

A falmozgászavar változása akut miokardiális infarktusból a revaskularizációig eltelt idő függvényében

Rácz Ildikó,
Szabó Gábor,
Kolozsvári Rudolf,
Fülöp László,
Bódi Annamária,
Péter Andrea,
Kertész Attila,
Balogh László,
Hegedűs Ida,
Ungvári Tamás,
Édes István,
Kőszegi Zsolt

Debreceni Egyetem, Orvos- és
Egészségtudományi Centrum,
Kardiológiai Intézet, Debrecen

Levelezési cím:
Dr. Rácz Ildikó
4032 Debrecen, Móricz Zs. krt. 22.
Telefon/fax: (06-52) 255-928
E-mail: iracz73@gmail.com

Kulcsszavak:

akut miokardiális infarktus,
echokardiográfia, koronarográfia

Keywords:

acute myocardial infarction,
echocardiography, coronarography

Háttér: Akut miokardiális infarktusból a 2D-echokardiográfiával detektálható falmozgászavar jellegzetességeit a koronáriaokklúzió lokalizációja és annak körülményei befolyásolják.

Betegek és módszerek: Tanulmányunkba az ST elevációs miokardiális infarkttal első alkalommal primer koronária intervenció céljából klinikánkra bekerült betegeket ($n=26$; átlagéletkor $56 \pm 10,2$ év) választottuk be. Felvételkor a koronarográfia alapján az elzáródott koszorúérág ellátási területének megfelelő balkamrai szegmentumokat és az echokardiográfiával észlelt falmozgászavar egybeesését vizsgáltuk a tünetek kezdetétől eltelt idő függvényében az intézetünkben fejlesztett Holistic Coronary Care programmal. A $2 \pm 0,1$ hónapos kontroll alkalmával a javulás mértékét néztük.

Eredmények: A falmozgászavar előrejelzése szempontjából a koronarográfia pozitív prediktív értéke 0,63, negatív prediktív értéke 0,94 volt. Az érintett koszorúér ellátási területében kialakult falmozgászavar kiterjedtsége és a tünetek kezdetétől eltelt idő között nem találtunk szignifikáns korrelációt. Kontroll vizsgálat során a falmozgászavar javulásának mértéke azonban szignifikánsan függött a tünetek kezdete és a revaskularizáció között eltelt időtől ($r = -0,66$, $p < 0,01$).

Következtetés: Az infarktus első óráiban az elzáródott koronária ellátási területében kialakuló falmozgászavar kiterjedtsége nem függ a panaszok kezdetétől a revaskularizációig eltelt időtől. A kontroll vizsgálat alkalmával észlelt falmozgászavar javulásának mértékét viszont ezen időintervallum szignifikáns mértékben befolyásolja.

Wall motion changes in myocardial infarction in regards of the time elapsed from symptoms until revascularisation.

Background: Characteristics of wall motion abnormalities during myocardial infarction depend on the localization and condition of the coronary occlusion.

Patients and methods: Co-localization of the area at risk of the occluded coronary artery and left ventricular wall motion abnormality was analyzed in patients ($n=26$; age 56 ± 10.2) with ST-elevation myocardial infarction. Data were compared in relation to the elapsed time from the onset of symptoms using a Holistic Coronary Care program developed in our institute. The improvement of wall motion abnormality was evaluated after 2 ± 0.1 months.

Results: Positive and negative predictive values for wall motion abnormalities detected by coronary angiogram were 0.63 and 0.94, respectively. No correlation was found between the regional wall motion index in the area at risk and the elapsed time from the onset of the symptoms. However, the improvement of the wall motion abnormality measured by the decrease of the regional wall motion index after two months follow up was dependent on the ischaemic time until the revascularization ($r = -0.66$, $p < 0.01$).

Conclusion: During the first hours of AMI the severity and the extension of the wall motion abnormality in the area at risk do not depend on the elapsed time from the beginning of the symptoms. On the other hand, the improvement of the wall motion abnormality is mainly influenced by this time interval.

Az ST-elevációval járó akut miokardiális infarktus (AMI) leggyakoribb oka a koronária artériában kialakuló okklúzív thrombus. A klinikailag panaszt okozó mellkasi fájdalomérzet egy időbe esik az érintett ér hirtelen elzáródásával. Az okklúzió miatt az adott koronáriaág ellátási területében iszkémia alakul ki (1. ábra), majd a szívizom nekrozisa az idő előrehaladtával folyamatosan terjed (1, 2).

A keringés gyors helyreállítása az elzáródott epikardiális artériában csökkentheti a myocardium károsodását, míg a permanens szívizom-diszfunkció, illetve a sejtpusztulás valószínűsége a késlekedéssel együtt nő: experimentális kísérletek alapján a nekrosis kb. 40 percig laterális irányba az endocardium mentén, majd inentől kezdve a „hullámfront teóriának” megfelelően transzmurálisan terjed (3). Elsődleges cél az infarktusért felelős elzáródott koronáriában a keringés mielőbbi helyreállítása.

Az AMI korszerű kezeléséhez ma már hozzátartozik az echokardiográfia és a koronarográfia együttes értékelése a pontos diagnózis, a prognózis, valamint a revaszkularizációs lehetőség megítélése céljából. Echokardiográfiával az abnormális regionális falmozgást tudjuk detektálni, a falmozgászavar fokát a szemikvantitatív falmozgás indexszel (WMI) jellemezzük (4, 5).

Több tanulmány szolgált bizonyítékot arra, hogy az AMI-ban alkalmazott primer koronária-intervenció (PCI) javítja a bal kamra funkcióját, megakadályozza az infarktust követő dilatációt és a remodellinget (6, 7). Azonban kevés adat áll rendelkezésre arról, hogy a klinikai tünetek kezdetétől a revaszkularizációig eltelt idő pontosan milyen összefüggésben áll a kórházi felvételkor látható falmozgászavar kiterjedtségével és a végleges szívizomelhalás mértékével. Feltételezhetőnek tűnhet, hogy koszorúér-elzáródást követően a falmozgászavar fokozatosan terjed, azonban experimentális modellben azt találták, hogy koronária-okklúzió létrehozása után a falmozgászavar már 10 perc múlva kialakul, és a következő 6 órában nem változik szignifikáns mértékben (8). Tanulmányunkban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy klinikai körülmények között az AMI-s betegeknel a kórházba érkezéskor az elzáródott

koszorúér területén milyen kiterjedésű falmozgászavar látható és ez mely hányadát jelenti a koronarográfia alapján meghatározott elzáródott koszorúérághoz tartozó szegmentumoknak. Azt is vizsgáltuk, hogy az iszkémiás idő befolyásolja-e a felvételi echokardiográfián látható mozgászavar kiterjedtségét, illetve a revaszkularizációt követő falmozgás javulását.

Betegek és módszerek

Az ST-elevációs miokardiális infarktussal (STEMI) első alkalommal primer koronária-intervenció (PCI) céljából klinikánkra 2006. március 1-től augusztus 31-ig bekerült betegeket vontuk be vizsgálatainkba. Felvételkor a koronarográfia alapján az elzáródott koszorúérág ellátási területének megfelelő bal kamrai szegmentumokat és az echokardiográfiával észlelt falmozgászavar egybeesését vizsgáltuk a tünetek kezdetétől eltelt idő függvényében. A $2 \pm 0,1$ hónapos kontroll alkalmával a javulás mértékét néztük.

26 beteg (19 férfi, 7 nő, átlagéletkor $56 \pm 10,2$ év) felelt meg a beválasztási kritériumoknak (első AMI, egy elzáródott koszorúér).

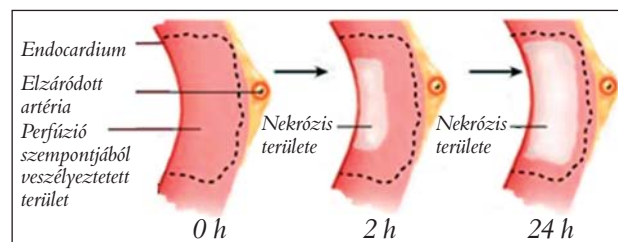
A DEOEC Kardiológiai Intézetben fejlesztett 16 szegmentumos bal kamrai modellre integráló Microsoft Access 2000 alapú Holistic Coronary Care (HCC) programot használtuk a képalkotó eljárások összevetésére és az egyéb klinikai adatok feldolgozására (9).

A program grafikai elemeket is tartalmaz a szemléletes gyors adatfeldolgozás érdekében. A jogosultságok egyéni belépési felhasználói név és kód által válnak hozzáférhetővé.

A 12 koronária keringési típust alapul vevő programban 16 epikardiális koronária-szegmentum regisztrálható. Megfelelő algoritmussal az ellátott bal kamrai szegmentumok a nukleáris képalkotásban is használt 16 szegmentumos poláris térképen minden egyes koronáriaág vonatkozásában megadhatóak. A program segítségével regisztrálhatóak a beteg anamnesztikus adatai (nem, kor, rizikótényezők, előző betegségek), fizikális státusza, laboreredményei (különös tekintettel a nekroenzim és troponin-értékekre), valamint a klinikai tünetek kezdetének időpontja, továbbá az alkalmazott medikáció. A különböző vizsgálati módszerek elemzésekor rögzített adatok vizualizálására és összevetésére a tizenhat bal kamrai szegmentumot együttesen ábrázoló ún. poláris térképeket alkalmaztuk. Ez az ábrázolási mód a bal kamra egészének „kiterítésével” készül (bull's eye). Így a szívcsúcs a térkép közepére kerül, balra a szeptális, jobbra a laterális, felül az anterior, alul pedig az inferior szegmentumok reprezentálhatóak (10).

A koronarogram alapján az individuális koronáriaakeringés típusa a HCC-programban a 12 különböző koronáriaakeringést figyelembe véve a következőképpen

1. ábra. Az ábra az adott koronáriaág ellátási területében létrejövő nekrosis kiterjedésének változását mutatja az idő múlásával. Cotran és munkatársai (2. irodalom) publikációja alapján módosítva



határozható meg: jobb elülső ferde (RAO) projekcióból a bal elülső leszálló szár (LAD) hossza (a szívcsúcsig érő, a csúcson túlérő vagy a csúcs előtt véget érő) vizualizálható, bal elülső ferde (LAO) nézetből a jobb koronária/körbefutó ág (RCA/Cx) ellátási területének a határa azonosítható. Az utóbbi alapján a koszorúér-keringés dominanciájának négy variációját (úgy mint: szuper jobb-, jobb-, kiegyenlített- vagy bal-domináns keringés) különítettük el. Minden egyes esetben a koronáriafa, ezen két karakter kombinációjából jön létre, a programban tehát az egyedi koronariakeringési típusok száma 12 (3×4). A koronariakeringés fent említett módon történő meghatározását követően az elzáródott koszorúér által ellátott bal kamrai szegmentumokat a szoftver automatikusan kijelöli. A koronáriafa 15+1 szegmente osztható (11) (2. B ábra). A szűkület pontos helyének és mértékének (%-ban) megadásával a poláris térképen színekódoltan tüntethetők fel az egyes veszélyeztetettnek ítélt szegmentumok („area at risk”).

Minden betegnél történtek echokardiográfiás vizsgálatok is az invazív beavatkozást megelőzően és az intervenciót követően 2±0,1 hónapos kontroll alkalmával (Accuson-Sequoia-modell, 3,5 Mhz-harmonic imaging transducer). Mértük az end-szisztolés és end-diasztolés bal kamrai átmérőket, Simpson-formulával kalkulálva az ejekciós frakciót. A falmozgás-eltéréseket a 16 szegmentumos modellt használva határoztuk meg (12). A programban a 2D-móddal ábrázolható rövid tengelyi-, csúcsi 2-üregi- és csúcsi 3-üregi metszeteken az egyes falmozgászavart mutató bal kamrai szegmentumok bejelölhetők. A szegmentális falmozgást a szokásos módon pontoztuk: 1: normokinézis, 2: hipokinézis, 3: akinézis, 4: diszkinézis, 5: aneurizma. Az eredmények összehasonlíthatóságáért a 16 szegmentumban észlelt falmozgás-értékeket a poláris térképre színekódoltan is kivetítettük. Ilyen módon jól összevethetők a koronariaperfúzió szempontjából veszélyeztetettnek ítélt és az echokardiográfiával falmozgászavart mutató bal kamrai szegmentumok. Az átlag 2 hónapos kontrollvizsgálat alkalmával végzett echokardiográfiás vizsgálatok eredményeit (falmozgászavar-változások) is rögzítettük a HCC-programban. A javulás mértékére a beérkezéskor számolt regionális falmozgásindex (rWMSI) és a 2±0,1 hónapos utánkövetésnél végzett echokardiográfia során kalkulált rWMSI összehasonlításával következtettünk.

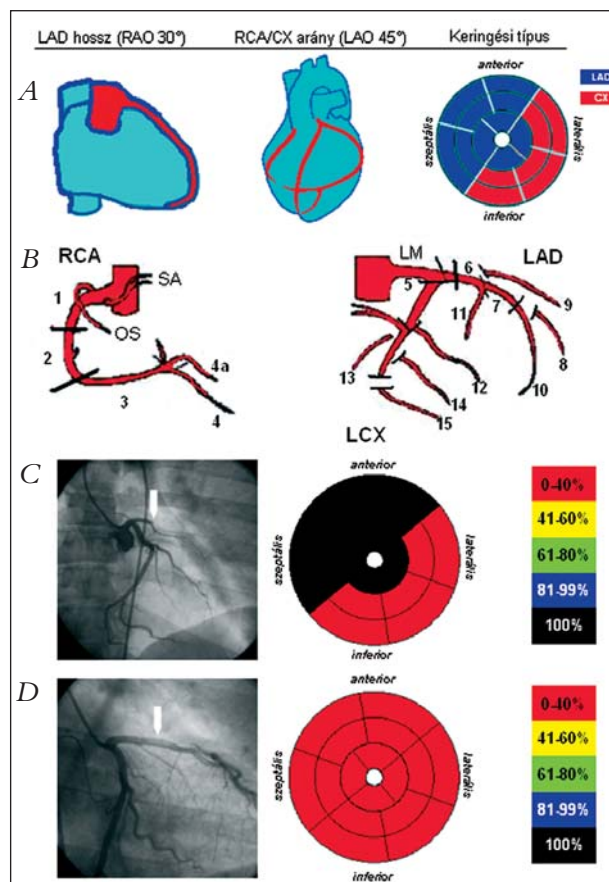
A 2–3. ábrán egyik betegünk vizsgálati eredményeinek feldolgozásával mutatjuk be a program működését. Koronarográfia során RAO-projekcióból a LAD a csúcson túlérőnek ábrázolódik. LAO nézetből meghatározható a jobb koszorúér és körbefutó ág ellátási területének határa. Ennek megfelelően a program egy poláris térképen kijelöli az egyes koronáriaágaknak ítélt bal kamrai szegmentumokat (2. A ábra). A

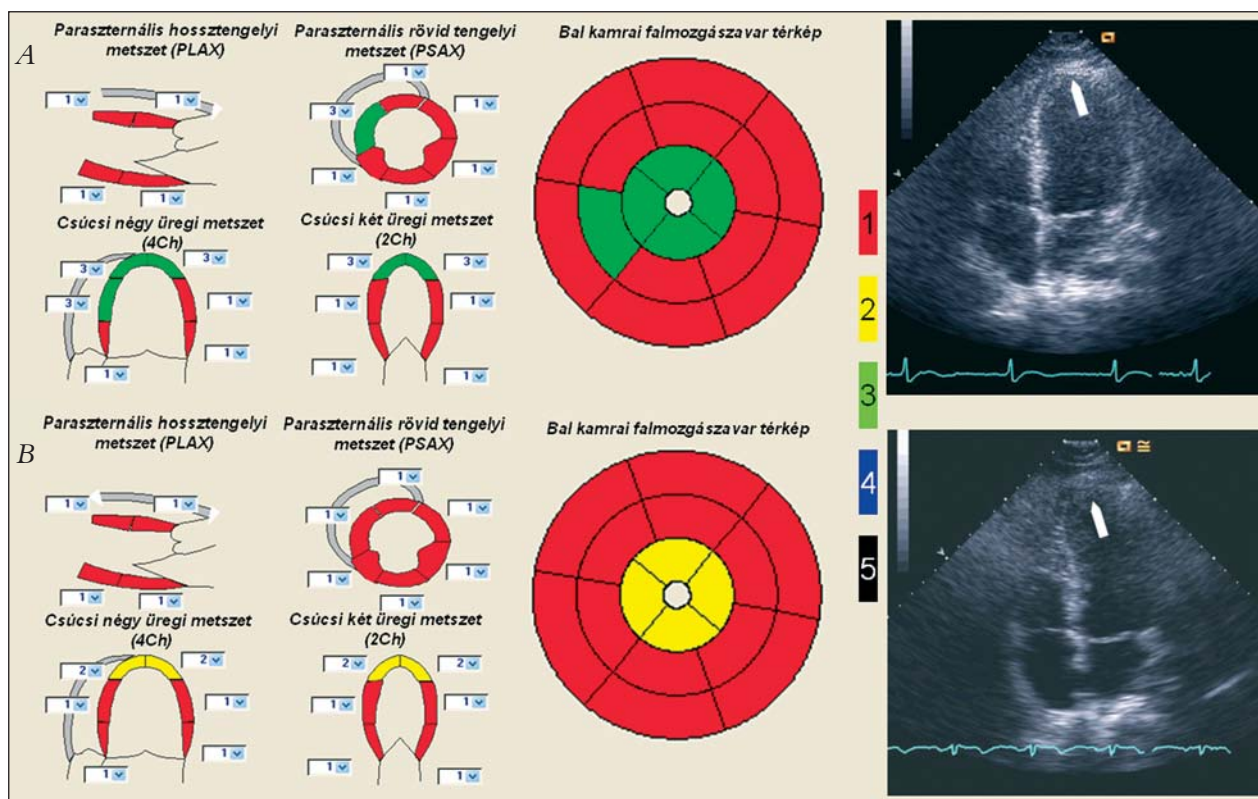
LAD proximális szegmentumban totális okklúzió ábrázolódik. Megadva az elzáródás helyét és mértékét, poláris térképen szemléltethető az a 10 szegmentum, amelyek a perfúzió szempontjából veszélyeztetettek (2. C ábra). Így tehát azok a szegmentumok kerülnek jelölésre, amelyekben az echokardiográfiával detektálható eltérések nagy valószínűséggel bekövetkezhetnek.

Az elzáródott ér stent-implantációját követően abban a keringés helyreáll, a poláris térképen perfúzió szempontjából veszélyeztetett szegmentum nem marad (2. D ábra).

A beérkezéskor készült echokardiográfiás felvételek és az átlag 2 hónapos utánkövetés alkalmával készült felvételek összehasonlításával ítéltük meg a falmozgászavar javulását. A csúcsi négyüregi echofelvételen a csúcsi- és midszeptális szegmentumok (5 szegmentum) akinézise látható. Az eredmények standard echokardiográfiás metszeteken történő regisztrálása alapján a program a poláris térképen színekódoltan ábrázolva tünteti fel a mozgászavart mutató bal kamrai szeg-

2. ábra. Az ábra a koronariakeringési típus és ellátási területek (A) valamint egyes keringési szegmentumok (B) azonosítását szemlélteti a HCC program működése során. A C és D panel angiogramjai és poláris térképei az iszkémia által veszélyeztetett szegmentumokat mutatják a PCI előtt és után





3. ábra. Az ECHO során észlelt szegmentális falmozgászavar ábrázolódik felvételnél (A) illetve az utánkövetés során (B). Az egyes metszeteken és a poláris térképen ábrázolt kódok: 1: normokinézis; 2: hipokinézis; 3: akinézis; 4: diszkinézis; 5: aneurizma. Az ultrahang képeken a nyílak a felvételnél csúcsi és midszeptális akinetikus (A) ill. a kontroll során észlelt hipokinétikus (B) területekre mutatnak

mentumokat (3. A ábra). 2 hónappal a kórházi felvételt követően kontrollvizsgálat alkalmával végzett echo során a korábbi akinézis a 4 csúcsi szegmentumban hipokinézissé enyhült, a midszeptális szegmentum normokinetikussá vált (3. B ábra).

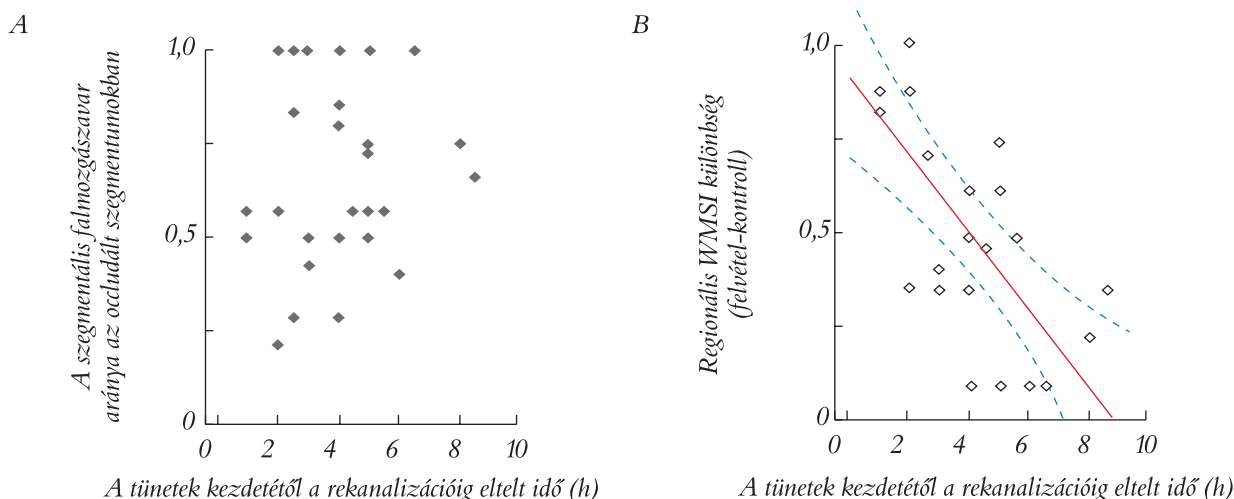
A két vizsgálati eljárással készült eredmények a program egy másik oldalán egymással összevethetők. Míg a koronarográfiás lelet alapján 10 szegmentumban volt perfúzió szempontjából veszélyeztetettség megítélhető a beérkezéskor, addig az echokardiográfiás eredményeket vizsgálva 5 szegmentumban láttunk falmozgászavart. A LAD stent-implantációját követően a koronarogram alapján perfúzió szempontjából veszélyeztetettnek ítélt területben a keringés helyreállításával az „area at risk” 0 lett, míg echokardiográfiával a midszeptális szegmentum falmozgászavara megszűnt, a 4 csúcsi szegmentumban lévő akinézis hipokinézissé enyhült.

Az adatok feldolgozása során a pozitív és negatív tesztek prediktív értékét a szokásos módon, a statisztikai számítások során Student-féle kétmintás t-próbát használtunk, a szignifikancia szintet a $p \leq 0,05$ értéknél határoztuk meg. A táblázatokban és grafikonon feltüntetett valamennyi numerikus adat az adott csoport „n” mérésének átlaga $\pm$ szórás (SEM).

Eredmények

2006. március 1. és augusztus 31. között a Kardiológiai Intézetbe 26 olyan beteg került felvételre, akiknek ST-elevációs miokardiális infarktusa egy koszorúéren kialakult elzáródás miatt jött létre, valamint korábbi anamnézisében infarktus nem szerepelt. A 26 beteg közül 19 férfi és 7 nő volt. A beválasztási kritériumoknak megfelelően vizsgálatba került betegek átlagéletkora $56 \pm 10,2$ év volt, akik az infarktus klinikai tüneteinek kezdetétől 1–9 óra, átlagban 4,7 óra múlva kerültek vizsgálatunkra. Az infarktust követően $2 \pm 0,1$ hónap múlva végeztünk ismételt echokardiográfiás vizsgálatot kontroll alkalmával.

A beérkezéskor végzett koronarográfián a betegek adatait összesítve a detektált okklúziókhoz összesen 138 bal kamrai szegmentumot soroltunk, azaz a vizsgálati eredmény alapján 138 szegmentum volt veszélyeztetettnek ítéltető a perfúzió, így a nekrosis kialakulása szempontjából. Echokardiográfiás vizsgálattal összesen 107 szegmentumban írtunk le falmozgászavart. Az adatok értékelése során előbb meghatároztuk azoknak a szegmentumoknak a számát, ahol a koszorúér-elzáródásnak megfelelően az echokardiog-



4. ábra. Az ECHO során észlelt szegmentális falmozgászavar és az elzáródott koronáriaág ellátási területéből számított veszélyeztetett terület aránya nem függ a rekanalizációig eltelt időtől (A). Az ábra B részén a felvételtkor és a kontroll során mért regionális WMSI különbség értéke látható a mellkasi fájdalom kezdetétől a rekanalizációig eltelt idő függvényében. A folyamatos vonal az adatok lineáris illesztését ($r=-0,66$; $p<0,01$), a szaggatott vonallal jelölt tartomány az illesztés 95%-os konfidencia intervallumát mutatja

ráfia falmozgászavart jelzett (valódi pozitív $n=83$), illetve az elzáródás nélküli, de szegmentális mozgászavart mutató (álpozitív; $n=14$), illetve az elzáródott területre eső, de mozgászavart nem mutató területek számát (álnegatív; $n=14$).

A fenti adatok felhasználásával a pozitív prediktív érték 0,63-nak adódott. Ez azt jelenti, hogy azokban a szegmentumokban, amelyeket a koronarográfia veszélyeztetettnek ítélt meg a keringés szempontjából, 63%-ban alakult ki echokardiográfiával detektálható valamilyen falmozgászavar, úgy mint diszkinézis, hipokinézis vagy akinézis. A koronarográfia negatív prediktív értéke 0,94 volt a falmozgászavar előrejelzése szempontjából, tehát azokban a szegmentumokban, ahol a koronarográfia eredményei alapján nem állt fenn perfúzió kiesése miatti veszélyeztetettség, ott döntő többségében echokardiográfiával sem láttunk falmozgászavart.

A 4. ábra „A” részén a falmozgászavar aránya látható a beérkezési echokardiográfiás leletek esetében a klinikai tünetek kezdetétől a rekanalizációig eltelt idő függvényében. Az x-tengelyen az okklúziótól, vagyis a klinikai tünetek kezdetétől eltelt idő látható órákban. A falmozgászavar aránya az y-tengelyen ábrázolva az echokardiográfiával detektált falmozgászavar és a koronarográfiaival perfúzió szempontjából veszélyeztetettnek ítélt szegmentumok hányadosa.

Volt olyan beteg, akinél ez a hányados a mellkasi fájdalom kezdetétől eltelt 2,5 óra múlva 0,4, míg másik betegnél ugyanennyi idő múltán már 1. Más betegnél 5 óra múlva a klinikai tünetek kezdetétől számítva 0,5 körüli érték, míg megint más betegnél 5 óra múlva már 1.

Ezek alapján megállapítható, amit a statisztikai elemző program is igazolt, hogy a beérkezési echokardiográfiás

eredményeket vizsgálva nincs szignifikáns összefüggés az érellátási területben kialakult falmozgászavar aránya és a klinikai tünetek kezdetétől a rekanalizációig eltelt idő között. Az ellátási területben kialakult regionális falmozgási index (rWMI) arányát illetően nem volt korreláció a PCI-re eltelt iszkémiás idővel.

A 4. ábra „B” részén a falmozgászavar javulásának mértékét ábrázoltuk az okklúziótól, azaz a klinikai tünetek kezdetétől a rekanalizációig eltelt idő függvényében.

Az x-tengelyen a klinikai tünetektől eltelt idő látható órákban, míg az y-tengelyen a falmozgászavar javulása, amely a felvételtkor az echokardiográfiás vizsgálat elemzése során számolt regionális falmozgási index és az átlagban 2 hónapos kontrollvizsgálatkor számolt regionális falmozgási index különbsége.

Az ábrán egyértelműen mutatkozik a szignifikáns korreláció ($r=-0,66$, $p<0,01$) a falmozgászavar javulása és a koszorúér-áramlás helyreállításáig eltelt ún. iszkémiás idő között. Minél hamarabb kerültek tehát a betegek PCI-re, annál kedvezőbb eredményt tapasztaltunk az utánkövetés során az érintett koronária ellátási területében talált regionális falmozgászavar javulásában.

Megbeszélés

Ortiz-Pérez JT és munkatársai felhasználva a BARI, illetve a módosított APPROACH-score-t, kontraszt-MR vizsgálataik alapján már korábban leírták, hogy STEMI-ben a veszélyeztetett terület laterális kiterjedése az 1. órában nagyjából kialakul, ezután a nekrosis már főleg transzmurális irányba terjed (13). Gerber szerint

az *Ortiz és munkatársai* által végzett vizsgálat egy könnyen használható score-rendszert mutat be, de hiányolja egy referenciavizsgálat jelenlétét (14).

Vizsgálatunk adatai szerint az infarktus kezdetétől számított első órákban az elzáródott koronária ellátási területéhez viszonyított falmozgászavar kiterjedtsége és súlyossága nem függ a klinikai tünetek kialakulásától (kezdetétől), tehát a koronária elzáródásától a primer koronária-intervencióig eltelt időtől. Hasonló anamnézissel érkezett betegek esetén a 2D-echokardiográfiával detektált falmozgászavar alkalmanként jelentős eltéréseket mutatott. Valószínű, hogy a nagy individuális különbségeket egyéb tényezők, mint például a kollaterális hálózat fejlettsége, vagy épp az érintett myocardium iszkémiás toleranciája, valamint metabolizmusának egyedi jellegzetességei határozzák meg.

Eredményeinket összehasonlítottuk a bevezetőben említett experimentális modellel, amelyben kutyaszíven végeztek egy koszorúéren ligatúrát, és a kialakult falmozgászavar mértékét vizsgálták az okklúzió létrehozása utáni 0. percben, valamint 10 percenként az első másfél órában, majd félóránként a vizsgálat 6 órási időtartama alatt. Megfigyelésük szerint a falmozgászavar már a 10. percben kialakult, de szignifikánsan nem változott a kísérlet további időtartama alatt (8). A klinikai vizsgálatban a tünetek – legjellemzőbben a mellkasi szorító fájdalom jelentkezésének – kezdete reprezentálta az okklúzió kialakulásának időpontját, míg az iszkémiás időt a katéterterápiás ellátás megvalósulásáig számítottuk.

Két hónappal az akut történés után végzett echokardiográfiás vizsgálati eredményeink egyértelműen arra utalnak, hogy az elvégzett PCI után a későbbiekben a falmozgászavar javulása szoros összefüggést mutat azal, hogy milyen gyorsan sikerült helyreállítani a koszorúérben az áramlást. Tehát, azoknál a betegeknél, akiknél hamarabb sikerült PCI-vel a revaszkularizációt elvégezni, szignifikáns javulás mutatkozott a nyomon követési echoleletben.

A veszélyeztetett terület meghatározásának legfontosabb klinikai jelentőségét az adja, hogy kiterjedése független prediktornak bizonyult az infarktusból terület nagyságát és valószínűleg ezzel összefüggésben a mortalitást illetően.

Ugyanakkor, az akut infarktus revaszkularizációja mellett alkalmazott additív kezelési eljárásaink (pl. glikoprotein IIb/IIIa-inhibitor, thrombusaspiráció, összejtkezelés) eredményének pontos lemerésénél szükség-szerű a veszélyeztetett terület és a végleges infarktus nagyságának összehasonlítása.

Következtetések

Jelen vizsgálat rámutat arra is, hogy a miokardiális infarktus különböző terápiáját illetően, annak hatéktív-tásának megítélésére fontos és célszerű a vizsgálati eredmények integrált értékelése. Csak egy ilyen komplex összehasonlítás adhat egzakt eredményt a terápiás módszerek összevetésére.

Irodalom

1. Antman EM, Braunwald E. ST elevation myocardial infarction: pathology, pathophysiology, and clinical features. In: Zippes DP, Libby P, Bonow RO, Braunwald E. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine 7th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005. p. 1144–1165.
2. Cotran RS, Kumar V, Collins T. Pathologic Basis of Disease, 6th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1999.
3. Reimer KA, Jennings RB. The 'wavefront phenomenon' of myocardial ischaemic cell death. II. transmural progression of necrosis within the framework of ischaemic bed size (myocardium et risk) and collateral flow. Lab Invest 1979; 40: 633–644.
4. Zippes DP, Libby P, Bonow RO, Braunwald E. Heart Disease Textbook of Cardiovascular Medicine 7th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005. p. 1162.
5. Cheitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP. Guideline update for the clinical application of echocardiography; American College of Cardiology 2003; <http://www.acc.org/clinical/guidelines/echocardiography/dirIndex.htm>
6. Nechvatal L, Hlinomaz O, Groch L, et al. Serial echocardiographic assessment of the left ventricular function after direct PCI. Kardiologia Pol 2003; 59: 397–401.
7. Wickline SA, Verdong ED, Wong AK, et al. Structural remodeling of human myocardial tissue after infarction. Quantification with ultrasonic backscatter. Circulation 1992; 85: 259–68.
8. Gillam LD, Franklin TD, Foale RA, et al. The natural history of regional wall motion in the acutely infarcted canine ventricle. J. Am Coll Cardiol 1986; 7: 1325–34.
9. Kőszegi Zs, Balkay L, Galuska L, et al. Holistic polar map for integrated evaluation of cardiac imaging results. Computerized Med. Imaging and Graphics 2007; 31: 577–586.
10. Kőszegi Zs, Balkay L, Galuska L, et al. Polar map interpretation of coronariography, echocardiography and SPECT for holistic evaluation of cardiological investigations. Computer sin Cardiology 1998; 25: 429–432.
11. James TN, Bruschke AV, Bothig S, et al. Report of WHO/ISFC task force on nomenclature of coronary arteriograms. Circulation 1986; 74: 451A–455A.
12. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al. Recommendations for quantitation of left ventricle by two-dimensional echocardiography. American society of echocardiography committee on standards, subcommittee on quantification of two-dimensional echocardiograms. J Am Soc Echocardiogr 1989; 2: 398–407.
13. Ortiz-Pérez JT, Meyers SN, Lee DC, et al. Angiographic estimates of myocardium at risk during acute myocardial infarction: validation study using cardiac magnetic resonance imaging. Eur Heart J 2007; 28: 1750–1758.
14. Bernhard L. Gerber. Risk area, infarct size, and the exposure of the wavefront phenomenon of myocardial necrosis in humans. Editorial. Eur Heart J 2007; 28: 1670–1672.