

# КЛИНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА



УДК 616.12

DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3\(124\).112-116](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3(124).112-116)

## МОРФО-ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСИММЕТРИИ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И ИХ ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ В ПАТОГЕНЕЗЕ ГИПЕРТОНИИ

Ю.Г.Гаевский, В.Р.Вебер, В.М.Захарова

## MORPHO-HEMODYNAMIC ASYMMETRIES IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND THEIR POSSIBLE IMPACT ON HYPERTENSION PATHOGENESIS

Yu.G.Gaevsky, V.R.Veber, V.M.Zakharova

*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, gaevskiy@yandex.ru*

В работе оценена возможность использования ультразвукового исследования для изучения морфофункциональных особенностей позвоночных артерий у пациентов с гипертонической болезнью. С этой целью проведено ультразвуковое дуплексное сканирование позвоночных артерий у 279 пациентов с артериальной гипертензией (АГ) I и II стадий (149 пациентов с АГ I стадии и 130 — с АГ II стадии). В контрольную группу вошли 196 лиц с нормальными значениями артериального давления. Дуплексное исследование включало изучение показателей гемодинамики позвоночных артерий (ПА): пиковой систолической скорости кровотока, индекса периферического сопротивления (ИС); пульсационного индекса (ПИ), диаметра левой и правой ПА, асимметрии диаметра ПА, объемного кровотока. Реактивность ПА оценивалась путем реакции показателей гемодинамики на повороты головы. Выраженность фиброза мышечной муфты, окружающей ПА в сегментах C5–C6 шейного отдела позвоночника, оценивалась по 4 степеням (от 0 до 3). В ходе исследования выявлены различия в данных морфологии позвоночных артерий, а также ультразвуковых показателях мышечной муфты, окружающей ПА в сегментах C5–C6, а наибольшие различия наблюдались в показателях реактивности ПА на повороты головы (ИС и ПИ). Результаты исследования показали, что ранние изменения мышечной муфты, окружающей ПА в сегментах C5–C6, приводят по мере дальнейшей травматизации сосудов и симпатических волокон ПА при вращении головой к изменениям диаметров позвоночных артерий и их реактивности. Показатели реактивности в значительно большей степени выражены со стороны левой ПА и нарастают по мере прогрессирования ГБ.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, гипертоническая болезнь, позвоночные артерии, ультразвуковое дуплексное сканирование магистральных сосудов шеи, сосудистая реактивность

**Для цитирования:** Гаевский Ю.Г., Вебер В.Р., Захарова В.М. Морфо-гемодинамические асимметрии у больных артериальной гипертензией и их возможная роль в патогенезе гипертонии // Вестник НовГУ. Сер.: Медицинские науки. 2021. №3(124). С.112-116. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3\(124\).112-116](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3(124).112-116)

To evaluate the prospects of duplex Doppler ultrasound for studying morphofunctional features of vertebral arteries, we investigated duplex Doppler ultrasound scanning of vertebral arteries in 279 patients with stages 1–2 arterial hypertension (149 patients with stage 1 hypertension and 130 patients with stage 2 hypertension). The control group included 196 subjects with normal blood pressure values. Duplex Doppler ultrasound included the following hemodynamic parameters of vertebral arteries: peak systolic velocity, pulsatility index, resistance index, and also the asymmetry of vertebral arteries diameters — the ratio of the diameter of the left vertebral artery to the diameter of the right vertebral artery; volumetric blood flow. The reactivity of the vertebral arteries was studied by assessing the response of hemodynamic parameters to head rotation. The severity of muscle sleeve fibrosis surrounding the vertebral arteries in the C5–C6 segments of the cervical spine was evaluated at 4 degrees (from 0 to 3). The study found differences in the morphology of the vertebral arteries as well as the ultrasound parameters of the muscle sleeve surrounding the vertebral arteries in the C5–C6 segments but the greatest differences were observed precisely in the indicator of the reactivity of the vertebral arteries on head rotation. Reactivity indicators were expressed as changes in the parameters of pulsatility index and resistance index. The results of the study showed that early changes in the muscle sleeve surrounding the vertebral arteries in the C5–C6 segments lead to changes in the diameters of the vertebral arteries and their reactivity during further traumatization of vessels and sympathetic fibers caused by rotation of the head. Reactive indicators express to a far greater degree on the left vertebral artery and their progression increase with the progression of hypertension occurred.

**Keywords:** arterial hypertension, vertebral arteries, ultrasound duplex scanning of the main neck vessels, vascular responsiveness

**For citation:** Gaevsky Yu.G., Veber V.R., Zakharova V.M. Morpho-hemodynamic asymmetries in patients with arterial hypertension and their possible role in the pathogenesis of hypertensive disease // Vestnik NovSU. Issue: Medical Sciences. 2021. №3(124). P.112-116. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3\(124\).112-116](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3(124).112-116)

Артериальная гипертензия (АГ) и шейный спондилез являются распространенными заболеваниями, при этом механизм взаимосвязи между ними не изучен.

В настоящее время 1,13 млрд людей в мире страдают артериальной гипертензией (АГ), которая является ведущей глобальной причиной сердечно-сосудистой заболеваемости [1]. Общая распространенность АГ у взрослых составляет около 30-45% в мире [2] и около 40% в РФ [3].

Шейный спондилез также является распространенным заболеванием, на которое приходится 2% всех госпитализаций. Термин «спондилез» (греч. «позвонок») означает общий термин для неспецифических, дегенеративных изменений позвоночника [4]. Однако в настоящее время доказано, что в патологический процесс вовлекаются не только хрящ, но и связки, капсула, синовиальная оболочка и околоствчатые мышцы [5,6].

Пятнадцать лет назад мы впервые приобрели современный УЗ-прибор с возможностью дуплексного исследования сосудов. Начав исследование позвоночных артерий у больных с артериальной гипертензией, уже тогда обнаружили некие интересные особенности, отличавшие здоровых лиц и больных АГ различных стадий. В последующие годы и до сих пор мы тщательно изучали все это. В результате было выполнено большое исследование [7-12].

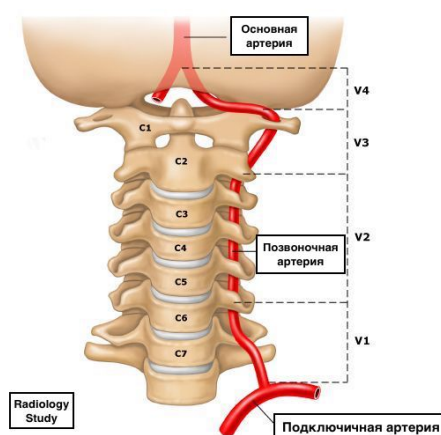


Рис.1. Сегменты позвоночной артерии

Было проведено дуплексное исследование магистральных сосудов шеи на УЗ сканере SonoScape SSI 1000 с детальным изучением кровотока по позво-

ночным артериями (ПА): в экстракраниальном отделе во втором сегменте (V2) — в канале отверстий поперечных отростков от C5-C6 до второго шейного позвонка и в четвертом сегменте (V4) [13,14].

Было обследовано 475 человек в возрасте от 13 до 87 лет: группа контроля составила 196 человек, группа АГ 1 стадии — 149 человек, группа АГ 2 стадии — 130 человек. Стадия артериальной гипертензии определялась в соответствии с рекомендациями МЗ РФ [15].

Дуплексное исследование включало изучение показателей гемодинамики позвоночных артерий (ПА): пиковой систолической скорости кровотока, индекса периферического сопротивления (ИС); пульсационного индекса (ПИ), диаметра левой и правой ПА, асимметрии диаметра ПА, объемного кровотока (рис.1).

Реактивность ПА оценивалась путем реакции показателей гемодинамики на повороты головы.

Выраженность фиброза мышечной муфты, окружающей ПА в сегментах C5-C6 шейного отдела позвоночника, оценивалась по 4 степеням (от 0 до 3). Данная градация введена нами (рис.2).

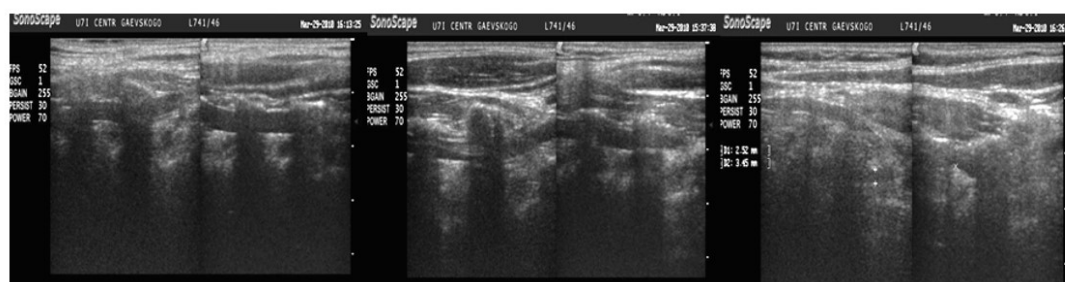
Обращало на себя внимание преобладание среди пациентов с гипертонической болезнью выраженного фиброза мышечных муфт в C4-C5 сегменте шейного отдела позвоночника.

Исследование феномена фиброза в возрастном аспекте показало, что выраженные изменения в 3 балла редко наблюдались у здоровых лиц до 30 лет: справа — 2,1 %, слева — 0%. У здоровых лиц 30-49 лет частота резко нарастала: справа — 17,7%, слева — 13,9%. У здоровых лиц старше 50 лет: справа — 34,1 %, слева — 28,4%.

У пациентов с АГ 1: справа — 44,7%, слева — 42,1. У больных с АГ 2: справа — 48,4%, слева — 22,2%. В контрольной группе сравнения в целом: справа — 33,2%, слева — 26,2%.

Обращала на себя внимание асимметрия выраженности фиброза в группе пациентов с артериальной гипертензией. Мы сравнили частоту асимметрий более чем в один балл у больных и здоровых лиц. В группе контроля этот процент равнялся 37,4%, в группе пациентов с АГ 1 — 50%, а у пациентов с АГ 2 — 61,1%.

У больных АГ 1 частота широких левых ПА незначительно нарастала по сравнению с контрольной группой, но в группе пациентов с АГ 2 частота этих изменений была значительной.



1 степень

2 степень

3 степень

Рис.2. Локальный фиброз муфт шейных межпозвоночных мышц (собственные данные)

Частота лиц с широкой левой позвоночной артерией (диаметр больше 4 мм) в группе контроля составляла 16,4%, в то время как в группе больных с АГ 1 — 34,3% и в группе больных с АГ 2 — 41,2%.

Мало отличалась частота широких правых ПА, скорее, преобладала у контрольной группы. Количество лиц с широкой правой позвоночной артерией (диаметр больше 4 мм) наоборот, преобладало среди группы контроля — 16,4%; уменьшалось у больных с АГ 1 — 10,1% и у больных с АГ 2 — 6,5%.

Частота узких левых ПА существенно не отличалась в исследуемых группах. Частота лиц с узкой левой позвоночной артерией (диаметр меньше 3,0 мм) была представлена примерно одинаково — около 2%.

Частота узких правых ПА значительно отличалась у здоровых и больных. Число больных с узкими правыми позвоночными артериями (диаметр меньше 2,5 мм) было выше в группе больных с АГ 1 (22,6%) и значительно выше — с АГ 2 (52,2%).

Частота асимметрии диаметра ПА с преобладанием левой стороны также наблюдалась у пациентов с артериальной гипертензией.

Асимметрия диаметра позвоночных артерий (соотношение диаметров)  $\geq 1,4$ , как правило, с преобладанием диаметра левой позвоночной артерии имела такую же закономерность: 1,7% — группа контроля, 41,9% — АГ 1, 69,9% — АГ 2.

Таким образом, дуплексное исследование ПА у больных АГ и здоровых лиц позволило выявить показатели, характерные для АГ (представлены по степени значимости различий для групп контроля и АГ 2):

- 1) асимметрия диаметра ПА  $\geq 1,4$  ( $p = 0,0001$ );
- 2) диаметр правой ПА  $\leq 2,5$  мм ( $p = 0,0001$ );
- 3) пиковая систолическая скорость кровотока левой ПА  $\leq 30$  см/сек ( $p = 0,0032$ );

4) асимметрия пиковой систолической скорости кровотока  $\geq 1,5$  ( $p < 0,001$ );

5) асимметрия объемного кровотока  $\geq 2,0$  ( $p < 0,001$ );

6) асимметрия конечной диастолической скорости кровотока  $\geq 1,5$  ( $p < 0,001$ ).

Пиковая систолическая скорость кровотока левой ПА  $\leq 30$  см/сек была отмечена у 1% здоровых лиц и у 3% и 15% в группах АГ 1 и АГ 2 стадии соответственно. Асимметрия пиковой систолической скорости кровотока  $\geq 1,5$  была у 9% лиц в контрольной группе, у 29% — в группе АГ 1 стадии и у 42% — в группе АГ 2 стадии.

Асимметрия объемного кровотока  $\geq 2,0$  со значительным преобладанием слева наблюдалась в 15% в группе контроля, в 17% — в АГ 1 и в 50% — в группе АГ 2. В 16% в группе контроля, в 31% — в группе АГ 1 и в 47% — в группе АГ 2 была выявлена асимметрия конечной диастолической скорости кровотока  $\geq 1,5$ .

Таким образом, можно обрисовать «гемодинамический портрет» при артериальной гипертензии: малый диаметр правых ПА и большой диаметр левых ПА, наличие показателя соотношения диаметров ПА  $\geq 1,4$  с явным преобладанием диаметра левой ПА, асимметрия пиковой систолической и конечной диастолической скоростей кровотока  $\geq 1,5$  и асимметрия объемного кровотока  $\geq 2,0$ .

У нас возникла рабочая гипотеза, что с возрастом нарастает нагрузка на шейный отдел позвоночника, что приводит к раннему фиброзу межпозвоночных сосудистых муфт. Это приводит к уменьшению диаметра правой позвоночной артерии, ее спазму и снижению минутного кровотока в правой ПА. Далее компенсаторно возникает расширение левой ПА. При этом ее трение в муфте увеличивается, что ведет к реактивной артериальной гипертензии (рис.3).



Рис.3. Общая схема патогенеза синдрома артериальной гипертензии при фиброзе муфт позвоночных артерий в сегменте C5-C6 (собственные данные)

С учетом того, что частота фиброза муфт нарастает с возрастом, происходит все больше и больше стабилизация АГ.

Следовательно, можно выделить признаки вертеброгенной стабилизации артериального давления:

- преобладание диаметра левой ПА над правой;

- снижение объемного кровотока в правой ПА и максимальной скорости кровотока меньше 30 см/с;

- фиброз муфты левой и правой ПА больше первой степени;

- увеличение объемного кровотока по левой ПА и снижение по правой ПА;

- дальнейшее увеличение диаметра левой ПА.

Также была изучена реактивность ПА путем проведения измерения до и после поворотов головы и исследованы степени фиброза мышечной муфты позвоночных артерий в сегменте С5-С6 шейного отдела позвоночника, которая была оценена нами по 7 степеням (от 0 до 6).

Кроме того, было обследовано 196 здоровых лиц и 279 пациентов АГ 1-2 стадии (149 АГ 1 и 130 АГ 2). Обе группы были сопоставимы по полу и возрасту (от 18 до 80 лет). Пациенты АГ 3 были исключены из исследования.

По данным QQ-анализа, практически все показатели имели распределения, отличные от нормального, поэтому при проверке гипотез использовался непараметрический критерий Манна—Уитни для анализа данных.

Для сравнения пропорций был использован точный критерий Фишера в тех случаях, когда число единиц наблюдения в одной из ячеек таблицы сопряженности было менее пяти, и  $z$ -критерий для разности двух долей в остальных случаях.

Корреляционный анализ также позволил выявить показатели, характерные для АГ (представлены по степени значимости различий для групп контроля и АГ 2):

- асимметрия диаметра ПА  $\geq 1,4$  ( $p = 0,0001$ );

- диаметр правой ПА  $\leq 2,5$  мм ( $p = 0,0001$ );

- пиковая систолическая скорость кровотока левой ПА  $\leq 30$  см/сек ( $p = 0,0032$ );

- асимметрия пиковой систолической скорости кровотока  $\geq 1,5$  ( $p < 0,001$ )

- асимметрия объемного кровотока  $\geq 2,0$  ( $p < 0,001$ );

- асимметрия конечной диастолической скорости кровотока  $\geq 1,5$  ( $p < 0,001$ ).

Таким образом, пациентов с АГ и здоровых лиц отличало:

- большая степень фиброза межпозвоночных муфт, которая была особенно выражена у больных АГ 2.

- сосудистая реактивность: более высокий уровень реактивности наблюдался в группе АГ 1 стадии, а самый большой в группе АГ 2 стадии по сравнению с контрольной группой.

- реактивность левой позвоночной артерии была выше, чем правой.

В чем ценность изучения найденных нами маркеров?

1. Наличие данных маркеров позволяет предполагать участие позвоночных артерий в патогенез артериальной гипертензии.

2. Позволяет в динамике наблюдать за патогенезом этих отклонений.

3. Возможно, позволит прогнозировать развитие АГ в будущем.

В ходе проведенных исследований было обнаружено, что реакция показателей сосудистого тонуса на повороты головы различная у пациентов с АГ и у здоровых лиц. Реакция также зависит и от других показателей, таких как степень фиброза мышечной муфты, окружающей позвоночные артерии и степени асимметрии диаметра ПА. Таким образом, мы пришли к выводу о тесной связи АГ с состоянием ПА.

Исследователи, работающие с артериальной гипертензией, всегда отмечали одну особенность больных с гипертензией — асимметрию левой и правой половины тела: в вегетативном отношении, в сосудистом тонусе, разном артериальном давлении на обеих руках, различия в зонах Захарьина—Геда, зонах повышенной потливости.

### Заключение

Асимметрия морфо-гемодинамических показателей тесно связана с артериальной гипертензией и, возможно, имеет патогенетическую основу.

Иначе говоря, асимметрия гемодинамических показателей является возможной причиной артериальной гипертензии, стабилизируя и усиливая ее. Учитывая связь симпатических нервов с позвоночными артериями, особенно левой позвоночной артерии со звездчатым симпатическим ганглием.

Причем большую роль в этом играют особенности взаимоотношения симпатических и парасимпатических влияний. В результате этого исследования у нас возникла гипотеза, что эти факты формируются тем, что заранее генетически определяется степень вегетативной асимметрии левой и правой стороны.

Преобладание с правой стороны приводит к ранним изменениям — трофическим нарушениям в позвоночнике, которое впервые начинает проявляться вегетативной дисфункцией: жалобами на кардиалгию, тахикардию, сердцебиению, одышку, снижение толерантности к психофизическим нагрузкам.

Эти изменения воздействуют на симпатические нервы, опутывающие позвоночные артерии, особенно с правой стороны. Другими словами, основу вегетативной дисфункции составляют эти изменения, которые в последующем дают толчок к вегетативным сдвигам — изменению диаметра позвоночных артерий и развитию АГ, особенно изменение левого вегетативного нерва и звездчатого ганглия, связанных с регуляцией работы сердца — частоты сердечных сокращений, ударного и минутного объемов.

Это приводит к стабилизации артериальной гипертензии, гипертрофии миокарда и появлению ранних атеросклеротических изменений в сосудах сердца.

1. Lawes C.M., Hoorn S. Vander, Rodgers A. Global burden of blood-pressure-related disease, 2001 // *The Lancet*. 2008. V.371. Issue 9623. P.1513-1518. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60655-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60655-8)
2. Egan M.B. The prevalence and control of hypertension in adults [Эл. ресурс]. URL: <https://www.uptodate.com/contents/the-prevalence-and-control-of-hypertension-in-adults> (дата обращения: 08.05.2021).
3. Чазова И.Е., Ошчепкова Е.В., Жернакова Ю.В. Артериальная гипертензия у взрослых. М.: Российское медицинское общество по артериальной гипертензии, 2016. 70 с.
4. Robinson J., Kothari M.J. Clinical features and diagnosis of cervical radiculopathy [Эл. ресурс]. URL: <https://www.clinical-features-and-diagnosis-of-cervical-radiculopathy> (дата обращения: 08.05.2021).
5. Bijlsma J.W.J., Berenbaum F., Lafeber F.P.J.G. Osteoarthritis: An update with relevance for clinical practice // *The Lancet*. 2011. № 9783 (377). P.2115–2126.
6. Doherty M. Clinical manifestations and diagnosis of osteoarthritis [Электронный ресурс]. URL: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-and-diagnosis-of-osteoarthritis> (дата обращения: 08.05.2021).
7. Гаевский Ю.Г., Филина Е.В., Красникова О.П. и др. Дуплексное исследование позвоночных артерий у больных с артериальной гипертензией // *Российский медицинский журнал*. 2010. № 2. С. 9–14.
8. Гаевский Ю.Г., Копина М.Н., Чуваков Г.И. и др. Локальный фиброз шейных межпозвоночных мышц и его связь с диаметром и кровотоком позвоночных артерий у здоровых и больных артериальной гипертензией. // *Российский медицинский журнал*. 2013. № 1. С. 28-30.
9. Гаевский Ю.Г., Захарова В.М., Ярослав И.В. и др. Морфогемодинамические маркеры позвоночных артерий у пациентов артериальной гипертензией // *Вестник НовГУ*. 2018. №108(2). С.36-38.
10. Гаевский Ю.Г., Вебер В.Р., Захарова В.М. и др. Ультразвуковые особенности морфологии второго сегмента позвоночных артерий и их гемодинамики у здоровых лиц и у пациентов с различными стадиями артериальной гипертензии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. №1 (10). С.33-38.
11. Гаевский Ю.Г., Копина М.Н., Захарова В.М. Роль дуплексного исследования позвоночных артерий в выяснении причин головокружений у больных с гипертонической болезнью // *Актуальные проблемы современной медицины: республиканский межвузовский научно-практический сборник*. 2016. №18. С.103-111.
12. Гаевский Ю.Г., Вебер В.Р., Захарова В.М. и др. Морфогемодинамические особенности и возможная роль позвоночных артерий в патогенезе гипертонической болезни // *Актуальные вопросы фундаментальной, клинической медицины и фармации: сб. науч. ст. по мат. Всерос. науч.-практ. конф. Великий Новгород, 28–29 ноября 2019 г. В.Новгород: НовГУ, 2020. С.20-25.*
13. Калашников В.И. Применение ультразвуковой доплерографии с функциональными нагрузками в диагностике и контроле лечения синдрома позвоночной артерии // *Международный неврологический журнал*. 2011. №1(39). С.74-78.
14. Сафронова, О.А. Ненарочнов С.В., Морозов В.В. Возможности ультразвуковой диагностики при синдроме позвоночной артерии // *Фундаментальные исследования*. 2011. №3(10). С.553–557.
15. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020 // *Российский кардиологический журнал*. 2020. Т.25. №3. С.149-218. DOI: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3-3786>.
3. Chazova I.E., Oshchepkova E.V., Zhernakova Yu.V. Arterial'naya gipertoniya u vzroslykh [Arterial hypertension in adults]. Moscow, Rossiyskoe meditsinskoe obshchestvo po arterial'noy gipertonii Publ., 2016, 70 p.
4. Robinson J., Kothari M.J. Clinical features and diagnosis of cervical radiculopathy. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-features-and-diagnosis-of-cervical-radiculopathy> (accessed: 08.05.2021).
5. Bijlsma J.W.J., Berenbaum F., Lafeber F.P.J.G. Osteoarthritis: An update with relevance for clinical practice. *The Lancet*, 2011, no.9783 (377), pp.2115–2126.
6. Doherty M. Clinical manifestations and diagnosis of osteoarthritis. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-and-diagnosis-of-osteoarthritis> (accessed: 08.05.2021).
7. Gaevskiy Yu.G., Filina E.V., Krasnikova O.P. Dupleksnoe issledovanie pozvonochnykh arteriy u bol'nykh s arterial'noy gipertenziei [Duplex study of vertebral arteries in patients with arterial hypertension]. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal*, 2010, no.2, pp.9–14.
8. Gaevskiy Yu.G., Kopina M.N., Chuvakov G.I. Lokal'nyy fibroz sheynykh mezhpозvonkovykh myshts i ego svyaz' s diametrom i krovotokom pozvonochnykh arteriy u zdorovykh i bol'nykh arterial'noy gipertoniei [The local fibrosis of cervical intervertebral muscles and its relationship with diameter and blood flow of vertebral arteries in healthy and ill patients with arterial hypertension]. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal*, 2013, no.1, pp.28–30.
9. Gaevskiy Yu.G., Zakharova V.M., Yarosvet I.V. Morfogemodinamicheskie markery pozvonochnykh arteriy u patsientov arterial'noy gipertenziei [Morphogemodynamic markers of vertebral arteries in patients with arterial hypertension]. *Vestnik NovSU*, 2018, no.2, pp.36–38.
10. Gaevskiy Yu.G., Veber V.R., Zakharova V.M., et al. Ul'trazvukovye osobennosti morfologii второго сегмента pozvonochnykh arteriy i ikh gemodiamiki u zdorovykh lits i u patsientov s razlichnymi stadiyami arterial'noy gipertenzii [Some of the ultrasound features of the second segment of the vertebral arteries and their hemodynamics parameters in healthy persons and in patients with different stages of arterial hypertension]. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2019, vol.1, pp.33-38. DOI: <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-33-38>
11. Gaevskiy Yu.G., Kopina M.N., Zakharova V.M. Rol' dupleksnogo issledovaniya pozvonochnykh arteriy v vyyasnenii prichin golovokruzheniy u bol'nykh s gipertonicheskoy bolezn'yu [The role of duplex study of vertebral arteries in identifying the causes of vertigo in patients with hypertension]. Coll. of papers "Aktual'nye problemy sovremennoy meditsiny" [Current problems of modern medicine], 2016, no.18, pp.103–111.
12. Gaevskiy Yu.G., Veber V.R., Zakharova V.M. Morfogemodinamicheskie osobennosti i vozmozhnaya rol' pozvonochnykh arteriy v patogeneze gipertonicheskoy bolezni [Morpho-hemodynamic features and the possible role of vertebral arteries in the pathogenesis of hypertension]. Proc. of "Aktual'nye voprosy fundamental'noy, klinicheskoy meditsiny i farmatsii" [Topical questions of fundamental, clinical medicine, and pharmacy]. Velikiy Novgorod, NovSU Publ., 2020, pp.20-25.
13. Kalashnikov V.I. Primenenie ul'trazvukovoy dopplerografii s funktsional'nymi nagruzkami v diagnostike i kontrole lecheniya sindroma pozvonochnoy arterii [Usage of Doppler ultrasonography with functional tests for diagnostics and treatment control of the vertebral artery syndrome]. *Mezhdunarodnyy nevrologicheskii zhurnal*, 2011, no.1 (39), pp.74-78.
14. Safronova O.A., Nenarochnov S.V., Morozov V.V. Vozmozhnosti ul'trazvukovoy diagnostiki pri sindrome pozvonochnoy arterii [Possibilities of ultrasound diagnostics in vertebral artery syndrome]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2011, no.3 (10), pp.553–557.
15. Arterial'naya gipertenziya u vzroslykh. Klinicheskie rekomendatsii 2020 [Arterial hypertension in adults. 2020 Clinical guidelines]. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*, 2020, vol.25 (3), pp.149-218.

## References

1. Lawes C.M., Vander H.S., Rodgers A. Global burden of blood-pressure-related disease, 2001. *Lancet*, 2008, Vol.371, No.9623, pp.1513-1518.
2. Egan M.B. The prevalence and control of hypertension in adults. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/the-prevalence-and-control-of-hypertension-in-adults> (accessed: 08.05.2021).