

**PARAMETERS OF INTRATHYROID HEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH NODULAR TOXIC GOITER**

Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University (Zaporizhzhia, Ukraine)

braviorio@gmail.com

The leading place in the structure of thyrotoxicosis in the world and Ukraine is occupied by toxic nodular goiter (TNG).

The study aims to analyse intrathyroid hemodynamics results in the modes of color and energy Doppler mapping and pulse Doppler in patients with nodular toxic goiter.

The study included 35 (100%) patients with nodular toxic goiter who were examined and subsequently operated on at the surgical department of the "VIZUS" Medical Center. All patients underwent ultrasound diagnostics to determine vascularization and intrathyroidal hemodynamics by means of Doppler mapping and pulsed dopplerometry.

In patients with TNG, perinodular and mixed types of vascularization according to the scale of Rago T. prevailed (32 (91.4%) patients) and normal or small increase in the intensity of blood flow in the parenchyma of the thyroid gland (15 (75.0%) patients). In 29 (82.9%) examined, an increase in the peak systolic blood flow velocity in the upper thyroid artery (34.2 (19.4; 41.2) cm/s) was noted, in 24 (68.6%) an increase in the maximum diastolic blood flow velocity (16.2 (9.8; 20.8) cm/s), the maximum volumetric blood flow velocity was increased in 27 (77.1%) patients (1.4 (0.8; 1.6) ml/s), the resistance index - in 11 (31.4%) examined up to 0.9 (0.6; 1.1).

In patients with TNG, according to the results of Doppler examination, perinodular and mixed types of vascularization with normal or slightly increased blood flow in the parenchyma of the thyroid gland were found in most cases. At the same time, in patients with a nodular lesion of one lobe of the thyroid gland, no significant difference was found in the intensity of intrathyroidal blood flow and quantitative parameters of blood flow in the affected and contralateral (healthy) lobes.

**Key words:** nodular toxic goiter, hemodynamics, intrathyroidal blood flow, dopplerography.

**Connection of the publication with planned research works.**

The work was performed within the SRW of the Department of General Surgery and Postgraduate Surgical Education of ZSMPPhU "Modification of surgical aspects of treatment of patients of different age groups in peacetime and wartime", No. 0122U201230 (2022 – 2026).

**Introduction.**

One of the main places in the structure of thyrotoxicosis in Ukraine and the world is occupied by nodular toxic goiter (TNG), reaching, according to various authors, up to 10.0-12.0% of the total incidence rate [1, 2, 3].

Early diagnosis of this disease is essential to obtain the optimal result of treatment of this pathology because a long-term hyperthyroid state leads to irreversible changes in the structure and functioning of many vital organs and systems: cardiovascular, nervous, and others [4, 5].

Using ultrasound diagnostics makes it possible to detect nodular formations in the thyroid gland and suspect these neoplasms' malignant nature. However, for pre-operative confirmation of the diagnosis of TNG, patients need a more specific instrumental method of diagnosis – scintigraphy [6].

According to many authors, the use of dopplerographic methods during ultrasound makes it possible to suspect the presence of an autonomously functioning node in the thyroid parenchyma and even to localize its location in the case of a multinodular lesion, which can affect the subsequent volume of surgical intervention [7]. However, some authors deny this information [8].

This indicates the debatable nature of using Doppler methods in diagnosing nodular toxic goiter, which creates prerequisites for further research into this problem.

**The aim of the study.**

To analyze the results of intrathyroid hemodynamics in the modes of color and energy Doppler mapping and pulse Doppler in patients with nodular toxic goiter.

**Object and research methods.**

The study was conducted based on the medical and diagnostic department of the "VIZUS" medical center, where 35 (10%) patients with TNG were examined and subsequently operated on.

The average age of the patients was 55.7±11.5 years. In the gender structure, women prevailed – 28 (80.0%), men were 7 (20.0%).

All patients were examined using instrumental methods (ultrasound examination of the thyroid gland), laboratory methods (determination of thyroid profile indicators) and morphological verification of the thyroid neoplasm (fine needle aspiration puncture biopsy).

During the ultrasound, all 35 (100.0%) patients underwent additional determination of indicators of vascularization of the thyroid parenchyma and intrathyroidal hemodynamics in the modes of color and energy Doppler mapping and pulsed Doppler.

The angioarchitectonics of nodular formations according to the data of Doppler mapping was assessed according to the scale of Rago T., 1998.

To assess the intensity of intrathyroidal blood flow, a scale developed by Prof. A. V. Ushakov, 2018.

Quantitative blood flow parameters in the superior thyroid artery (STA) were also assessed using pulsed dopplerography. Blood flow parameters were determined at a distance of 0.5–1.0 cm from the confluence

of the STA into the thyroid parenchyma on both sides. Peak systolic blood flow velocity (Vs), maximum diastolic blood flow velocity (Ved), maximum volumetric blood flow velocity (Qs) and resistance index (IR) were studied.

Mononodular lesion of one lobe of the thyroid gland was detected in 14 (40.0%) patients, multinodular goiter with unilateral lesion was diagnosed in 1 (2.9%) patient, bilateral polynodous nodular goiter – in 20 (57.1%) examined.

Statistical processing of the obtained results was carried out using computer programs STATISTICA 13.0, TIBCO Software inc. (License JPZ804I382130ARCN10-J) and MICROSOFT EXCEL 2013 (License 00331-10000-00001-AA404). The data in the text and tables are presented in the form of  $M \pm m$  (arithmetic mean  $\pm$  standard deviation) in the case of a normal distribution of the characteristic under study and  $Me$  (Q1; Q3) (median of the sample with an indication of the upper (75%) and lower (25%) quartiles) – with a distribution that differs from normal. The statistical reliability analysis was carried out using non-parametric methods of statistical analysis – the Mann-Whitney (U) test for unrelated groups.

All 35 (100%) patients provided written informed consent for participation in the study.

**Research results and their discussion.**

When evaluating the angioarchitectonics of nodular formations according to the Rago T. scale, avascular nodes (1 type of vascularization) were found in 2 (5.7%) patients, perinodular vascularization of the node (2 type) was diagnosed in 17 (48.6%) patients, in 15 (42.9%) – mixed vascularization (type 3) and in 1 (2.9%) – intranodular vascularization (type 4), **fig. 1**.

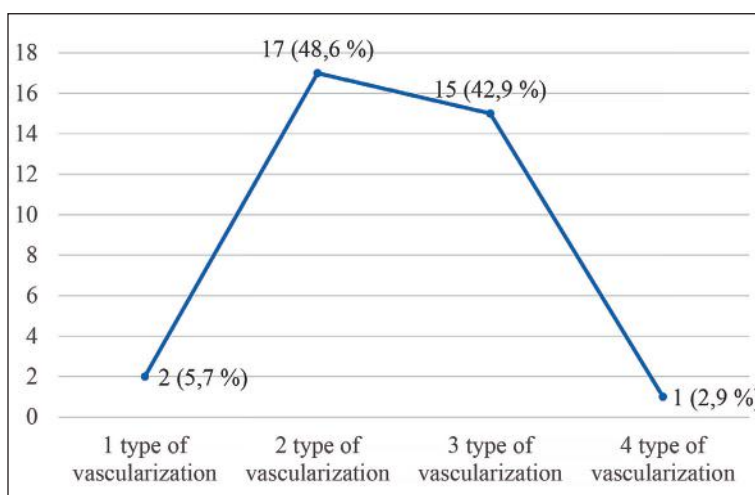
Thus, 2 and 3 types of vascularization prevailed in patients with nodular toxic goiter – 32 (91.4%) patients.

According to the results of the assessment of the intensity of intrathyroidal blood flow, among 20 (57.1%) patients with bilateral nodular lesions of the thyroid gland, 6 (30.0%) patients showed normal blood flow intensity in both lobes, 9 (45.0%) hospitalized patients had a small increase in blood flow, in 3 (15.0%) – a moderate increase in blood flow, in another 2 (10.0%) – a significant increase in the intensity of blood flow. There were no cases of blood flow weakening and very significant strengthening.

Thus, in most cases of multinodular toxic goiter, a normal or small increase in the intensity of blood flow in the thyroid parenchyma was found – 15 (75.0%) patients.

In 15 (42.9%) patients with unilateral mono- or multinodular thyroid gland lesions, the intensity of blood flow was evaluated both in the lobe affected by TNG and the contralateral lobe.

In the lobe affected by nodes, 6 (40.0%) patients showed normal intensity of blood flow, 5 (33.3%) hospitalized patients had a slight increase, 3 (20.0%) cases – moderate and 1 (6.7%) of the patient – a significant



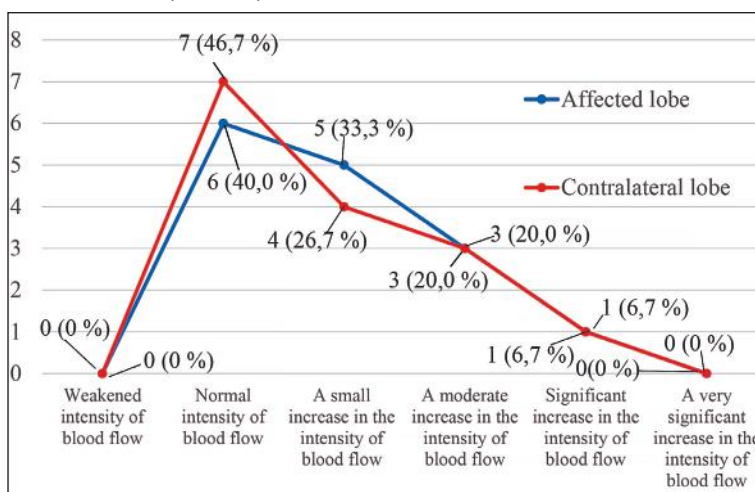
**Figure 1 – Results of assessment of angioarchitectonics of nodular formations according to the data of Doppler mapping according to the scale of Rago T. (n=35).**

increase in blood flow. There was no weakening of blood flow intensity or significant increase.

In the contralateral lobe, 7 (46.7%) patients showed a normal intensity of blood flow, 4 (26.7%) had a small increase, in 3 (20.0%) cases – a moderate increase in blood flow, and in 1 (6.7%) of the patient – a significant increase,  $U=345.0$ ;  $p=0.6713$ . No cases of weakening and a significant increase in blood flow were found, **fig. 2**.

Thus, in patients with nodular toxic goiter with damage to one lobe, no significant difference in the intensity of intrathyroidal blood flow in the affected and contralateral lobes of the thyroid gland was found.

According to the results of the assessment of the quantitative parameters of the blood flow in the upper thyroid artery, an increase in the peak systolic blood flow velocity in the STA was found in 29 (82.9%) patients, the average values were 34.2 (19.4; 41.2) cm/s. In 24 (68.6%) patients, an increase in the maximum diastolic blood flow rate up to 16.2 (9.8; 20.8) cm/s was diagnosed. The maximum volumetric blood flow velocity was increased in 27 (77.1%) of the examinees and amounted to an average of 1.4 (0.8, 1.6) ml/s. The resistance index was increased in 11 (31.4%) patients to 0.9 (0.6; 1.1), **table**.



**Figure 2 – Evaluation of the intensity of intrathyroidal blood flow in patients with unilateral damage to the thyroid gland according to the scale of Prof. A. V. Ushakova, 2018 (n=15).**

**Table – Parameters of blood flow in the superior thyroid artery in patients with nodular toxic goiter (n=35)**

Blood flow parameters	The number of patients with an elevated parameter	Average parameter values	Norm
Peak systolic blood flow velocity (Vs), cm/s	29 (82,9%)	34,2 (19,4; 41,2)	12-28
Maximum diastolic blood flow velocity (Ved), cm/s	24 (68,6%)	16,2 (8,8; 20,8)	4-10
Maximum volumetric blood flow rate (Qs), ml/s	27 (77,1%)	1,4 (0,8; 1,6)	0,2-0,9
Resistance index (IR)	11 (31,4%)	0,9 (0,6; 1,1)	0,7-0,8

A comparison of quantitative indicators of blood flow in patients with unilateral thyroid lesions in the STA of the affected and contralateral lobes of the gland was also performed.

Peak systolic blood flow velocity in the affected and contralateral lobes averaged 31.8 (20.4; 36.9) cm/s and 29.7 (19.1; 35.2) cm/s, U=207.0; p=0.6741. The maximum diastolic velocity of blood flow was 15.4 (8.1; 19.7) cm/s and 14.9 (7.8; 19.2) cm/s, U=219.0; p=0.7692. The maximum volume flow rate of the affected and contralateral lobes was 1.2 (0.6; 1.4) ml/s and 1.1 (0.6; 1.3) ml/s, respectively, U=184.0; p=0.4118. IR was 0.9 (0.6; 1.0) and 0.9 (0.6; 1.1), U=341.0; p=0.8951.

Thus, according to pulse dopplerometry data, no reliable changes in blood flow parameters were found in the affected and contralateral lobes of the thyroid gland.

Recently, the question of the optimal preoperative diagnosis of nodular toxic goiter and the use of dopplerographic methods, which could become an alternative to the use of scintigraphic research and give an answer about the functional state of the node and its localization without using radioisotope examination methods, has become quite acute.

Color Doppler mapping makes it possible to characterize the blood flow both in the node and the surrounding thyroid parenchyma. Increased perinodular or mixed blood flow against the background of normal or even reduced intensity of blood flow in the surrounding parenchyma may indicate the autonomy of the node and be a criterion for diagnosing TNG in a patient [9, 10].

In our study, perinodular and intrathyroid types of vascularization prevailed in patients with TNG – 32 (91.4%) combined with normal or small increase in the intensity of thyroid blood flow – 26 (74.3%) patients.

Indicators of pulse dopplerometry indicate an increase in blood flow in the STA in patients with TNG compared to the norm, which is also indicated by the works of many authors [11, 12]. However, in our study, no significant changes in blood flow parameters were found between the affected and contralateral (healthy) lobes, which may be due to the study's small sample size.

**Conclusions.**

1. Perinodular and mixed types of vascularization were found in patients with TNG, according to the results of a dopplerographic study, in most cases – 32 (91.4%).

2. According to dopplerography, in most patients – 15 (75.0%) with multinodular toxic goiter, normal or slightly increased blood flow in the thyroid parenchyma was detected.

3. In patients with nodular formations in one lobe of the thyroid gland, no significant difference in the intensity of intrathyroidal blood flow was found in the affected and contralateral (healthy) lobes of the gland, U=345.0; p=0.6713.

4. In 29 (82.9%) patients, an increase in peak systolic blood flow velocity in STA was found – 34.2 (19.4; 41.2) cm/s; 24 (68.6%) patients were diagnosed with an increase in the maximum diastolic blood flow velocity – 16.2 (9.8; 20.8) cm/s; the maximum volumetric velocity of blood flow was increased in 27 (77.1%) examined – 1.4 (0.8, 1.6) ml/s; the resistance index was increased in 11 (31.4%) patients – 0.9 (0.6; 1.1).

5. In patients with TNG, when one of the lobes of the thyroid gland is damaged, no significant changes in the quantitative parameters of the blood flow of the affected and healthy lobes of the thyroid gland were found.

**Prospects for further research.**

The obtained results make it possible to expand the diagnostic algorithm for patients with nodular toxic goiter and, as a possible alternative to scintigraphy, to use Doppler studies of the thyroid gland to improve the level of detection of TNG in patients with nodular lesions of the thyroid gland and its hyperfunction.

DOI 10.29254/2077-4214-2023-3-170-210-217

УДК 6165.441-008.61-074/-076

Завгородній С. М., Гатія М. С., Кубрак М. А., Данилюк М. Б.

**ПАРАМЕТРИ ІНТРАТИРЕОЇДНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ У ПАЦІЄНТІВ З ВУЗЛОВИМ ТОКСИЧНИМ ЗОБОМ**

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет (м. Запоріжжя, Україна)

[braviorio@gmail.com](mailto:braviorio@gmail.com)

*Провідне місце в структурі тиреотоксикозу в світі та Україні займає вузловий токсичний зоб (ВТЗ).*

*Мета дослідження - провести аналіз результатів дослідження інтратиреоїдної гемодинаміки в режимах кольорового та енергетичного доплерівського картування та імпульсної доплерографії у пацієнтів з вузловим токсичним зобом.*

*В дослідження включено 35 (100%) пацієнтів з вузловим токсичним зобом, яких було обстежено та в подальшому прооперовано на базі хірургічного відділення МЦ «ВІЗУС». Всім пацієнтам була проведена*

ультразвукова діагностика з визначенням показників васкуляризації та інтратиреоїдної гемодинаміки шляхом доплерівського картування та імпульсної доплерометрії.

У хворих з ВТЗ переважали перинодулярний та змішаний типи васкуляризації згідно шкали Rago T. (32 (91,4%) пацієнтів) та нормальне або мало посилення інтенсивності кровотоку в паренхімі щитоподібної залози (15 (75,0%) хворих). У 29 (82,9%) обстежених відмічалось підвищення пікової систолічної швидкості кровотоку у верхній щитоподібній артерії (34,2 (19,4; 41,2) см/с), у 24 (68,6%) було виявлено збільшення максимальної діастолічної швидкості кровотоку (16,2 (9,8; 20,8) см/с), максимальна об'ємна швидкість кровотоку була підвищена у 27 (77,1%) хворих (1,4 (0,8; 1,6) мл/с), індекс резистентності - у 11 (31,4%) обстежених до 0,9 (0,6; 1,1).

У хворих з ВТЗ, за результатами доплерографічного обстеження, у більшості випадків виявлено перинодулярний та змішаний типи васкуляризації з нормальним або мало посиленим кровотоком в паренхімі щитоподібної залози. При цьому, у пацієнтів з вузловим ураженням однієї з часток щитоподібної залози, не виявлено достовірної різниці в інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку та кількісних параметрах кровотоку в ураженій та контрлатеральній (здоровій) частках залози.

**Ключові слова:** вузловий токсичний зоб, гемодинаміка, інтратиреоїдний кровотік, доплерографія.

### **Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.**

Робота виконана в межах НДР кафедри загальної хірургії та післядипломної хірургічної освіти ЗДМФУ «Модифікація хірургічних аспектів лікування пацієнтів різних вікових груп в мирний та військовий час», № 0122U201230 (2022 – 2026 рр.).

#### **Вступ.**

Одне з основних місць в структурі тиреотоксикозу в Україні та світі займає вузловий токсичний зоб (ВТЗ), сягаючи за даними різних авторів до 10,0-12,0% від загального рівня захворюваності [1, 2, 3].

Для отримання оптимального результату лікування даної патології важлива рання діагностика даного захворювання, адже тривалий гіпертиреоїдний стан призводить до безповоротних змін в структурі та функціонуванні багатьох життєво важливих органів та системах: серцево-судинній, нервовій, та інших [4, 5].

Використання ультразвукової діагностики дає змогу виявити вузлові утворення в щитоподібній залозі та запідозрити злоякісний характер даних новоутворень. Однак, для доопераційного підтвердження діагнозу ВТЗ пацієнти потребують більш специфічного інструментального методу діагностики – сцинтиграфії [6].

Застосування під час УЗД доплерографічних методів, за даними ряду авторів, дає змогу запідозрити наявність автономно функціонуючого вузла в тиреоїдній паренхімі та навіть локалізувати його знаходження у випадку багатовузлового ураження, що може впливати на подальший об'єм оперативного втручання [7]. Однак, деякі автори спростовують дану інформацію [8].

Це говорить про дискусабельність питання щодо використання доплерографічних методів в діагностиці вузлового токсичного зобу, що створює передумови задля подальшого дослідження даної проблеми.

#### **Мета дослідження.**

Провести аналіз результатів дослідження інтратиреоїдної гемодинаміки в режимах кольорового та енергетичного доплерівського картування та імпульсної доплерографії у пацієнтів з вузловим токсичним зобом.

#### **Об'єкт і методи дослідження.**

Дослідження було проведено на базі лікувально-діагностичного відділення медичного центру

«ВІЗУС», де було обстежено та в подальшому прооперовано 35 (10%) пацієнтів з ВТЗ.

Середній вік хворих склав 55,7±11,5 років. В гендерній структурі превалювали жінки – 28 (80,0%), чоловіків було 7 (20,0%).

Всі пацієнти були обстежені з застосуванням інструментальних методів (ультразвукове дослідження (УЗД) щитоподібної залози), лабораторних методів (визначення показників тиреоїдного профілю) та морфологічної верифікації новоутворення ЩЗ (тонкоігольова аспіраційна пункційна біопсія).

Під час УЗД всім 35 (100,0%) пацієнтам проведено додатково визначення показників васкуляризації паренхіми щитоподібної залози та інтратиреоїдної гемодинаміки в режимах кольорового та енергетичного доплерівського картування та імпульсної доплерографії.

Оцінка ангіоархітектоніки вузлових утворень за даними доплерівського картування проводилася згідно шкали Rago T., 1998.

Для оцінки інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку була застосована шкала, розроблена проф. Ушаковим А. В., 2018.

За допомогою імпульсної доплерографії також проведена оцінка кількісних параметрів кровотоку у верхній щитоподібній артерії (ВЩА). Параметри кровотоку визначалися на відстані 0,5 – 1,0 см від місця впадіння ВЩА в паренхіму ЩЗ з обох боків. Досліджувалися: пікова систолічна швидкість кровотоку (Vs), максимальна діастолічна швидкість кровотоку (Ved), максимальна об'ємна швидкість кровотоку (Qs) та індекс резистентності (IR).

Моновузлове ураження однієї з часток щитоподібної залози виявлено у 14 (40,0%) хворих, багатовузловий зоб з однією ураженням діагностовано у 1 (2,9%) пацієнта, двобічний полінодозний вузловий зоб – у 20 (57,1%) обстежених.

Статистична обробка отриманих результатів проводилася за допомогою комп'ютерних програм STATISTICA 13.0, TIBCO Software inc. (Ліцензія JPZ804I382130ARCN10-J) і MICROSOFT EXCEL 2013 (Ліцензія 00331-10000-00001-AA404). Дані в тексті і таблицях представлені у вигляді  $M \pm m$  (середнього арифметичного  $\pm$  стандартне відхилення) у випадку нормального розподілу досліджуваної ознаки та Me (Q1; Q3) (медіана вибірки з зазначенням верхнього (75%) та нижнього (25%) квантилів) – при розподілі, який відрізняється від нормального. Аналіз статис-

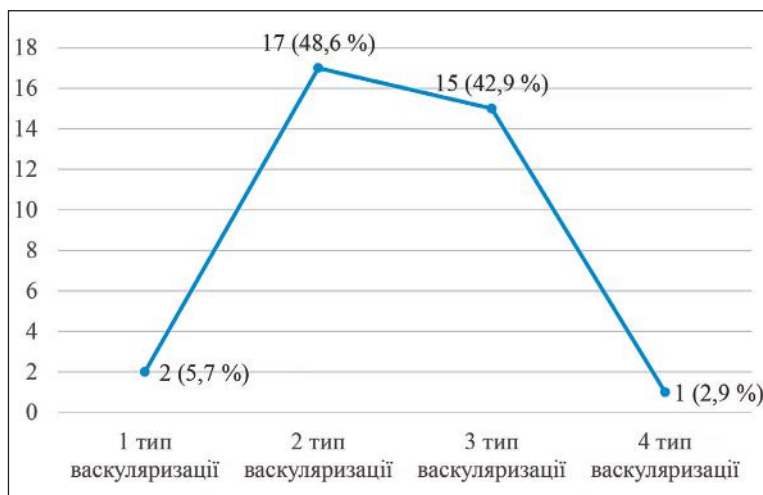


Рисунок 1 – Результати оцінки ангіоархітекtonіки вузлових утворень за даними доплерівського картування згідно шкали Rago T. (n=35).

тичної достовірності проводився з використанням непараметричних методів статистичного аналізу – критерії Манна-Уїтні (U) для не пов’язаних груп.

У всіх 35 (100%) пацієнтів отримано письмову інформовану згоду на участь у дослідженні.

Результати дослідження та їх обговорення.

При оцінці ангіоархітекtonіки вузлових утворень за шкалою Rago T. у 2 (5,7%) пацієнтів виявлені аваскулярні вузли (1 тип васкуляризації), у 17 (48,6%) хворих діагностована перинодулярна васкуляризація вузла (2 тип), у 15 (42,9%) – змішана васкуляризація (3 тип) та у 1 (2,9%) – інтранодулярна васкуляризація (4 тип), **рис. 1.**

Таким чином, у хворих з вузловим токсичним зобом переважали 2 та 3 типи васкуляризації – 32 (91,4%) пацієнтів.

За результатами оцінки інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку, серед 20 (57,1%) хворих з двобічним вузловим ураженням щитоподібної залози, у 6 (30,0%) пацієнтів в обох частках виявлено нормальну інтенсивність кровотоку, у 9 (45,0%) госпіталізованих було мале посилення кровотоку, в 3 (15,0%) – помір-

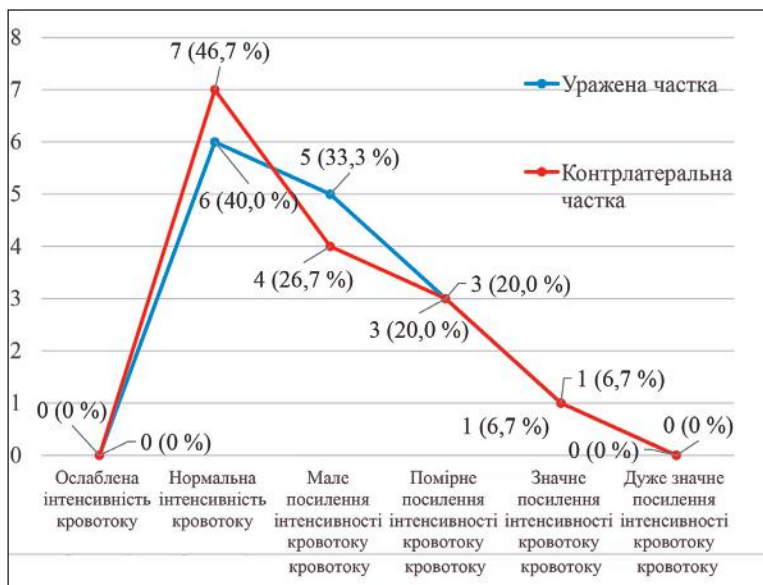


Рисунок 2 – Оцінка інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку у пацієнтів з однобічним ураженням щитоподібної залози за шкалою проф. А. В. Ушакова, 2018 (n=15).

не посилення кровотоку, ще у 2 (10,0%) – значне посилення інтенсивності кровотоку. Випадків ослаблення кровотоку та дуже значного посилення – не виявлено.

Таким чином, у більшості випадків багатовузлового токсичного зобу виявлено нормальне або мале посилення інтенсивності кровотоку тиреоїдної паренхіми – 15 (75,0%) хворих.

У 15 (42,9%) пацієнтів з однобічним моно- чи багатовузловим ураженням щитоподібної залози проведена оцінка інтенсивності кровотоку як в частці, ураженій ВТЗ, так і в контрлатеральній частці.

В ураженій вузлами частці у 6 (40,0%) пацієнтів виявлено нормальну інтенсивність кровотоку, у 5 (33,3%) госпіталізованих було мале посилення, в 3 (20,0%) випадках – помірне та у 1 (6,7%) хворого

– значне посилення кровотоку. Випадків ослаблення інтенсивності кровотоку та дуже значного посилення – не виявлено.

В контрлатеральній частці у 7 (46,7%) пацієнтів виявлено нормальну інтенсивність кровотоку, у 4 (26,7%) мало місце мале посилення, в 3 (20,0%) випадках – помірне посилення кровотоку та у 1 (6,7%) хворого – значне посилення, U=345,0; p=0,6713. Випадків ослаблення та дуже значного посилення кровотоку – не виявлено, **рис. 2.**

Таким чином, у пацієнтів з вузловим токсичним зобом з ураженням однієї частки не виявлено достовірної різниці в інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку в ураженій та контрлатеральній частках щитоподібної залози.

За результатами оцінки кількісних параметрів кровотоку у верхній щитоподібній артерії, у 29 (82,9%) хворих виявлено підвищення пікової систолічної швидкості кровотоку в ВЩА, середні значення склали 34,2 (19,4; 41,2) см/с. У 24 (68,6%) пацієнтів діагностовано підвищення максимальної діастолічної швидкості кровотоку до 16,2 (9,8; 20,8) см/с. Максимальна об’ємна швидкість кровотоку була підвищена у 27 (77,1%) обстежених та складала в середньому 1,4 (0,8; 1,6) мл/с. Індекс резистентності був збільшений у 11 (31,4%) хворих до 0,9 (0,6; 1,1), **табл..**

Також проведено порівняння кількісних показників кровотоку у пацієнтів з однобічним ураженням ЩЗ в ВЩА ураженої та контрлатеральної часток залози.

Пікова систолічна швидкість кровотоку в ураженій та контрлатеральній частках склали в середньому 31,8 (20,4; 36,9) см/с та 29,7 (19,1; 35,2) см/с, U=207,0; p=0,6741. Максимальна діастолічна швидкість кровотоку склали 15,4 (8,1; 19,7) см/с та 14,9 (7,8; 19,2) см/с, U=219,0; p=0,7692. Максимальна об’ємна швидкість кровотоку ураженої та контрлатеральної часток склали 1,2 (0,6; 1,4) мл/с та 1,1 (0,6; 1,3) мл/с відпо-

відно,  $U=184,0$ ;  $p=0,4118$ . IR склав 0,9 (0,6; 1,0) та 0,9 (0,6; 1,1),  $U=341,0$ ;  $p=0,8951$ .

Таким чином, за даними імпульсної доплерометрії в ураженій та контрлатеральній частках ЩЗ не виявлено достовірних змін параметрів кровотоку.

Останнім часом досить гостро постає питання щодо оптимальної доопераційної діагностики вузлового токсичного зобу та використання доплерографічних методів, які могли б стати альтернативою використання сцинтиграфічного дослідження та дати відповідь щодо функціонального стану вузла та його локалізації без використання радіоізотопних методів обстеження.

Використання доплерівського кольорового картування дає змогу охарактеризувати кровотік як в самому вузлі, так і в навколишній тиреоїдній паренхімі. Підвищений перинодулярний чи змішаний кровотік на фоні нормальної чи навіть зниженої інтенсивності кровотоку в навколишній паренхімі може свідчити про автономію вузла та бути критерієм діагностики ВТЗ у хворого [9, 10].

В нашому дослідженні у хворих з ВТЗ переважали перинодулярний та інтратиреоїдний типи васкуляризації – 32 (91,4%) пацієнтів в поєднанні з нормальним або малим посиленням інтенсивності тиреоїдного кровотоку – 26 (74,3%) хворих.

Показники імпульсної доплерометрії вказують на підвищення кровотоку в ВЩА у хворих з ВТЗ в порівнянні з нормою, на що також вказують роботи ряду авторів [11, 12]. Однак в нашому дослідженні не виявлено достовірних змін в параметрах кровотоку між ураженою та контрлатеральною (здоровою) долями, що, можливо, пов'язано з малою виборкою дослідження.

#### Висновки.

У хворих з ВТЗ, за результатами доплерографічного дослідження, у більшості випадків – 32 (91,4%) виявлено перинодулярний та змішаний типи васкуляризації.

**Таблиця – Параметри кровотоку у верхній щитоподібній артерії у пацієнтів з вузловим токсичним зобом (n=35)**

Параметри кровотоку	Кількість хворих, у яких підвищений параметр	Середні значення параметру	Норма
Пікова систолічна швидкість кровотоку ( $V_s$ ), см/с	29 (82,9%)	34,2 (19,4; 41,2)	12-28
Максимальна діастолічна швидкість кровотоку ( $V_{ed}$ ), см/с	24 (68,6%)	16,2 (8,8; 20,8)	4-10
Максимальна об'ємна швидкість кровотоку ( $Q_s$ ), мл/с	27 (77,1%)	1,4 (0,8; 1,6)	0,2-0,9
Індекс резистентності (IR)	11 (31,4%)	0,9 (0,6; 1,1)	0,7-0,8

За даними доплерографії, у більшості хворих – 15 (75,0%) з багатовузловим токсичним зобом виявлено нормальний або мало посилений кровотік в тиреоїдній паренхімі.

У пацієнтів з вузловими утвореннями в одній частці ЩЗ не виявлено достовірної різниці в інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку в ураженій та контрлатеральній (здоровій) частках залози,  $U=345,0$ ;  $p=0,6713$ .

У 29 (82,9%) хворих виявлено підвищення пікової систолічної швидкості кровотоку в ВЩА – 34,2 (19,4; 41,2) см/с; у 24 (68,6%) пацієнтів діагностовано підвищення максимальної діастолічної швидкості кровотоку – 16,2 (9,8; 20,8) см/с; максимальна об'ємна швидкість кровотоку була підвищена у 27 (77,1%) обстежених – 1,4 (0,8; 1,6) мл/с; індекс резистентності був збільшений у 11 (31,4%) хворих – 0,9 (0,6; 1,1).

У пацієнтів з ВТЗ при ураженні однієї з часток ЩЗ не виявлено достовірних змін в кількісних параметрах кровотоку ураженої та здорової часток щитоподібної залози.

#### Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати дають змогу розширити діагностичний алгоритм для пацієнтів з вузловим токсичним зобом та в якості можливої альтернативи сцинтиграфії застосовувати доплерографічні дослідження щитоподібної залози задля покращення рівня виявлення ВТЗ у хворих з вузловими ураженнями щитоподібної залози та її гіперфункцією.

### References / Література

- Zavorodnii SM, Gatiya MS, Kubrak MA, Danyliuk MB. Khirurhichne likuvannya khvorykh na vuzlovyy toksychnyy zob. Zaporizkyi medychnyi zhurnal. 2021;3(126):370-74. DOI: [10.14739/2310-1210.2021.3.229724](https://doi.org/10.14739/2310-1210.2021.3.229724). [in Ukrainian].
- Red'ko II, Chakmazova OM. Chastota vyavleniya endokrynnykh zabolevaniy u detey v praktike semeynogo vracha. Suchasni medychni tekhnologii. 2020;4:41-6. DOI: [10.34287/MMT.4\(47\).2020.7](https://doi.org/10.34287/MMT.4(47).2020.7).
- LiVolsi VA, Baloch ZW. The Pathology of Hyperthyroidism. Frontier of Endocrinology (Lausanne). 2018;9:737. DOI: [10.3389/fendo.2018.00737](https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00737).
- Wong R, Farrell SG, Grossmann M. Thyroid nodules: diagnosis and management. The Medical Journal Australia. 2018;209(2):92-8. DOI: [10.5694/mja17.01204](https://doi.org/10.5694/mja17.01204).
- Führer D. Constitutive TSH receptor activation as a hallmark of thyroid autonomy. Endocrine. 2020;68(2):274-8. DOI: [10.1007/s12020-020-02270-z](https://doi.org/10.1007/s12020-020-02270-z).
- Alswat K, Assiri SA, Althaqafi RMM, Alsufyani A, Althagafi A, Alrebaiee S, et al. Scintigraphy evaluation of hyperthyroidism and its correlation with clinical and biochemical profiles. BMC Research Notes. 2020;13(1):324. DOI: [10.1186/s13104-020-05164-5](https://doi.org/10.1186/s13104-020-05164-5).
- Parikh K, Davenport MS. Net Revenue Analysis of Inpatient and Emergency Department Thyroid Ultrasound at a US Quaternary Care Center From 2012 to 2015. Journal of the American College of Radiology. 2018;15(1PtA):75–81. DOI: [10.1016/j.jacr.2017.08.015](https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.08.015).
- Yuksekkaya R, Celikyay F, Gul SS, Yuksekkaya M, Kutluturk F, Ozmen C. Quantitative Color Doppler Ultrasonography Measurement of Thyroid Blood Flow in Patients with Graves' Disease. Current Medical Imaging. 2020;16(9):1111-1124. DOI: [10.2174/1573405616666200124121546](https://doi.org/10.2174/1573405616666200124121546).
- Ross DS, Burch HB, Cooper DS, Greenlee MC, Laurberg P, Maia AL, et al. 2016 American Thyroid Association Guidelines for Diagnosis and Management of Hyperthyroidism and Other Causes of Thyrotoxicosis. Thyroid. 2016 Oct;26(10):1343-1421. DOI: [10.1089/thy.2016.0229](https://doi.org/10.1089/thy.2016.0229).
- Chiou SC, Peng YS, Chen PY, Cheng H, Hsiao-Yun Y, Chen C-P, et al. Color Doppler ultrasonography of inferior thyroid artery and its relation with thyroid functional state. Medical Ultrasound. 2006;14(3):51-7. DOI: [10.1016/S0929-6441\(09\)60091-6](https://doi.org/10.1016/S0929-6441(09)60091-6).
- Niedziela M, Muchantef K, Foulkes WD. Ultrasound features of multinodular goiter in DICER1 syndrome. Scientific reports. 2022;12(1):15888. DOI: [10.1038/s41598-022-19709-0](https://doi.org/10.1038/s41598-022-19709-0).
- Zhao D, Jing Y, Lin X, Zhang B. The value of color Doppler ultrasound in the diagnosis of thyroid nodules: a systematic review and meta-analysis. Gland surgery. 2020;10(12):3369-77. DOI: [10.21037/gs-21-752](https://doi.org/10.21037/gs-21-752).

**ПАРАМЕТРИ ІНТРАТИРЕОЇДНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ У ПАЦІЄНТІВ З ВУЗЛОВИМ ТОКСИЧНИМ ЗОБОМ**

**Завгородній С. М., Гатія М. С., Кубрак М. А., Данилюк М. Б.**

**Резюме.** Вступ. Одне з основних місць в структурі тиреотоксикозу в Україні та світі займає вузловий токсичний зоб (ВТЗ). Мета дослідження. Провести аналіз результатів дослідження інтратиреоїдної гемодинаміки в режимах кольорового та енергетичного доплерівського картування та імпульсної доплерографії у пацієнтів з вузловим токсичним зобом. Об'єкт і методи дослідження. Дослідження було проведено на базі медичного центру «ВІЗУС», де було обстежено та в подальшому прооперовано 35 (100%) пацієнтів з ВТЗ. Всім 35 (100,0%) пацієнтам проведено визначення показників інтратиреоїдної гемодинаміки в режимах кольорового та енергетичного доплерівського картування та імпульсної доплерографії.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У хворих з вузловим токсичним зобом переважали 2 та 3 типи васкуляризації згідно шкали Rago T. (32 (91,4%) пацієнтів) та нормальне або мале посилення інтенсивності кровотоку тиреоїдної паренхіми (15 (75,0%) хворих). У 29 (82,9%) хворих виявлено підвищення пікової систолічної швидкості кровотоку в ВЩА (34,2 (19,4; 41,2) см/с), у 24 (68,6%) було підвищення максимальної діастолічної швидкості кровотоку (16,2 (9,8; 20,8) см/с), максимальна об'ємна швидкість кровотоку була підвищена у 27 (77,1%) обстежених (1,4 (0,8; 1,6) мл/с), індекс резистентності був збільшений у 11 (31,4%) хворих до 0,9 (0,6; 1,1).

**Висновки.**

1. У хворих з ВТЗ, за результатами доплерографічного дослідження, у більшості випадків виявлено перинодулярний та змішаний типи васкуляризації з нормальним або мало посиленим кровотоком в тиреоїдній паренхімі.

2. У пацієнтів з вузловими утвореннями в одній частці ЩЗ не виявлено достовірної різниці в інтенсивності інтратиреоїдного кровотоку в ураженій та контрлатеральній (здоровій) частках залози,  $U=345,0$ ;  $p=0,6713$ .

3. У пацієнтів з ВТЗ при ураженні однієї з часток ЩЗ не виявлено достовірних змін в кількісних параметрах кровотоку ураженої та здорової часток щитоподібної залози.

**Ключові слова:** вузловий токсичний зоб, гемодинаміка, інтратиреоїдний кровотік, доплерографія.

**PARAMETERS OF INTRATHYROID HEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH NODULAR TOXIC GOITER**

**Zavgorodniy S. M., Gatia M. S., Kubrak M. A., Danyliuk M. B.**

**Abstract.** Introduction. One of the main places in the structure of thyrotoxicosis in Ukraine and the world is occupied by nodular toxic goiter. The purpose of the study. To analyze the results of intrathyroid hemodynamics in the modes of color and energy Doppler mapping and pulse Doppler in patients with nodular toxic goiter. Research object and methods. The research was conducted on the basis of the «VIZUS» medical center, where 35 (100%) patients with toxic goiter were examined and subsequently operated on. All 35 (100%) patients had intrathyroid hemodynamic parameters determined in the modes of color and energy Doppler mapping and pulsed Doppler.

**Research results and their discussion.** In patients with nodular toxic goiter, 2 and 3 types of vascularization according to the scale of Rago T. prevailed (32 (91.4%) patients) and normal or small increase in the intensity of blood flow in the thyroid parenchyma (15 (75.0%) patients). In 29 (82.9%) patients, an increase in the peak systolic blood flow velocity in the vasculature was found (34.2 (19.4; 41.2) cm/s), in 24 (68.6%) there was an increase in the maximum diastolic blood flow velocity (16.2 (9.8; 20.8) cm/s), the maximum volumetric velocity of blood flow was increased in 27 (77.1%) examined (1.4 (0.8; 1.6) ml/s), the resistance index was increased in 11 (31.4%) patients before 0.9 (0.6; 1.1).

**Conclusions.**

1. According to the results of dopplerography, perinodular and mixed types of vascularization with normal or slightly increased blood flow in the thyroid parenchyma were found in most cases in patients with toxic nodular goiter.

2. In patients with nodular formations in one part of the thyroid gland, no significant difference in the intensity of intrathyroidal blood flow was found in the affected and contralateral (healthy) parts of the gland,  $U=345.0$ ;  $p=0.6713$ .

3. No significant changes in the quantitative parameters of the blood flow of the affected and healthy lobes of the thyroid gland were found in patients with hyperthyroidism when one of the lobes of the thyroid gland was damaged.

**Key words:** nodular toxic goiter, hemodynamics, intrathyroidal blood flow, dopplerography.

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

Zavgorodniy S. M.: [0000-0003-3082-3406](https://orcid.org/0000-0003-3082-3406)<sup>AF</sup>

Gatia M. S.: [0000-0003-4061-6478](https://orcid.org/0000-0003-4061-6478)<sup>BCD</sup>

Kubrak M. A.: [0000-0003-4051-9336](https://orcid.org/0000-0003-4051-9336)<sup>AE</sup>

Danyliuk M. B.: [0000-0003-4515-7522](https://orcid.org/0000-0003-4515-7522)<sup>E</sup>

**Conflict of interest / Конфлікт інтересів:**

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Kubrak Mykhaylo Anatoliyovych / Кубрак Михайло Анатолійович

Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University / Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Ukraine, 69000, Zaporizhzhia, 26 Mayakovsky Ave. / Адреса: Україна, 69000, м. Запоріжжя, пр. Маяковського  
26  
Tel.: 0957007893 / Тел.: 0957007893  
E-mail: [braviorio@gmail.com](mailto:braviorio@gmail.com)

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / 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 14.03.2023 / Стаття надійшла 14.03.2023 року  
Accepted 22.08.2023 / Стаття прийнята до друку 22.08.2023 року

DOI 10.29254/2077-4214-2023-3-170-217-222

UDC 616.37 – 008.9 – 078 – 092.9:613.25

**Kovaltsova M. V., Myroshnychenko M. S., Kucheriavchenko M. O.,  
Kuznetsova M. O., Ogneva L. G., Syalo A. O., Sarapulova S. M.**

## FEATURES OF BIOCHEMICAL CHANGES IN THE EXOCRINE PART OF THE PANCREAS UNDER THE EFFECT OF A HYPERCALORIC DIET

Kharkiv National Medical University (Kharkiv, Ukraine)

[mv.kovaltsova@knmu.edu.ua](mailto:mv.kovaltsova@knmu.edu.ua)

*Hypercaloric feeding of rats negatively affects the functional state of the exocrine part of the pancreas and leads to an increase in the body weight of rats and an imbalance of blood plasma indicators. With a long-term intake of food with a large number of carbohydrates and fats in the diet of rats due to the hyperfunction of acinar cells, the release of enzymes from acinocytes into the blood increases, which gradually leads to their functional exhaustion and the development of atrophy of the exocrine parenchyma. However, for some time, the compensatory capabilities of the pancreas, due to the hyperfunction of intact acinocytes and their production of a large number of enzymes, allow adequate digestion even in conditions of significant loss of functionally active mass of its parenchyma. This is probably the case with our experimental animals. In all rats that received a high-calorie diet, the level of  $\alpha$ -amylase was increased by 3.1 times, lipase - by 11.2 times (hyperpancreatism). The activation of pancreatic enzymes (especially the conversion of trypsinogen into trypsin) in the ducts of the gland tissue is an extremely aggressive factor in its damage, which triggers the process of its autolysis. Autolysis processes in the pancreas are another cause of hyperenzymatemia in rats due to the development of the phenomenon of "evasion" of enzymes into the blood. In such a situation, prolonged hypertrypsinemia is fraught with even greater exhaustion of the activity of the antiproteinase system (which is observed in experimental animals in our study, namely, a decrease in the level of  $\alpha$ 1-antitrypsin); the enzyme-inhibitor imbalance in the tissue and the blood increases the disturbance in the gland itself. Thus, a hypercaloric diet causes hyperfunction of exocrinocytes in rats with hyperproduction of pancreatic enzymes with a gradual development of morphological restructuring of the exocrine part of the pancreas.*

**Key words:** hypercaloric diet, enzymes, pancreas, rats.

### Connection of the publication with planned research works.

The publication is related to the research work "Pathogenesis of the influence of exogenous harmful factors on the morphofunctional state of the pancreas", state no. registration number O12U002381.

### Introduction.

Irrational nutrition with increased content of carbohydrates and fats in the daily diet is one of the main factors in the development of excess body weight and obesity [1], which are the main risk factors for somatic and endocrine pathology [2], namely pancreatic disease (PG) [3].

Biochemical studies show that unhealthy diets with increased levels of nutrients affect PG. K. Ohtsubo and co-authors [4] established that the level of triglycerides, cholesterol, phospholipids and fatty acids increases in the blood of animals that consume high-calorie food; however, the level of proteins, amylase and trypsin decreases, Von Diemen V. and co-authors [5] of a different opinion, namely, that against the background of the above-mentioned changes, the level of  $\alpha$ -amylase increases. Some publications indicate

that excessive nutrition leads to metabolic syndrome and the development of type 2 diabetes [6, 7].

### The aim of the study.

Determination of the functional state of the exogenous part of PG in rats with irrational nutrition.

### Object and research methods.

The scope of the research included experiments on a population of WAG/G Sto rats (20 heads), which were divided into 2 groups. The rats of the 1st group received a high-calorie diet for  $33 \pm 0.8$  days, and the animals of the 2nd group (control) received a balanced, rational diet during the experiment.

The level of  $\alpha$ -amylase was determined by the spectrophotometric method using sets of reagents from La Chema (Czech Republic) in accordance with the attached instructions. The  $\alpha$ -amylase enzyme takes part in the reaction of splitting starch with the formation of final products that do not give a color reaction with iodine. The decrease in the intensity of the color determined the activity of  $\alpha$ -amylase. With the help of "Dialab" (Austria) reagent sets, a biochemical study of  $\alpha$ 1 – antitrypsin was carried out by the immunoturbidimetric method according