

may be useful for studying therapeutic and surgical interventions, which provides the opportunity to theoretically substantiate possible measures to counteract the primary impact of the shock wave explosion on the membranes of the eye.

Key words: eyeball, cornea, iris, retina, lens, shock wave, experiment, anatomy.

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

Abdul – Ogly L. V.: <https://orcid.org/0000-0002-6942-2397>^{ADEF}

Oliinyk K. A.: <https://orcid.org/0009-0002-4874-5741>^{BCDF}

Kosharnyi V. V.: <https://orcid.org/0000-0002-7815-3950>^{AB}

Rodynskyi O. G.: <https://orcid.org/0000-0002-8011-6104>^{AB}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Abdul – Ogly Larysa Volodymyrivna / Абдул-Огли Лариса Володимирівна
Dnipro State Medical University / Дніпровський державний медичний університет
Ukraine, 49000, Dnipro, 9 Volodymyr Vernadsky str. / Адреса: Україна, 49000, м. Дніпро, вул. Володимира
Вернадського 9
Tel.: +380673382495 / Тел.: +380673382495
E-mail: abdul-ogly@ukr.net

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 статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 24.07.2025 / Стаття надійшла 24.07.2025 року
Accepted 12.11.2025 / Стаття прийнята до друку 12.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-284-293

UDC 617-089.844

Baibakov V. M., Abramov S. V., Ostrovska S. S., Khabotova N. V.,

Rodionov V. K., Antonova O. V., Tereshchenko N. M.

MORPHO-FUNCTIONAL SUBSTITUTION OF OPTIMAL METHODS OF SURGICAL CORRECTION OF TESTICLE DRAINAGE SYSTEM DISORDERS

European Medical University (Dnipro, Ukraine)

baybakov-vm@ukr.net

The study of the features of the organization of morphological structures of testicular drainage systems in the development of minimally invasive methods of surgical correction and reducing the risk of male infertility in the postoperative period is a relevant topic of scientific research. In this work, the total number of vessels of various calibers and nerves of the spermatic cord at three levels was determined on male testicular biopsies by morphological methods using morphometry: a fragment of the spermatic cord in the area of the deep ring of the inguinal canal, the middle third and the distal section of the spermatic cord. The obtained data of morphological and morphometric study of spermatic cord samples confirm the assumption that in the proximal part of the cord there are blood vessels that are larger in size and less significant in number, and nerves, whose diameter is objectively smaller than the nerve trunks, are more concentrated in the direction of the distal part of the cord. It is shown that at all three levels of the studied preparations, the nerves are located in close proximity to the venous vessels, in some places they are tightly adjacent to their walls, which, apparently, makes it possible to isolate the neurovascular bundle with clearly visible larger vessels and at the same time preserve a larger number of nerves. Based on the data obtained, it is proven that the optimal area for surgical intervention in case of violations of the drainage systems of the testicle is the zone at the level of the deep inguinal ring, which significantly reduces the risk of male infertility in the postoperative period.

Key words: testicular drainage systems, spermatic cord, surgical interventions, testicular biopsies, morphometry of histological preparations, total area of vessels and nerves, reduction of the risk of male infertility.

Connection of the publication with planned research work.

The study is a fragment of the research work of the Department of Surgical Diseases: "Development and improvement of methods of diagnostics and surgical treatment of abdominal organs in acute surgical diseases and their complications", state registration number 0118U004202.

Introduction.

The study of the principles of the organization of morphological features of the drainage systems of the testicle, as structures of the male reproductive system, remains a relevant area of clinical and morphological research [1, 2, 3, 4]. As is known, pathological changes in these systems are quite common in the structure of surgical diseases of the testicle and lead to impaired sper-

matogenesis and, as a result, to a high risk of developing male infertility [5, 6]. When analyzing clinical and experimental data in the pathogenesis of infertility in men, the presence of general patterns was noted, which were based on the disruption of the drainage systems of the testicle during traditional methods of surgical correction [7]. Such interventions lead to damage to the testicular vessels, cremaster muscle, anastomoses between the testicular vessels and the vaginal process of the peritoneum, which causes a high probability of developing testicular circulatory disorders [8, 9]. The above factors can subsequently lead to testicular atrophy, the development of hormonal function disorders and fertility in the reproductive period [10].

Traditional methods of surgical treatment of diseases accompanied by impaired testicular drainage systems include removal of the vaginal process of the peritoneum with its complete transverse section together with the cremaster muscle at the level of the external inguinal ring without opening the inguinal canal [11]. However, despite the relative reliability and ease of performing surgical interventions due to the section of the vaginal process of the peritoneum in the area of the spermatic cord with intensive blood circulation and a large number of anastomoses, these methods lead to the destruction of important vascular collaterals of the testicular drainage systems, which causes a high risk of testicular atrophy in the postoperative period and the development of male infertility [12].

The aim of the study.

Study and determination of the features of the organization of morphological structures of the testicular drainage systems in the development of minimally invasive methods of surgical correction and reducing the risk of male infertility in the postoperative period.

Object and research methods.

The object of the study was testicular biopsies taken during necropsy of mature men (22-35 years old). The study of the structure and interrelationships of the parameters of the testicular drainage systems was carried out at the morphological stage of the study. Sperm cord samples were used at three levels: a fragment of the spermatic cord in the area of the deep ring of the inguinal canal, the middle third and the distal part of the spermatic cord.

The morphological state of the testicular drainage systems was studied by staining paraffin sections with hematoxylin-eosin, the Mallory-Slinchenko method with subsequent morphometry in a light microscope "Biol-am" with a binocular attachment AU. Measurements were made on histological preparations of the testicles using the morphometric ruler AM-9-4 and the Stefanov grid with 25 dots. The external diameters of arterioles, capillaries, venules and nerves were measured. In addition, the presence of arterioles, capillaries, venules and nerves per unit area of interstitial tissue was calculated. Pearson's pairwise correlation coefficients (r) were calculated with an assessment of its significance level (p) and the strength of the relationship.

The Bioethics Commission, based on the minutes of the meeting of the Biomedical Ethics Commission of the European Medical University (No. 1 of January 17, 2024), did not identify any violations of moral and ethical norms during the conduct of scientific research.

Research results and their discussion.

During microscopic examination of preparations of spermatic cord fragments in the area of the deep ring of the inguinal canal, morphological data were obtained, shown in table 1, fig. 1, 2.

Table 1 – Total area (10⁻³ mm²) and total number of nerves with vessels of the spermatic cord in the area of the deep ring of the inguinal canal

Types of blood vessels and nerves	Drug No. 1a		Drug No. 1b		Total		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Arteries	8	16.6505	8	34.7300	16	51.3805	3.2113
Veins	17	23.6246	11	14.6265	28	38.2511	1.3661
Arterioles	11	1.8377	7	0.9759	18	2.8136	0.1563
Venules	16	1.1341	14	1.1340	30	2.2681	0.0756
Nerves	3	0.2200	1	0.1486	4	0.3686	0.0922
Nerve trunks	1	1.1322	3	2.4479	4	3.5801	0.8950

Notes: n – number; S – total area; Sn – area of the 1st vessel/nerve (10⁻³ mm²).

The total number of large vessels in all sections of the first and second preparations is: 16 arteries with a total area of 51.3805·10⁻³ mm²; 28 veins with an area of 38.2511·10⁻³ mm². The total area of the identified 18 arterioles was 2.8136·10⁻³ mm²; 30 venules – 2.2681·10⁻³ mm². 4 nerves with a total area of 0.3686·10⁻³ mm² and

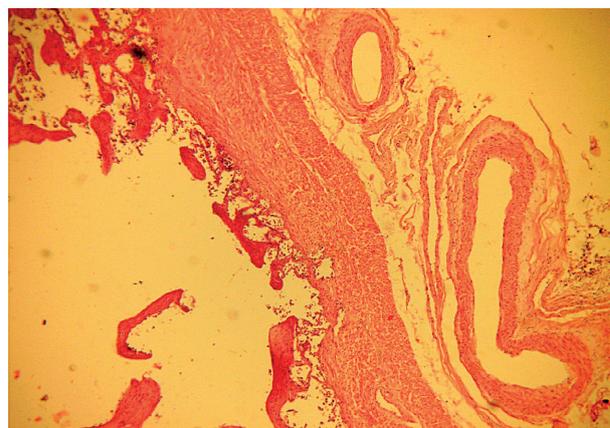


Figure 1 – Section of spermatic cord fragments in the area of the deep ring of the inguinal canal. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification: x56.

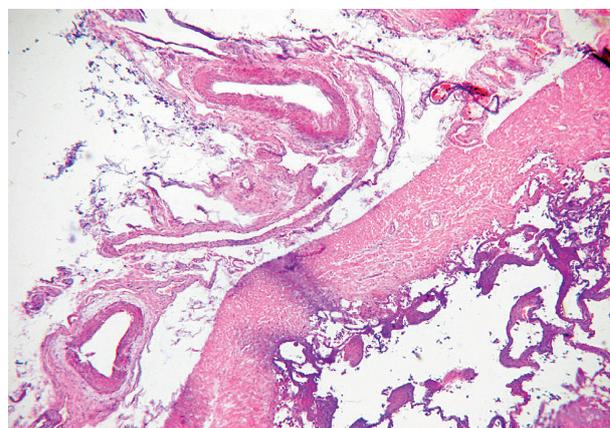


Figure 2 – Section of spermatic cord fragments in the area of the deep ring of the inguinal canal. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification: x56.

4 nerve trunks with an area of $3.5801 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ were also identified.

When studying histological preparations of fragments of the middle third of the spermatic cord, the results presented in **table 2, fig. 3, 4** were obtained.

- the total number of detected arteries is 22 with a total area – $15,6185 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$;
- area of 46 veins – $17.2368 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$;
- area of 34 arterioles – $3.350 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$;
- area of 44 identified venules – $3.2993 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$.

Also found were 6 nerves with a total area of $0.4701 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ and 6 nerve trunks with an area of $6.2528 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$.

Table 2 – Total area (10-3 mm2) and total number of nerves with vessels of the spermatic cord at the level of the middle third of the inguinal canal

Types of blood vessels and nerves	Drug No. 2a		Drug No. 2b		Total		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Arteries	12	7.3348	10	8.2837	22	15.6185	0.7099
Vein	28	10.1230	18	7.1138	46	17.2368	0.3747
Arterioles	16	2.1222	18	1.2278	34	3.3500	0.0985
Venules	19	1.7265	25	1.5728	44	3.2993	0.0750
Nerves	5	0.3032	1	0.1669	6	0.4701	0.0784
Nerve trunks	2	2.0843	4	4.1685	6	6.2528	1.0421

Notes: n – Number; S – total area; Sn – area of the 1st vessel/nerve (10^{-3} mm^2).

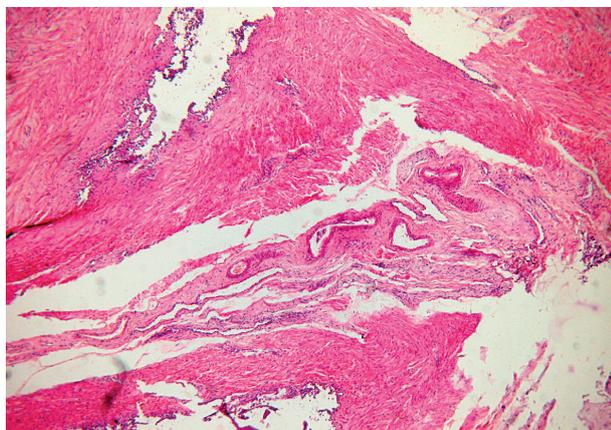


Figure 3 – Section of fragments of the spermatic cord in the middle third. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification: $\times 56$.

Table 3 – Total area (10^{-3} mm^2) and total number of nerves with vessels of the spermatic cord at the level of the distal third of the inguinal canal

Types of blood vessels and nerves	Drug No. 3a		Drug No. 3b		Total		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Arteries	15	7.8778	13	6.8774	28	14.7552	0.5270
Vein	32	11.5751	26	11.2341	58	22.8092	0.3933
Arterioles	19	0.5679	23	0.6649	42	1.2328	0.0294
Venules	22	0.9620	28	0.9880	50	1.9500	0.0390
Nerves	8	0.5273	10	0.6573	18	1.1846	0.0658
Nerve trunks	3	3.0843	5	4.0836	8	7.1679	0.8960

Notes: n – Number; S – сумарна площа; Sn – area of the 1st vessel/nerve (10^{-3} mm^2).

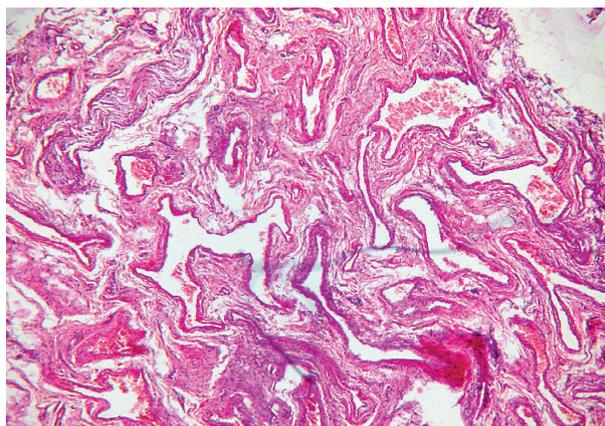


Figure 4 – Section of spermatic cord fragments in the proximal section. Hematoxylin-eosin staining. Magnification: $\times 56$.

When studying histological sections of the distal part of the spermatic cord, located directly in the posterior surface of the testis, the results presented in **table 3, fig. 4** were obtained.

The total number of arteries in all sections is 28 with a total area of $14.7552 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$; the area of the detected 58 veins is $22.8092 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$; the area of 42 arterioles is $1.2328 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$; the area of 50 venules is $1.950 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$. Also, 18 nerves with a total area of $1.1846 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ and 8 nerve trunks with an area of $7.1679 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ were detected.

When comparing all morphometric results in preparations from different fragments of the spermatic cord, the following patterns were established. The number of vessels and nerves increases towards the distal part of the cord (**fig. 5**). Thus, in the structure of the total number of arteries found in all 6 analyzed fragments, the share of the proximal part is 24.3% (16 out of 66 arteries), the share of the middle third of the inguinal canal is 33.3% (22 out of 66). The remaining 42.4% (28 out of 66) of arteries are found in the distal part of the spermatic cord ($p < 0.05$ compared with the area of the deep ring of the inguinal canal).

The total number of veins (according to the results of studies of sections of the first and second preparations) in the proximal section is significantly less than in the middle (28 versus 46; $p < 0.05$) and distal sections of the cord (28 versus 58; $p < 0.05$). The same trends were noted for the total number of arterioles and venules. It is the smallest in the sections of the deep ring of the inguinal canal (18 arterioles and 30 venules) and the largest in the distal section of the spermatic cord (42 arterioles and 50 venules; $p < 0.05$ compared with the proximal section). The greatest differences between the studied areas of the cord were found for the number of detected nerves, the largest proportion of which was located in the distal section (18 out of 28, which is 64.3% of the total number of nerves). The number of nerve trunks in the proximal section of the cord ranged from 1 to 3, in the middle section – from 2 to 4, while in the distal section – from 3 to 5 (**tables 1-3**).

Comparative analysis of morphometric characteristics of vascular and nerve plexuses at different levels of the spermatic cord showed opposite trends.

It was established that the largest sizes of large vessels are characteristic of the proximal part of the cord: the average area of one artery in this area ($3.2113 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) is 4.52 times greater than that in the middle part

($0.7099 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$), and 6.09 times greater than the area of an artery in the distal part of the spermatic cord ($0.527 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$), located directly in the posterior surface of the testicle (fig. 6).

The average area of a single vein in the proximal part of the cord ($1.3661 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) is approximately 3.65 times greater than that in the middle part ($0.3747 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) and 3.47 times greater than that in the distal part ($0.3933 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$).

The average size of arterioles in the area of the deep ring of the inguinal canal ($0.1563 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) is 1.59 times larger than the average size of arterioles in the area of the middle third of the spermatic cord, and the area of venules ($0.0756 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) practically coincides with the size of vessels located in the middle third of the spermatic cord ($0.0985 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ and $0.0750 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$, respectively). Arterioles and venules located in the distal part of the cord have the smallest sizes – $0.0294 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ and $0.0390 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$.

The average sizes of nerve trunks and nerves along the entire length of the spermatic cord did not differ significantly. Moreover, the area of the nerve was on average 9.7-13.6 times smaller than the area of the nerve trunk. In general, analyzing the indicators of the total area of vessels from different sections of the spermatic cord, it should be noted that the area of arteries and veins is the largest in the proximal section. Their specific weight in the total area of all arteries detected in 6 preparations ($81.7542 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$) is 62.9% (51.3805 out of $81.7542 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$), while in the middle section – 19.1%, in the distal – 18.0%. About 48.9% of the area occupied by veins also falls on the section of the deep ring of the inguinal canal.

The total area of arterioles and venules is largest in the middle third of the cord, the smallest in its distal part. At the same time, the total area of nerves is smallest in the proximal section ($0.3686 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$, which is 18.2% of the total area of all detected nerves), slightly larger in the middle section ($0.4701 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ or 23.2%) and largest in the distal section ($1.1846 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ or 58.6%). The total area of nerve trunks also tends to increase towards the distal section of the spermatic cord, i.e. closer to the posterior surface of the testis (fig. 7).

Conclusions.

1. The obtained data of morphological study of spermatic cord samples confirm the assumption that in the proximal part of the cord there are blood vessels that are larger in size and less significant in number, and nerves, whose diameter is objectively smaller than the nerve trunks, are more pronounced in the direction of the distal part of the cord.

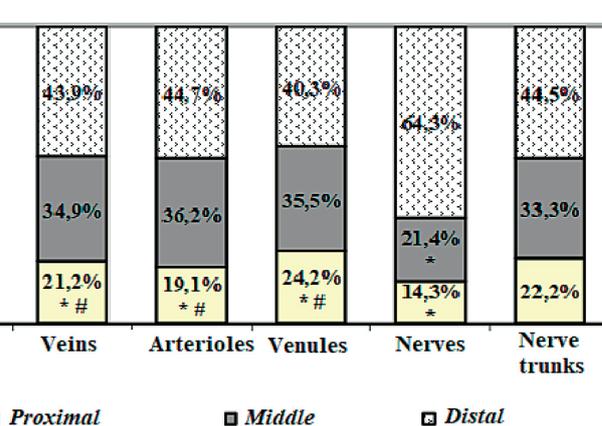


Figure 5 – Quantitative composition of vessels and nerves found in different parts of the spermatic cord.

Notes: * – $p < 0.05$ compared with the distal section; # – $p < 0.05$ compared with the section of the middle third of the inguinal canal.

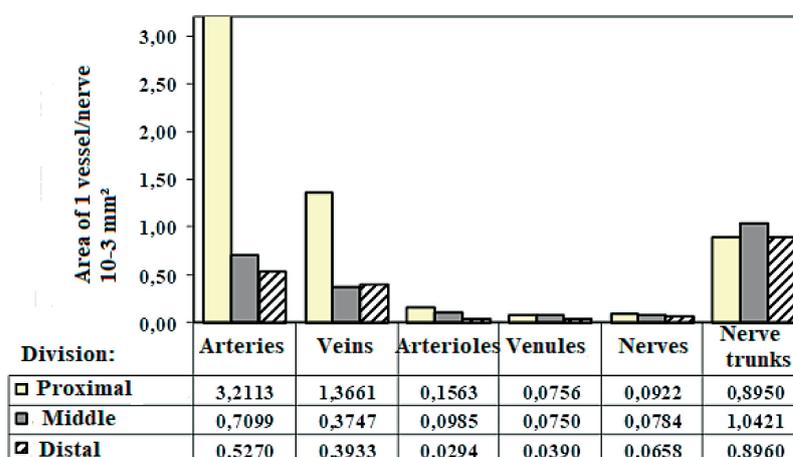


Figure 6 – Average area of a single vessel/nerve found in different parts of the spermatic cord.

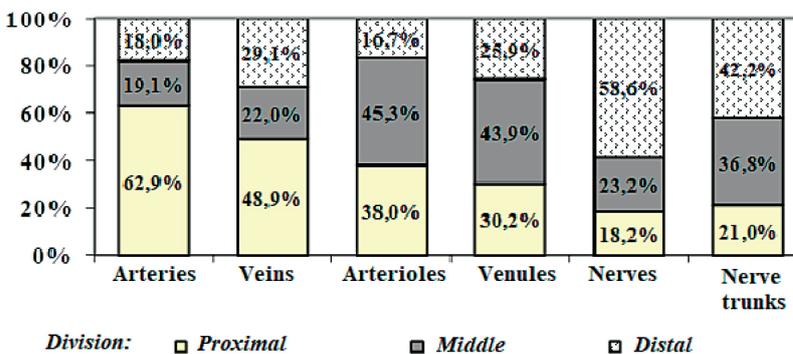


Figure 7 – Structure of indicators of the total area of vessels and nerves found in different parts of the spermatic cord.

2. The dense nerve network in the upper part of the spermatic cord determines the structural features of the plexus of the testicle, in places a well-pronounced variety of vessels of the arterial and venous bed of various calibers is determined, which, apparently, ensures sufficient blood supply to the testicle in its various positions.

3. Nerves at all three levels of the studied preparations are located in close proximity to venous vessels, in places they are tightly adjacent to the walls of venous vessels, which, apparently, makes it possible to isolate a neurovascular bundle with clearly visible large vessels and at the same time preserve a larger number of nerves adjacent to these vessels.

4. Based on the obtained research data, it was proven that the optimal area for surgical intervention in case of violations of the drainage systems of the testicle is the zone at the level of the deep inguinal ring, which significantly reduces the risk of developing male infertility in the postoperative period.

Prospects for further research.

Development and implementation in general practice of minimally invasive methods of treatment of surgical diseases of the testicle, which significantly reduces the risk of developing male infertility in the postoperative period.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-284-293

УДК 617-089.844

Байбаков В. М., Абрамов С. В., Островська С. С., Хоботова Н. В., Родіонов В. К., Антонова О. В., Терещенко Н. М.

МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МЕТОДИК ХІРУРГІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ ПОРУШЕНЬ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ЯЄЧКА

Європейський медичний університет (м. Дніпро, Україна)

baybakov-vm@ukr.net

Вивчення особливостей організації морфологічних структур дренажних систем яєчка в розробці малоінвазивних методів хірургічної корекції та зниження ризику розвитку чоловічого безпліддя в післяопераційному періоді є актуальною темою наукових досліджень. В даній роботі на чоловічих біоптатах яєчка морфологічними методами з застосуванням морфометрії було визначено сумарну кількість судин різного калібру та нервів сім'яного канатика на трьох рівнях: фрагмент сім'яного канатика в ділянці глибокого кільця пахового каналу, середньої третини та дистальної ділянки сім'яного канатика. Отримані дані морфологічного та морфометричного дослідження зразків сім'яного канатика підтверджують припущення, що у проксимальному відділі канатика розташовані більш значні за розміром і менш значні за кількістю кровоносні судини, а нерви, діаметр яких об'єктивно менше нервових стовбурів, більше зосереджені в напрямку дистального відділу канатика. Показано, що на всіх трьох рівнях досліджуваних препаратів нерви розташовуються в безпосередній близькості до венозних судин, місцями щільно прилягають до їх стінок, що, очевидно, дає можливість виділяти судинно-нервовий пучок з добре помітними більш крупними судинами й одночасно зберігати більшу кількість нервів. На підставі отриманих даних доведено, що оптимальною ділянкою для оперативного втручання при порушеннях дренажних систем яєчка є зона на рівні глибокого пахвинного кільця, що істотно знижує ризик розвитку чоловічого безпліддя в післяопераційному періоді.

Ключові слова: дренажні системи яєчка, сім'яний канатик, хірургічні втручання, біоптати яєчок, морфометрія гістологічних препаратів, зниження ризику чоловічого безпліддя.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження є фрагментом НДР кафедри хірургічних хвороб: «Розробка та удосконалення методів діагностики і хірургічного лікування органів черевної порожнини при гострих хірургічних захворюваннях та їх ускладненнях», номер державної реєстрації 0118U004202.

Вступ.

Вивчення принципів організації морфологічних особливостей дренажних систем яєчка, як структур чоловічої статеві системи, залишаються актуальними напрямками клініко-морфологічних досліджень [1, 2, 3, 4]. Як відомо, патологічні зміни цих систем досить поширені в структурі хірургічних захворювань яєчка та призводять до порушення сперматогенезу і, як наслідок, до високого ризику розвитку чоловічого безпліддя [5, 6]. При аналізі клінічних і експериментальних даних в патогенезі безпліддя у чоловіків відмічалась наявність загальних закономірностей, в основі яких було порушення дренажних систем яєчка при проведенні традиційних методик хірургічної корекції [7]. Такі втручання призводять до пошкодження тестикулярних судин, кремастерного м'язу, анастомозів між тестикулярними судинами та вагінальним відростком очеревини, що зумовлює високу імовірність розвитку порушень тестикулярного

кровообігу [8, 9]. Наведені чинники, у подальшому, можуть призводити до атрофії яєчка, розвитку порушень гормональної функції та фертильності у репродуктивному періоді [10].

Традиційні методики хірургічного лікування захворювань, що супроводжуються порушенням дренажних систем яєчка містять видалення вагінального відростка очеревини з повним його перетином уперек разом з кремастерним м'язом на рівні зовнішнього пахвинного кільця без розкриття пахвинного каналу [11]. Проте, не зважаючи на відносну надійність та простоту виконання оперативних втручань внаслідок перетину вагінального відростка очеревини в зоні сім'яного канатика з інтенсивним кровообігом та великою кількістю анастомозів, ці методики призводять до руйнування важливих судинних колатералей дренажних систем яєчка, що зумовлює високий ризик атрофії яєчка у післяопераційному періоді та розвитку чоловічого безпліддя [12].

Мета дослідження.

Дослідження та визначення особливостей організації морфологічних структур дренажних систем яєчка в розробці малоінвазивних методик хірургічної корекції та зниження ризику розвитку чоловічого безпліддя в післяопераційному періоді.

Об'єкт і методи дослідження.

Об'єктом дослідження були біоптати яєчок, забраних при некропсії чоловіків зрілого віку (22-35 років). Вивчення структури та взаємозв'язків параметрів дренажних систем яєчка проводили на морфологічному етапі дослідження. Використовували зразки сім'яного канатика на трьох рівнях: фрагмент сім'яного канатика в ділянці глибокого кільця пахового каналу, середньої третини та дистальної ділянки сім'яного канатика.

Морфологічний стан дренажних систем яєчка вивчали методами забарвлення парафінових зрізів гематоксиліном-еозіном, методом Малорі-Слінченко з подальшою морфометрією в світловому мікроскопі «Біолам» з бінокулярною приставкою АУ. На гістологічних препаратах яєчок проводили заміри за допомогою морфометричної лінійки АМ-9-4 та сітки Стефанова на 25 крапок. Піддавались замірам зовнішні діаметри артеріол, капілярів, венул і нервів. Крім того вираховувалось знаходження в одиниці площі інтерстиційної тканини артеріол, капілярів, венул і нервів. Розраховували коефіцієнти парної кореляції Пірсона (r) з оцінкою його рівня значимості (p) і сили зв'язку.

Комісією з питань біоетики з протоколу засідання комісії з біомедицини етики Європейського медичного університету (№ 1 від 17 січня 2024 р.) порушень морально-етичних норм при проведенні науково-дослідної роботи не виявлено.

Результати дослідження та їх обговорення.

При мікроскопічному дослідженні препаратів фрагментів сім'яного канатика в ділянці глибокого кільця пахового каналу, були отримані морфологічні дані, наведені у таблиці 1, рис. 1, 2.

Сумарна кількість великих судин у всіх зрізах першого й другого препаратів становить: 16 артерій із загальною сумарною площею $51,38053805 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$; 28 вен з площею $38,2511 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$. Сумарна площа виявлених 18 артеріол склала $2,8136 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$; 30 венул – $2,2681 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$. Також виявлено 4 нерва загальною площею $0,3686 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$ та 4 нервових стовбури площею $3,5801 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$.

При дослідженні гістологічних препаратів фрагментів середньої третини сім'яного канатика були отримані результати, представлені в таблиці 2, рис. 3, 4:

- сумарна кількість виявлених артерій становить 22 із загальною площею $15,6185 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$;

Таблиця 1 – Сумарна площа (10-3 мм2) та сумарна кількість нервів з судинами сім'яного канатика в ділянці глибокого кільця пахвинного каналу

Види судин і нервів	Препарат № 1а		Препарат № 1б		Загалом		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Артерії	8	16.6505	8	34.7300	16	51.3805	3.2113
Вени	17	23.6246	11	14.6265	28	38.2511	1.3661
Артеріоли	11	1.8377	7	0.9759	18	2.8136	0.1563
Венули	16	1.1341	14	1.1340	30	2.2681	0.0756
Нерви	3	0.2200	1	0.1486	4	0.3686	0.0922
Нервові стовбури	1	1.1322	3	2.4479	4	3.5801	0.8950

Примітки: n – кількість; S – сумарна площа; Sn – площа 1-ї судини/нерва (10^{-3} мм^2).

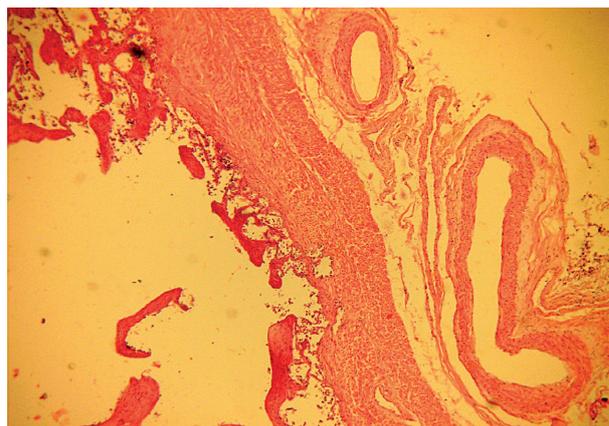


Figure 1 – Section of spermatic cord fragments in the area of the deep ring of the inguinal canal. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification: x56.

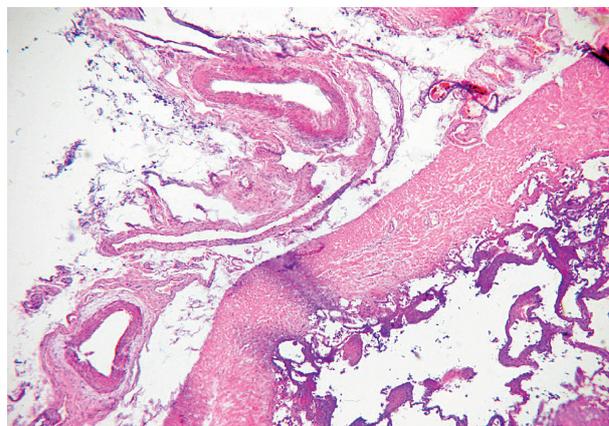


Figure 2 – Section of spermatic cord fragments in the area of the deep ring of the inguinal canal. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification: x56.

- площа 46 вен – $17,2368 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$;
- площа 34 артеріол – $3,350 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$;
- площа виявлених 44 венул – $3,2993 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$.

Також виявлено 6 нервів загальною площею $0,4701 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$ і 6 нервових стовбура площею $6,2528 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$.

При дослідженні гістологічних зрізів дистальної ділянки сім'яного канатика, розташованого безпосередньо в задній поверхні яєчка, були отримані результати, представлені в таблиці 3, рис. 4.

Сумарна кількість артерій у всіх зрізах становить 28 із загальною площею $14,7552 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$; площа виявлених 58 вен – $22,8092 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$; площа 42 ар-

Таблиця 2 – Сумарна площа (10-3 мм2) та сумарна кількість нервів з судинами сім'яного канатика на рівні середньої третини пахового каналу

Види судин і нервів	Препарат № 2а		Препарат № 2б		Загалом		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Артерії	12	7.3348	10	8.2837	22	15.6185	0.7099
Вени	28	10.1230	18	7.1138	46	17.2368	0.3747
Артеріоли	16	2.1222	18	1.2278	34	3.3500	0.0985
Венули	19	1.7265	25	1.5728	44	3.2993	0.0750
Нерви	5	0.3032	1	0.1669	6	0.4701	0.0784
Нервові стовбури	2	2.0843	4	4.1685	6	6.2528	1.0421

Примітки: n – кількість; S – сумарна площа; Sn – площа 1-ї судини/нерва (10^{-3} мм^2).

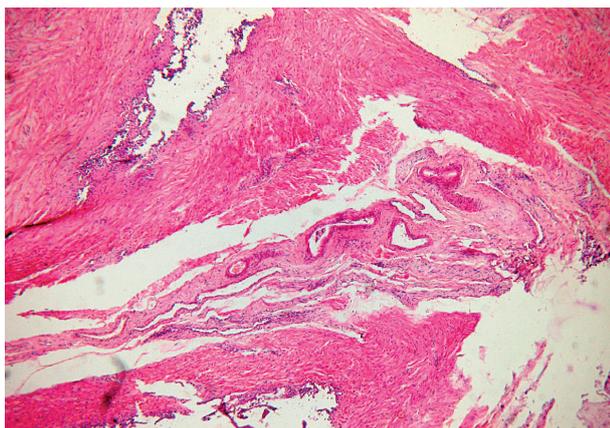


Рисунок 3 – Зріз фрагментів сім'яного канатика в середній третині. Забарвлення гематоксиліном-еозином. 3б.: ×56.

Таблиця 3 – Сумарна площа (10^{-3} мм²) та сумарна кількість нервів з судинами сім'яного канатика на рівні дистальної третини пахового каналу

Види судин і нервів	Препарат № 3а		Препарат № 3б		Загалом		
	n	S	n	S	n	S	Sn
Артерії	15	7.8778	13	6.8774	28	14.7552	0.5270
Вени	32	11.5751	26	11.2341	58	22.8092	0.3933
Артеріоли	19	0.5679	23	0.6649	42	1.2328	0.0294
Венули	22	0.9620	28	0.9880	50	1.9500	0.0390
Нерви	8	0.5273	10	0.6573	18	1.1846	0.0658
Нервові стовбури	3	3.0843	5	4.0836	8	7.1679	0.8960

Примітки: n – кількість; S – сумарна площа; Sn – площа 1-ї судини/нерва (10^{-3} мм²).

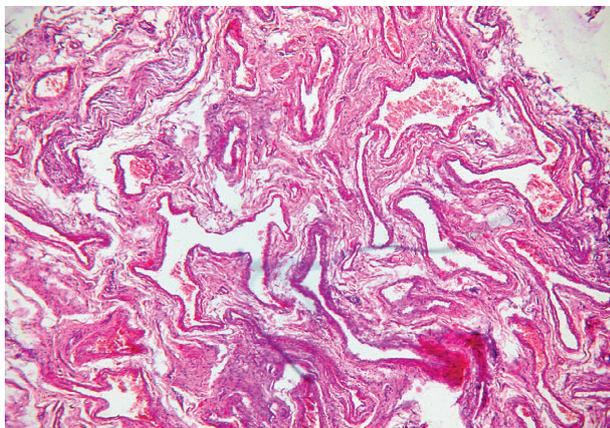


Рисунок 4 – Зріз фрагментів сім'яного канатика в проксимальному відділі. Забарвлення гематоксиліном-еозином. 3б.: ×56.

теріол – $1,2328 \cdot 10^{-3}$ мм²; площа 50 венул – $1,950 \cdot 10^{-3}$ мм². Також виявлено 18 нервів загальною площею $1,1846 \cdot 10^{-3}$ мм², і 8 нервових стовбурів площею $7,1679 \cdot 10^{-3}$ мм².

При порівнювальному оцінюванні всіх морфометричних результатів у препаратах із різних фрагментів сім'яного канатика встановлено наступні закономірності. Кількість судин і нервів зростає в напрямку дистального відділу канатика (рис. 5). Так, в структурі загальної кількості артерій, виявлених в усіх 6 проаналізованих фрагментах, частка проксимального відділу становить 24,3% (16 із 66 артерій), частка середньої третини пахового каналу – 33,3% (22 із 66). Інші 42,4% (28 із 66) артерій виявлені у дистальній

ділянці сім'яного канатика ($p < 0,05$ порівняно з ділянкою глибокого кільця пахового каналу).

Загальна кількість вен (по результатах досліджень зрізів першого й другого препаратів) в проксимальному відділі достовірно менша, ніж в середньому (28 проти 46; $p < 0,05$) і дистальному відділах канатика (28 проти 58; $p < 0,05$). Такі ж тенденції відзначено і для загальної кількості артеріол і венул. Вона найменша у ділянках глибокого кільця пахового каналу (18 артеріол і 30 венул) і найбільша в дистальній ділянці сім'яного канатика (42 артеріоли і 50 венул; $p < 0,05$ порівняно з проксимальним відділом). Найбільші розбіжності між досліджуваними ділянками канатика встановлені для кількості виявлених нервів, більша частка яких розташовувалась в дистальному відділі (18 із 28, що становить 64,3% від загальної кількості нервів). Кількість нервових стовбурів в проксимальному відділі канатика коливалась від 1 до 3, в середньому відділі – від 2 до 4, тоді як в дистальному відділі – від 3 до 5 (таблиці 1-3).

Порівняльний аналіз морфометричних характеристик судинних і нервових сплетень на різних рівнях сім'яного канатика показав протилежні тенденції.

Встановлено, що найбільші розміри великих судин характерні для проксимального відділу канатика: середня площа однієї артерії в цій ділянці ($3,2113 \cdot 10^{-3}$ мм²) в 4,52 разів перевищує таку в середньому відділі ($0,7099 \cdot 10^{-3}$ мм²), і в 6,09 разів більше за площу артерії в дистальній ділянці сім'яного канатика ($0,527 \cdot 10^{-3}$ мм²), розташованого безпосередньо в задній поверхні яєчка (рис. 6).

Показник середньої площі однієї вени в проксимальному відділі канатика ($1,3661 \cdot 10^{-3}$ мм²) приблизно в 3,65 разів більше такого в середньому відділі ($0,3747 \cdot 10^{-3}$ мм²) та в 3,47 разів більше, ніж в дистальному відділі ($0,3933 \cdot 10^{-3}$ мм²).

Середні розміри артеріол в ділянці глибокого кільця пахового каналу ($0,1563 \cdot 10^{-3}$ мм²) в 1,59 рази перевищують середній розмір артеріол в ділянці середньої третини сім'яного канатика, а площа венул ($0,0756 \cdot 10^{-3}$ мм²) практично співпадає з розмірами судин, розташованих в середній третині сім'яного канатика ($0,0985 \cdot 10^{-3}$ мм² і $0,0750 \cdot 10^{-3}$ мм², відповідно). Артеріоли і венули, розташовані в дистальній ділянці канатика, мають найменші розміри – $0,0294 \cdot 10^{-3}$ мм² і $0,0390 \cdot 10^{-3}$ мм².

Показники середніх розмірів нервових стовбурів і нервів на всій протяжності сім'яного канатика суттєво не відрізнялись. Причому площа нерва була в середньому в 9,7-13,6 разів менше площі нервового стовбура. У цілому, аналізуючи показники сумарної площі судин із різних ділянок сім'яного канатика, слід відзначити, що площа артерій і вен найбільша в проксимальному відділі. Їх питома вага в загальній площі всіх артерій, виявлених в 6 препаратах ($81,7542 \cdot 10^{-3}$ мм²), становить 62,9% ($51,3805$ із $81,7542 \cdot 10^{-3}$ мм²), в той час як в середній ділянці – 19,1%, в дистальній – 18,0%. Близько 48,9% площі, зайнятих венами, також припадає на ділянку глибокого кільця пахового каналу.

Сумарна площа артеріол і венул найбільша в середній третині канатика, найменша – в дистальній його частині. Водночас, сумарна площа нервів найменша в проксимальному відділі ($0,3686 \cdot 10^{-3}$ мм², що становить 18,2% від загальної площі всіх виявлених

нервів), дещо більша в середньому відділі ($0,4701 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$ або 23,2%) і найбільша в дистальній ділянці ($1,1846 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$ або 58,6%). Сумарна площа нервових стовбурів також має тенденцію до зростання в напрямку дистальної ділянки сім'яного канатика, тобто ближче до задньої поверхні яєчка (рис. 7).

Висновки.

1. Отримані дані морфологічного дослідження зразків сім'яного канатика підтверджують припущення, що у проксимальному відділі канатика розташовані більш значні за розміром і менш значні за кількістю кровоносні судини, а нерви, діаметр яких об'єктивно менше нервових стовбурів, більше виражені в напрямку дистального відділу канатика.

2. Густа нервова сітка у верхньому відділі сім'яного канатика визначає особливості будови лозовидного венозного сплетіння яєчка, місцями визначається добре виражена різноманітність судин артеріального й венозного русла різноманітного калібру що, очевидно, забезпечує достатнє кровопостачання яєчка в різних його положеннях.

3. Нерви на всіх трьох рівнях досліджуваних препаратів розташовуються в безпосередній близькості до венозних судин, місцями щільно прилягають до стінок венозних судин, що, очевидно, дає можливість виділяти судинно-нервовий пучок з добре помітними крупними судинами й одночасно зберігати більшу кількість нервів, що прилягають до цих судин.

4. На підставі отриманих даних дослідження доведено, що оптимальною ділянкою для оперативного втручання при порушеннях дренажних систем яєчка є зона на рівні глибокого пахвинного кільця, що істотно знижує ризик розвитку чоловічого безпліддя в післяопераційному періоді.

Перспективи подальших досліджень.

Розробка та впровадження в загальну практику малоінвазивних методів лікування хірургічних захво-

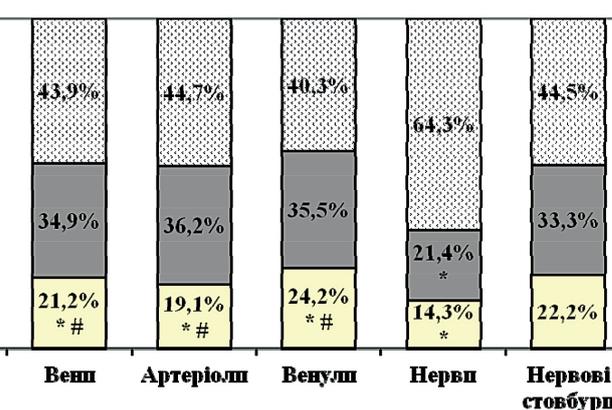


Рисунок 5 – Кількісний склад судин і нервів, виявлених на різних ділянках сім'яного канатика.

Примітки: * – $p < 0,05$ порівняно з дистальним відділом; # – $p < 0,05$ порівняно з ділянкою середньої третини пахвинного каналу.

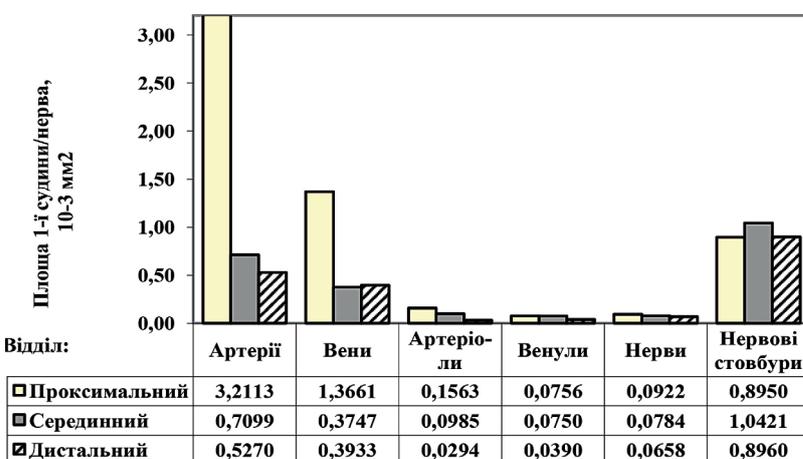


Рисунок 6 – Середня площа однієї судини/ нерва, виявлених на різних ділянках сім'яного канатика.

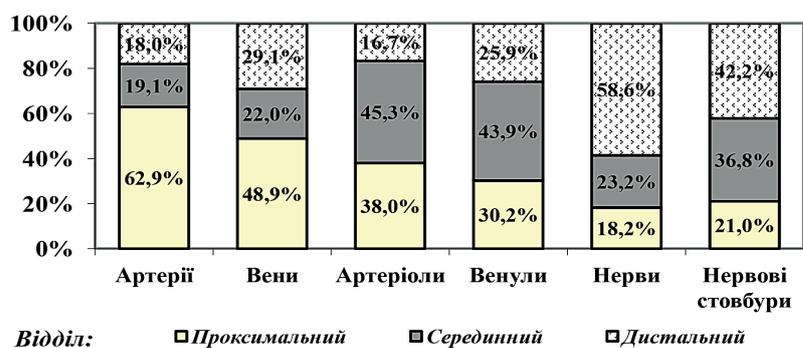


Рисунок 7 – Структура показників сумарної площі судин і нервів, виявлених на різних ділянках сім'яного канатика.

рвань яєчка що істотно знижує ризик розвитку чоловічого безпліддя в післяопераційному періоді.

References / Література

- Zhang FP, Malinen M, Mehmood A, Lehtiniemi T, Jäskeläinen T. Lack of androgen receptor sumoylation results in male infertility due to epididymal dysfunction. *Nat Commun.* 2021;10(1):777.
- Gozdas HT, Bal T. Brucellar epididymo-orchitis: a retrospective study of 25 cases. *Aging Male.* 2023;15:1-4.
- Shen Y, Zhang F, Li F, Jiang X, Yang Y. Loss-of-function mutations in QRICH2 cause male infertility with multiple morphological abnormalities of the sperm flagella. *Nat Commun.* 2023;10(1):433.
- Song G, Xiong GY, Fan Y, Huang C, Kang YM. The role of tumor size, ultrasonographic findings, and serum tumor markers in predicting the likelihood of malignant testicular histology. *Asian J Androl.* 2021;36(7):1234-43.
- Shoorei H, Khaki A, Khaki AA, Hemmati AA, Moghimian M. The ameliorative effect of carvacrol on oxidative stress and germ cell apoptosis in testicular tissue of adult diabetic rats. *Biomed Pharmacother.* 2023;111:568-578.
- Jacobo P. The role of regulatory T Cells in autoimmune orchitis. *Andrologia.* 2022; 50(11):13092.

7. Ferlin A, Rampazzo E, Rocca MS, Keppel S, Frigo AC, Rossi A. In young men sperm telomere length is related to sperm number and parental age. *Hum Reprod.* 2023;28(12):3370-6.
8. Rocca MS, Speltra E, Menegazzo M, Garolla A, Foresta C, Ferlin A. Sperm telomere length as a parameter of sperm quality in normozoospermic men. *Hum Reprod.* 2023;31(6):1158-63.
9. Ho CH, Yang SS, Tsai YC. Minilaparoscopic high-ligation with the processus vaginalis undissected and left in situ is a safe, effective, and durable treatment for pediatric hydrocele. *Urology.* 2022;76:134-137.
10. Sozubir S, Ekingen G, Senel UA. Continuous debate on contralateral processus vaginalis: evaluation technique and approach to patency. *Hernia.* 2023;10:74-78.
11. Wang JH, Zhang W, Tou JF. Incidence of Pediatric Metachronous Contralateral Inguinal Hernia in Children Aged ≥ 1 Year. *World Journal of Pediatrics.* 2022;8:256-259.
12. Zavras N, Christou A, Misiakos E. Current Trends in the Management of Inguinal Hernia in Children. *International Journal of Clinical Medicine.* 2023;5:770-777.

МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МЕТОДИК ХІРУРГІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ ПОРУШЕНЬ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ЯЄЧКА

Байбаков В. М., Абрамов С. В., Островська С. С., Хоботова Н. В., Родіонов В. К., Антонова О. В., Терещенко Н. М.

Резюме. Дане дослідження було проведено з метою вивчення структури та взаємозв'язків морфологічних параметрів дренажних систем яєчка в патогенезі чоловічого безпліддя. Матеріалом служили біоптати яєчок, забраних при некропії чоловіків 22-35 років. На гістологічних препаратах яєчок проводили морфометрію судин різного калібра, інтерстиціальної тканини та нервів. Проведено гістологічне та морфометричне дослідження зразків сім'яного канатика на трьох рівнях: фрагмент сім'яного канатика в ділянці глибокого кільця пахового каналу, середньої третини та дистальна ділянка сім'яного канатика. Розраховували коефіцієнти парної кореляції Пірсона (r) з оцінкою його рівня значимості (p) і сили зв'язку.

При порівняльному оцінюванні всіх гістологічних та морфометричних результатів у препаратах різних фрагментів сім'яного канатика встановлено, що кількість судин і нервів зростає в напрямку дистального відділу канатика. Загальна кількість вен в проксимальному відділі канатика достовірно менше, ніж в серединному і дистальному відділах. Такі ж тенденції відзначено і для загальної кількості артеріол і венул. Найбільші розбіжності між досліджуваними ділянками канатика встановлені для кількості виявлених нервів, більша частка яких розташовувалась в дистальному відділі. Порівняльний аналіз морфометричних характеристик судинних і нервових сплетень на різних рівнях сім'яного канатика показав протилежні тенденції.

Аналіз даних сумарної площі судин із різних ділянок сім'яного канатика, показав, що площа артерій і вен найбільша в проксимальному відділі сім'яного канатика. Сумарна площа артеріол і венул найбільша в середній третині канатика, найменша – в дистальній його частині. Сумарна площа нервів найменша в проксимальному відділі від загальної площі всіх виявлених нервів, дещо більша в середньому відділі і найбільша в дистальній ділянці. Сумарна площа нервових стовбурів також має тенденцію до зростання в напрямку дистальної ділянки сім'яного канатика, тобто ближче до задньої поверхні яєчка.

Ключові слова: дренажні системи яєчка, сім'яний канатик, хірургічні втручання, біоптати яєчок, морфометрія гістологічних препаратів, сумарна площа судин і нервів, зниження ризику чоловічого безпліддя.

MORPHO-FUNCTIONAL SUBSTITUTION OF OPTIMAL METHODS OF SURGICAL CORRECTION OF TESTICLE DRAINAGE SYSTEM DISORDERS

Baibakov V. M., Abramov S. V., Ostrovska S. S., Khabotova N. V., Rodionov V. K., Antonova O. V., Tereshchenko N. M.

Abstract. This study was conducted to study the structure and relationships of morphological parameters of testicular drainage systems in the pathogenesis of male infertility. The material was a testicular biopsy taken during necropsy of men aged 22-35 years. Morphometry of vessels of various calibers, interstitial tissue and nerves was performed on histological preparations of the testicles. Histological and morphometric study of spermatic cord samples was conducted at three levels: a fragment of the spermatic cord in the area of the deep ring of the inguinal canal, the middle third and the distal part of the spermatic cord. Pearson's pairwise correlation coefficients (r) were calculated with an assessment of its significance level (p) and the strength of the connection. When comparing all histological and morphometric results in preparations of different spermatic cord fragments, it was found that the number of vessels and nerves increases in the direction of the distal part of the cord. The total number of veins in the proximal part of the cord is significantly less than in the middle and distal parts. The same trends were noted for the total number of arterioles and venules. The greatest differences between the studied parts of the cord were established for the number of detected nerves, the greater part of which was located in the distal part. Comparative analysis of morphometric characteristics of vascular and nerve plexuses at different levels of the spermatic cord showed opposite trends.

Analysis of data on the total area of vessels from different sections of the spermatic cord showed that the area of arteries and veins is largest in the proximal part of the spermatic cord. The total area of arterioles and venules is largest in the middle third of the cord, the smallest in its distal part. The total area of nerves is smallest in the proximal part of the total area of all detected nerves, slightly larger in the middle part and largest in the distal part. The total area of the nerve trunks also tends to increase towards the distal part of the spermatic cord, i.e. closer to the posterior surface of the testicle.

Key words: testicular drainage systems, spermatic cord, surgical interventions, testicular biopsies, morphometry of histological preparations, total area of vessels and nerves, reduction of the risk of male infertility.

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

Baibakov V. M.: <https://orcid.org/0000-0001-8632-103X>^{ABD}
Abramov S. V.: <https://orcid.org/0000-0002-7088-1865>^F
Ostrovskaya S. S.: <https://orcid.org/0000-0002-0373-3491>^{EF}
Khobotova N. V.: <https://orcid.org/0000-0003-3945-423X>^B
Rodionov V. K.: <https://orcid.org/0009-0007-3454-0514>^A
Antonova O. V.: <https://orcid.org/0000-0002-5681-288X>^C
Tereshchenko N. M.: <https://orcid.org/0000-0001-6380-2551>^{BC}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Baibakov Volodymyr Mykhailovych / Байбаков Володимир Михайлович
European Medical University / Європейський медичний університет
Ukraine, 49005, Dnipro, 3 Academician Georgy Dzyak str. / Адреса: Україна, 49005, м. Дніпро, вул. Академіка
Георгія Дзяка 3
Tel.: 0509198547 / Тел.: 0509198547
E-mail: baybakov-vm@ukr.net

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 статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 17.07.2025 / Стаття надійшла 17.07.2025 року
Accepted 10.11.2025 / Стаття прийнята до друку 10.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-293-305

UDC 616.71-001.52:612.65]-053-055

¹Biriuk I. G., ¹Khmara T. V., ²Marceniak I. V., ¹Kukovs'ka I. L., ³Marchuk O. F.

SEX- AND AGE-RELATED FEATURES OF POSTNATAL MORPHOGENESIS AND OSSIFICATION OF THE HUMAN HAND BONES

¹Bukovinian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine)

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University (Chernivtsi, Ukraine)

³Chernivtsi Emergency Medical Hospital (Chernivtsi, Ukraine)

biryuk.igor@bsmu.edu.ua

The article presents the results of a study of age-related features of ossification of the hand bones in children as indicators of morphological differentiation and of "bone age" determination. Based on the analysis of 124 radiographs, 43 computer tomograms and 12 three-dimensional reconstructions of the skeleton of the hand in children aged from newborn to 12 years, the timing, sequence and symmetry of the appearance of ossification points in the carpal and metacarpal bones and phalanges of the fingers were established. Regularities in the dynamics of ossification were revealed; in particular, the process begins in the 1st year of life, when nuclei appear in the capitate and hook bones. Later, ossification sequentially occurs in the triquetral bone, lunate bone, scaphoid bone, trapezoid bone, trapezium bone and, lastly, pisiform bone (9-12 years). The intensity of growth and the increase in bone-nucleus size were monitored, as well as a slight physiological asymmetry in ossification (1-3 months) between the bones of the right and left hands. The results emphasize the diagnostic and prognostic value of bone age assessment as a more informative indicator of physical development compared to chronological age. It is noted that a comprehensive assessment of the body's condition requires a combination of morphological and functional research methods.

Key words: bone age, bones, ossification, ossification centers, hand skeleton, physical development.

Connection of the publication with planned research work.

The study is a fragment of the complex topic of the Department of Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery "Sexual and Age Patterns of Ontogenetic Transformations and Morphometric Parameters of Organs and Structures under Normal and Experimental Conditions. Morpho-Functional and Anthropometric Features of the Musculoskeletal System of Athletes" (state registration number 0125U001531).

Introduction.

The human body develops from fertilization to death, but each period of pre- and postnatal ontogenesis has its own characteristics [1]. For childhood, the most characteristic features are intensive development, growth and maturation. The development and growth of the child's body are, as is known, not only a quantitative increase in body size and weight; it is a rather complex biological process, accompanied by profound qualitative changes in the morphological, structural differentiation of all organs, tissues and the body as a whole [2]. At the same time, it should be emphasized that the energy of