівні синотубулярного з'єднання становив R=0,38, p=0,048. Достовірних відмінностей у діаметрах висхідної аорти залежно від індексу маси тіла не було (p>0,05). Не виявлено вірогідних відмінностей між діаметром аорти на різних рівнях висхідної аорти у чоловіків із синдромом Марфана в різних категоріях за площею поверхні тіла. У чоловіків із синдромом Марфана діаметр синотубулярного з'єднання збільшується з довжиною тіла, на противагу діаметру висхідної аорти перед відходженням плечо-головного стовбура, який зменшується. Вік, маса тіла, індекс маси тіла та площа поверхні тіла не мають суттєвої кореляції з діаметром висхідної аорти у пацієнтів чоловічої статі зі синдромом Марфана.

Ключові слова: аорта, комп'ютерна томографія, синдром Марфана, людина, чоловік.

CORRELATION OF THE DIAMETER OF THE ASCENDING AORTIC WITH AGE AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN MEN WITH MARFAN SYNDROME: A CT STUDY

Pidvalna U. Ye.

Abstract. Patients with Marfan syndrome frequently experience cardiovascular issues, with aortic pathologies being prevalent. The correlation of the diameter of the ascending aortic with age and anthropometric parameters in men with Marfan syndrome is still an open question that needs to be fully explored in Ukraine. The study aimed to provide measurements on different levels of ascending aortic and establish a connection between age, weight, height, body mass index (BMI), body surface area (BSA) and ascending aortic diameters in men with Marfan syndrome. Materials: DICOM files with ECG-triggered contrast-enhanced computed tomography (CT) images of the aorta in males with Marfan syndrome. The diameter of the aorta was measured at the levels of aortic annulus, sinotubular junction, sinuses of Valsalva, mid-ascending aortic, high-ascending aortic, and maximal ascending aortic diameter. Statistical analysis: Student's t-test, Pearson's linear correlation and multiple regression analysis. The average age of men with Marfan syndrome (n=26) was 56.61±16.11 years, height – 1.78±0.09 m, weight – 86.89±13.2 kg, BMI 27.62±4.69 kg/m², BSA – 2.07±0.17 m². Correlation between and anthropometric data with CT aortic dimension by paired correlation Pearson analysis showed a direct relationship between the height and the diameter of the aorta at the level of the sinotubular junction was statistically proven: r=+0.38, p=0.046, as well as an inverse relationship between the height and the diameter of the high-ascending aortic: r= -0.39, p=0.042. The stepwise regression analysis showed a reliable numerical relationship between the height of men with Marfan syndrome and the diameter of the ascending aortic. The regression coefficient between the height and the diameter of the aorta at the level of the sinotubular junction was R=0.38, p=0.048. There were no significant differences in the diameters of the ascending aortic, depending on the BMI (p>0.05). No significant differences were found between the diameter of the aorta at different ascending aortic levels across different BSA categories in men with Marfan syndrome. In males with Marfan syndrome, the diameter of the sinotubular junction increases with height, opposite to the high-ascending aortic diameter, which decreases. Age, weight, body mass index, and body surface have no significant correlation with ascending aortic diameter in male Marfan patients.

Key words: aorta, computed tomography, Marfan syndrome, humans, male.

ORCID and contributionship: / ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Pidvalna U. Ye.: <https://orcid.org/0000-0001-7360-8111> ^{ABCDE}

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Pidvalna Uliana Yevgeniivna / Підвальна Уляна Євгенівна

Danylo Halatsky Lviv National Medical University / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Ukraine, 79010, Lviv, 69 Pekarska str. / Адреса: Україна, 79010, м. Львів, вул. Пекарська 69

Tel.: +380963551782 / Тел.: +380963551782

E-mail: pidvalna_uliana@meduniv.lviv.ua

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

Received 14.03.2024 / Стаття надійшла 14.03.2024 року

Accepted 20.08.2024 / Стаття прийнята до друку 20.08.2024 року