

## STRUČNI ČLANCI

### PROFESSIONAL ARTICLES

Medicinski fakultet, Novi Sad  
Institut za kardiovaskularne bolesti, Sremska Kamenica

Stručni članak  
Professional article  
UDK 616-005.4:616.12-073.97

#### ZIDNA NAPETOST ILI STRES U ISHEMIJSKOJ BOLESTI SRCA

##### WALL STRESS IN ISCHEMIC HEART DISEASE

Marija VINDIŠ-JEŠIĆ, Jadranka DEJANOVIĆ, Nadica ČEMERLIĆ ADIĆ i Robert JUNG

**Sažetak** - Stres ili zidna napetost jeste pojam koji je izveden iz fizike (Laplaceov zakon), i podrazumeva sistolnu snagu ili udarni rad po jedinici površine. To je sistolna snaga koju stvaraju miokardna vlakna. Povećanje stresa ukazuje na to da je došlo do povećanja leve komore ili porasta intrakavitarnog pritiska. U ovom radu je obuhvaćeno 170 ispitanika. Kontrolnu grupu čini 50 pacijenata sa normalnim koronarografskim nalazom i bez valvularnih mana, a grupu bolesnika 120 ispitanika sa koronarografski dokazanom koronarnom bolešću. Najpre su rađeni ehokardiografski pregledi na kompjuterizovanom aparatu Hewlett Packard SONOS 1000 transtorakalno u levom bočnom položaju. Invazivna hemodinamička obrada vršena je na aparatima GENERAL ELECTRIC CGR DG 300. Pomoću Grossmanove formule izračunavani su meridionalni i ekvatorijalni sistolni i dijastolni stres. Meridionalni enddiastolni stres je kod kontrolne grupe bio  $18,55 \pm 12,12 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ , dok je u grupi koronarnih bolesnika bio  $28,15 \pm 13,42 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . Meridionalni endsistolni stres, određivan ehokardiografski, bio je kod zdravih  $190,37 \pm 23,15 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ , a u koronarnih bolesnika  $203,82 \pm 17,88 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . Enddiastolni ekvatorijalni stres bio je kod kontrolne grupe  $34,32 \pm 17,18 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ , a kod koronarnih bolesnika  $46,13 \pm 17,82 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . Sistolni ekvatorijalni stres, dobijen ehokardiografijom u kontrolnoj grupi, bio je  $357,42 \pm 32,15 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ , a u koronarnih bolesnika  $385,34 \pm 35,72 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . Isti parametri, određivani invazivnom hemodinamičkom obradom, nešto su većih vrednosti, ali bez statističke značajnosti u odnosu na vrednosti dobijene ehokardiografijom ( $P > 0,05$ ). Vrednosti stresa i ekvatorijalnog, a naročito meridionalnog, veće su u koronarnih bolesnika nego u zdravoj populaciji, ali bez značajnih razlika. Koeficijenti korelacije u sva četiri ispitivana parametra dobijena neinvazivnom dvodimenzionalnom ehokardiografijom i invazivnom hemodinamičkom obradom u domenu su srednje visokih i visokih vrednosti. Meridionalni stres raste više kod koronarnih bolesnika, ekvatorijalni kod hipertoničara ili valvularnih mana sa izrazitom hipertrofijom miokarda. S obzirom na visoku korelaciju između ove dve tehnike, ehokardiografija može da se smatra vrlo pouzdanom metodom u proceni zidne napetosti.

**Ključne reči:** Ishemijska bolest srca; Koronarna bolest; Ehokardiografija  
Non MeSH: Zidna napetost

#### Uvod

Stres ili zidna napetost se definiše kao pritisak na jedinicu površine. To je naknadno opterećenje ili napon na kraju sistole ili dijastole. Izveden je iz Laplaceovog zakona i podrazumeva udarni rad po jedinici površine. Leva komora srca teži da održi zidnu napetost nepromenjenom. Kada se poveća pritisak u levoj komori, dolazi do hipertrofije mišića, jer je stres direktno zavisao od intrakavitarnog pritiska i poluprečnika leve komore, a obrnuto je zavisao od debljine zida. Sa debljinom zida raste i intrakavitarni poluprečnik leve komore. Što je poluprečnik komore veći, pritisak koji se razvija u njoj je veći, a samim tim raste i zidna napetost [1,2,3]. Povećanje zidne napetosti ukazuje na to da je leva komora uvećana ili je došlo do porasta intrakavitarnog pritiska. Smatra se da u srcu daleko najveći utrošak energije odlazi na održavanje zidne napetosti i postizanje maksimalne kontrakcije. U slučaju poremećaja u snabdevanju srčanog mišića kiseonikom, kao što je slučaj kod ishemijske bolesti, remeti se oblik leve komore, rastu

poluprečnik i intrakavitarni pritisak, te raste i zidna napetost. U kongestivnoj srčanoj slabosti srce se dilatira, povećava se poluprečnik i raste zidna napetost. Krv zaostaje u levoj komori pošto je ejakcija u daljem toku srčanog ciklusa neadekvatna, poluprečnik ostaje prevelik i u toku sistole i dijastole, te su povišene vrednosti i sistolnog i dijastolnog pritiska [4].

Preload se može definisati kao zidna napetost na kraju dijastole, odnosno u trenutku maksimalne relaksacije sarkomera. Aproksimativna merenja preloada podrazumevaju merenje enddiastolnog pritiska ili dimenzija leve komore (kratke i duge ose ehokardiografski). Afterload podrazumeva zidnu napetost u toku ejakcije. Sistolna zidna napetost reflektuje se na glavne komponente afterloada, a to su arterijski pritisak i arterijska komplijansa. Kao merilo afterloada u praksi se koristi merenje arterijskog pritiska.

Razlikuju se tri vrste stresa: ekvatorijalni, meridionalni i radijalni. Klinički značaj imaju, uglavnom, prva dva. Zbog značajnog remodeliranja leve komore, meridionalni stres ima veći značaj kod ishemijske

bolesti srca, dok je ekvatorijalni (cirkumferencijalni) bitniji kod hipertrofije miokarda zbog arterijske hipertenzije ili neke srčane mane [5].

### Materijal i metode

U ovom radu ispitivano je ukupno 170 osoba, od kojih kontrolnu grupu čini 50 slučajeva, a grupu bolesnika 120. Kontrolnu grupu čine pacijenti koji su primljeni radi ispitivanja s obzirom na subjektivne tegobe i granične rezultate dobijene neinvazivnim dijagnostičkim testovima, a kod kojih je kateterizacijom i koronarografijom dobijen normalan nalaz. U toku pregleda isključeno je i postojanje vazospastične angine ili drugih oblika mikrovaskularnog oboljenja koronarnih krvnih sudova. Grupa koronarnih bolesnika sačinjena je metodom slučajnog izbora. Svi pacijenti su najpre obradjeni ehokardiografski, a zatim su odlazili na angiokardiografsko ispitivanje, uglavnom, istog dana radi što veće podudarnosti rezultata.

Ehokardiografski pregledi su rađeni u Laboratoriji za ehokardiografiju Instituta za kardiovaskularne bolesti u Sremskoj Kamenici na kompjuterizovanom aparatu marke *Hewlett-Packard* SONOS 1000, koji je snabdeven kolor-doplerom i video tehnikom. Pregledi su vršeni neposredno pre odlaska na kateterizaciju. Pristup je bio transtorakalni u četvrtom međurebarnom prostoru parasternalno levo ili sa vrha za poziciju četiri srčane šupljine pri ležanju pacijenta u levom bočnom položaju. Izračunavane su vrednosti meridionalnog i ekvatorijalnog stresa u enddiastoli i sistoli po formuli Grossmana i saradnika [6,7,8].

$$\dot{O} = \frac{PR}{2h} \quad \dot{O} = \frac{PR}{2h(1 + \frac{h}{2R})}$$

Kvantitativna ventrikulografija i selektivna koronarografija jesu osnovne, arbitrarne metode za procenu funkcije leve komore i anatomskih promena na koronarnim arterijama. Digitalna suptrakciona angiografija je najnovija invazivna angiografska metoda, koja je korišćena i u ovom radu. Nakon ehokardiografskog pregleda, pacijenti su upućivani na invazivnu obradu koja je rađena na kompjuterizovanoj angio-aparaturi GENERAL ELECTRICS CGR DG 300. Za izračunavanje stresa korišćena je ista formula kao kod prethodne tehnike [8,9,10].

### Rezultati

Od 170 ispitanika 78,34% bili su muškarci, 21,66% žene. Prosečna starost je bila 53,17±6,25 godina. Nije postojala bitna razlika ni u polu ni u životnoj dobi između kontrolne grupe i grupe koronarnih bolesnika.

Meridionalni enddiastolni stres je kod kontrolne grupe ehokardiografski bio 18,55±12,12 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a angiografski 21,32±10,55 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Isti parametar određen kod grupe koronarnih bolesnika ehokardiografski iznosi 28,15±13,42 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a angiografski 32,55±12,02 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Koronarni bolesnici imaju lako povišen, statistički beznačajan, enddiastolni meridionalni stres u odnosu na kontrolnu grupu (P>0,5). Koeficijent korelacije između ove dve metode u slučaju navedenog parametra je 0,78 (P<0,01).

Meridionalni sistolni stres, određen ehokardiografski, iznosi kod kontrolne grupe 190,37±23,15 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a angiografski 203,82±17,88 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Koronarni bolesnici imaju povišen sistolni meridionalni stres sa obe ispitivane tehnike, i to ehokardiografski 221,83±26,32 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup> i angiografski 230,84±27,32 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Taj porast nije statistički značajan. Koeficijent korelacije između ove dve tehnike je u domenu visokih vrednosti i iznosi 0,80 (P<0,01).

Ekvatorijalni enddiastolni stres je kod kontrolne grupe ehokardiografski bio 34,32±17,18 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a angiografski 39,79±15,51 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Koronarni bolesnici imaju ovaj stres određen pomoću ultrazvučne tehnike 46,13±17,82 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a pomoću invazivne tehnike 53,34±18,93 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Ni u ovom slučaju nije registrovana statistička značajnost između kontrolne grupe i grupe obolelih niti između rezultata dobijenih pomoću ove dve tehnike. Koeficijent korelacije između rezultata dobijenih ehokardiografski i angiografski je visok i iznosi 0,81 (P<0,01).

Ekvatorijalni ili cirkumferencijalni sistolni stres je kod zdravih ehokardiografski 357,42±32,15 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup> i angiografski 382,14±35,72 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Ehokardiografski određen stres kod koronarnih bolesnika iznosi 385,34±35,18 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>, a angiografski 421,44±36,32 dyn/cm<sup>2</sup> x 10<sup>3</sup>. Ovaj stres je kod svih 120 koronarnih bolesnika veći nego kod kontrolne grupe, ali ne i statistički značajno (P>0,05). Nije registrovana ni značajna razlika između vrednosti dobijenih ehokardiografski i angiografski. Koeficijent korelacije između ove dve tehnike iznosi 0,79 (P<0,01).

### Zaključak

Meridionalni i ekvatorijalni stres u enddiastoli i sistoli mereni su pod istim uslovima i na isti način kod zdravih ispitanika (kontrolna grupa) i kod 120 dokazanih koronarnih bolesnika. Obe vrste stresa i u sistoli i diastoli pokazuju povišene vrednosti kod obolelih od ishemijske bolesti srca. Najveći porast, u ovom slučaju, beleži se kod enddiastalnog meridionalnog stresa. Ovo ima objašnjenje u povećanom



enddiastolnom volumenu i pritisku kod uznapredovale ishemijske bolesti srca. Zbog promene oblika leve komore kod uznapredovale koronarne bolesti i za dobijanja više sferičnog izgleda, raste meridionalni stres.

Sistolni meridionalni stres u slučaju koronarne bolesti dugo ostaje nepromenjen. Da bi se on održao u granicama normale, najpre dolazi do hipertrofije miokarda leve komore. Do sličnih rezultata došli su i drugi autori, koji su se bavili ovim problemom [5,6,8,11].

Ekvatorijalni ili cirkumferencijalni stres se više menja kod koncentrične hipertrofije miokarda leve komore u arterijskoj hipertenziji i aortnoj stenozu. To je razumljivo kada se ima u vidu model leve komore i smer zidne napetosti [12].

Ekvatorijalni sistolni stres je takođe veći u koronarnih bolesnika nego u kontrolnoj grupi, ali nije zabeležena statistička značajnost. Treba imati u vidu da je u grupi bolesnika bio visok procenat hipertoničara.

Izvršeno je i upoređivanje rezultata dobijenih neinvazivnom ehokardiografskom metodom i invazivnom hemodinamičkom obradom. U sva četiri slučaja dobijen je srednje visok ili visok koeficijent korelacije što je potvrda pouzdanosti i preciznosti ultrazvučnog pregleda. To je od velikog praktičnog značaja budući da je ehokardiografija postala rutinska dijagnostička metoda bez koje se danas više ne može zamisliti kardiološki pregled.

## Literatura

1. Vindiš-Ješić M. Dijagnostika dinamike leve komore. Novi Sad: Medicinski fakultet, 2000:21-2.
2. Vindiš-Ješić M. Vrednost i značaj ehokardiografske procene funkcije leve komore kod ishemijske bolesti srca. Disertation. Novi Sad, Yugoslavia: Medicinski fakultet, 1989:20.
3. Gasch WH, Battle WE, Oboler AA. Left ventricular stress and compliance in man. With special reference to normalized ventricular function curves. *Circulation* 1972;45:746.
4. Holubarsch C, Ruf T, Goldstein DJ. Existence of the Frank-Starling mechanism in the failing human heart: Investigations on the organ, tissue and sarcomere levels. *Circulation* 1996;94:683-9.
5. Kisslo AJ. Two-Dimensional Echocardiography. New York: Churchill Livingstone, 1980:156-9.
6. Grossman W, Jones D, McLaurin PL. Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. *Jur Clin Invest* 1975;56-6.
7. Feigenbaum H. Echocardiography. 5<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams Wilkins, 1994:68-133.
8. Braunwald E. Heart Disease. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1997:421-44.
9. Spann JF, Caramello BA, Dassh AK, Deneberg JW, Doder RM, Maurer AH, et al. Valvular Herzkrankung-Ventrikelfunktion. *Herz* 1984;255-9.
10. Donner FJ, Carabello AB, Black I, Spann FJ. Left ventricular wall stress in compensatory aortic stenosis in children. *Am J Cardiol* 1983;51:946-51.
11. Boorow MK, Lang MR, Neumann A, Carrol DJ, Fajfer IS. Physiologic mechanisms governing hemodynamic responses to positive inotropic therapy in patients with dilated cardiomyopathy. *Circulation* 1988;77:625.
12. Dorn WG, Donner R, Assey EH, Spann FJ, Wiles BH, Carabello AB. Alterations in left ventricular geometry wall stress and ejection performance after correction of congenital aortic stenosis. *Circulation* 1988;78:1358.

## Summary

### Introduction

Wall stress or wall tension is a conception derived from physics (Laplace's law) and represents the systolic force or work per surface unit. It is the systolic force made by myocardial tissues. Stress increase indicates enlargement of the left ventricle or increase of intracavitary pressure.

### Material and methods

This investigation included 170 subjects; control group consisted of 50 patients (pts) with normal coronary angiographic finding without valvular anomalies and the examination group included 120 pts with coronary disease.

Transthoracic echocardiography was performed in the left lateral position using computerized Hewlett Packard SONOS 1000 apparatus. Invasive hemodynamic procedure was performed using GENERAL ELECTRICS CGR 300. Meridional and equatorial systolic and diastolic stress were calculated according to Grossman formula.

### Results

The meridional end-diastolic equatorial stress was  $18.55 \pm 12.12 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$  in the control group, while in coronary patients it was  $28.15 \pm 13.42 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . In healthy persons the meridional end-systolic stress established by echocardiography was  $190.37 \pm 23.15 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ , while in coronary patients  $203.82 \pm 17.88 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . End-diastolic equatorial stress was  $34.32 \pm 17.18 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$  in the control group and  $46.13 \pm 17.82 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$  in coronary patients. Systolic equatorial stress in the control group was  $357.42 \pm 32.15 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$  and in coronary patients  $385.34 \pm 35.72 \text{ dyn/cm}^2 \times 10^3$ . The same parameters determined by invasive hemodynamic procedure were slightly higher, but without statistical significance in relation to the values determined by echocardiography ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion**

Values of equatorial and particularly meridional stress were higher in coronary patients in relations to healthy persons, but without significant difference. The correlation coefficients of all investigated parameters established by noninvasive 2D echocardiography and invasive hemodynamic procedure were in

one domain of medium high and high values. Meridional stress increases in coronary patients, equatorial in hypertensive patients or valvular anomalies with severe myocardial hypertrophy. In regard to high correlation between these two techniques, echocardiography may be considered a highly reliable method in evaluation of wall tension.

**Key words:** Myocardial Ischemia; Coronary Disease; Echocardiography  
**Non MeSH:** Wall Stress

Rad je primljen 12. XII 2000.

Prihvaćen za štampu 7. XI 2001.

BIBLID.0025-8105;(2002);L.V:3-4:125-128.

**VIII Kongres toksikologa Jugoslavije sa međunarodnim učešćem  
Tara, 25 - 27. septembar 2002. godine**

*Kontakt:*

Dr Nikola Torbica

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović"

11000 Beograd, Deligradska 29

Tel. 011/685-485; Fax. 011/643-675

E-mail: torbica@eunet.yu