УЛТРАЗВУКОВО ИЗМЕРВАНЕ НА ЛОКАЛНАТА АРТЕРИАЛНА РИГИДНОСТ ПОСРЕДСТВОМ ЕДНОТОЧКОВА ЕХОТРАКИНГ МЕТОДИКА

Елена Маринова

*Клиника по вътрешни болести, УМБАЛ „Св. Марина“ – Варна,
Катедра „Пропедевтика на вътрешните болести“,
Медицински университет – Варна*

ULTRASOUND MEASUREMENT OF LOCAL ARTERIAL STIFFNESS THROUGH ONE-POINT ECHO-TRACKING TECHNIQUE

Elena Marinova

*Clinic of Internal Medicine, St. Marina University Hospital, Varna,
Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Faculty of Medicine,
Medical University of Varna*

РЕЗЮМЕ

Настоящото ръководство за хипертонична болест на Европейското дружество по кардиология препоръчва оценка на хипертоничното органно увреждане. Един от тези аспекти е измерването на скоростта на пулсовата вълна като индекс за артериална ригидност и подлежаща атеросклероза. Измерването на скоростта на пулсовата вълна осигурява ценна прогнозна информация и допълва стандартните рискови фактори, като артериално налягане, липиди, кръвна глюкоза, в оценката на сърдечно-съдовия риск. Въведената неотдавна ехографска техника ехотракинг се счита за модерен аспект в измерването на локалната артериалната ригидност в клиничната практика. Каротидната артерия е от особен интерес поради лесната ѝ достъпност и данните, получени от редица проучвания за предиктивна стойност на скоростта на каротидната пулсова вълна за кардиоваскуларни събития.

Ключови думи: артериална ригидност, ехотракинг, скорост на пулсовата вълна

ABSTRACT

A recent guideline on hypertension of the European Society of Cardiology recommends assessment of hypertensive organ damage. One of these aspects is the measurement of pulse wave velocity as an index of arterial stiffness and underlying atherosclerosis. Pulse wave velocity measurement provides valuable predictive information added to standard risk factors such as blood pressure, lipids, and blood glucose in cardiovascular risk assessment. The recently introduced ultrasound echo-tracking technique is considered a modern aspect in measuring local arterial stiffness in clinical practice. The carotid artery is of particular interest because of its easy accessibility and the data obtained from numerous studies on the predictive value of the carotid pulse wave velocity for cardiovascular events.

Keywords: arterial stiffness, echo-tracking, pulse wave velocity

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящото ръководство за хипертонична болест на Европейското дружество по кардиология препоръчва оценка на хипертоничното органично увреждане. Един от тези аспекти е измерването на скоростта на пулсовата вълна като индекс за артериална ригидност и подлежаща атеросклероза. Същото ръководство поставя артериалната ригидност (АР) сред важните патофизиологични детерминанти на изолираната систолна хипертония заедно с повишаващото се пулсово налягане с възрастта (1).

Трансформацията на артериалната стена от еластична в ригидна е част от физиологичния процес на стареене на артериите и закономерно се повишава с всяка следваща възрастова декада. Заедно с възрастта всички традиционни сърдечно-съдови рискови фактори имат негативен ефект върху артериалната ригидност. При това процесът може да бъде ускорен от редица заболявания като артериална хипертония, захарен диабет, хиперлипидемия и хронично бъбречно заболяване (2).

Проблемът за намирането на мащабно изпълнима ранна диагностична техника за атеросклеротичните сърдечно-съдовите усложнения при заболявания като захарен диабет, хипертонична болест и др. в стадий на предклинична изява е все още нерешен. Счита се, че АР е маркер, който може да бъде използван в тази насока. Локално измерената АР на каротидната артерия е от особен интерес поради анатомичната ѝ локализация и честото ѝ засягане от атеросклеротичния процес (3).

Показатели на артериалната ригидност

Еластичните свойства на артериите се променят по хода на артериалното дърво, като проксималните артерии са по-еластични, а дисталните са по-ригидни (3). С контракцията на лявата камера се изтласква определен обем кръв в аортата и така се генерира пулсова вълна, разпространяваща се в циркулаторната система с определена скорост. Скоростта на пулсовата вълна (pulse wave velocity, PWV) може да бъде измерена и нейната стойност да се използва за оценка на артериалната ригидност (4). Разпространявайки се дистално, пулсовата вълна среща области с различно съпротивление, дължащи се на разликите в артериалния диаметър, които проявяват склонност да я усилят, а също така и да предизвикват частичното ѝ отражение. Отразените вълни от множество точки в артериалната системата се сумират и образуват обобщена „отразена“ вълна, пропагираща обратно към сърцето, която обик-

новено се връща в централната аорта във фазата на диастола (5). Отразената вълна се сумира с пулсовата вълна на последващата сърдечна контракция. Тъй като увеличаването на налягането е критично важен елемент в аортната физиология, математически производни на отразената вълна се използват широко в анализа на пулсовата вълна. Такова производно е аугментационният индекс, който служи като ефективен маркер за ригидност на аортата. Този индекс се изчислява като нарастване на налягането от първото асцендентно рамо на пулсовата вълна до нейния пик (ΔP), изразено като процент от пулсовото налягане: $AI = \Delta P / PP \times 100$ (6). Поради това ефектът на отразената вълна върху систолното артериално налягане може да се измери посредством аугментационния индекс (AI) (7).

Освен PWV, друг важен показател на АР е (β)-stiffness индексът. Hayashi et al. изследват линейната зависимост между логаритъма на съотношението налягане/диаметър на съдовата стена. Наклонът на тази експоненциална функция бил наречен β -stiffness. Този индекс характеризира деформацията на артериалната стена, която не е зависима от налягането при физиологични условия. Така β -stiffness индексът и PWV показват паралелни промени в свойства на съдовата стена, а връзката им с артериалния кърмплайънс е обратнопропорционална (8). Измерения чрез ултразвук β -stiffness index дава информация за еластичните свойства на съда, които се променят от патологични състояния, водещи до увеличаване на колагена и намаляване на еластина (Toste Lanne). Повишаването на АР води до нарастване както на стойностите на PWV, така и на β -stiffness индекса. Освен тях, чрез ехографска методика може да се измери артериалният кърмплайънс (AC) и константата на еластична деформация (Ep). Артериалният кърмплайънс дава информация за абсолютната промяна в диаметъра на артерията за дадена промяна на налягането и е обратнопропорционален на скоростта на пулсовата вълна. Константата на еластична деформация от своя страна измерва механичните свойства на артериалната стена (9).

Показателите на АР се генерират автоматично от ехографския софтуер, изчислени по сложни **математически алгоритми**:

1. β -stiffness индекс:

$$\beta = \ln(P_s/P_d) / [(D_s - D_d)/D_d]$$

2. Константа на еластична деформация E_p — Peterson's modulus:

$$E_p = (P_s - P_d) / [(D_s - D_d) / D_d]$$
3. Артериален комплайънс (AC):

$$AC = p(D_s \times D_s - D_d \times D_d) / [4 \times (P_s - P_d)]$$
4. Аугментационен индекс (AI):

$$AI = \Delta P / PP \times 100$$
5. Скорост на пулсовата вълна в една точка (one-point pulse wave velocity, PWV β):

$$PWV\text{-}\beta = \sqrt{((\beta \times P_{\min}) / (2p))} \quad p = 1050 \text{ kg/m}^3$$

Където:

$\ln$ – десетичен логаритъм,

P_s – систолно артериално налягане,

P_d – диастолно артериално налягане,

D_s – диаметър на артерията в систола,

D_d – диаметър на артерията в диастола,

p – плътност на кръвта (1.050 kg/m^3).

Измерване на артериалната ригидност

Измерването на AP осигурява ценна прогнозна информация и допълва стандартните рискови фактори като артериално налягане, липиди, кръвна глюкоза в оценката на сърдечно-съдовия риск. Първата публикация на консенсусен документ е от 2006 г., която обобщава различните методики за измерване на артериалната ригидност. За „златен стандарт“ в оценка на AP е прието измерването на каротидо-феморалната PWV посредством тонометрия. През 2010 са публикувани нормални референтни стойности на каротидо-феморалната PWV (cf-PWV), като горна граница от 12 m/s била определена като cut-off за предсказване на сърдечно-съдови събития. По-късно тази стойност е променена от Van Bortel и сътр. на 10 m/s.

Въпреки че c-f PWV се препоръчва в ръководствата, някои автори отчитат наличието на недостатъци. Сред тях е неточност в мануалното измерване на разстоянието между каротидната и феморалната артерии, като реалната дължина на артериалния сегмент може да не бъде точно определена поради анатомични особености (3) (10). Освен това процесът на стареене на артериалното дърво е хетерогенен. Намалването на кмплайънса на артериалната стена с възрастта може да се дължи на относително увеличение на колагеновите фибри, които се различават в торакалната аорта и общата каротидна артерия. Каротидо-феморалната PWV обхваща пробега на пулсовата вълна до каротидната артерия и на-

долу по торакалната аорта едновременно. Следователно това не е проста еднопосочна дължина на артериалния сегмент (11), като по този начин всички детерминанти на „истинската“ изминатата дължина от пулсовата вълна са недостатъчно точни.

Тези източници на грешки могат да се избегнат чрез оценката на AP посредством измерване на локална PWV (3). Каротидната артерия е от особен интерес както поради анатомичната ѝ локализация, така и поради демонстрираната в проучвания предиктивна стойност на измерената каротидна PWV за кардиоваскуларни събития.

Въведената неотдавна технологията ехотракинг (echo-tracking) за измерване на AP в клиничната практика за оценка на PWV в една точка има потенциала да преодолее тези недостатъци (3). Някои автори я определят като модерен аспект в измерването на локалната ригидност на артериалната стена посредством ултразвук в B-mode (12,14). Тази техника е от особен интерес поради лесното ѝ техническо изпълнение, бързина, добра възпроизводимост и повторямост (13). Ако има наличие на атеросклеротични плаки, те се избягват и ехографското измерване се прави в друг участък.

За да се измерят параметрите на AP по методиката ехотракинг, е необходимо ехографска апаратура, снабдена със специален софтуер и високочестотен трансдюсер. Измерването се извършва на 1,5 см проксимално от каротидната бифуркация. Предварително на пациента се поставят периферни електроди, с помощта на които на екрана наблюдаваме симултантен ЕКГ запис, както и графика на времевата промяна в диаметъра на съда, и отчитаме с точност началото на систолата и диастолата на сърдечния цикъл.

Фиг. 1. Ехографски образ на ехотракинг изследване с измерени показатели на артериална ригидност: β – stiffness index, E_p , AC, AI, PWV β

След като се въведат данните от предварително измереното брахиално артериално налягане, се преминава към автоматично изчисляване на показателите на АР посредством математически алгоритми. Промяната в диаметъра на съда се обработва групово за всички регистрирани вълни и се получава средна стойност на показатели-те за ригидност (Фиг. 1).

Vriz и съавт. си поставят за цел да сравняват ехотракинга със златния стандарт и да намерят стойността на скоростта на PWV, измерена в една точка, която да предсказва резултатите получени от cf-PWV над 12 m/s (3). Резултатите показват, че двете скорости корелират сигнификантно една с друга ($r=0.539$, $p<0.001$). Средната скорост на cf-PWV (7.2 m/s, 95% CI=6.2–8.9) е била по-висока от тази, измерена в една точка каротидна PWV (5.8 m/s, 95% CI = 5–6.6). Площта под получената крива е била 0.85, определяща cut-off от 6.65 m/s за PWV, измерена в една точка, като най-добър предиктор за cf-PWV над 12 m/s (3). Скоростта на пулсовата вълна се увеличава с повишаване на ригидността на аортата и е фактор, определящ развитието на сърдечно-съдови усложнения. Това е демонстрирано в различни популации, включително и такива с хипертония и диабет (3).

Бъдещите проучвания на АР са нужни за определяне на потенциала на тези параметри на съдовата биология както за диагностични, така и за терапевтични цели с широко въздействие върху заболявания като хипертония и диабет (5). Няколко епидемиологични проучвания докладват, че повишената АР предсказва заболяемост и смъртност, независимо от другите сърдечно-съдови рискови фактори. Като цяло лицата с диабет имат по-висока PWV от тези без диабет (11.6 ± 2.7 m/s и 9.3 ± 2.1 m/s; $p<0.001$) (15). Диабетът и хипертонията са тясно свързани и е трудно да се установи както изолираният, така и адитивният ефект на тези две състояния върху артериалната ригидност (15).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съвременните данни показват възможността показателите на АР да се използват в помощ на диагнозата на сърдечно-съдовите и метаболитните заболявания. Скоростта на пулсовата вълна е независим рисков фактор за бъдещи сърдечно-съдови събития и обща смъртност (16). Новите методи за измерване на PWV, като ехотракинг, са прецизни, изцяло неинвазивни, възпроизводими и валидирани, което ги прави удобни

за клиничната практика. Резултатите от бъдещи изследвания се очаква да помогнат за изясняване ролята на АР както в диагностичен, така и в терапевтичен план.

ЛИТЕРАТУРА

1. Williams B., Mancia G., Spiering W., Rosei E., Azizi M., Burnier M. et al. Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension, European Heart Journal, 2018, Vol. 39, pp. 3021–3104.
2. Nichols W., Clinical measurement of arterial stiffness obtained from noninvasive pressure waveforms. American Journal of Hypertension, 2005, Vol. 18, pp. 3s-10s.
3. Vriz, Olga, et al. Comparison of sequentially measured Aloka echo-tracking one-point pulse wave velocity with SphygmoCor carotid-femoral pulse wave velocity. SAGE Open Med., 2013, Vol. 1.
4. Ecobici M., Iliescu E., Arterial stiffness and Hypertension-Which Comes First? Maedica-a Journal of clinical medicine, 2017; 12(3), pp. 184-190.
5. Shirwany N., Zou M., Arterial stiffness: a brief review. Acta Pharmacologica Sinica, 2010, 31, pp. 1267–1276.
6. Mather K., Lewanczuk R., Measurement of Arterial Stiffness in Diabetes, Diabetes Care, 2004, Vol. 27.
7. Takazawa K., Augmentation index in heart disease, American Journal of Hypertension, 2005, volum 18, pp. 15s-18s.
8. Toste L., Hansen F., Mangell P., Sonesson B., Differences in mechanical properties of the common carotid artery and abdominal aorta in healthy males. Journal of vascular surgery 1994, Vol. 20, pp. 218-225.
9. Vriz, Olga, et al. Reference values of one-point carotid stiffness parameters determined by carotid echo-tracking and brachial pulse pressure in a large population of healthy subjects, Hypertension Research, 2017, pp. 685-695.
10. Sugawara J., Hayashi K., Yokoi T., Tanaka H. Age-associated elongation of the ascending

- aorta in adults. JACC Cardiovasc Imaging. 2008, pp.739– 748.
11. Van Bortel L., Laurent S., Boutouyrie P., Chowienczyk P., Cruickshank J., et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity, Journal of Hypertension, 2012, pp. 445–448.
 12. Avdeeva, IV., Oleynikov VE., Melnikova E., Echo-Tracking is a Novel Technology to Assess Structural and Functional Properties of Carotid Arteries. STM, 2016, Vol. 8, pp. 119-127.
 13. Liabeuf S., Olivier B., Vemeer C., Theuwissen E., Magdeleyns E., Elodie C., et al. Vascular Calcification in patients with type 2 diabetes: the involvement of matrix Gla protein, Cardiovascular Diabetology, 2014, p. 13:85.
 14. Magda S., Ciobanu A., Florescu M., Vinereanu D., Comparative reproducibility of the noninvasive ultrasound methods for the assessment of vascular function, Heart Vessels, 2013, pp. 28:143–150.
 15. Santos P., et al. Impact of diabetes mellitus on arterial stiffness in a representative sample of an urban Brazilian population, Diabetology & Metabolic Syndrome 2013. pp.5:45
 16. Vlachopoulos et al, Prediction of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality With Arterial Stiffness: A Systematic Review and Meta Analysis, Journal of the American College of Cardiology. 2010, Vol. 55, pp. 1318-1327.

Адрес за кореспонденция:

Елена Маринова
Катедра „Пропедевтика на вътрешните болести“
Медицински университет – Варна
ул. „Марин Дринов“ 55
Варна, 9000
e-mail: elena.marinova@mu-varna.bg