



**ТОМ XXXII**  
**1 | 2024**

**ISSN 2708-7166 (Print)**  
**ISSN 2708-7174 (Online)**

Унікальний префікс DOI  
видавництва журналу:  
10.46879

Рекомендовано до друку  
Вченою радою  
Державної установи  
«Інститут медичної  
радіології та онкології  
імені С. П. Григор'єва  
Національної академії  
медичних наук України»  
(протокол №3 від 20.02.2024 р.)

Свідоцтво  
про державну реєстрацію  
друкованого засобу  
масової інформації  
серія КВ 24433-14373 ПР  
від 26.05.2020 р.

Свідоцтво про внесення  
суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
видавців,  
виготовлювачів  
і розповсюджувачів  
видавничої продукції  
ДК № 7115 від 28.07.2020 р.

Адреса редакції:  
вул. Григорія Сковороди,  
буд. 82,  
м. Харків, 61024, Україна  
тел./факс: +38 (057) 725-50-74  
e-mail: imr\_omo@ukr.net

# Науково-практичне видання

# УКРАЇНСЬКИЙ РАДІОЛОГІЧНИЙ ТА ОНКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

[ukroj.com](http://ukroj.com)

**Засновник і видавець:** Державна установа  
«Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва  
Національної академії медичних наук України»  
Засновано 1993 року  
Періодичність виходу – 4 рази на рік



Входить до Переліку наукових друкованих  
фахових видань України (категорія «А»),  
у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт  
в галузі знань «22 – Охорона здоров'я» (Додаток 4 до наказу  
Міністерства освіти і науки України від 29.06.2021 № 735)  
за спеціальностями: «222 – Медицина»,  
«224 – Технології медичної діагностики та лікування»

Індексується в наукометричних базах, каталогах і бібліотеках



Робота редакційної колегії орієнтована на норми та принципи  
International Committee of Medical Journal Editors



Контент доступний за ліцензією Creative Commons «Attribution» 4.0

Research and practice edition

# UKRAINIAN JOURNAL OF RADIOLOGY AND ONCOLOGY

[ukroj.com](http://ukroj.com)

**Founder and publisher:** State Organization  
«Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology  
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»  
Established in 1993  
Published 4 times a year



Listed in the scientific printed professional editions of Ukraine (category A) which can publish these results in «22 – Healthcare» field (Annex 4 to Order No 735 of Ministry of Education and Science of Ukraine, 29.06.2021) on the specialties: «222 – Medicine», «224 – Technologies of Medical Diagnosis and Treatment»

Indexed in scientometrical databases, catalogs, and libraries



With a focus of the editorial board on the standards and guidelines of International Committee of Medical Journal Editors



The content is available under license from Creative Commons "Attribution" 4.0



**VOLUME XXXII**  
**1 | 2024**

ISSN 2708-7166 (Print)  
ISSN 2708-7174 (Online)

DOI unique prefix of the  
Journal publishing house:  
10.46879

Recommended to publishing  
by the Academic Board  
of State Organization  
«Grigoriev Institute for Medical  
Radiology and Oncology  
of the National Academy  
of Medical Sciences  
of Ukraine»  
(record No 3 20/02/2024)

Certificate  
of print media registration:  
serial number  
KB 244433-14373 ПР  
Issued 26/05/2020

Certificate of registration  
of publishing industry entity  
in the State Register  
of Publishers, Manufacturers  
and Distributors  
of Printed Products  
ΔK No 7115, 28/07/2020

Editorial office address:  
82 Hryhoriia Skovorody Str.,  
Kharkiv, 61024, Ukraine  
ph/fax: +38 (057) 725-50-74  
e-mail: [imr\\_omo@ukr.net](mailto:imr_omo@ukr.net)

## ЗМІСТ

## CONTENTS

### ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Абдуллаєв Р.Я., Вороньжев І.О., Абдуллаєв Р.Р.**  
Оцінка гемодинаміки хребетних артерій у пацієнтів з нестабільністю атлантаоаксiального з'єднання із застосуванням функціональних проб

**Хорошун Е.М., Спужак Р.М., Деменко П.В., Дем'яненко В.В., Колпаков О.В.**  
Можливості променевих методів дослідження у визначенні проявів заброньової травми органів грудної клітки

**Яковцова І.І., Старіков В.І., Янчевський О.В., Івахно І.В., Абдуллаєва А.Б., Мірзебасов М.А.**  
Морфологічні та імуногістохімічні критерії прогнозу дрібноклітинних раків легень

**Радзішевська Є.Б., Сухіна О.М., Васильєв Л.Я., Сухін В.С., Немальцова К.В., Грановська Г.І., Радзішевська Я.К., Бойко О.М.**  
Фактори ризику локального і віддаленого метастазування та показники виживаності хворих на місцево-розповсюджений рак шийки матки, виявлені на підставі аналізу катамнестичних даних за період 1998–2021 роки

**Іванкова В.С., Дьоміна Е.А., Хруленко Т.В., Маковецька Л.І., Барановська Л.М., Главін О.А.**  
Прогнозування променевих ускладнень шляхом вивчення окисних процесів крові у хворих на рак шийки матки при хіміопроменевому лікуванні

**Ейнуллаєва Н.А.**  
Вплив віку та нутриційного статусу на показники розміру жовчного міхура у здорових осіб азербайджанської популяції

**Кирилова О.О., Шестопалова Л.Ф., Рубльова Т.В., Золотарьова Т.Г.**  
Динаміка рівня психологічної травматизації медичного персоналу за умов роботи в Харкові під час війни за період 2022–2023 років

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

**Главацький О.Я., Грязов А.Б., Чувашова О.Ю., Кручок І.В., Старенький В.П., Іванкова В.С., Талько В.В., Насонова А.М.**  
Гліобластома: якість життя як необхідна складова оцінки ефективності променевого лікування

**Красносельський М.В., Артамонова Н.О., Павліченко Ю.В.**  
Радіаційно-індукований дерматит: огляд сучасних уявлень

### БЕЗПЕРЕРВНА МЕДИЧНА ОСВІТА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

**Григоров С.М., Демяник Д.С., Ентіна Ю.М., Сухіна І.С.**  
Клінічний досвід використання та порівняльна оцінка результатів рентгенологічних методів обстеження пацієнтів із травматичними переломами нижньої щелепи

### ORIGINAL RESEARCH

**9 Abdullaiev R.Ya., Voronzhev I.O., Abdullaiev R.R.**  
Assessment of hemodynamics in vertebral arteries in patients with atlantoaxial instability using functional tests

**19 Khoroshun E.M., Spuziak R.M., Demenko P.V., Demianenko V.V., Kolpakov O.V.**  
Capabilities of radiation imaging methods in detecting symptoms of behind-armor blunt trauma of the chest organs

**32 Yakovtsova I.I., Starikov V.I., Yanchevskiy O.V., Ivakhno I.V., Abdullaieva A.B., Mirzebasov M.A.**  
Morphological and immunohistochemical prognostic criteria for small cell lung cancers

**44 Radzishavska Yev.B., Sukhina O.M., Vasylyev L.Ya., Sukhin V.S., Nemaltsova K.V., Hranovska H.I., Radzishavska Ya.K., Boiko O.M.**  
Risk factors for local and distant metastasis and survival characteristics of patients with locally advanced cervical cancer, revealed on the basis of analysis of historical data for the period 1998–2021

**56 Ivankova V.S., Domina E.A., Khrulenko T.V., Makovetska L.I., Baranovska L.M., Glavin O.A.**  
Prediction of radiation complications by determining the blood oxidation processes in cervical cancer patients under chemoradiotherapy

**70 Eynullaeva N.A.**  
The impact of age and nutritional status on the parameters of the gallbladder in healthy individuals of the Azerbaijani population

**78 Kyrylova O.O., Shestopalova L.F., Rublova T.V., Zolotarova T.G.**  
Changes in the level of psychological traumatization of medical personnel working in Kharkiv under war conditions over the period from 2022 to 2023

### LITERATURE REVIEW

**91 Glavatskiy O.Ya., Gryazov A.B., Chuvashova O.Yu., Kruchok I.V., Starenkiy V.P., Ivankova V.S., Talko V.V., Nasonova A.M.**  
Glioblastoma: quality of life as a key element in evaluation of radiation treatment effectiveness

**105 Krasnoselskiy M.V., Artamonova N.O., Pavlichenko Y.V.**  
Radiation-induced dermatitis: a review of current understanding

### CONTINUING MEDICAL EDUCATION AND HEALTH CARE ORGANIZATION

**123 Grigorov S.M., Demianyk D.S., Entina Y.M., Sukhina I.S.**  
Clinical experience evaluation and comparative analysis of the results of X-ray diagnostic methods in patients with traumatic fractures of the lower jaw

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.09-18>  
УДК: 616-073:616.134.9



## Оцінка гемодинаміки хребетних артерій у пацієнтів з нестабільністю атлантаксіального з'єднання із застосуванням функціональних проб

Абдуллаєв Р.Я., <https://orcid.org/0000-0002-8456-7332>, e-mail: rizvanabdullaiev@gmail.com  
Вороньжев І.О., <https://orcid.org/0000-0002-3232-5120>, e-mail: Igor.voronzhev@gmail.com  
Абдуллаєв Р.Р., <https://orcid.org/0009-0008-1599-1018>, e-mail: ry.abdullaiev@knmu.edu.ua

Навчально-науковий інститут післядипломної освіти  
Харківського національного медичного університету  
Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

## Assessment of hemodynamics in vertebral arteries in patients with atlantoaxial instability using functional tests

Abdullaiev R.Ya., <https://orcid.org/0000-0002-8456-7332>, e-mail: rizvanabdullaiev@gmail.com  
Voronzhev I.A., <https://orcid.org/0000-0002-3232-5120>, e-mail: Igor.voronzhev@gmail.com  
Abdullaiev R.R., <https://orcid.org/0009-0008-1599-1018>, ry.abdullaiev@knmu.edu.ua

Education and Research Institute for Postgraduate Education  
of Kharkiv National Medical University  
of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

### Ключові слова:

гемодинаміка, хребетні артерії, атлантаксіальна нестабільність.

### Для кореспонденції:

Абдуллаєв Різван Ягубович  
Навчально-науковий інститут післядипломної освіти Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;  
e-mail: rizvanabdullaiev@gmail.com

© Абдуллаєв Р.Я., Вороньжев І.О.,  
Абдуллаєв Р.Р., 2024

### РЕЗЮМЕ

**Актуальність.** Порушення гемодинаміки в хребетних артеріях нерідко призводить до неврологічних дисбалансів. Оцінка параметрів кровотоку у різних відділах хребетних артерій допоможе прогнозувати розвиток серйозних неврологічних захворювань, і своєчасно проводити відповідні лікувально-профілактичні заходи.

**Мета роботи.** Визначити кількісні показники кровотоку у хребетних артеріях у молодих осіб із атлантаксіальною нестабільністю за допомогою функціональних тестів у триплексному режимі.

**Матеріали та методи.** У 41 пацієнта молодого віку в триплексному режимі реєструвався кровотік у 2-му та 3-му сегментах хребетних артерій (ХА), обчислювалися максимальна систолічна швидкість (Vs), кінцева діастолічна швидкість (Vd), резистивний індекс (RI), індекс пульсативності (PI), хвилинний об'єм кровотоку (ХОК – Vvol). Ці показники гемодинаміки визначалися в рівному положенні голови та під час функціональних тестів.

**Результати та їх обговорення.** RI у лівій ХА був найбільшим при повороті голови у протилежний бік (ПГвПБ) і склав  $0,71 \pm 0,03$ , що на статистично значущому рівні ( $p < 0,01$ ) перевищує відповідний показник у здорових осіб. При ПГвПБ Vs у правій ХА становив  $57,3 \pm 5,2$  см/сек, при повороті голови в однойменний бік (ПГвОБ) –  $37,4 \pm 3,6$  см/сек ( $p < 0,01$ ), а у здорових осіб –  $47,8 \pm 4,3$  см/сек. PI у правій ХА при ПГвПБ становив  $0,70 \pm 0,03$ , а при ПГвОБ –  $0,69 \pm 0,03$ , що на статистично значущому рівні ( $p < 0,05$ ) перевищує відповідний показник у здорових осіб. PI мав найбільше значення у лівому ХА при ПГвПБ голови та становив  $1,05 \pm 0,07$ , що на статистично значущому рівні ( $p < 0,05$ ) перевищує відповідний показник у здорових осіб. При ПГвПБ голови ХОК становив  $92 \pm 10$  мл/хв – статистично значуще ( $p < 0,05$ ) менше, ніж у здорових осіб.

**Висновки.** Різкі повороти голови у молодих осіб з нестабільністю атлантаксіального з'єднання супроводжуються зростанням індексів резистентності та пульсативності у III сегменті хребетних артерій та зниженням хвилинного об'єму кровотоку в них.

В осіб з нестабільністю атлантаксіального з'єднання поворот голови в протилежний бік супроводжується зростанням систолічної швидкості кровотоку у відповідній хребетній артерії, а в однойменний бік – її зниженням. При цьому показники гемодинаміки у пацієнтів із атлантаксіальною нестабільністю на статистично значущому рівні відрізняються від відповідних даних здорових осіб.

## Для цитування:

Абдуллаєв Р.Я., Вороньжев І.О., Абдуллаєв Р.Р. Оцінка гемодинаміки хребетних артерій у хворих з атлантаксіальною нестабільністю із застосуванням функціональних проб. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2024. Т. 32. № 1. С. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.09-18>

## Key words:

hemodynamics, vertebral arteries, atlantoaxial instability.

## For correspondence:

Abdullaiev Rizvan Yagubovych  
Education and Research Institute for Postgraduate Education of Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine;  
4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;  
e-mail: rizvanabdullaiev@gmail.com

© Abdullaiev R.Ya., Voronzhev I.O.,  
Abdullaiev R.R., 2024

## ABSTRACT

**Background.** Hemodynamic disturbances in the vertebral arteries often lead to neurological imbalances. Assessing blood flow parameters in different parts of the vertebral arteries can help predict the development of serious neurological diseases and promptly carry out appropriate treatment and preventive measures.

**Purpose.** To determine quantitative parameters of blood flow in the vertebral arteries in young people with atlantoaxial instability using functional tests in triplex mode.

**Materials and methods.** In triplex mode, blood flow was recorded in the V2 and V3 segments of the vertebral arteries (VA) in 41 young patients. Maximum systolic velocity (Vs), end-diastolic velocity (Vd), resistive index (RI), pulsatility index (PI), and minute volume of blood flow (Vvol) were assessed. These hemodynamic parameters were measured in a straight head position during functional tests.

**Result.** The RI value in the left VA was the highest in contralateral turning (CLT) of the head:  $0.71 \pm 0.03$ , which is statistically ( $p < 0.01$ ) significantly higher than the corresponding parameter in healthy individuals. In CLT, Vs in the right VA was  $57.3 \pm 5.2$  cm/s; in ipsilateral turning (ILT) of the head –  $37.4 \pm 3.6$  cm/s ( $p < 0.01$ ), and in healthy individuals –  $47.8 \pm 4.3$  cm/s. RI in the right VA was  $0.70 \pm 0.03$  in CLT and  $0.69 \pm 0.03$  in ILT, which was significantly ( $p < 0.05$ ) higher than in healthy individuals. RI had the highest value in the left VA in CLT:  $1.05 \pm 0.07$ , which was statistically significantly ( $p < 0.05$ ) higher than in healthy individuals. At the same time, Vvol in CLT was  $92 \pm 10$  mL/min – significantly ( $p < 0.05$ ) lower than in healthy individuals.

**Conclusions.** Sharp turns of the head in young people with instability of the atlantoaxial joint are accompanied by an increase in the indices of resistance and pulsatility in the V3 segment of the vertebral arteries and a decrease in the minute volume of blood flow in them.

In persons with instability of the atlantoaxial joint, contralateral turning of the head is accompanied by an increase in the systolic velocity of blood flow in the corresponding vertebral artery, and ipsilateral turning leads to its decrease. At the same time, hemodynamic parameters in patients with atlantoaxial instability are statistically significantly different from the corresponding data of healthy individuals.

## For citation:

Abdullaiev RYa, Voronzhev IO, Abdullaiev RR. Assessment of hemodynamics in vertebral arteries in patients with atlantoaxial instability using functional tests. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2024;32(1):9–18. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.09-18>

## Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України та є фрагментом теми: «Ультразвукова діагностика дегенеративної хвороби дисків в різних вікових групах», номер державної реєстрації 0122U000022, прикладна, термін виконання 2021–2025 рр., керівник теми – доктор медичних наук, професор Р.Я. Абдуллаєв.

## Relationship with academic programs, plans and themes

The article is a fragment of the planned research work of Education and Research Institute for Postgraduate Education of Kharkiv National Medical University «Ultrasound diagnosis of degenerative disc disease in different age groups», state registration number: 0122U000022, applied, code: 01896866, period for performance: 2021–2025, led by Doctor of Medical Sciences, Professor R.Ya. Abdullaiev

## ВСТУП

Злиття двох хребетних артерій в одну велику базальну артерію забезпечує кровопостачання заднього відділу мозку [1]. Зміна напрямку кровотоку в екстракраніальному відділі хребетних артерій нерідко призводить до гемодинамічно значних порушень у задньому відділі Віллісового кола. Визначення

## INTRODUCTION

The fusion of two vertebral arteries into one large basal artery provides blood supply to the posterior part of the brain [1]. A change in the direction of blood flow in the extracranial section of the vertebral arteries often leads to hemodynamically significant disturbances in the posterior section of the circle of Willis.

кількісних показників кровотоку за допомогою доплерографії може допомогти виявити ранні ознаки порушення гемодинаміки і проводити профілактичні лікувальні заходи [2].

Атлантаксіальне з'єднання – це складна структура, що з'єднує потилицю і шийний відділ хребта. Воно забезпечує широкий діапазон рухів у вигляді згинання, розгинання та обертання краніоцервікального переходу. Хрестоподібна і крилоподібна зв'язки забезпечують стабільність цього сегмента шийного відділу хребта. Нестабільність атлантаксіального з'єднання частіше буває вродженою, але також виникає внаслідок травм і дегенеративних змін. Атлантаксіальна нестабільність може виникати однаковою мірою в чоловіків і жінок, і може проявлятися в будь-якому віці [3]. Рентгенологічними ознаками нестабільності шийного відділу хребта є: випрямлення фізіологічного лордозу, деформуючий ункоартроз, зниження висоти міжхребцевих дисків, склерозування замикаючих пластин, субхондральний склероз, крайові кісткові розростання, спондилоартроз [4].

У раніше опублікованих наукових працях показано, що реєстрацію кровотоку в хребетних артеріях в доплерівському імпульсному режимі бажано проводити під контролем кольорової візуалізації. Це дозволяє краще візуалізувати хребетну артерію та визначити кількісні параметри кровотоку в усіх його сегментах. Дослідження може бути проведено як у сидячому, так і лежачому положенні пацієнта. Деякі автори вважають, що функціональні проби легше проводити з поворотом голови у положенні сидячи [5].

Швидкий поштовх у шийний відділ хребта може спричинити травматичне пошкодження хребетної артерії. У раніше опублікованих наукових працях показано розвиток гемодинамічно значимих порушень кровотоку в басейні вертебробазиллярної системи аж до виникнення ішемічного інсульту під час проведення мануальної терапії у хворих на патологію шийного відділу хребта [6].

Дані літератури вказують на актуальність оцінки гемодинаміки у хребетних артеріях у пацієнтів з нестабільністю атлантаксіального з'єднання у режимі дуплексного сканування із застосуванням функціональних проб.

**Мета дослідження** – доплерографічна оцінка гемодинаміки в хребетних артеріях у пацієнтів з нестабільністю атлантаксіального з'єднання із застосуванням функціональних проб.

Assessing quantitative parameters of blood flow using dopplerography can help detect early signs of hemodynamic disorders and carry out preventive treatment measures [2].

The atlantoaxial joint is a complex structure that connects the back of the head and the cervical spine. It provides a wide range of motions in the form of flexion, extension, and rotation of the craniocervical junction. The cruciate and pterygoid ligaments provide stability to this segment of the cervical spine. Instability of the atlantoaxial joint is more often congenital, but also occurs as a result of injuries and degenerative changes. Atlantoaxial instability can occur equally in both sexes and can appear at any age [3]. X-ray signs of instability of the cervical spine are: straightening of the physiological lordosis, uncoarthrosis deformans, decrease in the height of the intervertebral discs, end-plate sclerosis, subchondral sclerosis, marginal osteophytes, and spondyloarthrosis [4].

In previously published scientific works, it had been shown that the registration of blood flow in the vertebral arteries in the Doppler pulse mode should preferably be carried out with color imaging. This allows the vertebral artery to be better visualized and quantitative parameters of blood flow to be assessed in all its segments. The examination can be carried out in both sitting and lying positions of the patient. Some authors believe that functional tests are easier to perform with the head turned in a sitting position [5].

A rapid jolt to the cervical spine can cause traumatic damage to the vertebral artery. In previously published scientific works, the authors describe development of hemodynamically significant blood flow disturbances in the basin of the vertebrobasilar system and even the occurrence of ischemic stroke during manual therapy in patients with cervical spine pathology [6].

Literature data indicate the importance of assessing hemodynamics in the vertebral arteries in patients with instability of the atlantoaxial joint in duplex scanning mode using functional tests.

**Objective** – to perform a dopplerographic assessment of hemodynamics in the vertebral arteries in patients with instability of the atlantoaxial joint using functional tests.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## MATERIALS AND METHODS

До аналізу включено результати комплексного ультразвукового дослідження 41 пацієнта з нестабільністю атлантаксіального з'єднання. Діагноз був встановлений рентгенографічно з передньої проєкції та ехографічно з потиличного доступу. Вік пацієнтів варіював у межах 21–44 роки (в середньому 31±5 років), серед них 23 чоловіки та 18 жінок. Були визначені: систолічна пікова швидкість (Vs), кінцева діастолічна швидкість (Vd), індекси резистентності (RI) та пульсативності (PI), хвилинний об'єм кровотоку (ХОК-MFV) у другому та третьому сегментах хребетної артерії. Всі параметри доплерографії реєструвалися в ней-

The analysis included the results of a comprehensive ultrasound examination of 41 patients with instability of the atlantoaxial joint. The diagnosis was established radiographically from the anterior projection and echographically from the occipital approach. The age of the patients ranged from 21 to 44 years (mean, 31±5 years). Among the patients, there were 23 men and 18 women. The following parameters were assessed: systolic peak velocity (Vs), end-diastolic velocity (Vd), resistance index (RI) and pulsatility index (PI), minute blood flow volume (Vvol) in the V2 and V3 segments of the vertebral artery. All Doppler parameters were assessed in

тальному положенні і при обертальних рухах голови. Порівняльну групу (ПГ) склали 34 особи віком 19–36 (в середньому  $28 \pm 4$ ) років без патологій шийного відділу хребта (ШВХ) та нормальним клініко-неврологічним статусом. Допплерографія виконувалася на приладі Philips HD 11XE з використанням мікроконвекційного датчика в діапазоні частот 4–9 МГц.

Для визначення статистичної значущості даних використовувався непараметричний метод Манна–Уїтні. При величині  $p < 0,05$  різницю між порівнюваними групами вважали статистично значущою.

a neutral position and during rotational movements of the head. The comparison group (CG) consisted of 34 people aged from 19 to 36 (mean,  $28 \pm 4$ ) years without cervical spine pathologies and with normal neurological status. Doppler examination was performed on a Philips HD 11XE device using a microconvex transducer in the frequency range of 4 to 9 MHz.

The non-parametric Mann–Whitney U test was used to determine statistical significance of the data. The difference between the compared groups was considered statistically significant when p value was lower than 0.05.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

## RESULTS AND DISCUSSION

При діагностиці атлантаксіальної нестабільності ми ґрунтувалися на рекомендації Американської асоціації радіологів [7]. Відстань від зубоподібного відростка до бічних мас у пацієнтів із атлантаксіальною нестабільністю перевищувала 2,0 мм (рис. 1, 2).

When diagnosing atlantoaxial instability, we adhered to the recommendations of the American Radiological Association [7]. The distance from the odontoid process to the lateral masses in patients with atlantoaxial instability exceeded 2.0 mm (Fig. 1, 2).



**Рис. 1.** Рентгенограма С1–С2 з відкритим ротом у прямій проекції. Видно асиметрію положення зубоподібного відростка С2 – відстань до бічної маси С2 справа – 3 мм, ліворуч – 6 мм. Визначається нерівна ширина щілин бічних суглобів, субхондральний склероз, осифікація передньої поздовжньої зв'язки на рівні суглоба Крювельє

**Fig. 1.** X-ray C1–C2 with an open mouth in direct projection.

The asymmetry of the position of the C2 odontoid process is visible: the distance to the lateral mass is 3 mm on the right, 6 mm on the left. Unequal width of lateral joint slits, subchondral sclerosis, and ossification of the anterior longitudinal ligament at the level of the Cruveilhier joint can be detected

У порівняльній групі у II сегменті ХА Vs в рівному положенні голови в лівій ХА складала  $50,3 \pm 4,9$  см/с, а в правій ХА під час повороту голови в однойменний бік (ПГвОБ) –  $43,7 \pm 4,1$  см/с. RI був найнижчим в лівій ХА в рівному положенні ( $0,57 \pm 0,02$ ), найбільшим – в правій ХА під час повороту голови у протилежний бік (ПГвПБ) ( $0,63 \pm 0,02$ ). Мінімальне значення PI ( $0,83 \pm 0,04$ ) реєструвалося в лівій ХА в рівному положенні, максимальне – в правій ХА під час ПГвОБ ( $0,89 \pm 0,04$ ). ХОК був найбільшим ( $129 \pm 14$  мл/хв) в рівному положенні, найменшим ( $112 \pm 11$  мл/хв) при повороті голови у лівий бік. Різниця між показниками пацієнтів з атлантаксіальною нестабільністю та здорових осіб не була статистично значущою.

Величина Vs в обох артеріях виявилася мінімальною при повороті голови у протилежний бік:



**Рис. 2.** Ехографічна візуалізація атлантаксіального з'єднання із заднього доступу в поперечній площині. Відзначається значне зміщення зубоподібного відростка С2 у бік лівої бічної маси під час повороту голови в протилежний бік

**Fig. 2.** Echographic visualization of the atlantoaxial joint from the posterior approach in the transverse plane.

There is a significant displacement of the C2 odontoid process towards the left lateral mass in contralateral turning of the head

In the comparison group, in the V2 segment of VA, the value of Vs in the neutral position of the head in the left VA was  $50.3 \pm 4.9$  cm/s, and in the right VA, it was  $43.7 \pm 4.1$  cm/s in ipsilateral turning (ILT) of the head. RI was the lowest in the left VA in the neutral position ( $0.57 \pm 0.02$ ) and the highest in the right VA in contralateral turning (CLT) of the head ( $0.63 \pm 0.02$ ). The minimum PI value ( $0.83 \pm 0.04$ ) was recorded in the left VA in the neutral position, whereas the maximum value was registered in the right VA in ILT of the head ( $0.89 \pm 0.04$ ). Vvol was the greatest ( $129 \pm 14$  mL/min) in the neutral position and the lowest ( $112 \pm 11$  mL/min) in turning of the head to the left. However, no statistically significant difference was found between the parameters of patients with atlantoaxial instability and healthy individuals.

In both arteries, Vs was the lowest in CLT of the head:  $37.6 \pm 3.6$  cm/s and  $37.6 \pm 3.2$  cm/s in the left

у лівій ХА  $37,3 \pm 3,6$  см/с, а у правій ХА  $37,6 \pm 3,2$  см/с, відповідно. Величина Vs у серединному положенні голови була найбільшою: у лівій ХА вона становила  $43,9 \pm 4,2$  см/с, у правій ХА –  $45,1 \pm 4,3$  см/с. Величина RI в обох ХА коливалась від  $0,57 \pm 0,02$  до  $0,61 \pm 0,02$ , PI – від  $0,88 \pm 0,04$  до  $0,94 \pm 0,06$ ; ХОК – від  $103 \pm 9$  мл/хв до  $115$  мл/хв. У другому сегменті обох ХА показники кровотоку хворих та здорових осіб у серединному положенні голови та під час функціональних тестів між собою на статистично значущому рівні не відрізнялися (табл. 1).

and right VA, respectively. In the neutral position of the head, Vs was the highest:  $43.9 \pm 4.2$  cm/s in the left VA and  $45.1 \pm 4.3$  cm/s in the right VA. RI in the vertebral arteries varied from  $0.57 \pm 0.02$  to  $0.61 \pm 0.02$ ; PI – from  $0.88 \pm 0.04$  to  $0.94 \pm 0.06$ ; Vvol – from  $103 \pm 9$  mL/min to  $115$  mL/min. There were no statistically significant differences between the corresponding hemodynamic parameters in the V2 segment of both VA of patients with atlantoaxial instability and healthy individuals in the neutral position of the head during various functional tests (Table 1).

**Таблиця 1.** Показники кровотоку у II сегменті ХА у нейтральному положенні голови та під час функціональних тестів  
**Table 1.** Hemodynamic parameters of the V2 segment of the VA in the neutral position of the head during functional tests

Гемодинамічні показники Hemodynamic parameters	II Сегм. ХА V2 segm., VA	Атлантаоаксіальна нестабільність (n=41) Atlantoaxial instability (n=41)			Порівняльна група (n=34) Comparison group (n=34)		
		НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR	НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR
Vs, см/сек Vs, cm/s	ЛХА / LVA	$43,9 \pm 4,2$	$38,1 \pm 3,5$	$37,3 \pm 3,6$	$50,3 \pm 4,9$	$47,6 \pm 4,3$	$43,7 \pm 4,1$
	ПХА / RVA	$45,1 \pm 4,3$	$37,6 \pm 3,2$	$38,2 \pm 3,7$	$48,5 \pm 4,7$	$46,9 \pm 4,5$	$46,2 \pm 4,3$
RI	ЛХА / LVA	$0,61 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,02$	$0,62 \pm 0,02$	$0,57 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,03$	$0,59 \pm 0,02$
	ПХА / RVA	$0,62 \pm 0,02$	$0,64 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,02$
PI	ЛХА / LVA	$0,88 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,06$	$0,90 \pm 0,06$	$0,83 \pm 0,04$	$0,84 \pm 0,04$	$0,85 \pm 0,04$
	ПХА / RVA	$0,89 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,06$	$0,94 \pm 0,06$	$0,87 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,04$
ХОК, мл/хв Vvol mL/min	ЛХА / LVA	$115 \pm 13$	$107 \pm 12$	$105 \pm 11$	$129 \pm 14$	$128 \pm 12$	$119 \pm 13$
	ПХА / RVA	$114 \pm 11$	$104 \pm 10$	$103 \pm 9$	$118 \pm 11$	$112 \pm 11$	$114 \pm 12$

**Примітка:**

НПГ – нейтральне положення голови;  
 ПГЛБ – поворот голови у лівий бік;  
 ПГПБ – поворот голови у правий бік;  
 ХОК – хвилинний обсяг кровотоку;  
 ЛХА – ліва хребетна артерія;  
 ПХА – права хребетна артерія.

**Note:**

NHP – neutral head position;  
 LHR – left head rotation;  
 RHR – right head rotation;  
 Vvol – minute volume of blood flow;  
 LVA – left vertebral artery;  
 RVA – right vertebral artery.

Як видно з таблиці 2 у здорових осіб величина Vs у різних положеннях голови знаходилася в діапазоні  $43,5$ – $49,5$  см/с, RI –  $0,57$ – $0,62$ , PI –  $0,82$ – $0,91$ , ХОК –  $109$ – $125$  мл/хв. У них на статистично значущому рівні відмінностей між показниками кровотоку у нейтральному положенні голови та під час функціональних тестів в обох сегментах ХА не було виявлено. У групі пацієнтів з нестабільністю шийного відділу хребта величина Vs та ХОК у нейтральному положенні голови була трохи нижчою, ніж серед здорових осіб. На відміну від Vs, величина RI та PI у групі здорових осіб була менше, ніж у хворих. При повороті голови в однойменний бік Vs у лівій хребетній артерії склала  $36,7 \pm 3,8$  см/с, а при повороті у протилежний бік –  $57,3 \pm 5,2$  см/с ( $p < 0,01$ ). У здорових осіб ці параметри становили –  $46,1 \pm 4,2$  см/с та  $44,3 \pm 4,1$  см/с ( $p < 0,05$ ), відповідно. При повороті голови в однойменний бік Vs у правій хребетній артерії склала  $37,4 \pm 3,6$  см/с, а в протилежний бік –  $54,9 \pm 5,1$  см/с ( $p < 0,05$ ) відповідно.

Серед обстежених з патологією шийного відділу хребта RI в лівій ХА під час повороту голови в протилежний бік становив  $0,71 \pm 0,03$ , а правої ХА  $0,70 \pm 0,03$ , що на статистично значущому рівні ( $p < 0,01$ ) перевищує відповідний показник у здорових осіб. Найбільша величина PI виявилася в лівій ХА під час повороту голови у протилежний бік і склала  $1,05 \pm 0,07$ , що на статистично значущому рівні ( $p < 0,05$ ) перевищує відповідний показник у здорових осіб. Величина ХОК була найменшою в лівій ХА також при повороті голови в протилежний бік і склала  $92 \pm 10$  мл/хв –

As can be seen from Table 2, in comparison group, Vs in different positions of the head varied from  $43.5$  to  $49.5$  cm/s, RI – from  $0.57$  to  $0.62$ , PI – from  $0.82$  to  $0.91$ , Vvol – from  $109$  to  $125$  mL/min. There were no significant differences between the hemodynamic parameters of the V2 and V3 segments of the VA in the neutral head position during various functional tests. In patients with atlantoaxial instability, the values of Vs and Vvol in the neutral head position were slightly lower than in patients of the comparison group, and the values RI and PI, on the contrary, were higher than in healthy individuals. Vs of the left VA in ILT of the head was  $36.7 \pm 3.8$  cm/s, in CLT of the head –  $57.3 \pm 5.2$  cm/s ( $p < 0.01$ ). In patients of comparison group, the values were  $46.1 \pm 4.2$  cm/s and  $44.3 \pm 4.1$  cm/s ( $p < 0.05$ ), respectively. The values of Vs in the right VA were  $37.4 \pm 3.6$  cm/s and  $54.9 \pm 5.1$  cm/s ( $p < 0.05$ ) in ILT and CLT, respectively.

In patients with cervical spine pathology, RI in CLT was  $0.71 \pm 0.03$  and  $0.70 \pm 0.03$  in the left and right VA, respectively, which is statistically significantly ( $p < 0.01$ ) higher compared to patients of the comparison group. The highest value of PI was noted in the left VA in CLT and was  $1.05 \pm 0.07$ , which is significantly ( $p < 0.05$ ) higher than the corresponding parameter in healthy individuals. The lowest value of Vvol was also noted in the left VA in CLT and was  $92 \pm 10$  mL/min – statistically significantly ( $p < 0.05$ ) lower than in patients of the comparison group (Fig. 3, 4).

на статистично значущому рівні ( $p < 0,05$ ) нижче, ніж у здорових осіб (рис. 3, 4).

**Таблиця 2.** Показники кровотоку у III сегменті ХА у нейтральному положенні голови та під час функціональних тестів  
**Table 2.** Hemodynamic parameters of the V3 of the VA in the neutral head position during functional tests

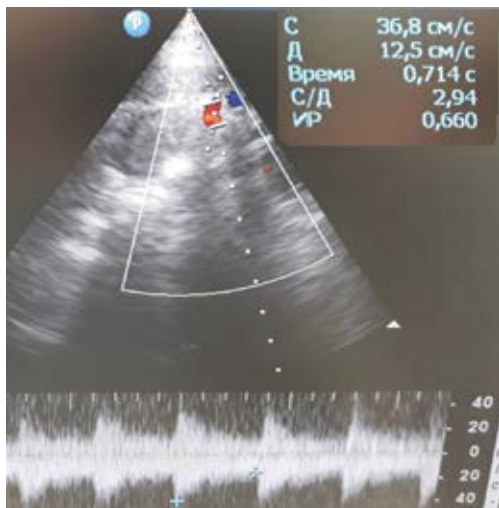
Гемодинамічні показники Hemodynamic parameters	III Сегм. ХА V3 segm., VA	Атлантаоаксіальна нестабільність (n=41) Atlantoaxial instability (n=41)			Порівняльна група (n=34) Comparison group (n=34)		
		НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR	НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR
Vs, см/с Vs, cm/s	ЛХА / LVA	41.6±4.3	36.7±3.8	57.3±5.2 $p < 0,05$ $p\ r-l < 0,01$ $p\ lva-rva < 0,01$	49.5±4.8	46.1±4.2	44.3±4.1
	ПХА / RVA	42.9±4.5	54.9±5.1 $p < 0,01$	37.4±3.6	47.4±4.6	47.8±4.3	43.5±3.9
RI	ЛХА / LVA	0.62±0.02	0.68±0.03	0.71±0.03 $p < 0,01$	0.57±0.02	0.61±0.03	0.60±0.02
	ПХА / RVA	0.63±0.02	0.70±0.03 $p < 0,05$	0.69±0.03	0.58±0.02	0.62±0.02	0.61±0.02
PI	ЛХА / LVA	0.91±0.05	0.94±0.06	1.05±0.07 $p < 0,05$	0.82±0.04	0.85±0.04	0.84±0.04
	ПХА / RVA	0.89±0.05	0.98±0.07	1.01±0.07	0.85±0.04	0.89±0.05	0.91±0.05
ХОК, мл/хв Vvol, mL/min	ЛХА / LVA	112±12	97±1	92±10 $p < 0,05$	125±12	123±12	117±11
	ПХА / RVA	113±11	94±10	96±9	113±11	113±11	109±10

**Примітка:**

НПГ – нейтральне положення голови;  
 ПГЛБ – поворот голови у лівий бік;  
 ПГПБ – поворот голови у правий бік;  
 ХОК – хвилинний обсяг кровотоку;  
 ЛХА – ліва хребетна артерія;  
 ПХА – права хребетна артерія;

**Note:**

NHP – neutral head position;  
 LHR – left head rotation;  
 RHR – right head rotation;  
 Vvol – minute flow volume;  
 LVA – left vertebral artery;  
 RVA – right vertebral artery.



**Рис. 3.** Кровотік зареєстрований у III сегменті лівої ХА у пацієнта з нестабільністю атлантаоаксіального з'єднання під час повороту голови в однойменний бік.  
 Vs становить 36,8 см/с, RI – 0,66

**Fig. 3.** Blood flow is registered in the V3 segment of the left VA in a patient with instability of the atlantoaxial joint in ILT.  
 Vs is 36.8 cm/s, RI is 0.66



**Рис. 4.** Кровотік зареєстрований у III сегменті правої ХА у пацієнта з нестабільністю атлантаоаксіального з'єднання під час повороту голови в протилежний бік.  
 Vs становить 58,8 см/с, RI – 0,74

**Fig. 4.** Blood flow is registered in the V3 segment of the right VA in a patient with instability of the atlantoaxial joint in CLT.  
 Vs is 58.8 cm/s, RI is 0.74

У табл. 3 подано результати доплерографії базальної артерії (БА) пацієнтів з атлантаоаксіальною нестабільністю (ААН) і порівняльної групи (ПГ) з проведенням функціональних проб. У ПГ величина Vs БА у нейтральному положенні складала  $59,3 \pm 5,2$  см/с, при повороті голови в лівий бік –

In Table 3, the results of dopplerography of the basal arteries (BA) of patients with atlantoaxial instability and patients of the comparison group who underwent functional tests are presented. In comparison group, the value of Vs in the BA in the neutral position was  $59.3 \pm 5.2$  cm/s, in left head rotation –  $54.7 \pm 5.6$  cm/s, in

54,7±5,6 см/с, при повороті в правий бік 52,1±4,7 см/с, а у пацієнтів з ААН – 51,4±5,2 см/с, 38,3±4,2 см/с (p<0,05) і 40,2±4,1 см/с, відповідно.

right head rotation – 52.1±4.7 cm/s, and in patients with atlantoaxial instability – 51.4±5.2 cm/s, 38.3±4.2 cm/s (p<0.05), and 40.2±4.1 cm/s, respectively.

**Таблиця 3.** Параметри гемодинаміки базальної артерії у хворих з атлантаоксіальною нестабільністю та порівняльної групи у нейтральному положенні та з ротацією голови

**Table 3.** Hemodynamic parameters of the basal artery in patients with atlantoaxial instability and in patients of the comparison group in the neutral position and with head rotation

Гемодинамічні показники Hemodynamic parameters	Атлантаоксіальна нестабільність (n=41) Atlantoaxial instability (n=41)			Порівняльна група (n=34) Comparison group (n=34)		
	НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR	НПГ / NHP	ПГЛБ / LHR	ПГПБ / RHR
Vs, см/с Vs, cm/s	51.4±5.2	38.3±4.2 p<0,05	40.2±4.1	59.3±5.2	54.7±5.6	52.1±4.7
ХОК, мл/хв Vvol, mL/min	139±14	105±11 p<0,01	107±12 p<0,05	162±16	154±15	148±14

**Примітка:**

НПГ – нейтральне положення голови;  
 ПГЛБ – поворот голови у лівий бік;  
 ПГПБ – поворот голови у правий бік;  
 ХОК – хвилинний обсяг кровотоку.

**Note:**

NHP – neutral head position;  
 LHR – left head rotation;  
 RHR – right head rotation;  
 Vvol – minute flow volume.

У ПГ величина ХОК БА у нейтральному положенні складала 162±16 мл/хв, при повороті голови в лівий бік – 154±15 мл/хв, при повороті в правий бік – 148±14 мл/хв, а у пацієнтів з ААН – 139±14 мл/хв, 105±11 мл/хв (p<0,01) і 107±12 мл/хв (p<0,05), відповідно.

In comparison group, the value of Vvol in the BA in the neutral position was 162±16 mL/min, in left head rotation – 154±15 mL/min, in right head rotation – 148±14 mL/min, and in patients with atlantoaxial instability – 139±14 mL/min, 105±11 mL/min (p<0.01), and 107±12 mL/min (p<0.05), respectively.

**Обговорення**

У проведених раніше дослідженнях показано, що у людей з патологією верхнього шийного хребця швидкість кровотоку в хребетній артерії вище, ніж у здорових людей, особливо при обертальних рухах. Автори відзначають, що швидкість кровотоку особливо збільшується у четвертому сегменті хребетної артерії, коли пацієнт сидить. У зв'язку з цим автори рекомендують уникати тривалого обертання головою під час сеансів мануальної терапії [8–10].

Вплив ротаційних рухів на гемодинаміку у хребетних артеріях залишається дискусійним. Наприклад, Yelverton C. та співавтори (2020) вивчали доплерівські параметри кровотоку у людей без явних патологій шийного відділу хребта та не виявили статистично значущих відмінностей між отриманими даними до та після функціональних тестів [11].

У раніше опублікованих роботах показана роль доплерографії в оцінці параметрів кровотоку в хребетних артеріях у пацієнтів з грижею шийних міжхребцевих дисків [12]. Було виявлено статистично значущу відмінність систолічної швидкості та індексу резистентності кровотоку у порівнянні з пацієнтами без патології шийного відділу хребта.

Як відомо, останніми роками мануальна терапія стала важливою складовою реабілітаційних заходів у хворих з патологіями шийного відділу хребта. У раніше опублікованих роботах подано дані про зниження швидкості і хвилинного об'єму кровотоку в третьому сегменті хребетної артерії на рівні C1–C2 при різких ротаційних рухах голови під час виконання мануальної терапії у хворих з патологіями шийних хребців [13, 14]. В цих працях основна увага була приділена динаміці систолічної швидкості кровотоку при різних положеннях голови. У даній роботі

**Discussion**

Previous studies have shown that the velocity of blood flow in the VA is higher in patients with pathology of the upper cervical vertebra than in healthy people, especially during rotational movements. The authors note that the blood flow rate increases particularly in the V4 segment of the VA when the patient is sitting. In this regard, the authors recommend avoiding prolonged head rotation during manual therapy sessions [8–10].

The impact of rotational movements on hemodynamics in VA remains debatable. For example, Yelverton C. et al. (2020) studied Doppler parameters of blood flow in people without obvious pathologies of the cervical spine and found no statistically significant differences between the data obtained before and after functional tests [11].

In our previously published works, the role of dopplerography in the assessment of blood flow parameters in the VA in patients with herniated cervical intervertebral discs has been shown [12]. A statistically significant difference in systolic speed and blood flow resistance index was found, compared to patients without cervical spine pathology.

As it is known, in recent years, manual therapy has become an important component of rehabilitation measures for patients with cervical spine pathologies. In previously published works, the authors have presented data on a decrease in the velocity and minute volume of blood flow in the V3 segment of the VA at the C1–C2 level in sharp rotational movements of the head during manual therapy in patients with pathologies of the cervical vertebrae [13, 14]. These studies mainly focused on the dynamics of systolic blood flow velocity in different head positions. In this work, we assessed such blood flow parameters as pulsatility

оцінювалися такі параметри кровотоку як пульсаційний індекс та об'ємний кровотік, що краще характеризують тонус судин, наявність компресії у третьому сегменті хребетних артерій під час обертових рухів голови у хворих з атлантаксіальною нестабільністю.

Нами виявлено, що при атлантаксіальній нестабільності обертові рухи голови призводять до погіршення показників гемодинаміки у третьому сегменті хребетних артерій у вигляді зменшення хвилинного об'єму кровотоку, збільшення показників опору та пульсації. При іпсилатеральному повороті голови швидкість кровотоку в однойменній хребетній артерії зменшується, а при контралатеральному обертанні – навпаки збільшується. Різниця порівняно з показниками кровотоку на протилежній артерії з результатами здорових людей має істотне значення. Допплерографічне дослідження параметрів кровотоку в хребетних артеріях – інформативний та безпечний метод діагностики, який дає лікарю – мануальному терапевту інформацію для успішного проведення лікування. Це дослідження рекомендується проводити перед початком та протягом лікування.

Таким чином, швидкі ротаційні рухи голови і шиї у хворих з атлантаксіальною нестабільністю можуть призвести до порушення гемодинаміки в хребетних артеріях, що може мати погані наслідки при великих перевантаженнях.

index and volumetric blood flow. These parameters provide better characteristics of vascular tone and the presence of compression in the V3 segment of the VA during rotational movements of the head in patients with atlantoaxial instability.

We have found that in atlantoaxial instability, rotational movements of the head lead to a deterioration of hemodynamic parameters in the V3 segment of the VA in the form of a decrease in the minute volume of blood flow, an increase in resistance and pulsation indices. In ILT of the head, the velocity of blood flow in the corresponding VA decreases, and in CLT, on the contrary, it increases. Compared to blood flow parameters of the opposite artery, the difference between them in patients with atlantoaxial instability and healthy individuals is significant. Doppler assessment of blood flow parameters in the VA is an informative and safe diagnostic method that provides a doctor, a manual therapist, with information for performing successful treatment. This assessment is recommended to be conducted before and over the course of treatment.

Thus, rapid rotational movements of the head and neck in patients with atlantoaxial instability can lead to hemodynamic disturbances in the VA, which can have bad consequences in case of large overloads.

## ВИСНОВКИ

Різкі повороти голови у молодих осіб з нестабільністю атлантаксіального з'єднання супроводжуються зростанням індексів резистентності та пульсативності у третьому сегменті хребетних артерій та зниженням хвилинного об'єму кровотоку в них.

В осіб з нестабільністю атлантаксіального з'єднання поворот голови в протилежний бік супроводжується зростанням систолічної швидкості кровотоку у відповідній хребетній артерії, а в однойменний бік – її зниженням. При цьому показники гемодинаміки у пацієнтів із атлантаксіальною нестабільністю на статистично значущому рівні відрізняються від відповідних даних здорових осіб.

## CONCLUSIONS

Sharp turns of the head in young people with instability of the atlantoaxial joint are accompanied by an increase in the indices of resistance and pulsatility in the V3 segment of the vertebral arteries and a decrease in the minute volume of blood flow in them.

In persons with instability of the atlantoaxial joint, contralateral turning of the head is accompanied by an increase in the systolic velocity of blood flow in the corresponding vertebral artery, and ipsilateral turning leads to its decrease. At the same time, hemodynamic parameters in patients with atlantoaxial instability are statistically significantly different from the corresponding data of healthy individuals.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lee J.H., Cheng K.L., Choi Y.J., Baek J.H. High-resolution Imaging of Neural Anatomy and Pathology of the Neck. *Korean journal of radiology*. 2017;18(1):180–193. DOI: <https://doi.org/10.3348/kjr.2017.18.1.180>
2. Cummings K.R., Grosso F.V., Moore G.E., Rochat M., Thomovsky S.A., Bentley R. Radiographic indices for the diagnosis of atlantoaxial instability in toy breed dogs [corrected]. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2018;59(6):667–676. DOI: <https://doi.org/10.1111/vru.12668>
3. Kothe R. Rheumatoid instability in the cervical spine: Diagnostic and therapeutic strategies. *Der Orthopäde*. 2018;47(6):489–495. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3563-2>
4. Alizada M., Li R.R., Hayatullah G. Cervical instability in cervical spondylosis patients: significance of the radiographic index method for evaluation. *Der Orthopäde*. 2018;47(12):977–985. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3635-3>
5. Lyons C., Ross M., Elliot R., Tall M. Atlantoaxial Instability in a Patient with Neck Pain and Ankylosing Spondylitis. *Military Medicine*. 2018;183(9–10):e654–e657. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usy034>

## REFERENCES

1. Lee JH, Cheng KL, Choi YJ, Baek JH. High-resolution Imaging of Neural Anatomy and Pathology of the Neck. *Korean journal of radiology*. 2017;18(1):180–93. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3348/kjr.2017.18.1.180>
2. Cummings KR, Grosso FV, Moore GE, Rochat M, Thomovsky SA, Bentley R. Radiographic indices for the diagnosis of atlantoaxial instability in toy breed dogs [corrected]. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2018;59(6):667–76. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1111/vru.12668>
3. Kothe R. Rheumatoid instability in the cervical spine: Diagnostic and therapeutic strategies. *Der Orthopäde*. 2018;47(6):489–95. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3563-2>
4. Alizada M, Li RR, Hayatullah G. Cervical instability in cervical spondylosis patients: significance of the radiographic index method for evaluation. *Der Orthopäde*. 2018;47(12):977–85. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3635-3>
5. Lyons C, Ross M, Elliot R, Tall M. Atlantoaxial Instability in a Patient with Neck Pain and Ankylosing Spondylitis. *Military Medicine*. 2018;183(9–10):e654–7. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usy034>

6. Psychogios K., Magoufis G., Kargiotis O., Safouris A. et al. Ultrasound Assessment of Extracranial Carotids and Vertebral Arteries in Acute Cerebral Ischemia. *Medicina*. 2020. Vol. 56. 711 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina56120711>
7. Hutting N.V., Verhagen A.P., Vijverman V., Keesenberg M.D., Dixon G., Scholten-Peeters G.G. Diagnostic accuracy of premanipulative vertebrobasilar insufficiency tests: a systematic review. *Manual therapy*. 2018. Vol. 18(3). P. 177–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.09.009>
8. Jenkins H.J., Downie A.S., Moore C.S., French S.D. Current evidence for spinal X-ray use in the chiropractic profession: a narrative review. *Chiropractic & manual therapies*. 2018. Vol. 26. 48 p.
9. Shum G., Cinnamond S., Hough D., Choy S., Whittingham W. Doppler ultrasonography assessment of the vertebral artery in people with cervicogenic dizziness. *Journal of spine*. 2017. Vol. 6. 4 p.
10. Zhang L-H., Yu D.L., Liu B.L., Tian C. A preliminary study of colour Doppler ultrasound for the evaluation of intervertebral stenosis of the vertebral artery. *Clinical Radiology*. 2020. Vol. 76(1). P. 80.e9–80.e13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crad.20.08.033>
11. Yelverton C., Wood J.J., Petersen D.L., Peterson C. Changes in vertebral artery blood flow in different head positions and post cervical manipulative therapy. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2020. Vol. 43(2). P. 144–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.09.001>
12. Abdullaiev R., Voronzhev I. B-mode ultrasonography of herniated cervical discs in young people. *Medical Science*. 2022. Vol. 2(47). P. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2022.255539>
13. Leenaerts T., Molenaar W., Cattrysse E. Changes in vertebral artery blood flow during pre manipulative tests in participants with upper cervical spine motion restriction. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2020. Vol. 43(2). P. 134–143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.10.002>
14. Zarrintan S., Iwanaga J., Mozafar M. et al. An Ultrasound Evaluation of the Vertebral Artery in Patients With Vertebral Artery Hypoplasia. *Cureus*. 2021. Vol. 13(5). e15020 p. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.15020>
6. Psychogios K., Magoufis G., Kargiotis O., Safouris A et al. Ultrasound Assessment of Extracranial Carotids and Vertebral Arteries in Acute Cerebral Ischemia. *Medicina*. 2020;56:711. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina56120711>
7. Hutting NV, Verhagen AP, Vijverman V, Keesenberg MD, Dixon G, Scholten-Peeters GG. Diagnostic accuracy of premanipulative vertebrobasilar insufficiency tests: a systematic review. *Manual therapy*. 2018;18(3):177–82. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.09.009>
8. Jenkins HJ, Downie AS, Moore CS, French SD. Current evidence for spinal X-ray use in the chiropractic profession: a narrative review. *Chiropractic & manual therapies*. 2018;26:48. (In English).
9. Shum G, Cinnamond S, Hough D, Choy S, Whittingham W. Doppler ultrasonography assessment of the vertebral artery in people with cervicogenic dizziness. *Journal of spine*. 2017;6:4. (In English).
10. Zhang L-H, Yu DL, Liu BL, Tian C. A preliminary study of colour Doppler ultrasound for the evaluation of intervertebral stenosis of the vertebral artery. *Clinical Radiology*. 2020;76(1):80.e9–13. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crad.20.08.033>
11. Yelverton C, Wood JJ, Petersen DL, Peterson C. Changes in vertebral artery blood flow in different head positions and post cervical manipulative therapy. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2020;43(2):144–51. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.09.001>
12. Abdullaiev R, Voronzhev I. B-mode ultrasonography of herniated cervical discs in young people. *Medical Science*. 2022;2(47):23–7. (In English). DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-4798.2022.255539>
13. Leenaerts T, Molenaar W, Cattrysse E. Changes in vertebral artery blood flow during pre manipulative tests in participants with upper cervical spine motion restriction. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2020;43(2):134–43. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.10.002>
14. Zarrintan S, Iwanaga J, Mozafar M et al. An Ultrasound Evaluation of the Vertebral Artery in Patients With Vertebral Artery Hypoplasia. *Cureus*. 2021;13(5):e15020. (In English). DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.15020>

#### Перспективи подальших досліджень

#### Prospects for further research

Дослідити кількісні та якісні параметри кровотоку в задньому відділі Віллізієвого кола, а також у венозних сплетіннях головного мозку у пацієнтів з нестабільністю атланта-аксіального з'єднання для покращення діагностики та проведення профілактичних лікувальних заходів.

Further research of quantitative and qualitative parameters of blood flow in the posterior part of the circle of Willis as well as in the venous plexuses of the brain in patients with instability of the atlantoaxial joint is necessary to improve diagnosis and prophylactic treatment measures.

#### Конфлікт інтересів

#### Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

The authors declare no conflict of interest.

#### Інформація про фінансування

#### Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України.

Financed by the state budget of Ukraine

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Абдуллаєв Різван Ягубович** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри ультразвукової та функціональної діагностики Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: [rizvanabdullaiev@gmail.com](mailto:rizvanabdullaiev@gmail.com)

mob.: +38 (097) 237-19-19

**Внесок автора:** проведення доплерометрії хребетних артерій та ультразвукова діагностика нестабільності атланта-аксіального з'єднання, аналіз отриманих результатів.

**Abdullaiev Rizvan Yagubovych** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics of Education and Research Institute for Postgraduate Education of Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: [rizvanabdullaiev@gmail.com](mailto:rizvanabdullaiev@gmail.com)

tel.: +38 (097) 237-19-19

**Author's contribution:** performing Doppler examinations of the vertebral arteries and establishing ultrasound diagnosis of atlantoaxial instability, analysis of the obtained results.

**Вороньжев Ігор Олександрович** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри рентгенології та радіології Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: igor.voronzhev@gmail.com

моб.: +38 (097) 280-28-52

**Внесок автора:** корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів.

**Абдуллаєв Руслан Різванович** – доктор філософії, асистент кафедри рентгенології та радіології Навчально-наукового інституту післядипломної освіти Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: ry.abdullaiev@kntmu.edu.ua

моб.: +38 (098) 414-83-45

**Внесок автора:** проведення рентгенографічних досліджень шийного відділу хребта, огляд літератури.

**Voronzhev Ihor Oleksandrovych** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Radiology of Education and Research Institute for Postgraduate Education of Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: igor.voronzhev@gmail.com

tel.: +38 (097) 280-28-52

**Author's contribution:** correction of the work, analysis of the obtained results.

**Abdullaiev Ruslan Rizvanovych** – Doctor of Philosophy in Medicine, Assistant of the Department of Radiology of Education and Research Institute for Postgraduate Education of Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: ry.abdullaiev@kntmu.edu.ua

tel.: +38 (098) 414-83-45

**Author's contribution:** performing X-ray examinations of the cervical spine, reviewing literature sources.

Рукопис надійшов  
*Manuscript was received*  
20.12.2023

Отримано після рецензування  
*Received after review*  
04.02.2024

Прийнято до друку  
*Accepted for printing*  
20.02.2024

Опубліковано  
*Published*  
28.02.2024