

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

A BALKAMRAFAL MOZGÁSZAVARAINAK
NUKLEÁRKARDIOLÓGIAI ANALIZISE

Irta: Mester János



Szeged

1982

B 5096



E 2.226

Szeged

1981

TARTALOM

	Oldal
1. Bevezetés	1
1.1. A balkamrafal mozgásképségének zavarai . .	4
1.2. A nukleáris kardiológiai vizsgáló módszerek . fejlődése	6
1.3. A nukleáris kardiológia vizsgáló eszközei . .	14
1.3.1. Műszaki feltételek.	14
1.3.2. Számítógépek - számítástechnika	17
1.4. Dinamikus adatfelvételi technikák	19
2. Reverzibilisen és irreverzibilisen csökkent perfúziójú balkamrafalrészletek képi ábrázolása	22
2.1. Irreverzibilisen csökkent perfúziójú balkamra- falrészletek képi ábrázolása nyugalmi 201-Tl szcintigráfiával	25
2.1.1. Beteganyag és módszer	25
2.1.1.1. Szcintigráfiás vizsgálat	28
2.1.1.2. A felvételek értékelése	29
2.1.2. Eredmények	31
2.1.3. Megbeszélés	42
2.2. Terheléses 201-Tl szívizom-szcintigráfiás vizsgálatok	50
2.2.1. Beteganyag és módszer	50
2.2.1.1. Ergometriás terhelés és szcintigráfiás . . vizsgálat	51
2.2.1.2. Felvételek értékelése	52
2.2.2. Eredmények	52
2.2.3. Megbeszélés	59
3. EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett nuk- leáris kardiológiai vizsgálatok	65
3.1. Vizsgálati technika	67
3.2. Értékelési eljárás	69
4. Globális balkamrai ejekciós frakció mérése	74
4.1. Beteganyag és módszer	74

4.2. Eredmények	77
4.3. Megbeszélés	78
5. Balkamrai diszkinézisek kimutatása	80
5.1. Beteganyag és módszer	82
5.1.1. Nukleáris kardiológiai vizsgálati technika	82
5.1.2. Angiokardiográfia	86
5.2. Eredmények	87
5.3. Megbeszélés	89
6. A miokardium kontrakciójának nagy érzékeny- ségű analízise fázis- és amplitudóképekkel	95
6.1. Beteganyag és módszer	97
6.1.1. Értékelő eljárás	98
6.2. Eredmények	105
6.3. Megbeszélés	109
7. Összefoglalás	112
Irodalomjegyzék	116

I. FEJEZET

BEVEZETÉS

Az iszkémiás szívbetegek egyre növekvő száma szükségessé teszi olyan noninvazív diagnosztikai eljárások bevezetését, amelyek alkalmasak a szívizom állapotának, kontraktilitásának, a szív pumpafunkciójának megítélésére. Ebből a szükségszerűségből következően, a megfelelő műszaki, számítástechnikai és farmakológiai feltételek kialakulásával párhuzamosan, az elmúlt évtizedben ugrásszerű fejlődésnek indult az izotópdiagnosztika egyik részterületét képező nukleáris kardiológia. Az egyre jobb térbeli feloldóképességű szcintillációs kamerák, a mind speciálisabb feladatok megoldására képes számítógéprendszerek, az újabb és újabb radiofarmakonok segítségével egy sor olyan paraméter vizsgálatára nyílik lehetőség, amelyek egyébként csak a szívkatéterezés invazív módszerével lennének meghatározhatók. A szinte hétről hétre megjelenő összehasonlító vizsgálatok eredményei megerősítik a modern izotópdiagnosztikai módszerek helyét az elektrofiziológiai, biokémiai, ultrahangdiagnosztikai és egyéb, noninvazív radiológiai vizsgáló

eljárások mellett.

A Szegedi Orvostudományi Egyetem Központi Izotópdiaosztikai Laboratóriumában Dr. Csernay László professzor irányításával 1980 nyara óta foglalkozom nukleáris kardiológiai vizsgálatok bevezetésével, teljesítőképességük ellenőrzésével. Disszertációm témájául az elmúlt két évben szerzett tapasztalatok összegzését választottam. Munkámhoz felbecsülhetetlen értékű segítséget kaptam a laboratórium vezetőjétől, Dr. Csernay László professzor úrtól. Az ő útmutatásai alapján sajátíthattam el a nukleáris medicina alapjait. Később tőle kaptam lehetőséget a nukleáris kardiológiai módszerek tanulmányozására. A szakmai irányítás mellett mindig biztosította a munkavégzéshez szükséges feltételeket. Neki köszönhető, hogy a laboratóriumban kardiológiai munkacsoport alakult ki. Az intézetben belüli együttműködés megszervezésén kívül a II.sz. Belgyógyászati Klinika Kardiológiai Osztályával illetve a SzOTE Önálló Szívsebészeti Osztályával is közös munkacsoportot hozott létre.

Közvetlen munkatársaim közül név szerint szeretnék köszönetet mondani Dr. Máté Eörsnek, akinek kardiológiai számítógépes programjait munkám során felhasználhattam, Dr. Pávics Lászlónak, akivel a vizsgálatok nagy részét

közösen végeztük, Dr. Láng Jenőnek a farmakológiai fel-
tételek folyamatos biztosításáért, az in vivo jelölt
vörösvértestek előállításáért.

A II.sz. Belgyógyászati Klinika Kardiológiai Osztályá-
nak dolgozói közül Dr. Csanády Miklós docens úrnak
észrevételeiért, a beteganyag gondos kiválasztásáért,
az ellenőrző vizsgálatok adatainak biztosításáért, Dr.
Gruber Noéminek és Dr. Édes Istvánnak a terhelések el-
végzéséért mondok köszönetet.

A SzOTE Önálló Szívsebészeti Osztály vezetőjének, Dr.
Kovács Gábor professzor úrnak a haemodinamikai labora-
tóriummal történő együttműködés lehetővé tételéért, Dr.
Gaál Tibor adjunktus úrnak a haemodinamikai vizsgálatok
elvégzéséért, a vizsgálati eredmények összeállításáért
és ismételt ellenőrzéséért tartozom köszönettel.

1.1. A BALKAMRAFAL MOZGÁSKÉPESSÉGÉNEK ZAVARAI

Az egészséges, megfelelő vérellátású szívizom szisztolében összehúzódik, diasztolében tágul. Ha valamely oknál fogva bizonyos területeinek perfúziója csökken, a megfelelő falrészletek kontrakciós képessége romlik. Enyhébb esetekben hipokinézis, súlyosabb esetben akinézis léphet fel, a kamra pumpafunkciója gyengül /84/.

A miokardium vérellátásának zavarát igen gyakran valamely koronária-ág organikus szükülete vagy teljes elzáródása okozza. A kialakult szükületek nem okoznak feltétlenül perfúziós zavart. Sok esetben csak terhelés hatására vezetnek iszkémiához, válnak haemodinamikailag hatásossá.

A koronária-ágak teljes elzáródásának következménye a miokardiális infarktus. Az infarktus területének megfelelően súlyos mozgászavar alakul ki az érintett falrészlet perfúziójának megszűnte miatt. A rehabilitáció időszakában a falmozgás zavara csökkenhet, de nem elhanyagolható azon esetek száma sem, amelyekben paradox pulzáció, sőt balkamrai aneurizma jön létre.

Irodalmi adatok szerint a miokardium perfúziója és

kontrakciós képessége között szoros összefüggés van. Ezen paraméterek vizsgálata közelebb visz a koronária-betegség illetve következményei súlyosságának megállapításához /84/.

A miokardium kontraktilitását nukleáris kardiológiai módszerekkel közvetlenül vizsgálhatjuk. A kamrafalmozgás kvalitatív vagy szemikvantitatív analízisén kívül általánosan elterjedt a kamra pumpafunkcióját jellemző balkamrai ejekciós frakció meghatározása /15,128/.

Az izotópdiagnosztika lehetőséget ad a csökkent perfúziójú kamrafalrészletek képi ábrázolására is. A vizsgálatok során a permanensen illetve a tranziensen iszkémiás területek azonosíthatók és egymástól elkülöníthetők /15,128/.

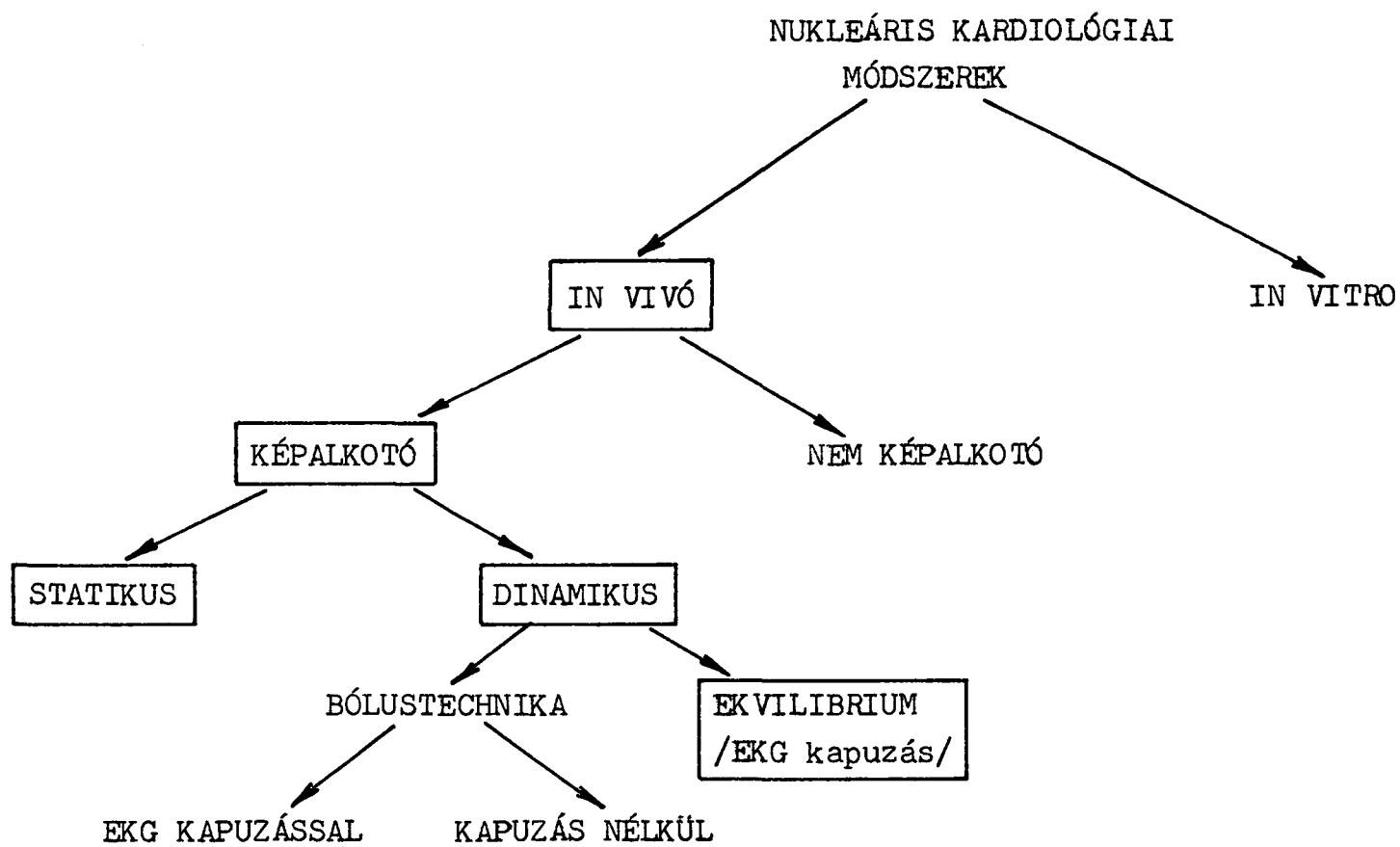
A csökkent perfúzió mellett a szívizom mozgászavarainak egy másik jellegzetes oka az ingerületvezetés zavara. Az ingerület terjedésének képi ábrázolására az utóbbi két évben világszerte folynak kísérletek /92/. A biztató kezdeti eredményeket saját tapasztalataink is megerősítik.

1.2. A NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIAI VIZSGÁLÓ MÓDSZEREK FEJLŐDÉSE

A nukleáris kardiológia radiofarmakonokkal végzett klinikai diagnosztikai eljárások gyűjtőneve. Ha a vizsgálat során a szervezetbe radioaktív izotópot juttatunk, akkor in vivo, egyébként in vitro eljárásokról beszélünk. Az in vitro módszerek közé elsősorban a különféle RIA-vizsgálatok tartoznak. A szervezetbe juttatott radiofarmakon útját illetve eloszlását egyszerű külső detektorral /nem képalkotó vizsgálat/ vagy képalkotó készülékkel követhetjük /1. ábra/. Disszertációnkban modern nukleáris kardiológiai képalkotó eljárások egy részével foglalkozunk. Az áttekinthetőség kedvéért röviden vázoljuk ezen módszerek helyét a vizsgáló eljárások sorában.

In vivo keringési vizsgálatot a világon először 1927-ben Blumgart és Weiss végeztek /19/. Kongesztív szívbetegekben intravaszkuláris tranzitidőket mértek. A mérési elrendezés bonyolultsága, méréstechnikai kezdetlegessége, megfelelő radiofarmakonok hiánya az eljárás elterjedését akkor még megakadályozta.

A nátriumjodid kristály illetve a szcintillációs mérési



1. ábra

A nukleáris kardiológia vizsgáló módszerei

elv tette igazán lehetővé tranzitidők radioizotópos módszerekkel történő meghatározását. A vizsgálati eredményeiről 1948-ban beszámoló Prinzmetalt /100/ Donato és mtsai követték, akik már szisztolés és diasztolés vérmennyiségeket mértek illetve számoltak úgy a teljes szív vetületében, mint a kamrákban /38/. A balkamrai ejekciós frakciót radioaktív izotóp használatával először Folse és Braunwald vizsgálták /42/. A radiocirkulográfiás méréstechnika alapjai lényegében 1962-re alakultak ki. A kifejlesztett eljárásoknak két nagy hátrányát ismerjük:

- Az alkalmazott radioaktív izotóp ^{131}I / viszonylag hosszú, 8 napos felezési ideje következtében a betegek jelentős sugárterhelését csökkentendő a vizsgálatok során minimális dózissal dolgoztak, ami viszont alacsony impulzushozammal és a mérési eredmények nagy statisztikus szórásával járt együtt. Ez a probléma a 60-as években, a rövid felezési idejű $^{113\text{m}}\text{In}$ és $^{99\text{m}}\text{Tc}$ elterjedésével megoldódott /50,116/.
- A szcintillációs szonda beállításának nehézségei, melyeket csak a gammakamerák és az azokhoz csatlakoztatott számítógépes adatfeldolgozó rendszerek elterjedése számolt fel.

A radiocirkulográfia egyszerűsége, olcsósága következ-

tében a nukleáris kardiológia hasznos eszköze ott, ahol a modern gammakamerás vizsgálatok elvégzésére nincs, vagy csak korlátozott számban van lehetőség /125/. Az eljárást hazánkban nemzetközileg is elismert eredménnyel Balatonfüreden Horváth Mihály, Budapesten az Országos Kardiológiai Intézetben Istvánffy Mária /57,58,59,66/ alkalmazták.

A szív üregrendszerének illetve a miokardium képi ábrázolását a scannerek /29/, de elsősorban a gammakamerák /8/ megjelenése tette lehetővé. A szív üregrendszerét megjelenítő vérpool-szcintigráfia segítséget nyújt a perikardiális folyadékgyülem, intra- vagy parakardiális tumorok, perikardiális ciszták felismerésében /40/.

A miokardium képi ábrázolását hosszú ideig megfelelő radiofarmakon hiánya gátolta. A 70-es évek közepétől új radiofarmakonok megjelenése a diagnosztikai módszerek egész sorának bevezetését tette lehetővé. A miokardium perfúziójának vizsgálatára világszerte a ^{201}Tl -ot használják /15,128/. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -mal jelzett pirofoszfáttal lehetőség van nekrotizált, infarcerálódott szívi-zomrészletek ábrázolására /15/. Ujabban radioaktív izotóppal jelzett zsírsavak alkalmazásával vizsgálják a szívizom metabolizmusának mértékét /77/. Magyarországon

a miokardium perfúzióját rectilineáris scannerrel elsőként Horváth M. és Istvánffy M. vizsgálata /57,58,67/. ^{99m}Tc -mal jelzett pirofoszfáttal hazánkban először Szegeden, Csernay és mtsai dolgoztak, jelenleg pedig az Országos Kardiológiai Intézetben Istvánffy és mtsai alkalmazzák rutinszerűen /67/. ^{201}Tl -mal végzett vizsgálatokra először 1977-ben Szegeden került sor /35/. A miokardium metabolizmusát elsősorban a radiofarmakon drágasága miatt hazánkban egyelőre nem vizsgálják.

A gammakamerához kapcsolt számítógépek hasznosak lehetnek a statikus felvételek analízisében, de semmiképpen nem nélkülözhetők a radioaktív bólus áthaladásának vagy a kamrafal mozgásának vizsgálatakor. A radioaktív bólus útját követve bizonyíthatjuk vagy kizárhatjuk bármilyen irányú shunt fennállását sőt, becslést adhatunk annak nagyságára vonatkozóan is /5,7,33,43/. Ekvilibrum állapotban végzett vizsgálatokkal meghatározhatjuk a szív billentyűrendszerének elégtelen működése következtében fellépő regurgitáció mértékét /103/.

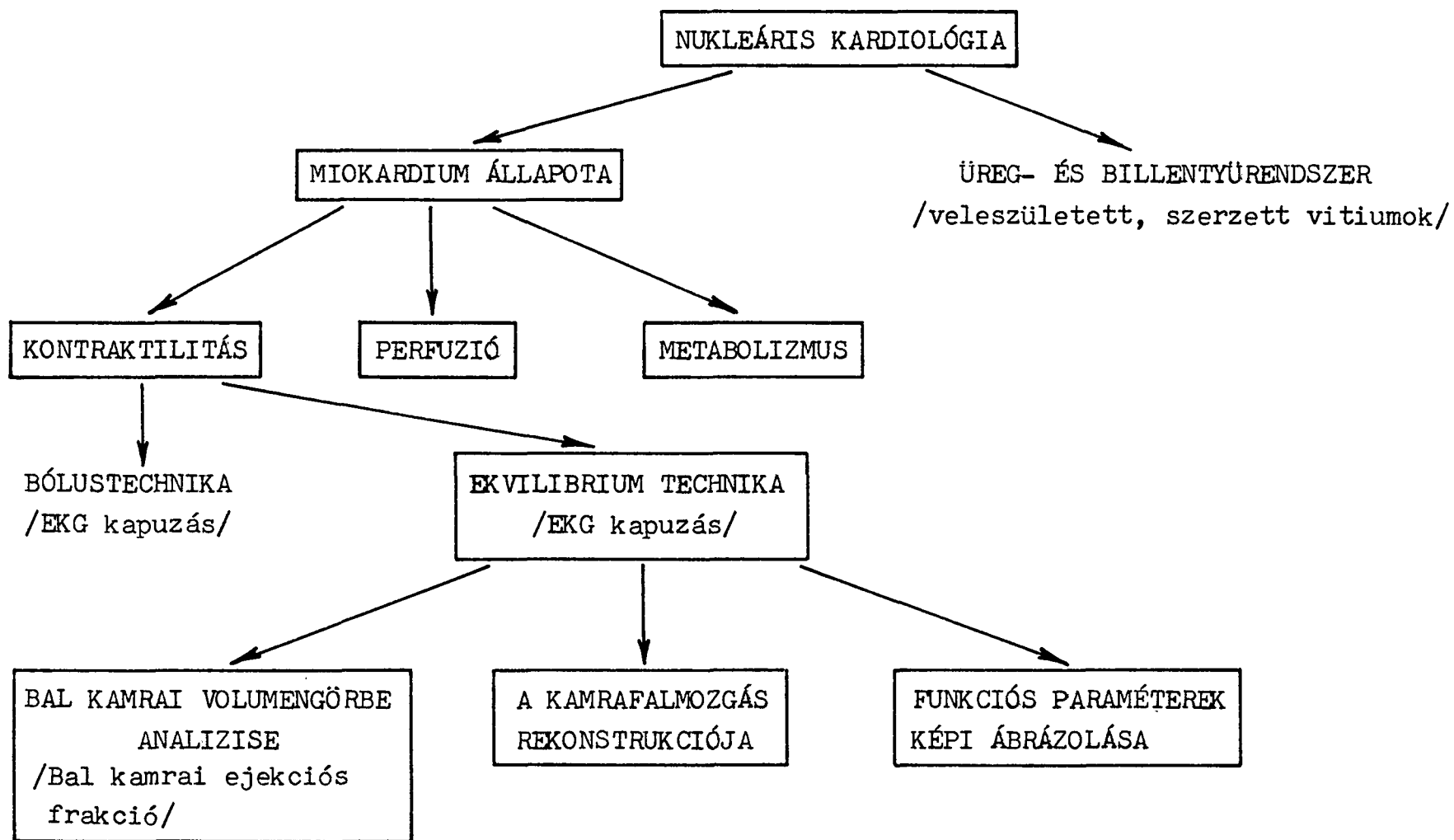
A gammakamera-kisszámítógép rendszerek nukleáris kardiológiai alkalmazási területei közül a legelterjedtebb a balkamra teljesítményének, a kamrafal mozgásképeségének

vizsgálata. Erre a célra a bólustechnika és az ekvilibrium-módszer egyaránt alkalmas /15,128/. Bólustechnikával a jobb- és a balkamra időben elkülönítve tanulmányozható, így térbeli összevetülések veszélye nélkül bármely felvételi irány alkalmazható /3,15/. Ekvilibriumban a kamrák megbízható elkülönítése csak a LAO /bal elülső ferde/ irányból lehetséges. Bólustechnika alkalmazásakor a sugárterhelés általában kisebb, mivel nemcsak kisebb izotópadagot, hanem a veséken keresztül gyorsan ürülő radiofarmakont, ^{99m}Tc -DTPA-t alkalmazhatunk /51/. Az ekvilibriumban végzett vizsgálatok előnye ezzel szemben az ismételhetőség, hiszen az anyag hosszabb ideig a vérpályában marad. A számítógéprendszernek emellett sokkal kisebb impulzushozamot kell feldolgoznia, mint bólustechnika alkalmazásakor. Ekvilibriumban tetszőleges számú szív ciklus adatait átlagolhatjuk, így számított paramétereink pontosabbak lesznek, a kamrafal mozgását megbízhatóbban ítéldhetjük meg /3,15,128/.

Az ekvilibrium-technika alkalmazásakor elengedhetetlen, bólustechnika mellett hasznos több, az előbbinél sokszáz szív ciklus adatainak összegzése. Ezt az EKG R-hullámával történő un. kapuzással /szinkronizálás/ oldják meg /3,15,110,128/.

A Szegedi Orvostudományi Egyetem Központi Izotóp-diagnosztikai Laboratóriumában fejlesztett SEGAMS-software különféle variációi egyre újabb dinamikus kardiológiai vizsgálatok bevezetésére voltak alkalmasak. Shunt-vizsgálatra már az 1976-ban átadott alapkonzfiguráció lehetőséget nyújtott. Az EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálat technikai feltételeit az 1980-ban elkészült ún. SUPER-SEGAMS variáció biztosította először. A laboratórium munkacsoportja által kifejlesztett, kipróbált software-rendszer azóta 17 magyar és 43 külföldi intézetben járul hozzá a kardiológiai diagnosztika színvonalának emeléséhez.

Értekezésünkben a 2.sz. ábrán vázolt, az előbbiekben röviden érintett lehetőségek közül a bekeretezett módszerekkel foglalkozunk részletesebben.



A nukleáris kardiológia diagnosztikai lehetőségei

1.3. A NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIA VIZSGÁLÓESZKÖZEI

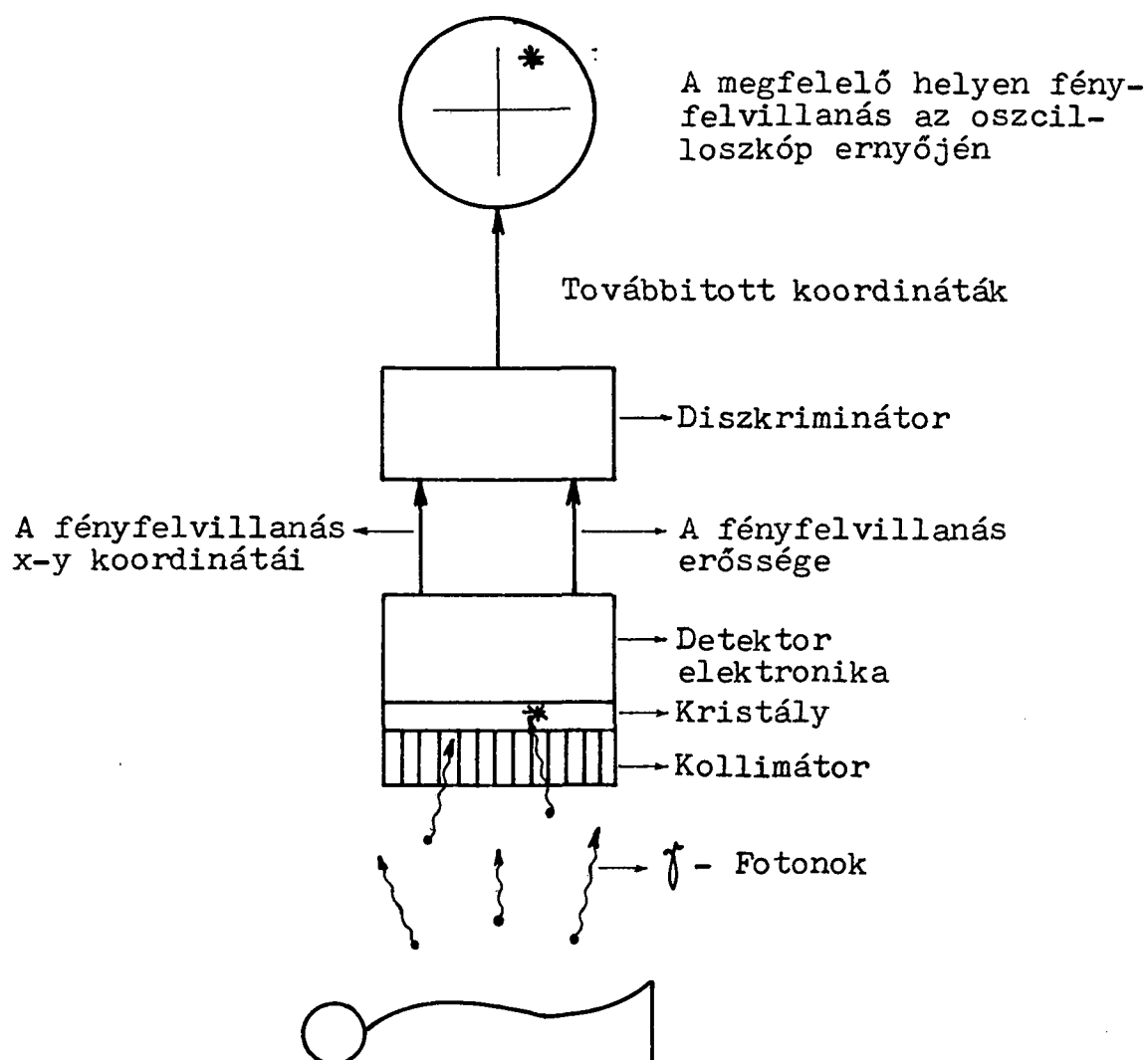
A vizsgáló módszerek fejlődésének rövid bemutatása után ugyancsak röviden vázoljuk az azok bevezetéséhez és alkalmazásához szükséges műszaki-számítástechnikai feltételeket.

1.3.1. Műszaki feltételek

Az 50-es évek elejétől használt mozgódetektoros scannert a 60-as évek közepétől-végétől egyre inkább háttérbe szorította a szcintillációs gammakamerák elterjedése. Az első gammakamerát H.O. Anger 1958-ban mutatta be /3. ábra/ /1,8,106/. A műszer legfontosabb része a detektor, amely 10 inch vagy nagyobb átmérőjű NaI agykristályt tartalmaz. A szervezetben bekövetkező radioaktív bomlásoknál keletkezett fotonok a tér bármelyik irányába repülhetnek. A szcintillációs kristályt azonban csak azok a fotonok érik el, amelyek előzőleg áthaladtak a detektorra erősített ólomkollimátor furatain, tehát meghatározott irányból érkeztek.

A fotonok és a kristály közötti kölcsönhatás helyét speciális elektronika érzékeli és x-y koordinátapárok





3. ábra

Az Anger-féle szcintillációs kamera elvi
felépítésének vázlata

formájában analógjelként továbbítja. A kristályban keletkező fény erősségével arányos amplitudójú jel egy harmadik csatornán keresztül jut el a feldolgozó elektronikához. Ezt a jelet egy ún. differenciál diszkriminátor analizálja. Kiszűri a repülés során szóródott, irányt változtatott, tehát csökkent energiájú fotonok által keltett felvillanásokat, a hasznos /maradék/ felvillanások koordináta cimpárait pedig a kamerához tartozó oszcilloszkóphoz továbbítja. Az oszcilloszkóp ernyőjén keletkező felvillanás helye pontosan megfelel a fotonkeletkezési hely vetületének. Elegendő számú felvillanást összegyűjtve az oszcilloszkóp ernyője elé helyezett fényérzékeny lemezen /röntgen- vagy polaroid-filmen/ rögzíthetjük a vizsgált szervben /tárgyban/ a radioaktív anyag eloszlását.

Az eltelt 24 évben az Anger-féle szcintillációs kamera műszaki paraméterei jelentősen fejlődtek. A legmodernebb kamerák látómezejének átmérője ma már meghaladja az 50 cm-t, másodpercenként 400 000 impulzus feldolgozására képesek, térbeli feloldóképességük 5 mm-nél jobb /15,54,74,90,106/. A klasszikusnak számító Anger-féle gammakamera mellett az utóbbi években megjelentek az igen nagy impulzushozamú vizsgálatokra /bólusvizsgálat/ különösen alkalmas többkristályos kamerák valamint a pozitronsugárzás detektálását a koincidencia-

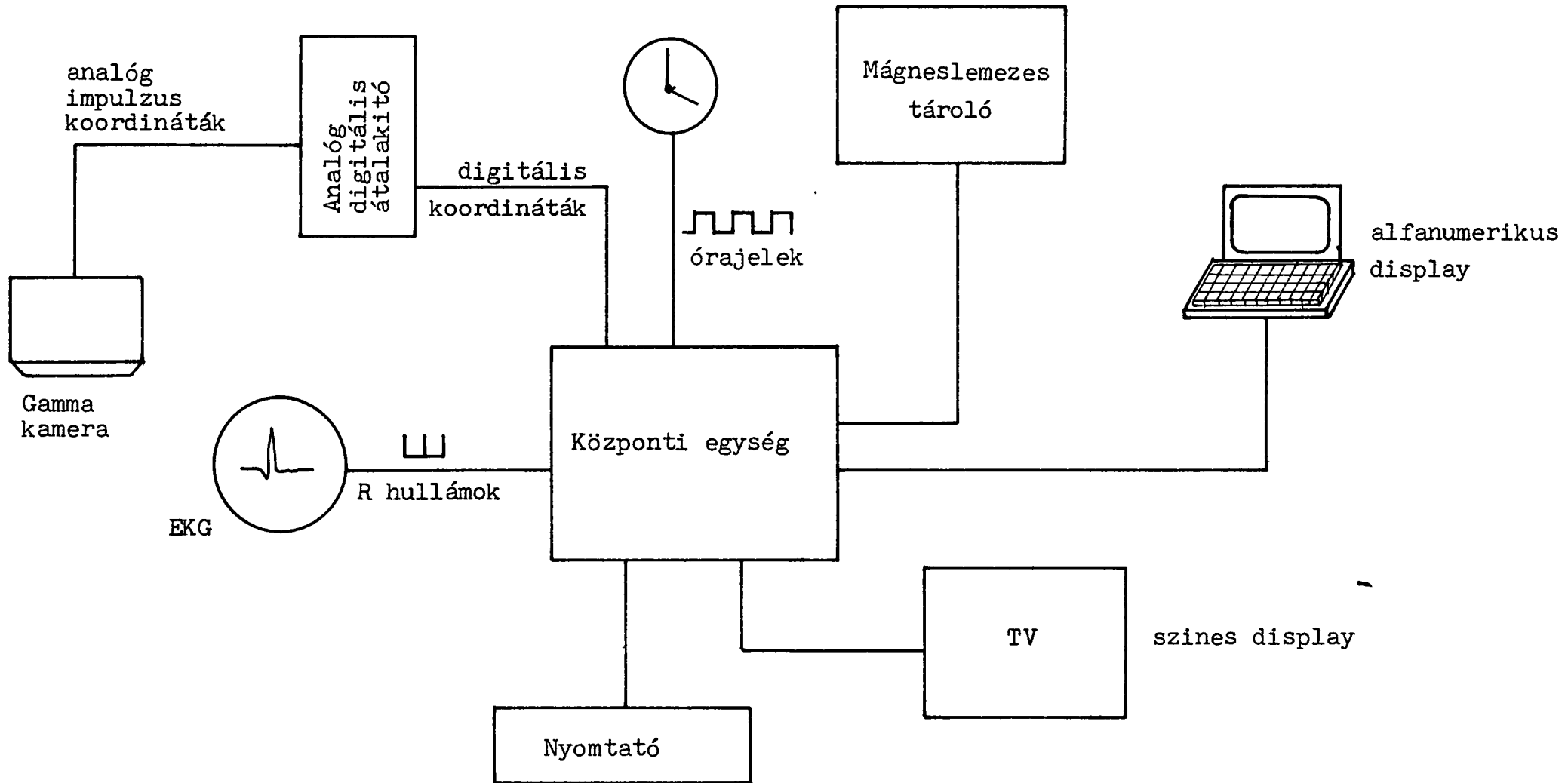
elv alapján lehetővé tevő kétdetektoros pozitronkamerák is /22,23/. A kollimátortípusok gyors fejlődését az egyszerre kétirányú leképezést lehetővé tevő ferdefuratú kollimátorok és a szívizom topografikus leképezésére különösen előnyös 7 furatú kollimátorok megjelenése demonstrálja /45,120,121/.

1.3.2. Számítógépek-számítástechnika

A nukleáris kardiológiában használt, gammakamerához kapcsolt számítógéprendszerek elvi felépítését a 4.sz. ábrán mutatjuk be. A gammakamerák a radioaktív bomlás gammasugárzásából származó impulzusok helykoordinátáit analógjelekként állítják elő. A számítógépes feldolgozáshoz elengedhetetlen ezen jelek digitalizálása. Ez egy un. analóg-digitális átalakítóban /konverterben/ történik. A digitális /számszerű/ adatok feldolgozását a számítógép központi egysége végzi. A központi egység legalább egy, un. gyors elérésű külső tárolóval áll közvetlen kapcsolatban. Ebből a tárolóból különböző utasítások hívják fel a feldolgozni vagy megjeleníteni kívánt adatokat, sőt a feldolgozás folyamatát vezérlő programokat is.

A számítógéppel alfanumerikus display-n keresztül tart-

4. ábra



hatunk kapcsolatot. Szám- és betűjelek előírt kombinációjával megtervezhetjük a vizsgálat időbeli lefolyását, rögzíthetjük a betegazonosító adatokat, majd vezérelhetjük a vizsgálatok kiértékelését. A vizsgálatok kiértékelése során képekhez, idő-aktivitás görbékhez vagy számszerű adatokhoz jutunk. Ezek megjelenítésére, dokumentálására fekete-fehér vagy színes display ill. nyomtatógység szolgál. A megjelenített képek mindegyike kis cellákból épül fel. A lehetséges cellák száma jellemző a display-k térbeli feloldóképességére. A nukleáris kardiológiában a 32x32, 64x64 vagy a 128x128-as képméreteket alkalmazzák leggyakrabban /106/.

1.4. DINAMIKUS ADATFELVÉTELI TECHNIKÁK

Ha számítógéppel támogatott gammakamerás vizsgálattal időbeli folyamatot rögzítünk, dinamikus vizsgálatról beszélünk. A radioaktivitás időbeli változásának vizsgálatára kétféle adatfelvételi módot ismerünk.

Az un. frame módú felvételi technika alkalmazásakor előre megadott időfrekvenciával képsorozatot készítünk. A képeken kiválasztott területekről készített idő-akti-

vitás görbék informálnak bennünket az adott terület radioaktivitásának időbeli változásáról. A módszer hátránya, hogy a vizsgálat időbeli felbontóképességét már előre, a felvétel kezdetekor, a képidő-frekvencia meghatározásakor rögzítenünk kell, utólagos módosításra, finomításra nincs lehetőség. A nukleáris kardiológiában ezt az eljárást leginkább radioaktiv bólus áthaladásának tanulmányozására használják /95,106/.

Sokkal több utólagos módosításra nyílik lehetőség az un. list módú felvételi technika alkalmazásakor. Képsorozatok készítése helyett ilyenkor a radioaktiv bomlás x-y koordináta címeit tároljuk a számítógép belső órajeleivel együtt. Az órajelek segítségével az időbeli felbontóképesség által megszabott korlátokon belül utólag bármely koordinátapár megjelenési idejét rekonstruálhatjuk. Ez a technika módot ad az adatfelvétel befejezése után szinte tetszőleges időtartamú képsorozatok előállítására /15,106/.

Ha a list módú vizsgálat során a számítógép órajelein kívül folyamatosan az EKG R-hullámai megjelenési idejét is rögzítjük, az impulzuskoordináták megjelenési idejét az azokat megelőző R-hullámokhoz is viszonyíthatjuk. Az ily módon megvalósított EKG-kapuzással különböző hosszúságú szívciklusokat megkülönböztethetünk, kiválasz-

tott hosszúságú szívciklusok impulzusadatait összegezh-
hetjük és a radioaktivitás időbeli változását többszáz
átlagolt ciklus adatait tartalmazó képsorozatokon ta-
nulmányozhatjuk /1,2,3,15/.

II. FEJEZET

REVERZIBILISEN ÉS IRREVERZIBILISEN CSÖKKENT PERFUZIÓJU BALKAMRAFALRÉSZLETEK KÉPI ÁBRÁZOLÁSA

Régi törekvés az emberi miokardium perfúziójának vizsgálata, friss és lezajlott szívizominfarktusok felismerése, a szívizomkárosodás pontos lokalizációja, nagyságának becslése.

Az EKG-, VKG-vizsgálatok évtizedek óta e célra elterjedten alkalmazott, elfogadott, de nem problémamentes noninvazív eljárások. Kiemelkedő jelentőségű tehát minden egyéb módszer, amely a prognózis, a rehabilitáció valamint egyéb invazív vizsgálatok indikációja szempontjából is fontos feladatot ugyancsak noninvazív módon, a kóros elváltozást képileg ábrázolva oldja meg. A koronáriabetegség számának rohamos növekedése ugyancsak fontossá teszi új eljárások kidolgozását és alkalmazását.

A nukleáris medicina már a hatvanas évek elejétől törekedett a szívizom /balkamrafal/ szelektív ábrázolá-

sára annak perfúziója alapján. E célra többek között a káliumion radioaktív változatait ^{42}K , ^{43}K / valamint egyéb, ugyancsak radioaktív káliumanalóg elemeket ^{81}Rb , ^{82}Rb , ^{84}Rb , ^{86}Rb , ^{129}Cs , ^{131}Cs / alkalmaztak /13,27,28,63,83,107,122/. A biztató kísérletek ellenére, elsősorban a nagy sugárterhelés, pozitronkamera hiánya és drágasága miatt az eljárás nem terjedt el széles körben.

Jelentős változást hozott az 1973-ban először Lebowitz s mtsai által alkalmazott radioaktív káliumanalóg elem, a ciklontermék ^{201}Tl bevezetése /fizikai félidő: 3,04 nap, gammasugárzási energia: 167,4 KeV /10 %/ - 135,3 KeV /2,65 %/ - leképezéskor a bomláskor keletkező ^{201}Hg karakterisztikus sugárzását használják: 69-83 KeV /94,5 %/ /70/. Az újonnan alkalmazott radioaktív izotóp csaknem optimális méréstechnikai tulajdonságai, az igen kedvező klinikai tapasztalatok eredményeként a 70-es évek közepétől rohamosan terjedt a ^{201}Tl -kloriddal végzett szívizom-szcintigráfia. Ma már a módszer - viszonylagos drágasága ellenére - szinte rutineljárássá vált a balkamra lokális perfúziós defektusainak non-invazív, képi ábrázolására /25,60,124/.

Az eljárás elvi alapját a thalliumnak, mint káliumanalogon elemnek a jól perfundált szívizomrostok és az

extracelluláris tér közötti gyors cseréje képezi. Amennyiben a ^{201}Tl -klorid befecskendezésekor a balkamra valamely izomterülete iszkémiás vagy hegesedett, a kálium-thallium csere e területen nem, vagy csak csökkent mértékben jöhet létre és ezért a készített felvételeken e területek csökkent aktivitással ábrázolódnak. Ugyanez a jelenség jön létre akkor is, ha egy vagy több koronária-főág terhelésre haemodinamikailag is hatásossá váló organikus szükülete vagy koronária-spazmusa következtében a balkamraizomzat adott területe/i/ átmenetileg abszolút vagy relativ módon hipoperfundált lesz. A vizsgálómódszerek közötti különbséget csupán az előre tervezett, általában ergometriás /kérpárergométer!/ terhelés alkalmazása jelenti. Ennek alapján különböztetjük meg az un. nyugalmi és a terheléses szívizom-szcintigráfiás vizsgálatokat /15/.

2.1. IRREVERZIBILISEN CSÖKKENT PERFUZIÓJU BALKAMRA-
FALRÉSZLETEK KÉPI ÁBRÁZOLÁSA NYUGALMI ²⁰¹Tl-
SZCINTIGRÁFIAVAL

2.1.1. Beteganyag és módszer

A megvizsgált 76 betegünket 4 csoportra osztottuk /1. táblázat/.

- Kontrollcsoport

A módszer beállítása során először 12, szívbetegségben nem szenvedő egyént vizsgáltunk meg. A betegek átlagos életkora 42 év, a legfiatalabb 37, a legidősebb 52 éves volt.

- Miokardiális infarktuson átesett egyének

A módszer teljesítőképességét 32 betegen kontrolláltuk, akiknél a klinikai vizsgálat zajló vagy lezajlott miokardiális infarktust állapított meg. A klinikai diagnózis a tipikus tüneteken kívül laboratóriumi /enzim-/ és EKG-vizsgálatok eredményein alapult. A vizsgált betegeket utólag 3 alcsoportba soroltuk.

Az első alcsoportba a miokardiális infarktus feltételezett időpontja után két héten belül vizsgált esetek kerültek /9 férfi, átlagos életkoruk 57 év, a legfiatalabb

		B E T E G E K			Átlagos életkor	Legfiatalabb	Legidősebb
		száma	n e m e				
			férfi	n ő			
Kontrollcsoport		12	9	3	42	37	52
Klinikailag bizonyított miokardiális infarktus feltételezett időpontjától	2 héten belül	9	9	-	57	38	74
	2-5 hét	8	8	-	63	40	78
	fél év után	15	15	-	56	40	71
Szelektív intrakoronáriás trombolízis után		9	9	-	51	39	70
Ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizma		21	19	2	52	30	71

1. táblázat

38, a legidősebb 74 éves/.

A második alcsoportba az infarktus feltételezett időpontjától számítva 2-5 hét múlva megvizsgált betegeinket soroltuk /8 férfi, átlagos életkoruk 63 év, a legfiatalabb 40, a legidősebb 78 éves/.

A miokardiális infarktus feltételezett időpontja után fél évnél később megvizsgált betegeink képezték a harmadik alcsoportot /15 férfi, átlagos életkoruk 56 év, a legfiatalabb 40, a legidősebb 71 éves/.

- Szelektív intrakoronáriás trombolízis után vizsgált betegek

Intrakoronáriás trombolízis után 9 betegen végeztünk nyugalmi ^{201}Tl -miokardium perfúziós vizsgálatot. A betegek /9 férfi, átlagos életkor 51 év, a legfiatalabb 39, a legidősebb 70 éves volt/. szcintigráfiás vizsgálatára a trombolízis után 1-2 hónap múlva /átlagosan 50 nap múlva/ került sor.

- Ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizmás betegek

Ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizmával 21 beteget vizsgáltunk meg /19 férfi, 2 nő; a betegek átlagos életkora 52 év, a legfiatalabb 30, a legidősebb 71 éves volt/.

2.1.1.1. Szcintigráfiás vizsgálat

A szcintigráfiás vizsgálatához betegeinknek 12 órás éhezés után 1 ampullányi /átlagosan 2 mCi, azaz 74 MBq/ ^{201}Tl -kloridot fecskendeztünk be intravénásan. A mobilizált egyéneket megkértük arra, hogy ezután a vizsgálat kezdetéig sétáljanak. A gammakamerás vizsgálatot a radioaktív anyag beadásától számítva legalább 10, de legfeljebb 20 perc múlva kezdtük el. Vizsgálataink során az adatfelvételt Nuclear Chicago Pho/Gamma III. illetve Gamma gyártmányú MB-9100 típusú gammakamerákkal végeztük paralel fúratú, nagy feloldású kollimátor alkalmazásával. Minden esetben legalább három irányból készítettünk felvételeket. Az anterior és a bal elülső ferde /LAO-45°/ irányú leképezést valamennyi betegünk-nél elvégeztük. A balkamra hátsó falának megjelenítésére, harmadik felvételi irányként, a betegek egy részében az oldalirányú felvételt választottuk. Az újabb irodalmi adatok ismeretében ezt az esetek egy részében 70°-os bal elülső ferde irányra módosítottuk /15/. A LAO-45°-os felvételek eredménye alapján néhány esetben LAO-30 illetve LAO-60 fokos irányokból is készítettünk képeket.

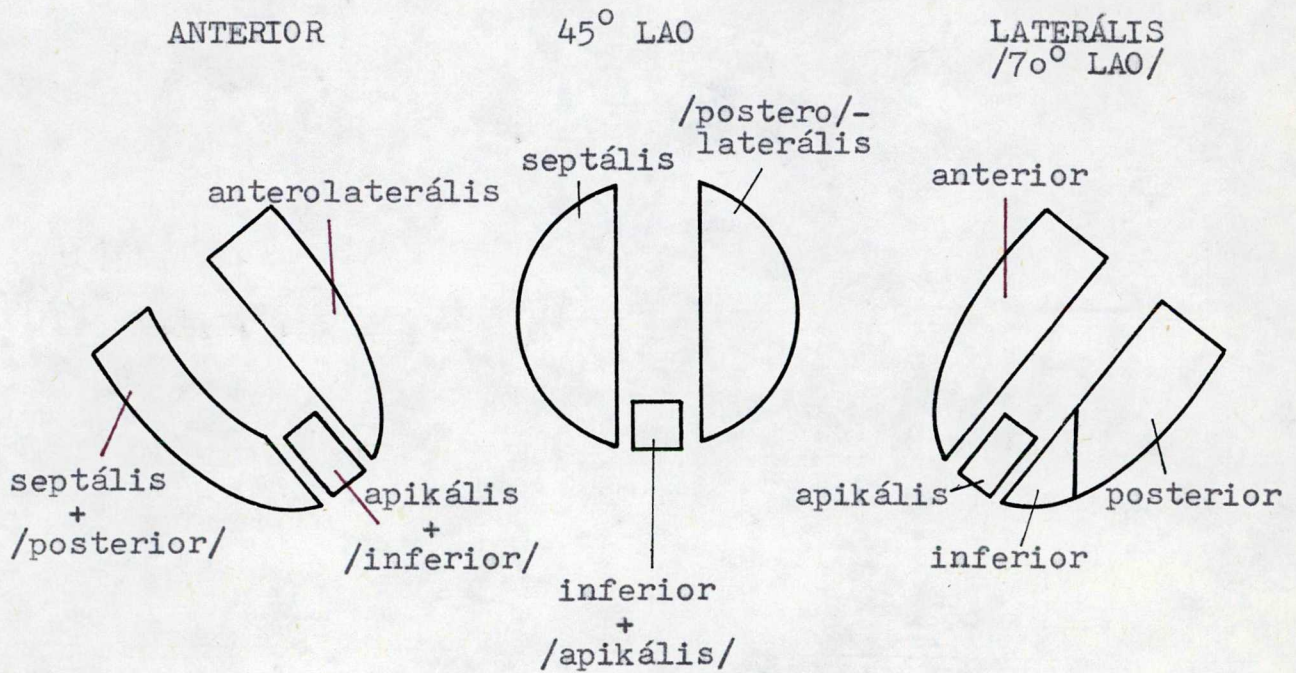
Felvételi irányonként 75 KeV fotócsúcson 25 %-os ablak-szélességgel 300 000 impulzus gyűjtését végeztük el. Az újabb generációhoz tartozó magyar gyártmányú gammakame-

rán a balkamrafal átlagos aktivitású vetületében mért 1500 impulzus/cm² adatsűrűség eléréséig végeztünk képfelvételt. A teljes vizsgálat átlagos időtartama 25-35 perc között mozgott.

2.1.1.2. A felvételek értékelése

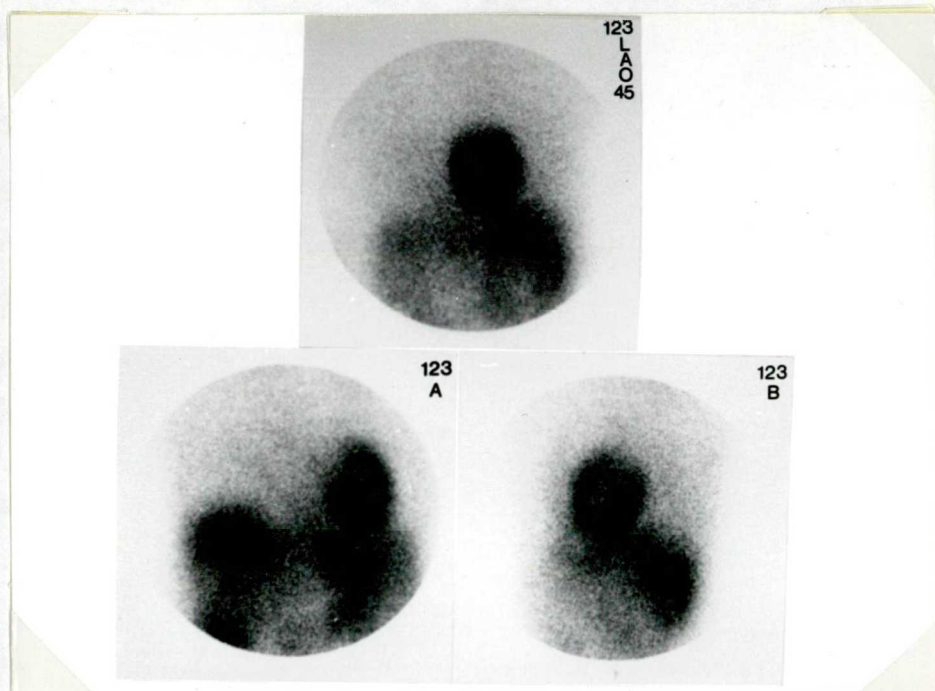
Felvételeinket a bemutatott és világszerte használt séma alapján értékeltük /5. ábra/. A jól kirajzolódó, általában homogén aktivitáseloszlású balkamrafalrészleteken belül csökkent aktivitású területeket igyekeztünk felismerni. Egyértelműen csökkentnek tartottuk a kamrafal aktivitását, ha az a háttéraktivitás szintjét nem haladta meg. Amennyiben a csökkent radioaktivitás csak a szomszédos falrészletekhez viszonyítva volt felvethető, úgy perfúziócsökkenés gyanúját állapítottuk meg. Ha a csökkentebb aktivitású szegmens több felvételi irányból is azonosítható volt, úgy összefoglaló véleményként határozott hipoperfúzióról beszéltünk, annak pontos lokalizációjával.

Felvételi irányok



5. ábra

A balkamrafal szegmensbeosztásának vázlata



6. ábra

Normális eredményű nyugalmi ^{201}Tl szcintigram

2.1.2. Eredmények

A módszer bevezetése kapcsán először 12, kardiálisan biztosan egészséges egyént vizsgáltunk meg /1. csoport/. Az elkészített felvételeken a balkamrafal minden esetben egyenletes radioaktivitással ábrázolódt. Csökkentebb aktivitású területet apikálisan a fiziológián kisebb izomtömeg vetületének megfelelően a LAO-45 irányú felvételeken 3, a laterális felvételeken 5 esetben figyeltünk meg. Az elkészített képeken a szív-izomnál lényegesen kisebb tüdőaktivitást és ezt általában valamivel meghaladó gasztrointesztinális aktivitást észleltünk /6. ábra/.

Módszerünk teljesítőképességét 32 betegen kontrolláltuk, akiknél a klinikai vizsgálat zajló vagy lezajlott miokardiális infarktust állapított meg /2. csoport/.

Az infarktus feltételezett időpontjától számított két héten belül vizsgált betegeinknél minden esetben észleltünk perfúziós defektust /2. táblázat/. Egy esetben az elváltozás diszkrét volta miatt annak csupán gyanúját vetettük fel. Az EKG-görbék alapján a lezajlott infarktusok 8 esetben voltak transzmurálisak. Az infarktus EKG-görbe alapján történt lokalizációja 5 esetben

Sor- szám	Nem	Kor	Infarktus ideje típusa		Perfúziós defektus helye	Lokalizáció EKG- analízis alapján	Összehasonlító analízis
1.	F	49	1 nap	t	szeptális	anterolaterális szeptálisan transzmurális	+
2.	F	49	3 nap 4 év	se t	- poszteroinferior	anterior poszteroinferior	- +]
3.	F	62	3 nap	t	inferior és szeptális	anterolaterális szeptálisan transz- murális inferior terjedéssel	+
4.	F	46	5 nap	t	szeptális	anteroszeptális	+
5.	F	74	5 nap	t	anterior	laterális	-
6.	F	62	5 nap	t	poszteroinferior, poszterolaterális	poszteroinferior	+
7.	F	60	6 nap	t	szeptális, inferior	anterolaterális	-
8.	F	70	9 nap	t	szeptális, inferior	szeptális, poszte- roinferior és laterális	+
9.	F	38	11 nap	t	poszterobazális és poszterolaterális gyanú	poszteroinferior; laterális iszkémia	-

2. táblázat

Az infarktus feltételezett időpontjától számítva 2 héten belül vizsgált betegek

Jelmagyarázat: t= transzmurális se= szubendokardiális

egyezett meg a szcintigráfiás felvételeken látható perfúziós defektus helyével, 3 esetben ettől eltért.

A 2-5 hetes csoport betegei közül a szcintigram alapján 6 esetben véleményeztünk egyértelműen perfúziós defektust, 1 esetben annak gyanúját vetettük fel /3. táblázat/. Az aktivitáseloszlást egy betegnél normálisnak találtuk. Ez utóbbi betegnél a kardiológus az EKG alapján egyértelmű transzmurális, poszterioinferior infarktust véleményezett. Ebben a csoportban az infarktus EKG-lokalizációja minden alkalommal megegyezett a szcintigráfiás felvételeken látható elváltozások helyével, kivéve a negatív szcintigramú esetet. A klinikusok a 8 betegből az EKG-görbék alapján 7 esetben véleményeztek transzmurális, 1 esetben szubendokardiális elváltozást.

A miokardiális infarktus lezajlása után hosszabb idővel /több mint fél évvel/ 15 beteget rendeltünk vissza ellenőrző vizsgálatra /4. táblázat/. A 15 betegben 14 esetben voltak az elváltozások transzmurálisak, 1 esetben szubendokardiálisak. A szcintigramokon 9 esetben tudtunk határozott perfúziós defektust kimutatni, 4 esetben csak gyanúját vetettük fel. A vizsgálatokkal egy 10 hónapos, az EKG-görbék alapján transzmurális, anterolaterális lokalizációjú, valamint egy

Sor- szám	Nem	Kor	Infarktus ideje tipusa		Perfúziós defektus helye	Lokalizáció EKG- analízis alapján	Összehasonlító analízis
1.	F	51	14 nap	t	poszteroinferior	poszteroinferior és laterális	+
2.	F	40	14 nap	t	negatív	poszteroinferior	-
3.	F	67	11 nap	t	laterális	laterális	+
4.	F	71	19 nap	t	szeptális gyanú	anterolaterális, szeptálisan transz- murális	+
5.	F	78	20 nap	t	szeptális apikális terjedéssel	anterolaterális, szeptálisan transz- murális	+
6.	F	75	22 nap	se	poszterolaterális	poszterolaterális	+
7.	F	63	29 nap	t	anterolaterális	anterolaterális	+
8.	F	55	36 nap	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+

3. táblázat

Az infarktus feltételezett időpontjától számítva 2-5 hét elteltével vizsgált betegek

Jelmagyarázat: t= transzmurális
se= szubendokardiális

	Nem	Kor	Infarktus		Perfúziós defektus helye	Lokalizáció EKG-analízis alapján	Összehasonlító analízis
			ideje	tipusa			
1.	F	71	4 év	t	anteroszeptális	szeptális	+
2.	F	57	3 év	t	anteroszeptális	anterolaterális, szeptálisan transzmurális	+
3.	F	53	3 év	t	anterolaterális	anterolaterális	+
4.	F	50	2 év	t	poszterobazális gyanú	anterolaterális, szeptálisan transzmurális	-
5.	F	60	8 év	t	poszterobazális gyanú	bal Tawara-szár blokk	?
6.	F	55	2 év	t	poszterolaterális és poszterobazális	poszteroinferior és laterális	+/-
7.	F	46	11 hó	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+
8.	F	66	1 év	t	poszteroinferior, inferoapikális gyanú	poszteroinferior	+
9.	F	50	3 év	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+
10.	F	71	9 év	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+
11.	F	55	4 év	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+
12.	F	64	3 év	t	poszteroinferior	poszteroinferior	+
13.	F	55	1 év	t	inferior gyanú	poszteroinferior	+
14.	F	58	1 év	se	negativ	szeptális	-
15.	F	40	10 hó	t	negativ	anterolaterális	-

4. táblázat

Az infarktus feltételezett időpontjától számítva 6 hónapnál későbbi vizsgálatok

1 éves szubendokardiális, szeptális lokalizációjú infarktust nem tudtunk kimutatni. A perfúziós defektus elhelyezkedése a pozitív esetek közül 11 betegben egyezett meg az EKG-görbe alapján megadott lokalizációval.

A tünetek fellépte után pár órával trombolizált betegeinknél nyugalmi ^{201}Tl -szcintigráfiás vizsgálatra az intrakoronáriás trombolízis után 1-2 hónap múlva /átlagosan 50 nap/ került sor. Vizsgálati eredményeinket az 5. táblázatban foglaltuk össze. A ^{201}Tl -szcintigramokon csupán 4 esetben nem találtunk perfúziós defektust. Egy betegnél /8.sz. eset/ a megfigyelt csökkent aktivitású falrészlet nem a trombolizált jobb koronária ellátási területének, hanem a korábbi, klinikailag diagnosztizált anterolaterális transzmurális miokardiális infarktus elhelyezkedésének felelt meg. A további 4 esetben a csökkent perfúzióra utaló kieséseket a sikeresen trombolizált koronária-ágak ellátási területében észleltük.

Lezajlott miokardiális infarktus után kialakult, ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizmás betegek mindegyikében egyértelmű perfúziós defektust mutattunk ki ^{201}Tl -szcintigráfiával. A csökkent perfúziójú területek lokalizációját a 6. táblázatban foglaltuk össze.

Sor- szám	Betegek		Esetleges korábbi infarktus	Trombo- lizis helye	201Tl perfúziós defektus
	neme	kora /év/			
1.	♂	39	szeptális /3 év/ poszterior/1 év/	RDA	-
2.	♂	45	-	RDA	-
3.	♂	60	-	RDA	-
4.	♂	45	-	RDA	-
5.	♂	70	-	RC	poszterior
6.	♂	48	-	RDA	anteroszeptális + inferior
7.	♂	48	-	RDA	anteroszeptális
8.	♂	54	anterolaterális /6 hét/	JK	anterolaterális
9.	♂	50	-	RDA	anteroszeptális

5. táblázat

Ellenőrző vizsgálatok szelektív intrakoronáriás
trombolizis után

Jelmagyarázat: RDA= ramus descendens anterior
RC = ramus circumflexus
JK = jobb koronária

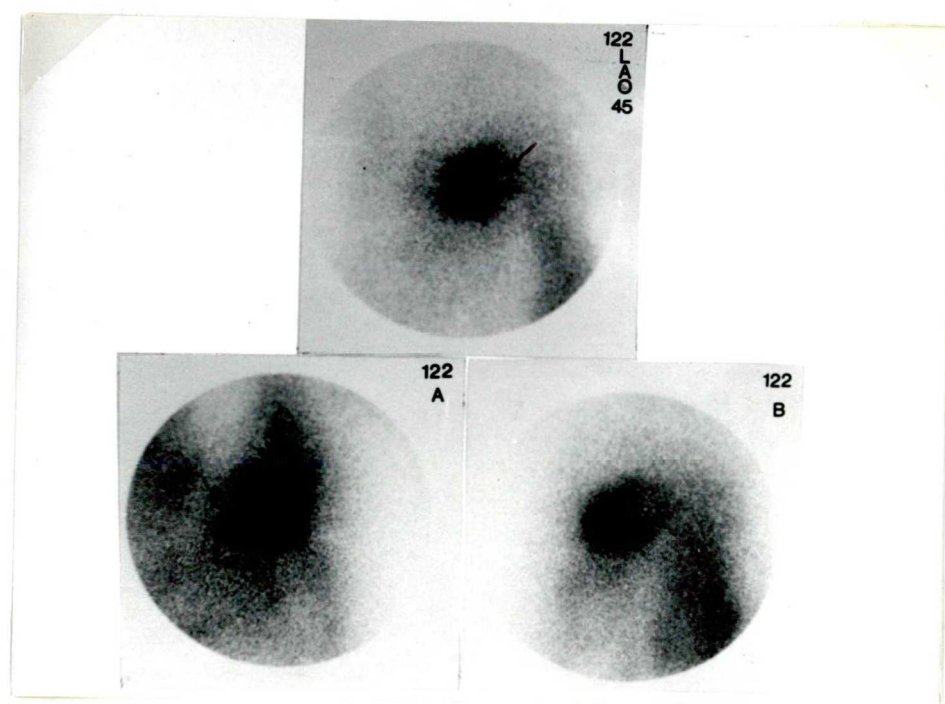
Lokalizáció	Esetszám
Kiterjedt anterior	2
Anteroszeptális	7
Anterolaterális	6
Poszteroinferior	2
Inferior	4

6. táblázat

Ventrikulográfiával igazolt
balkamrai aneurizmás betegekben
észlelt csökkent perfúziójú
kamrafalrészletek lokalizációja

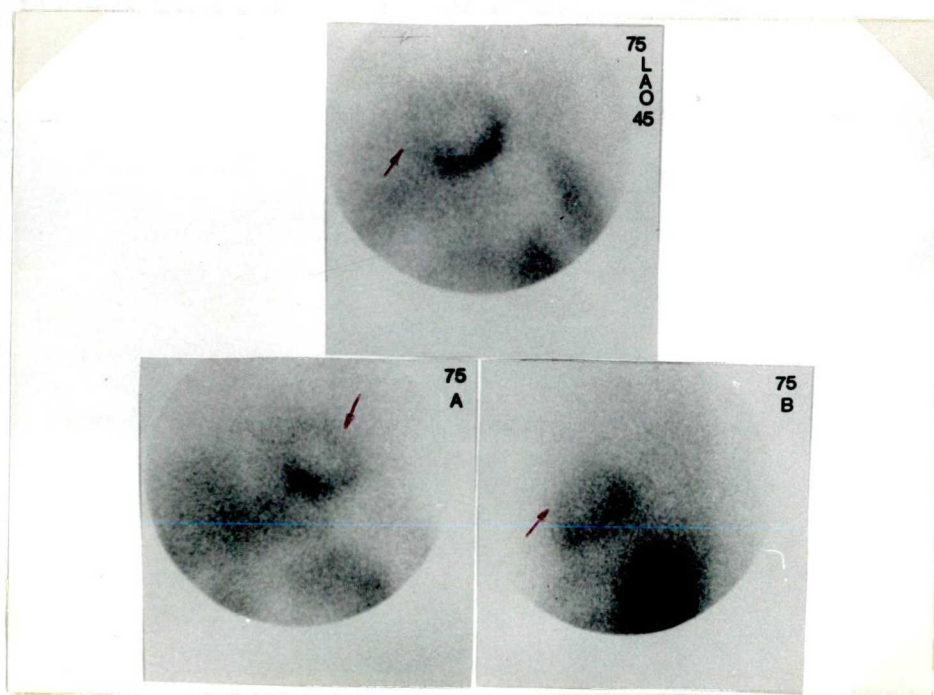
21 esetből 15 betegben elülsőfali perfúziós defektust diagnosztizáltunk. 13 esetben a szeptum illetve a laterális fal érintettségének megfelelően finomabb lokalizációt is meg tudtunk adni. Két esetben a perfúziós defektus csaknem az egész elülső falra kiterjedt. A 6 hátsófali infarktusnál megfigyelt perfúziós csökkenések érintették az inferior területet. Két esetben csaknem az egész hátsó falnak megfelelően hiányzott a perfúzió.

Eredményeink illusztrálására néhány tipusosnak tartható felvételt mutatunk be a különböző vizsgálati csoportok képi anyagából.



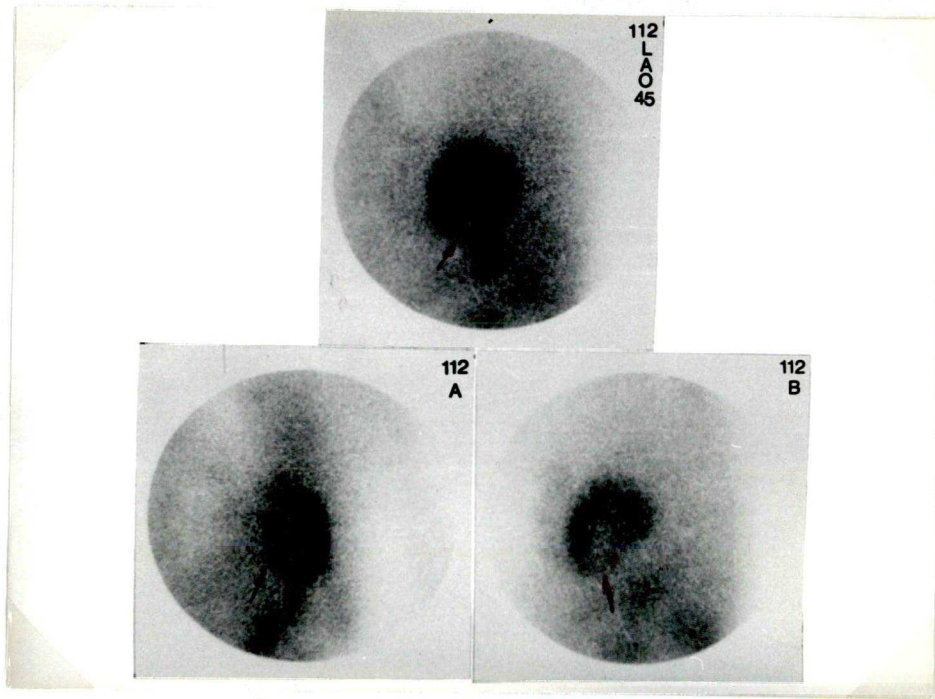
7. ábra

Poszterolaterális infarktus szcintigráfias képe. LAO irányból a poszterolaterális falnak megfelelően csökkent aktivitású terület látható



8. ábra

Anteroszeptális infarktus szcintigráfias képe. LAO irányból az anteroszeptális falnak megfelelően csökkent aktivitású terület ábrázolódik. Az anterior felvételen a laterális fal, az oldalirányú /B/ képen az elülső fal vetületében is perfúziós defektus figyelhető meg.



9. ábra

Poszteroinferior infarktus szcintigráfiás képe.
Valamennyi felvételi irányból a poszterior ill.
az inferior falnak megfelelő régiókban csökkent
aktivitású területek ábrázolódnak

2.1.3. Megbeszélés

A ^{201}Tl szívizom-szcintigráfia módszertana viszonylag gyorsan kialakult. Az alkalmazott aktivitás 55-180 MBq között mozog világszerte /25,49,60,70,124/. Az éhgyomros állapotot minden vizsgáló ajánlja /15,49,124,128/, mert közvetlen étkezés után a gyomorfal ^{201}Tl -felvétele /fokozott vérátfolyás/ nem elhanyagolható. A fokozott gyomorfal-aktivitás kifejezetten zavarja a balkamrafalrészletek megítélését. A szívizom ^{201}Tl -felvétele kifejezetten gyors folyamat, az anyag beadása után tíz perccel már képalkotásra alkalmas radioaktivitással számolhatunk, amely egy-két óráig közel egyenletes, utána lassan, de törvényszerűen csökken /15,49/. A szervezetbe juttatott ^{201}Tl újraeloszlása az idő előrehaladtával egyre kifejezettebb. A jelenség a balkamra izomzatán belül is megfigyelhető és ez a terheléssel egybekötött vizsgálatok alkalmával diagnosztikai jelentőségű /15,61,128/. A felvételi irányok kérdésében a felfogás kevésbé egységes. Minden szerző egyetért minimalisan 3 felvételi iránnyal, de többen előnyösebbnek tartják 4-5 irányú felvétel készítését /anterior, elülső balferde felvételek különböző szögekből, laterális/ /15,96/. Az anatómiai szempontból kézenfekvőnek tűnő jobb elülső ferde és bal hátsó ferde felvételi irányok a szív-detektor távolsággal arányosan növekvő szöveti

elnyelő hatás miatt a gyakorlatban nem használhatók fel /49/.

Kardiális szempontból egészséges egyéneken nyugalmi állapotban végzett vizsgálatkor csak a lényegesen tömegesebb balkamraizomzat vetülete jelenik meg a képeken. A jobbkamra izomzata csupán kifejezett jobbkamra-hipertrofia, nyugalmi tachikardia esetén rajzolódik ki /49, 61/. Terheléssel egybekötött vizsgálatkor a jobbkamra-fal vetületének megjelenése szokványos jelenség /49/. A felvételek közül általában a bal elülső irányból készített képek a legszebbek, leginformatívabbak, a laterális irányúak /nagyobb távolság/ néha nehezen értékelhetők /24/. A ^{201}Tl szívizom-szcintigramon a homogen aktivitáseloszlás egészséges egyéneken sem törvényszerű, elsősorban a szívcsúcs, az aortagyök, a mitrális billentyűk vetületében észlelhető csökkentebb aktivitás. A jelenséget elsősorban a vetületképeket létrehozó szívizomtömeg különbözősége magyarázza. Vizsgálataink során több alkalommal észleltünk mi is a szívcsúcs vetületében csökkentebb aktivitást. Az említett helyeken észlelt, kis kiterjedésű, enyhe aktivitáscsökkenés nem jelent patológiás perfúziócsökkenést /32, 49, 61/.

A nyugalmi állapotban végzett ^{201}Tl szívizom-szcinti-



gráfia az utolsó években megjelent összefoglaló közlemények szerint igen jó eredménnyel alkalmazható friss és lezajlott szívizominfarktusok igazolására /25,88, 124/. Pachinger és mtsai szerint az eljárás érzékenysége a koronáriaelzáródást követő első 6 órában közel 100 %, 24 óra elteltével 70 % körüli /89/. Hör és munkatársai vizsgálataikkal a módszer átlagos teljesítőképességét 80-90 %-nak találták, ezen belül a tisztán hátsófali infarktusok felismerhetősége kisebb /66 %/ volt /61/. A transzmurális infarktusok és a szubendokardiális infarktusok transzmurálisan terjedő részei általában jól ábrázolódnak a képeken /61,123,124/, a csupán szubendokardiális elváltozások kórismezésében az eljárás eredményessége általában kisebb /124/. Korszerű gammakamerával még biztonsággal felismerhető perfúziós defektus nagyságát jól tervezett fantomvizsgálataik alapján Cook és mtsai kb. 2,5 cm átmérőjűnek találták /32/.

Tapasztalataink a nem kiemelkedő, de jó eredményeket közlő irodalmi adatokkal egyeznek meg /24,123/. Vizsgálatainkkal klinikailag transzmurális 30 infarktusból 23-at, a klinikailag tisztán szubendokardiális 2 elváltozásból egyet tudtunk képileg egyértelműen ábrázolni. 6 esetben csak a perfúziós defektus alapos gyanúját vetettük fel.

A perfúziós zavar helyének felderítésére a ^{201}Tl szív-izom-szcintigráfia hatékony eljárás. A több irányból készített vetületképek együttes analízise lehetőséget nyújt az infarktus helyének pontos lokalizálására. Wackers és mtsai 23, friss transzmurális nekrosis miatt meghalt betegen a szcintigráfias lokalizációt szekcióval 91 %-ban, az EKG-lokalizációt 70 %-ban találták korrektnek /123/. Az infarktus elhelyezkedésének szcintigráfias felismerése az EKG-felvételekkel összehasonlítva 70-75 % között ingadozik

Anyagunkban a szcintigráfias és az EKG értékelésén alapuló lokalizáció biztosan patológiásnak véleményezett 23 esetünkben 21-ben egyezett meg, 2 esetben tért el. Perfúziós defektus gyanúja esetén /6 beteg/ az arány rosszabb /3 egyező és 3 eltérő lokalizáció/. A legtöbb eltérést a friss infarktusok helyzetmeghatározásában észleltük. A különbségek nem jelentéktelen része laterális illetve szeptális oldalcseréből adódott.

Az EKG-felvétel alapján anterolaterális, szeptálisan transzmurálisnak jelzett nekrosisokban a szcintigráfia általában csak a szeptális elváltozást jelezte. Ez azzal magyarázható, hogy a laterális falon az EKG szerint sem volt a nekrosis transzmurális, de az is

lehet, hogy e területen csak szubendokardiális iszkémiáról volt szó. A szcintigráfia 3 esetben poszterobazális nekrozist ill. annak gyanúját vetette fel. E terület megítélése EKG-val rendkívül nehéz, hiszen a hagyományos 12 elvezetés közül a $V_{1,2,3}$ poszterobazális nekrozisban nem magát a nekrozist, hanem csak az un. tükröképpotenciálokat regisztrálja. Természetesen speciális elvezetésekkel e terület megítélése is lehetséges /9/.

Savage és mtsai az elülső és hátsó fali infarktusok EKG-jeleinek és a boncolási adatok összehasonlítása alapján felhívták a figyelmet arra, hogy a hátsó fali infarktusok laterális vagy szeptális terjedésének kimutatására nincs megbízható EKG-jel /109/. Kétségtelen, hogy elülső fali infarktusok gyakrabban terjednek a szeptumra. Roeske és mtsai anyagában a 12 elvezetéses EKG csak az elülső fali infarktusokat lokalizálta megbízhatóan. A szeptális, laterális, kisebb számban a hátsó fali infarktusokban az EKG és a valódi lokalizáció között nagy volt a különbség. 33 esetben negatív EKG ellenére szeptális nekrozis derült ki, 20 esetben az EKG nem utalt laterális infarktusra /105/.

A két különböző eljárás eredményeinek összehasonlítása kapcsán megállapítható, hogy a szcintigráfia az in-

farktus lokalizációjában, különösen a poszterobazális, a bal Tawara-szár blokkhoz társuló és pacemaker-ritmus mellett kialakuló nekrozisok esetén nyújthat jelentős segítséget. Igen hasznos lehet a szcintigráfia a különféle lokalizációjú, QR-komplexussal járó esetekben is, ahol az R-hullám nem a transzmurális nekrozisterületet, hanem az épen maradt szubepikardiális rész kései aktivációját jelzi.

Szelektív intrakoronáriás trombolizis után a beavatkozás eredményességét a beteg klinikai állapotának javulása, az elzáródott koronária-ág átjárhatóvá tétele mellett az ennek ellenére irreverzibilisen károsodott szívizomfalfelület nagysága is jellemzi. A koronária-elzáródás következtében infarcerálódott izomtömeg ábrázolására trombolizis után a nyugalmi ^{201}Tl -klorid szcintigráfias vizsgálatot a külföldi centrumokban rutinszerűen alkalmazzák. Valamennyi munkacsoport eredményei megegyeznek abban, hogy még az időben sikeresen végrehajtott trombolizis sem képes a szívizomelhalást minden esetben, teljes mértékben megakadályozni /79, 82,102/. Saját tapasztalataink megegyeznek a külföldi vizsgálatok eredményeivel.

A trombolizis kapcsán felmerülő érdekes, a klinikust feltétlenül foglalkoztató kérdés: mennyiben csökkenti

a beavatkozás a kialakuló nekrozis nagyságát? A kérdés megválaszolását a szcintigráfiás vizsgálat elvben lehetővé teszi. A munkacsoportok egy része a trombolizis megkezdése előtt intravénásan beadott ^{201}Tl kezdeti eloszlása alapján becsli az akutan iszkémiás terület kiterjedését. Az elzáródott koronária-ág sikeres megnyitása után, a redistribúció időszakában készített felvételekkel a permanensen károsodott falrészleteken kívül a reperfundált izomterület nagysága is meghatározható /102/. Mások a trombolizis során megnyitott koronária-ágba közvetlenül fecskendeztek ^{201}Tl -ot, így szükségtelessé vált a redistribúció kivárása. Az eredményt napokkal a trombolizis után készített felvételekkel ellenőrizve, módszerüket az egyinjekciós technikánál pontosabbnak tartják /79,82/. Laboratóriumunkban mozgatható, ún. mobil gammakamera hiányában akut vizsgálatok végzésére nem volt és jelenleg sincs lehetőségünk.

A ^{201}Tl -kloriddal végzett nyugalmi szívizom-szcintigráfia balkamrai aneurizmás betegeinkben minden esetben egyértelmű perfúziós defektust mutatott ki. A perfúzió nélküli falterület elhelyezkedése és nagysága megbízható félvilágosítást ad a miokardium globális érintettségének mértékéről. Természetesen ezzel a módszerrel magát a paradox pulzációjú falrészletet nem lehet megjeleníteni, de az élő, kontrakcióképes szívizom mennyisé-

gének becslésével hasznos információt adhatunk az esetleges műtéti indikáció felállításához.

Az irodalom és tapasztalataink alapján a nyugalmi ^{201}Tl szívizom-szcintigráfia az infarktusok képi megjelenítése, a perfúziós defektusok helyének meghatározására, az elváltozások nagyságának becslésére, a patológiás folyamat követésére hatékony, érzékeny, a beteget nem terhelő, új noninvazív eljárás. A koronáriaelzáródások számának sajnálatosan gyors emelkedése, a gyakran előforduló diagnosztikai nehézségek, a rehabilitáció számos problémája miatt a pillanatnyilag ugyan még viszonylag drága, de igen jó teljesítőképességű módszer hazai bevezetését, elsősorban a kardiológiai centrumokban, ajánljuk.

2.2. TERHELÉSES ^{201}Tl SZÍVIZOM-SZCINTIGRÁFIÁS VIZSGÁLATOK

1974 óta világszerte egyre szélesebb körben alkalmaz-
zák a terheléses szívizom-szcintigráfiát mint a terhe-
léses EKG-t kiegészítő noninvazív eljárást /10,18,68,
104/. A SzOTE KIL-ben 1979 óta végzünk terheléssel egy-
bekötött ^{201}Tl -klorid szívizom-szcintigráfiás vizsgálá-
tot /47,48/.

2.2.1. Beteganyag és módszer

Az elmúlt négy évben 62, koronáriabetegség klinikai
gyanújával kezelt beteget vizsgáltunk /51 férfi, 11 nő/.
A betegek átlagéletkora 46 év, a legfiatalabb 18, a leg-
idősebb 61 éves volt. A koronáriaszűkület gyanúja a jel-
legzetesnek tartott fájdalom /angina pectoris/ és/vagy
nyugalmi illetve terheléses EKG-vizsgálat eredményén a-
lapult.

A hagyományos vizsgálóeljárások eredményei alapján indi-
kálva a betegek csaknem felében végeztünk koronarográfi-
ás vizsgálatot. Ezen 27 beteg koronarográfiájának ered-
ménye alapján értékeltük a nukleáris vizsgálat klinikai

teljesítőképességét. A koronarográfia és a terheléses ^{201}Tl -klorid szívizom-szcintigráfia elvégzése között egy esetben sem telt el egy hónapnál hosszabb idő.

2.2.1.1. Ergometriás terhelés és szcintigráfias vizsgálat

A betegeknél 12 órás éhezés után, a délelőtti órákban 12 elvezetési nyugalmi EKG-t készítettünk, majd vena cubitalisukba vékony kanült helyeztünk. A szokványos módon, EKG- és vérnyomásellenőrzés mellett végzett, az életkornak megfelelő szubmaximális kerékpárergométeres terhelést az előre tervezett szint elérésekor, a beteg fizikai kimerülésekor, kóros EKG-eltérések megjelenésekor, esetleg tenziókiugráskor vagy anginás fájdalom felléptekor fejeztük be. Bármely okból hagytuk abba a terhelést, annak végleges megszakítása előtt 30 másodperccel $74 \text{ MBq} / 2 \text{ mCi} / ^{201}\text{Tl}$ -kloridot fecskendeztünk a betegbe a kanülon át. A radioaktív anyag beadása után kb. 10 perccel kezdtük el minden esetben a szcintigráfias vizsgálatot.

A vizsgálat során a nyugalmi felvételek készítésével megegyező és a 2.1. pont alatt részletesen leírt felvételi technikát alkalmaztuk.

Amennyiben patológiásnak tartható, csökkent aktivitású területet vagy annak gyanúját észleltük a képeken, úgy a szcintigráfias felvételeket 4-6 óra elteltével, változatlan méréstechnikai paraméterekkel ismételtük meg.

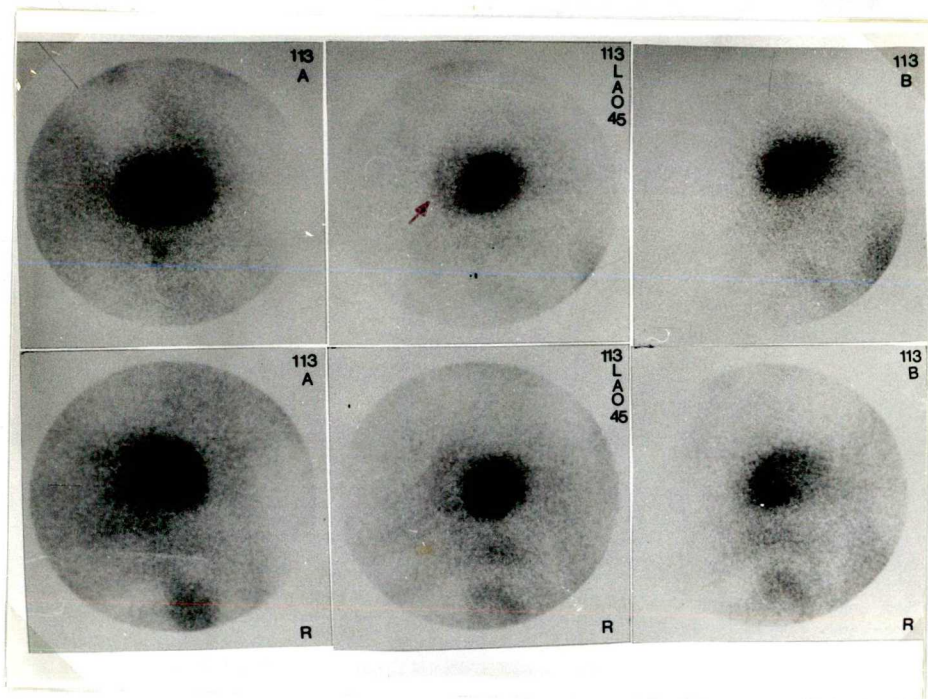
2.2.1.2. Felvételek értékelése

A mindig három irányból készített képeket az általánosan elterjedt séma /5. ábra/ segítségével együttesen értékeltük. A "nyugalmi" vizsgálatához hasonlóan, a jól kirajzolódó, általában homogénen ábrázolódó balkamrafalrészleteken belül, csökkent aktivitású terület/ek/-et igyekeztünk felismerni. A képek leírásánál ilyen területek jelenlétét /nagyságát és elhelyezkedését/, ezek hiányát illetve a késői felvételeken /4-6 óra/ az előzőleg csökkent aktivitású területek aktivitásváltozásait rögzítettük.

2.2.2. Eredmények

A terheléses szcintigráfias vizsgálatok korai felvételeinek minősége általában lényegesen felülmúlta a nyugalmi vizsgálatnál megszokottat. Amennyiben a tervezett terhelést valamely ok miatt nem kellett előbb

felfüggeszteniünk, úgy a balkamrafalrészletek mellett anterior valamint 45° elülső balferde irányból a képeken a jobbkamra falának körvonala is megjelent. A nyugalmi vizsgálatokkal szemben a gasztrointestinális traktus Tl-aktivitását kifejezetten alacsonyabbnak észleltük /10. ábra/.



10. ábra

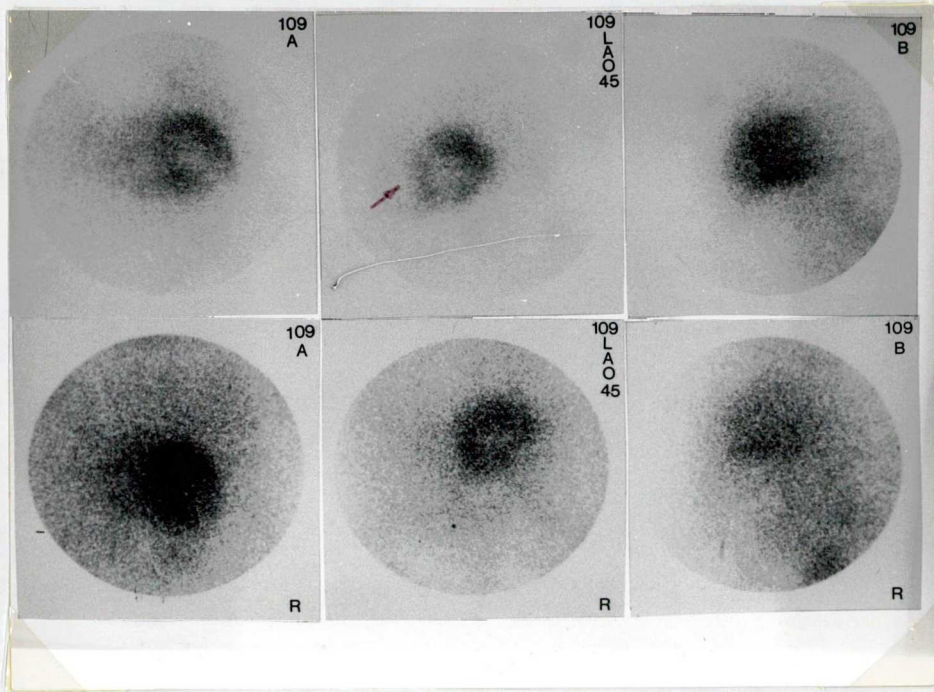
Ergometriás terhelés utáni, normális eredményű szívizom-szcintigram. A LAO irányú felvételen jól megfigyelhető a jobbkamra körvonala.

A 62 vizsgált beteg közül 25-nél találtunk a terhelést követő első felvételsorozat képein perfúziós defektust. Az esetek felében a tervezett terhelést nem sikerült elérnünk. Az idő előtti megszakítás általános oka anginas fájdalom és patológiás EKG-eltérés egyidejű jelentkezése volt.

32 esetben zárult vizsgálatunk negatív eredménnyel. Ezeknél a betegeknél az esetek több mint felében elértük az előre tervezett terhelési szintet, de számos esetben észleltünk kifejezett EKG-eltérést sőt, egyidejűleg felépő fájdalmat is.

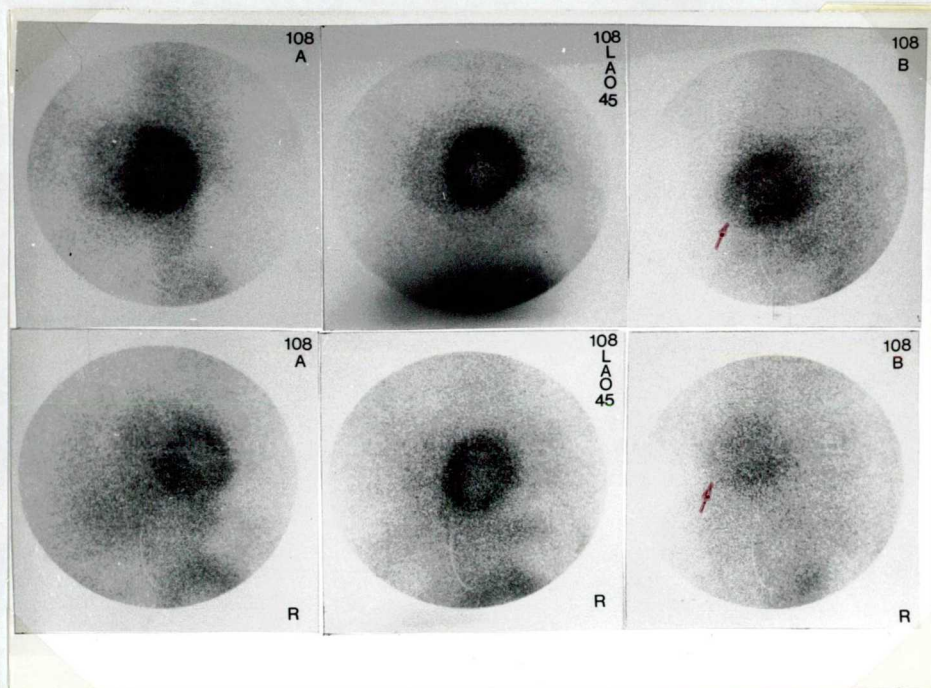
A 25, pozitív eredménnyel végződött vizsgálatnál a késői felvételeken 19 esetben észleltük a körülírt aktivitáscsökkenés eltűnését vagy jelentős mérséklődését /11. ábra/. A korai és késői felvételek között 6 esetben nem találtunk értékelhető különbséget. Ez utóbbi esetekben a perfúziós defektust lezajlott, hegyszövettel gyógyult szívizominfarktussal magyaráztuk /12. ábra/.

A terheléssel egybekötött szívizom-szcintigráfias vizsgálatra a betegek kiválasztása koronáriaszűkület klinikai gyanúja alapján történt. A kiválasztás szubjektívítésének ismeretében a közel 40 %-os vizsgálati pozitívítást kielégítőnek tartjuk.



11. ábra

Ergometriás terhelés által kiváltott szeptális
tranzienis iszkémia



12. ábra

Lezajlott poszteroinferior infarktus

27 esetben koronáriaszűkület alapos klinikai gyanúja miatt végeztünk koronarográfiát. A terheléses szívizom-szcintigráfia, a terheléses EKG-vizsgálat eredményeit a koronarográfia eredményeivel hasonlítottuk össze a nukleáris kardiológiai eljárás klinikai teljesítőképességének objektív megítélése céljából. Összehasonlító vizsgálataink eredményeit a 7. táblázatban mutatjuk be.

Koronarográfia ^{201}Tl- klorid	Pozitív	Negatív
	Pozitív	Negatív
Pozitív	12	1
Negatív	3	11

7. táblázat

A koronarográfia és a terheléses ^{201}Tl -klorid szívizom-szcintigráfia eredményeinek összehasonlítása

Koronarográfiával negatívnak bizonyult 12 esetből az EKG 10, a terheléses szívizom-szcintigráfia 11 betegnél volt ugyancsak negatív eredményű, csupán egy esetben láttunk perfúziós defektust. A terheléses EKG 2 betegnél volt kóros, az EKG-pozitivitás azonban nem esett egybe a pozitív szívizom-szcintigráfiás esettel.

A koronarográfiával pozitívnak bizonyult 15 betegünk életkorát, koronarográfiás, szívizom-szcintigráfiás valamint terheléses EKG-vizsgálatának eredményeit a 8. táblázatban tüntettük fel. A betegeket a koronarográfiával kimutatott főágszűkületek száma szerint csoportosítottuk. A koronarogramok ismételt, gondos analízise után a verifikált szűkületek nagyságát az irodalomban szokásos módon, százalékban adtuk meg. Szignifikánsnak az 50 %-nál nagyobb szűkületeket tekintettük és táblázatunkban csupán ezeket tüntettük fel. A 15 esetből 3 alkalommal találtuk normálisnak a terheléses szívizom-szcintigráfia eredményét. A 3 betegből kettőnél 2 ágra, egynél 3 ágra lokalizálódó koronáriaszűkület fordult elő.

A terheléses EKG-vizsgálat eredménye a 15-ből ugyancsak 3 esetben volt negatív, betegeink azonban különböztek a szívizom-szcintigráfiával negatívnak talált esetektől. Az iszkémia tranziens voltára jellemző késői /5-6 órás/ ^{201}Tl redistribúciót 3 beteget kivéve /ezeket a 2. táblázat Megjegyzés rovatában megjelöltük/ egyértelműen észleltük.

Az invazív koronarográfiát összehasonlításra alkalmas objektív eljárásnak elfogadva, a terheléses ^{201}Tl szívizom-szcintigráfia szenzitivitását 80 %-nak, specifi-

	NEM	KOR	BKT	RDA	RC	JK	201 _{T1}	EKG	Megj.
1 ág	♂	58				100	+	+	
	♂	43		100			+	+	MI
	♂	51		90			+	+	MI
	♂	48		90			+	-	
	♂	50		sp.		70	+	+	
	♂	40		70			+	+	
	♂	40		50			+	+	
2 ág	♂	39			100	90	+	+	
	♂	50		75		100	+	-	MI
	♂	49		70		90	+	-	
	♂	48		90	50		-	+	
	♂	50		70	70		-	+	
3 ág	♂	50		70	70	100	+	+	
	♂	39		50	50	50	-	+	
4 ág	♀	45	90	70	70	70	+	+	

8. táblázat

Koronarográfiával kimutatott főágszükületek

Jelmagyarázat: BKT= bal koronária közös törzs

RDA= ramus descendens anterior

RC = ramus circumflexus

JK = jobb koronária

MI = miokardiális infarktus

tását 92 %-nak találtuk anyagunkban. A terheléses EKG-vizsgálat ugyancsak a koronarográfiára vonatkoztatott szenzitivitása megegyezett a szcintigráfiáéval, specificitását valamivel találtuk csak kisebbnek /83 %/. A két noninvazív eljárás diagnosztikai teljesítőképessége között beteganyagunkban szignifikáns különbséget nem észleltünk.

2.2.3. Megbeszélés

A ^{201}Tl -klorid terheléses szívizom-szcintigráfia módszertana az utóbbi időben egységessé vált /73/. A radioaktivitás mennyisége, a felvételi irányok lényegében megegyeznek a terhelés nélkül végzett, ún. nyugalmi vizsgálóeljárásnál alkalmazottakkal. Az éhgyomrosság nemcsak a vizsgálat megkezdése előtt, hanem a korai és ún. késői felvételek között is kívánatos, bár egyes szerzők szerint a thallium redistribúciójának megítélését a két vizsgálat között fogyasztott kis mennyiségű étel nem befolyásolja /80/.

A terhelést, a thallium befecskendezését követően az első felvételek megkezdésének időpontja 3-15 perc között mozog /15,62,104/. A terhelés kiváltotta tranzienis iszkémia a thallium szívizomban történő megoszlá-

sát döntően meghatározza, szokványosan az első félóránban a thallium redistribúciója nem túl gyors, ezért a hipoperfúzió megszűnte után a csökkent aktivitású terület az első felvételek időszakában még nem telődik vissza. Rövid ideig tartó hipoperfúzió, gyors redistribúció és szerencsétlen sorrendű felvételi irány választás esetén a 30. perc körül befejeződő harmadik irányú felvételen az előzőleg kialakult, de már megszűnt perfúziós defektus ronthatja a vizsgálat szenzitivitását /97/. Ezért azt ajánlják, hogy elsőnek az egyéb adatokból gyanús falterület megítélésére alkalmas irányt kell választani, ilyen információ hiányában Logic a 45°-os elülső balferde felvétel elkészítését javasolja, mert a balkamra izomtömegének legtöbb részletét ez a kép tartalmazza /75/.

A terheléses vizsgálat fontos kérdése, hogy az első felvételsorozat alkalmával észlelt perfúziós defektusok/ok/ a továbbiakban miként változik. A későbbi időpontokban a thallium redistribúciója miatt eltűnt vagy csökkent mértékű defektus a beadás időpontjában fennálló, tranziens iszkémia alapvető bizonyítéka. Ha a patológiás aktivitáscsökkenés órák múlva is változatlanul kimutatható, úgy azt elsősorban lezajlott, hegyszövetképződéssel járó miokardiális infarktus okozza. Joggal vitatott a thallium redistribúciójának megité-

lésére legalkalmasabb időpont kiválasztása, hiszen ezt mérés technikai és biológiai szempontok egyaránt befolyásolhatják. A vizsgálók általában egy alkalommal, 4-6 óra múlva ismétlik meg a felvételsorozatot, de ajánlanak két sőt, három különböző időpontban végzett felvételizmétlést is, elsősorban a lassan mégis telődő ki-
esések természetének eldöntésére /98/.

A képek ill. képsorozatok értékelését általában szubjektíve végzik, de számítógéppel támogatott szemikvantitatív értékelés kidolgozására több munkacsoport is törekszik /114,126/. Az emissziós komputer tomográfia bevezetése a thalliummal végzett szívizom-szcintigráfia teljesítőképességét jelentősen javítja /56/. Ugyancsak növeli a vizsgálat szenzitivitását speciális, hétfurátú kollimátor alkalmazása /119/.

A vizsgálat igen lényeges eleme az ergometriás terhelés mennyiségi tervezése, adekvát kivitelezése. Alulméretezett terhelés kifejezetten rontja az eljárás teljesítőképességét /12/, túlméretezése vagy erőszakolt folytatása a vizsgált személyre jelenthet veszélyt. Kardiológiai centrumokban a szubmaximális terhelés tervezése és végrehajtása nem jelent problémát. Igen fontos, hogy a terhelés bármely okból történő befejezése előtt 30 mp-cel történjék meg a radioaktív anyag befecskende-



zése. A vizsgálat sikere érdekében egyesek fontosnak tartják, hogy az iszkémiás fájdalom prevenciójára szedett koronárium-terhelés adását a vizsgálat előtti napon szüneteltessék /80/.

Az utóbbi években jelentős számú beteg vizsgálatával szerzett tapasztalatok alapján a terheléses szívizom-szcintigráfia mint egyszerű, noninvazív eljárás, világszerte elterjedt. A módszer globális teljesítőképességéről elég eltérő eredményeket publikáltak. Az eljárás szenzitivitását 73-100 %-nak, specificitását 56-100 %-nak találták /73,98,114/. Saját vizsgálati eredményeink a kedvezőbb nemzetközi tapasztalatoknak felelnek meg.

A teljesítőképességet jelentősen befolyásolja, hogy az iszkémiás fájdalmat, a klinikai tüneteket előidéző érelváltozások a nagy koronária-ágakon vagy a másod-, harmadrendű ágakon helyezkednek-e el, illetve, hogy a nagyobb koronária-ágak közül egy vagy több éren fordul-e elő haemodinamikailag hatásos, relativ hipoperfúziót fenntartó szűkület. A csupán kis ágakra lokalizálódó érelváltozások igazolására, lokalizálására a thalliumos szívizom-szcintigráfia alkalmatlan. Időskori, dominánsan a kiságakra terjedő koronáriaszűkület a terhelésre jelentkező iszkémiás fájdalom ellenére

negatív szcintigráfias eredménnyel járhat, hiszen a csaknem azonos mértékben hipoperfundált balkamraizomzatban az aktivitáseloszlás homogén. Az egy koronária-ágra lokalizálódó szignifikáns /50 %-nál nagyobb/ szűkület okozta hipoperfúzió igazolása és lokalizálása jobb eredménnyel kecsegtet, mint három ágra terjedő, közel egyenletes szűkületek egymás melletti kimutatása /62/. Az utóbbi időben olyan közlések is megjelentek, amelyek szerint a három ágon egyidejűleg előforduló szignifikáns szűkületek kimutatása nem nehezebb feladat, csupán a pontos lokalizálás és a hipoperfúzió mértékének megítélése bizonytalanabb /69, 85/. Saját anyagunkban a két vagy három ágra terjedő szűkületek kimutatási biztonságában nem láttunk egyértelmű különbséget. Mindkét csoportban fordult elő téves negatív eredmény. Az eljárás teljesítőképességének megítélését az is befolyásolhatja, hogy a vizsgáltak egy része az 50 %-ot, másik része csak a 75 %-ot elérő koronáriaág-szűkületet tartja szignifikánsnak és ehhez hasonlítja a terheléses szívizom-szcintigráfia eredményeit /69,114/.

A terheléses szívizom-szcintigráfia és a terheléses EKG eredménye között beteganyagunkban nem találtunk említésre méltó különbséget. Nem kétséges, hogy egy kevésbé szelektált betegcsoportban a terheléses EKG

specificitása /egyések szerint még a szenzitivitása is!/ elmarad az ugyancsak noninvazív terheléses szív-izom-szcintigráfiától /98,114/. A jelentős árcsökkenés ellenére a ^{201}Tl -kloriddal végzett terheléses szívizom-szcintigráfia viszonylag drága és eszközigényes módszer, hazai alkalmazását azokban a centrumokban tartjuk csak gazdaságosnak és célravezetőnek, amelyekben adekvát indikáció esetén koronarográfia végezhető, vagy amelyek szokásos szakmai kapcsolatban állnak ilyen centrumokkal. Az eljárás célja egyértelműen a nagyszámú iszkémiás szívbeteg közül azon betegek kiválasztása, akiknek további invazív vizsgálata/koronarográfia/ koronáriasebészeti megoldás reményében etikailag is indokolt. Biztató és szerencsés az a tény, hogy a terheléses EKG és a terheléses ^{201}Tl -klorid szívizom-szcintigráfia együttes klinikai teljesítőképessége biztosan meghaladja a 90 %-ot / 62/ és így objektív alapot teremt a hazánkban még kevés helyen végezhető invazív koronarográfia indikációjának felállításához.

III. FEJEZET

EKG-VAL KAPUZOTT, EKVILIBRIUMBAN VÉGZETT NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

A radioaktív anyag elkeveredése után végzett un. vér-pool- vagy ekvilibrium-vizsgálatok technikája az elmúlt évtizedben igen nagymértékben fejlődött. Kezdetben a radioaktív anyag beadása után statikus felvételek elkészítésével vizsgálták a szívüregesek illetve a nagyerek elhelyezkedését, méretét. Ezek a vizsgálatok a miokardium kontrakciójával, a balkamra pumpafunkciójával kapcsolatos klinikai kérdésekre nem adhattak választ, hiszen csak topografikus paramétereket szolgáltatottak /40/.

Döntő előrelépést a szív üregrendszerének vértartalomváltozása ábrázolási lehetőségének kidolgozása jelentett. Az un. EKG-val kapuzott nukleáris kardiológiai vizsgálatok a 70-es évek második felében váltak világszerte rutineljárásokká. Elterjedésüket a gammakamerák és a hozzájuk kapcsolt számítógépes adatfeldolgozó rendszerek egyre növekvő száma mellett a farmakológiai

feltételek kialakulása is segítette /1,15,128/.

A szívüregék szcintigráfias képi megjelenítésére olyan radiofarmakonok jönnek számításba, amelyek beadásuk után hosszabb ideig maradnak a vérpályában. Erre a célra leggyakrabban $^{113m}\text{InCl}_3$ -mal illetve ^{99m}Tc -mal jelölt szérumalbumint, ^{113m}In -transzferrint, ^{131}I -jodipamidot, valamint in vivo illetve in vitro ^{99m}Tc -mal jelölt vörösvértesteket alkalmaztak /15,39,65,112,129/. A felsorolt anyagok közül az EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett vizsgálatok elterjedésével elsősorban a ^{99m}Tc -mal jelölt humán szérumalbumin került széles körben alkalmazásra. A jelölő nuklid a ^{99m}Tc kedvező fizikai tulajdonságai közül kiemelendő a 6 órás fizikai felezési idő, amely a beteg vizsgálattal összefüggő sugárterhelését minimalizálja /16 mrad/mCi egésztestre vonatkoztatva/ /93/. A ^{99m}Tc 140 KeV- es gammasugárzási energiája a gammakamerás vizsgálatokhoz ideális. A ^{99m}Tc -humán szérumalbumin legnagyobb hátránya, hogy az anyagnak közel 40 %-a már az első órában elhagyja a vérpályát, így nemcsak a hasznos impulzus-szám csökken, hanem a jel/zaj-viszony is folyamatosan romlik /53/.

Az utóbbi időben a HSA mellett, azt egyre inkább háttérbe szorítva terjed a ^{99m}Tc -mal pirofoszfát-szenzi-

bilizálás útján in vivo illetve in vitro jelölt vörösvértetek alkalmazása. A végtermék sugárzási, dozimetriai tulajdonságai megegyeznek a ^{99m}Tc -HSA-éval. A jelölt vörösvértetek legnagyobb előnye, hogy lényegesen hosszabb ideig a vérpályában maradnak. In vivo jelöléssel 75 %-os, in vitro jelöléssel 95 %-os jelölési hatások is elérhető /53/.

A SzOTE Központi Izotópdiaosztikai Laboratóriumában 1980 óta végzünk ekvilibriumban EKG-val kapuzott nukleáris kardiológiai vizsgálatokat. A vizsgálatok során a tervezett értékelő módszertől függetlenül egységes adatfelvételi technikát alkalmazunk.

3.1. VIZSGÁLATI TECHNIKA

A vizsgálat kezdete előtt 40 perccel a betegeknek 21 mg liofilizált, steril, pirogénmentes Sn-pirofoszfátot feoskendeztünk be lassan, intravénásan. 30 perc elteltével 555 MBq /15 mCi/ $^{99m}\text{TcO}_4$ -t adtunk ugyancsak a könyökvénába. A vörösvértetek in vivo jelölődése és a jelölt vörösvértetek teljes elkeveredése után /a radioaktív anyag beadása után 10 perccel/ a gammakamera

detektora alatt hátonfekvő beteg végtagjaira EKG-elektrodákat helyeztünk. A legnagyobb R-hullámot mutató elvezetést választva az MC 3/A egycsatornás EKG-készüléket pulzusfrekvenciamérés állásba kapcsoltuk. Ez a beállítás az R-hullámok megjelenésének időpontját jelzi a számítógépnek, lehetővé téve a szív mozgásának utólagos rekonstrukcióját. Az MB-9100 gammakamera technícium-kollimátorral felszerelt detektorát 30° -os bal elülső ferde helyzetbe forgattuk, emellett 5° -os kaudális döntést alkalmaztunk.

.

A számítógéprendszer színes TV képernyőjén a beteg szívét a látómező közepére centráltuk és a SUPER-SEGAMS erre alkalmas, speciális /EKG-val kapuzott vizsgálat/ felvételi módjával /36/ minden esetben $3 \times 700\ 000$ impulzus begyűjtését végeztük el /3 db cserélhető diszklemez/. A bal elülső ferde irányon kívül a kamraizomzat mozgáskéességének részletesebb tanulmányozására több esetben a $3 \times 700\ 000$ -nyi impulzusgyűjtést anterior és 30° jobb elülső ferde irányokból is elvégeztük.

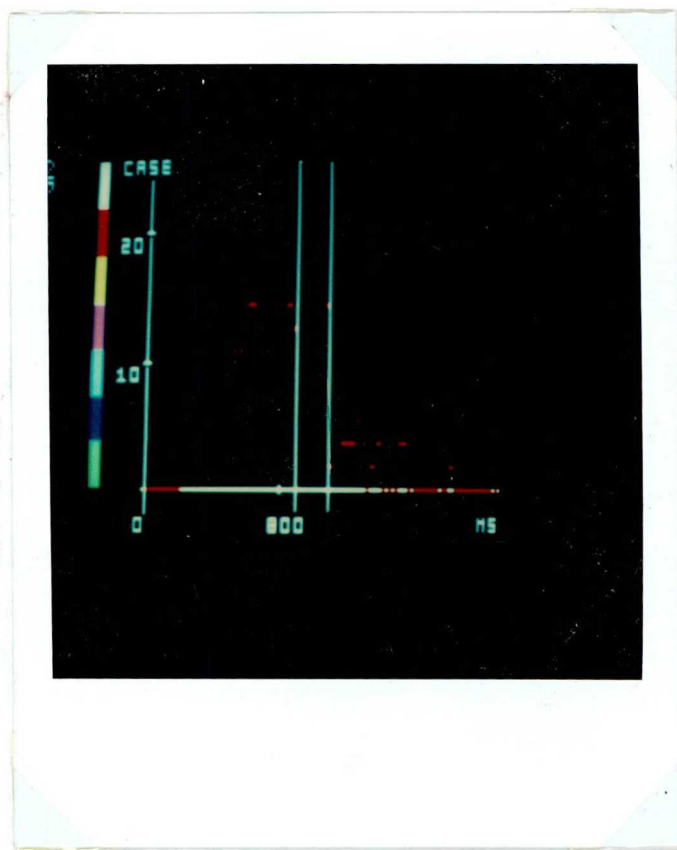
3.2. ÉRTÉKELÉSI ELJÁRÁS

Az általában 3 db, mozgásképeségvizsgálat esetén 9 db cserélhető lemezen tárolt adattömeget /impulzusok x-y koordinátái, 10 msec-os órajelek, R-hullám vezérlőjelei/ a SUPER-SEGAMS software rendszerbe épített, képsorozattá rendező programmal készítettük elő további értékelésre. A balkamrai ejekciós frakció valamint az idő- és sebességparaméterek meghatározására a bal elülső ferde irányból felvett adatokat használtuk. A felvevő program által automatikusan kiválasztott és előállított reprezentatív szívciklusokat általában 16 egyenlő részre /képre/ osztottuk. A mozgásképeség ellenőrzésére szolgáló anterior és jobb elülső ferde irányú felvételek adatait szívciklusonként csak 8 egyenlő részre /képre/ osztottuk.

Az adatok képpé rendezése során két alapvető problémát kell figyelembe vennünk:

- A betegek szívciklusainak hossza a vizsgálat során minden esetben bizonyos szórást mutat. Extrém esetekben /pl. pitvarfibrilláció/ a legkülönbözőbb ciklushosszak előfordulhatnak. Ábránkon a vizsgálati adatok képpé rendezését segítő, a különböző

hosszúságú szív ciklusok gyakoriságát bemutató hisztogramot szemléltetjük /13. ábra/. Az adatok képpé rendezése során csak azokat az impulzusokat vesszük figyelembe, amelyek a leggyakrabban előforduló, reprezentatív hosszúságú ciklus hosszától legfeljebb $\pm 10\%$ -kal eltérő szív ciklusok alatt érkeztek.



13. ábra

A feldolgozásra kerülő szív ciklusok kiválasztása

- A képpé rendezés során a számítógép órajelének frekvenciájából következően /10 msec/, a feldolgozásra kerülő szív ciklusok hossza és az előállítandó képek száma hányadosának képzésekor jelentős maradék keletkezhet. Ciklusonként 16 kép előállításakor pl. a maradék idő nagysága maximálisan 150 msec. Ezt az idő- illetve impulzusmaradékot valamilyen formában a készített képek között el kell helyezni. A képpé rendező program háromféle lehetőséget biztosít az előbbiekből eredő hibák csökkentésére. A feldolgozásra kerülő szív ciklusokat azok elejétől, közepétől illetve végétől illeszthetjük. A képződő maradékok a feldolgozás során egyenletesen kerülnek szétosztásra.

Ábránkon a szív ciklusok különböző hosszúságából adódó hiba figyelembevételét mutatjuk be /14. ábra/. A példában szereplő egyén átlagos szív ciklushossza 640 msec. A feldolgozás során a ciklusok elejének illesztésével 16 képet állítunk elő. Ez a 640 msec-os ciklusok esetében problémamentes. Egy kép hossza 40 msec lesz. A reprezentatív hosszúságúakon kívül azonban még más ciklusok is feldolgozásra kerülnek. Egy 670 msec-os ciklust éppen úgy 16 képre osztunk, mint a 640 msec-osat. A keletkező 30 msec maradék úgy tűnik el, hogy a feldolgozás során a 4., 8., 12.

képek nem 40, hanem 50 msec hosszúságúak lesznek.
Egy 610 msec hosszúságú ciklus esetében az említett sorszámú képek hossza csupán 30 msec lesz.

A rendelkezésünkre álló lehetőségek közül vizsgálatainkban a szív ciklusok közepének illesztését, az un. középről kapuzást használtuk.



14. ábra

Eltérő hosszúságú szív ciklusok képpé rendezése

az illesztés helye

16.	40 msec		40 msec		40 msec
15.	40 "		40 "		40 "
14.	40 "		40 "		40 "
13.	40 "		40 "		40 "
12.	40 "		50 "		30 "
11.	40 "		40 "		40 "
10.	40 "		40 "		40 "
9.	40 "		40 "		40 "
8.	40 "		50 "		30 "
7.	40 "		40 "		40 "
6.	40 "		40 "		40 "
5.	40 "		40 "		40 "
4.	40 "		50 "		30 "
3.	40 "		40 "		40 "
2.	40 "		40 "		40 "
1.	40 "		40 "		40 "
		640 msec		670 msec	
					610 msec

IV. FEJEZET

GLOBÁLIS BALKAMRAI EJEKCIÓS FRAKCIÓ MÉRÉSE

A balkamrai ejekciós frakció a kamra teljesítményének egyik legfontosabb mérőszáma. Meghatározására mind a bólus, mind az ekvilíbrio technika lehetőséget nyújt. Az ejekciós frakció számszerű értékei természetesen nem függetlenek az alkalmazott eljárástól. Minden új módszer bevezetésénél szükséges a megfelelő normálértékek meghatározása.

Munkánk alapvető célja az volt, hogy az MB-9101 adatfeldolgozó rendszeren megadjuk a patológiás esetek felismeréséhez elengedhetetlenül szükséges, ún. "kell" értékhatárokat.

4.1. BETEGANYAG ÉS MÓDSZER

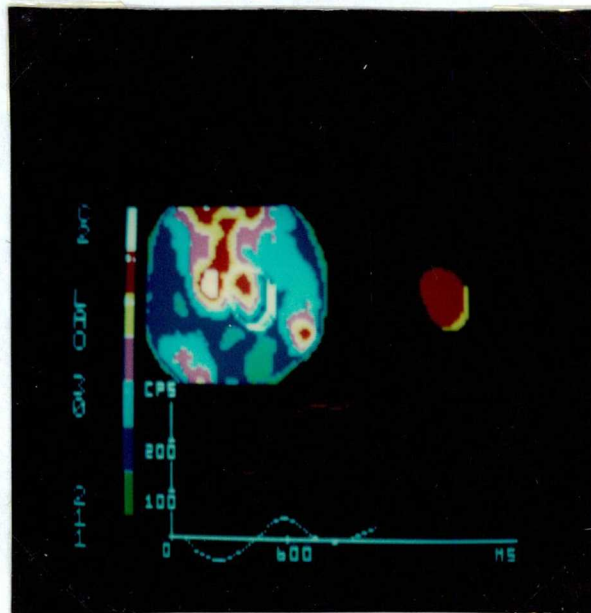
Vizsgálatainkat 58, kardiológiai szempontból egészséges személyen végeztük /27 férfi és 31 nő/. A betegek átlagéletkora 28 év, a legidősebb 60, a legfiatalabb

16 éves volt. Az ejekciós frakció meghatározásához a reprezentatív hosszúságú szív ciklusról az előző fejezetben ismertetett módon 16 képből álló képsorozatot készítettünk. Ezután a SUPER-SEGAMS e célra fejlesztett FORTRAN programját aktivizáltuk. Az ejekciós frakció elnevezésű program a bal elülső ferde irányból felvett adatokból a balkamravetület és a megfelelő háttér /ROI-k/ kijelölése után számítja ki a globális balkamrai ejekciós frakció értékét. A számítás az ismert

$$EF = \frac{ED - ES}{ED} \cdot 100 \%$$

képlet alapján történik, ahol ED a végdiasztolés, ES a végszisztolés kamravetület háttéraktivitással korrigált beütésszáma.

A feladat teljesítéséhez szükséges műveletek elvégzése, az ejekciós frakció értékének számszerű kinyomtatása után a program megjeleníti a balkamrai globális volumengörbét, a látótérbe került struktúrák un. összegképét valamint a kijelölt balkamravetületet és az ugyancsak kijelölt háttérét /15. ábra/.



15. ábra

Szívbetegségben nem szenvedő egyén globális
balkamrai volumengörbéje

	Férfiak 27 fő	N ő k 31 fő	Összesen 58 fő
Balkamrai ejekciós frakció	56 [±] 11 %	53 [±] 10 %	54 [±] 11 %

9. táblázat

Bal elülső ferde irányból mért balkamrai ejekciós
frakció értékek

4.2. EREDMÉNYEK

Kardiálisan egészséges személyek bal elülső ferde irányból mért ejekciós frakció értékeit a 9. táblázatban tüntettük fel. Eredményeinket férfi és női bontásban külön is értékeltük, a megvizsgált betegekben azonban a nemek között szignifikáns különbséget nem találtunk /kétmintás t-próba/. Az eredmények kiszámításakor a balkamrai volumengörbe generálásához szükséges kamravetület kijelölése /kamrai ROI/ a végdiasztolés balkamrakontúr alapján történt.

Szisztolében a balkamra a végdiasztolés vetületből gyakran kimozdul sőt, jelentős vértartalmú képlet /elsősorban a bal pitvar/ kerülhet az így módon kijelölt területbe és így a balkamrai volumengörbe értékei torzulhatnak. Ezért 20 esetben összehasonlítottuk a végdiasztolés ROI alapján mért és külön a végdiasztolés és végszisztolés kamravetületnek megfelelő, két területről származó volumengörbékből számított ejekciós frakció összefüggéseit. Összehasonlító vizsgálataink eredményeit a 10. táblázatban tüntettük fel. Egyértelműen megállapítottuk, hogy a külön a diasztolében és a szisztolében történő kijelölési technika átlagban 22 %-kal nagyobb ejekciós frakció értéket eredmé-

nyez. Vizsgálataink alapján e második technikát pontosabbnak és a valóságot reálisabban tükröző eljárásnak tartjuk.

Paraméter Módszer	Balkamrai ejekciós frakció
Végdiasztolés ROI	49 ⁺⁹ %
Végdiasztolés és végszisztolés ROI	60 ⁺⁸ %

10. táblázat

20 személy összehasonlító vizsgálata

4.3. MEGBESZÉLÉS

Nagyobb számú betegen végzett vizsgálatainkkal egyértelműen megerősítettük, hogy a SUPER-SEGAMS software rendszer "ejekciós frakció" elnevezésű FORTRAN programja az előírt vizsgálati technika betartása esetén alkalmas a balkamrai teljesítményt reprezentáló globális balkamrai ejekciós frakció meghatározására.

Általánosan elfogadott, hogy a balkamra aktuális teljesítőképességét a balkamrai ejekciós frakció értéke

jól reprezentálja /6,31,64,115/. A vizsgálatainkban mért, átlagosan 54 %-os ejekciós frakció érték az irodalomban közölt értékek egy részének megfelel /71/, más adatoknál azonban alacsonyabb /76,78,87,130/. Megvizsgáltuk, hogy ezen alacsonyabb értékeknek mi az oka. Azt találtuk, hogy a végdiasztolés kép alapján történt balkamravetület-kijelölés esetén részben a kamravetület szisztolés elmozdulása, részben a bal pitvarvetületnek a kijelölt területbe való vetülése az oka az alacsonyabb értékeknek. A vizsgálatok második fázisában ezért a Pavel és mtsai által javasolt balkamrakijelölési technikát /külön végdiasztolés és végszisztolés ROI kijelölés/ alkalmaztuk /91/. Ezen vizsgálatainkban az ejekciós frakció átlagértéke 49 %-ról 60 %-ra emelkedett. Saját kedvező tapasztalataink és az utóbbi időben megjelent újabb közlések alapján /76,87,130/ ezt a balkamrakijelölési technikát tartjuk reálisabbnak.

V. FEJEZET

BALKAMRAI DISZKINÉZISEK KIMUTATÁSA

Transzmurális miokardiális infarktus lezajlása után a beteg további sorsát, a rehabilitáció sikerét nagymértékben befolyásolja a balkamrafal mozgászavarának kiterjedése, súlyossága, a balkamra funkcionális teljesítménye. Az esetek többségében a kialakult hegszövetnek megfelelően hipokinetikus illetve akinetikus falrészletek figyelhetők meg, de sajnos, nem elhanyagolható a képződő balkamrai aneurizmák száma sem /111/. Az aneurizmák minél korábbi felismerése fontos, hiszen az aneurizma szisztolében passzívan kiboltosuló fala tovább rontja a balkamra egyébként is csökkent teljesítményét és ez szívelégtelenséghez vezethet. Ugyancsak nem hanyagolhatók el az aneurizma következtében jelentkező ritmuszavarok, az aneurizmában keletkező trombus/ok/, mely/ek/ leszakadva embolizációt okozhatnak, valamint a szívruptúra veszélye.

A balkamrai aneurizmák felismerésének lehetőségei szűrővizsgálatoktól az invazív ventrikulográfiáig terjed-

nek /2,11,14, 30,37,72,99,127/. Az egyes noninvazív vizsgálati módszerek szenzitivitása, specificitása, eszköz-, munka- és költségigénye határozza meg az invazív eljárásig terjedő diagnosztikai stratégiát.

A nukleáris kardiológia a balkamra teljesítményének, a kamrafal mozgásképesységének megítélésére az utóbbi években egyre több lehetőséget nyújt. Az EKG R-hullámával kapuzott, gammakamerás nukleáris kardiológiai vizsgálattal a balkamrafal mozgászavarai jól felismerhetők /2,3,11,15,52,99,101/. A különböző nagyságú hipokinetikus vagy akinetikus falrészletek azonosítása mellett a diszkinetikusán mozgó balkamraszegmensek felismerésének lehetősége kiemelt figyelmet érdemel. A szisztolés fázisban növekvő vértartalmú kamrarészletek, esetleg még ki is boltosuló falterületek az esetek többségében aneurizma kialakulásának lehetőségére vagy már kialakult balkamrai aneurizmára utalnak /2,3,11,17,20,55,94,99,117/.

Vizsgálataink céljául azt tűztük ki, hogy megállapítsuk, hogy a magyar gyártmányú MB-9100 típusú gammakamerához kapcsolt számítógépes adatfeldolgozó rendszer milyen lehetőséget nyújt a balkamrai diszkinézisek /aneurizmák/ noninvazív nukleárkardiológiai kimutatására.

5.1. BETEGANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat 55, miokardiális infarktuson 1 hónappal régebben átesett betegen végeztük. A betegek /48 férfi, 7 nő/ átlagéletkora 53 év, a legfiatalabb 30, a legidősebb 72 éves volt. A kardiológus elsősorban az EKG-n látható perzisztáló ST-eleváció, fokozódó balkamrai elégtelenség és/vagy ritmuszavar alapján valamennyi betegnél balkamrai aneurizma kialakulását feltételezte.

5.1.1. Nukleáris kardiológiai vizsgálati technika

Az EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálatot a III. fejezetben leírt módon, három felvételi irányból végeztük. A felvett adatokból a további értékeléshez 16 képből álló képsorozatot készítettünk. Diszkinetikusan mozgó balkamrafalrészletek felderítésére minden esetben három különböző eljárást próbáltunk ki.

1./ A képekből a SUPER-SEGAMS "színkódos mozi" elnevezésű FORTRAN programjával irányonként 8-8 képből álló képsort generáltunk. Ugy találtuk, hogy a bal-

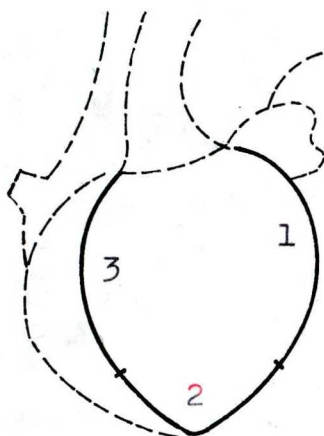
kamrafal mozgásképességének szemikvantitatív vizsgálatához nem szükséges ciklusonként 16 kép megjelenítése. A balkamra vetületét szegmensekre osztottuk. Az egyes szegmensekben a végdiasztolés kontrúrhoz viszonyított elmozdulás mértéke alapján normokinetikus, hipokinetikus, akinetikus valamint diszkinetikus mozgást különböztettünk meg. A kamrafal szegmensbeosztás vázlatát a 16. ábrán demonstráljuk.

A 17. ábrán normokinetikus balkamra mozgásának négy jellemző fázisát bal elülső ferde irányból mutatjuk be. A végszisztolés /bal alsó/ képen jól megfigyelhető a kamrafal kontrakciójának mértéke.

- 2./ A IV. fejezetben ismertetett teljes /globális/ kamrai volumengörbe előállításához hasonlóan bal elülső ferde irányból un. részleges /parciális/ volumengörbékét állítottunk elő. A balkamra vetületét ehhez minden esetben 8 háromszögalakú, egyenlő részre /szegmensre/ osztottuk. A vetületi szegmensek területéről előállított parciális volumengörbék lefutását a teljes /globális/ volumengörbével hasonlítottuk össze /18. ábra/

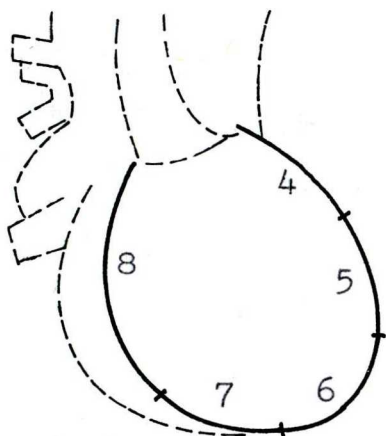
A bal kamrafal szegmensbeosztása

LAO 30°



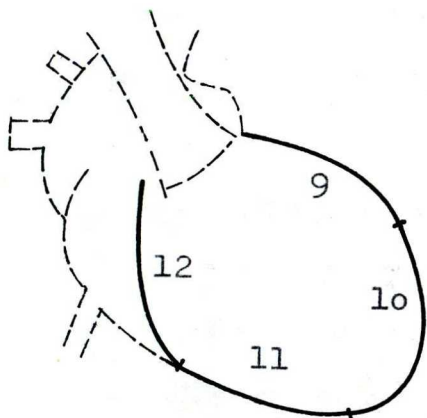
1. poszterolaterális
2. apikális
3. szeptális

AP



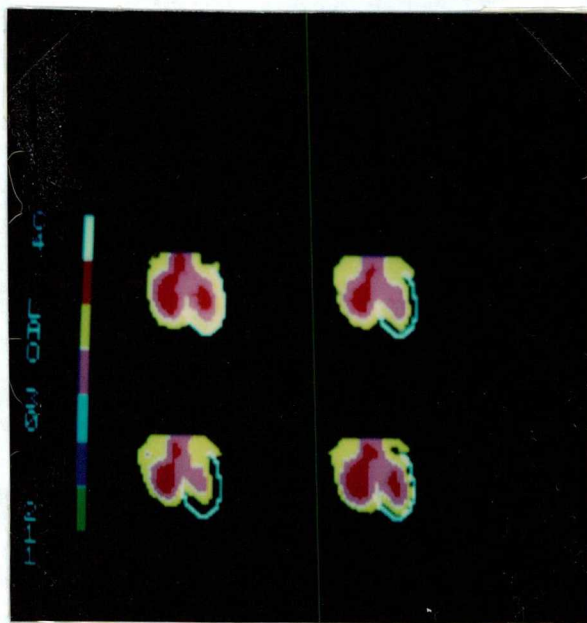
4. anterobazális
5. anterolaterális
6. apikális
7. diafragmatikus
8. poszterobazális

RAO 30°



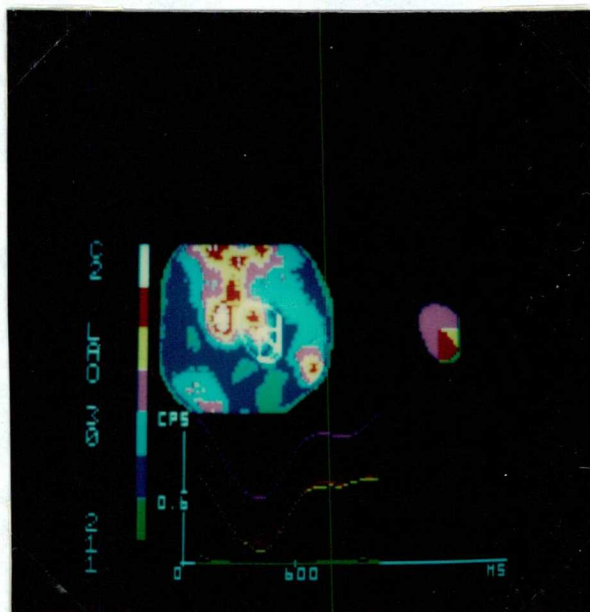
9. anteroszeptális
10. apikális
11. poszterobazális
12. bazális

16. ábra



17. ábra

Normokinetikus balkamra mozgásának jellemző fázisai



18. ábra

Normokinetikus kamrafalszegmensekről készített
parciális volumengörbék

3./ A reprezentatív szív ciklus 16 képből álló képsorozata lehetőséget nyújt a kamrai vértartalom végdiasztolés és korai szisztolés fázisban történő ábrázolására. Az 1. és 16. kép összegét végdiasztolés képnek, a 3-4. kép összegét korai szisztolés képnek tekintettük. A szisztolés képből a diasztolés képet kivonva az előzetesen kijelölt végdiasztolés kamrakontúron belül maradékaktivitást kerestünk. Amennyiben a korai szisztolés fázisban a diasztolés kontúron belül aktivitás/vértartalom/-többletet találtunk, úgy azt paradox pulzáció gyanújeleként értelmeztük. Feltételezésünket minden esetben a maradékaktivitásnak megfelelő vetületi területről előállított parciális volumengörbe analízisével erősítettük meg vagy vetettük el.

5.1.2. Angiokardiográfia

A balkamrai angiokardiográfiás vizsgálatokat a SzOTE Önálló Szívsebészeti Osztály Haemodinamikai Laboratóriumában Dr. Gaál Tibor és mtsai végeztek. A kontrasztanyag egy adagjának befecskendezésével LAO-30 és RAO-30 irányból egyszerre készítették felvételeket. A ventrikulogramokat a vizsgálat során felvett filmről utólagosan értékelték.

5.2. EREDMÉNYEK

Az alkalmazott nukleáris kardiológiai vizsgálóeljárások teljesítőképességének összehasonlítását a 11. táblázat tartalmazza. Vizsgálataink során balkamrai paradox pulzációt összesen 37 esetben mutattunk ki. A paradox pulzációjú kamrafalrészletet hurokszerű vetítéssel 10, a parciális volumengörbék alapján 33, a különbségképek segítségével 35 esetben igazoltuk. A 12. táblázat az általánosan elfogadott angiokardiográfiával történt összehasonlító vizsgálataink eredményeit mutatja be. A balkamrai ventrikulográfiát referenciamódszernek tekintve 39 esetben ellenőriztük a nukleáris kardiológiai módszerek teljesítőképességét. A 39 vizsgálatból összesen 4 alkalommal kaptunk a balkamrai ventrikulográfiától eltérő eredményt. 3 betegnél a ventrikulográfiával kimutatott aneurizmát nem tudtuk igazolni, 1 esetben az általunk kimutatott paradox pulzációjú falrészletet a ventrikulográfia nem bizonyította. Összességében a ventrikulográfiához viszonyítva a nukleáris kardiológiai eljárások szenzitivitását 90 %-nak, specifitását 88 %-nak találtuk.

A nukleáris kardiológiai eljárások teljesítőképességét B.F. 48 éves férfi betegünk eredményei alapján szemlél-

Kimutatott paradox pulzáció	37 eset
Hurokszerű vetítéssel	10 eset
Parciális volumengörbékkel	33 eset
Különbségképekkel	35 eset

11. táblázat

A nukleáris kardiológiai vizsgálatok eredményei

Balkamrai ventrikulo- gráfia Nukleáris kardiológia	Pozitiv	Negativ
Pozitiv	28	1
Negativ	3	7

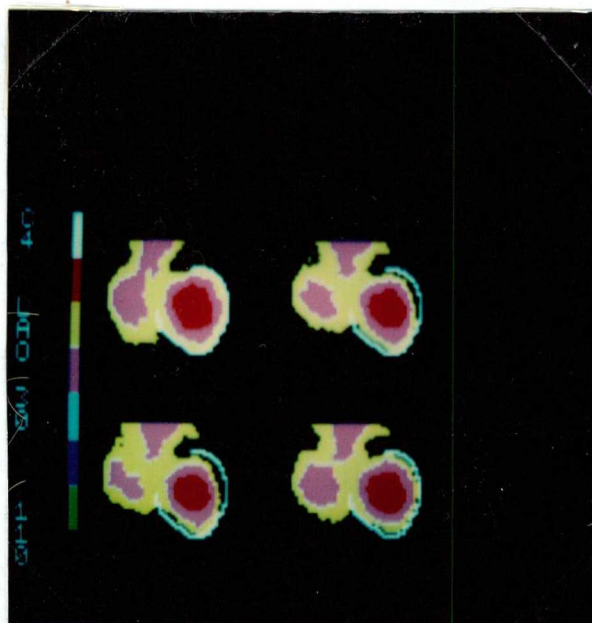
12. táblázat

Balkamrai ventrikulográfiával ellenőrzött
vizsgálatok eredményei

tetjük. A balkamrafalmozgás hurokszerű vetítésének négy jellemző fázisát a 19. ábra mutatja. A bal alsó, végdiasztolés képen az apikális aneurizma lehetősége felvethető. A bal elülső ferde irányból készült felvételek alapján szerkesztett parciális volumengörbék lefutása az apikális szegmens/ek/nek megfelelően kifejezetten paradox /20. ábra/. A különbségképen a végdiasztolés balkamrai ROI-n belül az aneurizma elhelyezkedésének megfelelően egyértelműen maradékaktivitás mutatható ki /21. ábra/.

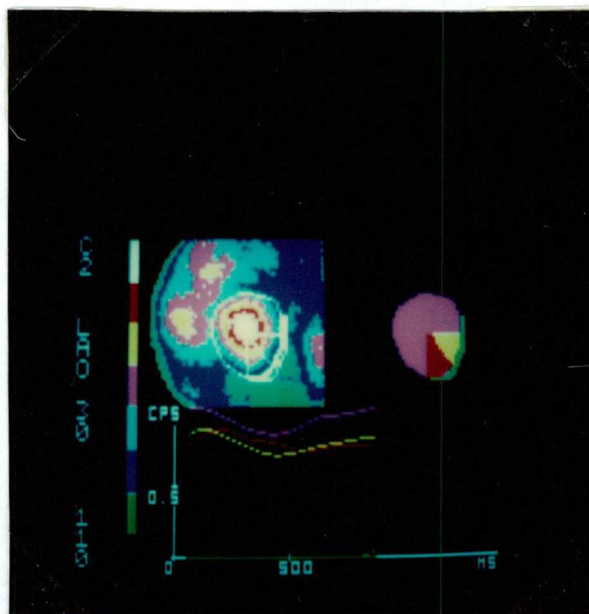
5.3. MEGBESZÉLÉS

A balkamra falának diszkinézisét nukleáris kardiológiai módszerrel először Botvinnick és mtsai mutatták ki a kamrafalmozgás végdiasztolés és végszisztolés fázisának megjelenítésével /20/. Az utóbbi időben egyre gyakrabban jelentek meg közlemények, amelyek főleg esetismertetések kapcsán számoltak be a nukleáris módszerek lehetőségeiről a balkamrai aneurizmák diagnosztizálásában /94, 117/. Az értékelő eljárások rohamos fejlődése ma már lehetővé teszi a diszkinetikus kamrafalrészletek több mint 90 %-os szenzitivitással illetve specificitással



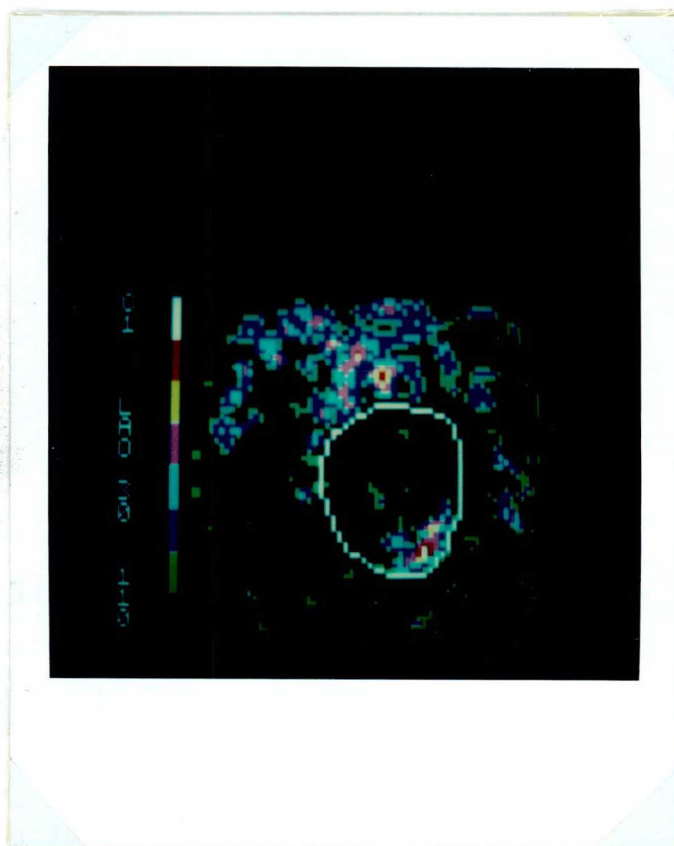
19. ábra

Apikálisan akinetikus balkamrafal mozgásának jellemző fázisai



20. ábra

Paradox mozgású apikális balkamraszegmensekhez tartozó parciális volumengörbék



21. ábra

Különbségkép apikálisan paradox pulzációra utaló
maradékaktivitással



történő azonosítását./52,55/.

Az elmúlt hónapokban a már ismert és közölt értékelő eljárásokat adaptáltuk a magyar számítógépes képmegjelenítő és adatfeldolgozó rendszer lehetőségeihez. A kipróbált értékelő eljárások közül a kamrafal mozgásának hurokszerű vetítése nyújtotta a legkisebb találati biztonságot. A módszer a mi körülményeink között viszonylag érzéketlen, csak a legsúlyosabb diszkinéziák felismerését tette lehetővé. Az általában viszonylag kis területre lokalizálódó paradox pulzáció akinetikus kamrafalrészletként ábrázolható e technikával. Az eljárás érzéketlenségét a viszonylag kis képmátrix méret /60x64/ mellett a vetítéshez felhasznált három színosztály korlátozott térbeli feloldóképességével magyarázzuk. Itt jegyezzük meg, hogy ugyanezen eljárás a hipokinetikusan mozgó illetve akinetikus balkamrafalrészletek felismerésére igen jó hatásfokkal használható. A kamrafalmozgás hurokszerű vetítésének lehetőségét az utóbbi időben szinte valamennyi külföldi számítógépes adatfeldolgozó rendszer programjai között megtaláljuk. Az eljárás külföldön általánosan elterjedt, de a paradox pulzációjú kamrafalrészletek felismerésének hatékonyságáról eddig kevés közleményt olvashattunk /3,15,108/.

A parciális volumengörbék analízisének alapuló módszer szenzitivitása vizsgálatainkban megközelítette a nukleáris kardiológiai értékelő eljárások kombinált alkalmazásának hatásfokát. Hamis negatív eredményt csupán kis kiterjedésű és elsősorban az elülső falon elhelyezkedő paradox pulzációjú területek vizsgálata során észleltünk. Az eljárást mi csak a bal elülső ferde irányból /LAO-30/ készült képsorozatokon alkalmaztuk, mert a többi irányból a balkamra a szív egyéb részleteivel, elsősorban a jobbkamrával olyan nagymértékben vetül egybe, hogy a balkamraszegmensek pontos kijelölése nem vagy csak bizonytalanul végezhető el /3,15/.

A különbségképek módszerének teljesítőképessége lényegében megfelelt az előbbi eljárásának. Többször a kis aneurizmák felismerésének elvi lehetősége nyújt. A maradékaktivitások analízisekor elsősorban a hamis pozitív eredmények veszélyét kell elkerülnünk. Mi magunk is egy esetben tévesen, az észlelt aktivitástöbbször paradox pulzáció jeleként értelmeztük. A paradox képek teljesítőképességét ventrikulográfiával ellenőrzött beteganyagon először Holmann és mtsai vizsgálták. 39 beteg adatai alapján a módszer szenzitivitását 82 %-nak, specificitását 100 %-nak találták /55/.

Vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy a hazai gyártmányú számítógépes adatfeldolgozó és képmegjelenítő rendszerre adaptált értékelő eljárások közül a parciális volumengörbék illetve a különbségképek analízise egyaránt alkalmas paradox mozgású balkamrafalrészletek azonosítására. A két módszer kombinációja lehetővé teszi a nemzetközi irodalomból ismert szenzitivitás- és specificitásértékek elérését.

VI. FEJEZET

A MIOKARDIUM KONTRAKCIÓJÁNAK NAGY ÉRZÉKENYSÉGŰ ANALIZISE FÁZIS- ÉS AMPLITUDÓKÉPEKKEL

A miokardium kontraktilitási képességét a szívizomzat tetszőleges részletei mozgásának megjelenítésével ábrázolhatjuk. A miokardium különféle területeinek mozgásképségről akkor kapunk teljes képet, ha azt egy szívcikluson belül, pontos lokalizáció mellett vizsgáljuk.

Az EKG-val kapuzott, egyensúlyban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálatok fejlődése az utóbbi időben módot adott a miokardium kontraktilitásának nagy síkbeli felbontású analizisére. Az eljárás azon a feltévesen alapul, mely szerint a miokardium tetszőleges területének mozgása az adott vetületpontról készített idő-aktivitás görbével leírható. A görbe lefutása megfelel a kiválasztott terület vértartalma időbeli változásának.

A hetvenes évek második felétől egyre több kutatócso-

port analizálta képcellánként a vértartalomváltozást reprezentáló idő-aktivitás görbék lefutását /2,3,41, 52,99,118/. A kiszámított paraméterek színkódolt formában történő megjelenítését először Adam valósította meg /1/. Nagy beteganyagon vizsgálta a balkamra mozgásának végdiasztolés és végszisztolés fázisáról készített valamint a korai telődés idejének megfelelő és a végszisztolés képek különbségeit /3/. Színkódolt formában jelenítette meg a kontrakció, a relaxáció sebességének képcellánként számított értékeit, az alaphékvencia Fourier amplitudóját és fázisát /3/. Más szerzők a végszisztolés és végdiasztolés képek különbségét illetve az ejekciós frakció cellánkénti értékeit vizsgálták /55,81/.

A lehetőségek tömegéből a fázis- és amplitudóképek előállításának és analizisének módszere bizonyult leg-
hasznosabbnak. Ebben a fejezetben az eljárással szer-
zett saját tapasztalatainkat ismertetjük.

6.1. BETEGANYAG ÉS MÓDSZER

A megvizsgált személyeket a klinikai anamnézis, kardiális állapotuk alapján oszthatjuk különböző csoportokba:

- Ventrikulográfiával igazolt, lezajlott miokardiális infarktus szövődményeként kialakult balkamrai aneurizma;
12 fő /11 férfi, 1 nő/, átlagos életkoruk 53 év, a legfiatalabb 40, a legidősebb 71 éves.
- Ventrikulográfiával paradox pulzációt nem mutató kontrollcsoport;
5 fő /4 férfi, 1 nő/, átlagos életkoruk 51 év, a legfiatalabb 47, a legidősebb 57 éves. /A ventrikulográfia során valamennyiükben akinetikus vagy súlyosan hipokinetikus falrészleteket mutattak ki./
- Klinikailag igazolt, lezajlott miokardiális infarktus után vizsgált betegek;
9 fő /8 férfi, 1 nő/, átlagos életkoruk 45 év, a legfiatalabb 27, a legidősebb 69 éves.
- EKG-val igazolt komplett bal Tawara-szár blokk;

6 fő /2 férfi, 4 nő/, átlagos életkoruk 58 év, a legfiatalabb 48, a legidősebb 69 éves.

— EKG-val igazolt komplett jobbszár blokk;

3 fő /2 férfi, 1 nő/, átlagos életkoruk 35 év, a legfiatalabb 18, a legidősebb 50 éves.

6.1.1. Értékelő eljárás

A fázis- és amplitudóképeket az ekvilibriumban végzett, EKG-val kapuzott nukleáris kardiológiai vizsgálat során készített 16 képből álló képsorozatokból állítottuk elő. A statisztikus szórás csökkentése céljából a vizsgálat képeit térben és időben megsímítettük. Az időbeli símításhoz ciklikusan az 1-2-1 súlyfaktort, a síkbeli símításhoz az alábbi konfigurációt használtuk:

1	2	1
2	4	2
1	2	1

A símított képsorozatról képcellánként volumengörbékét állítottunk elő. A fázis- és amplitudóértékek kiszámítása a volumengörbék alapján, az Adam által alkalmazott módszer szerint történt /4/. Az alapfrekvencia un. sinus és cosinus együtthatóit az

$$S = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n A(i) \cdot \sin\left[(i-1) \frac{2\pi}{n}\right]$$

illetve a

$$C = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n A(i) \cdot \cos\left[(i-1) \frac{2\pi}{n}\right]$$

képletek alapján határozhatjuk meg, ahol S a sinus-, C a cosinus-együttható, n a szívciklusonként előállított képek száma /esetünkben 16/, $A(i)$ az i -ik kép megfelelő cellájának /az i -ik görbepont/ impulzusszáma.

S és C ismeretében a képcellához tartozó amplitudóértéket az

$$AMPL = \sqrt{C^2 + S^2}$$

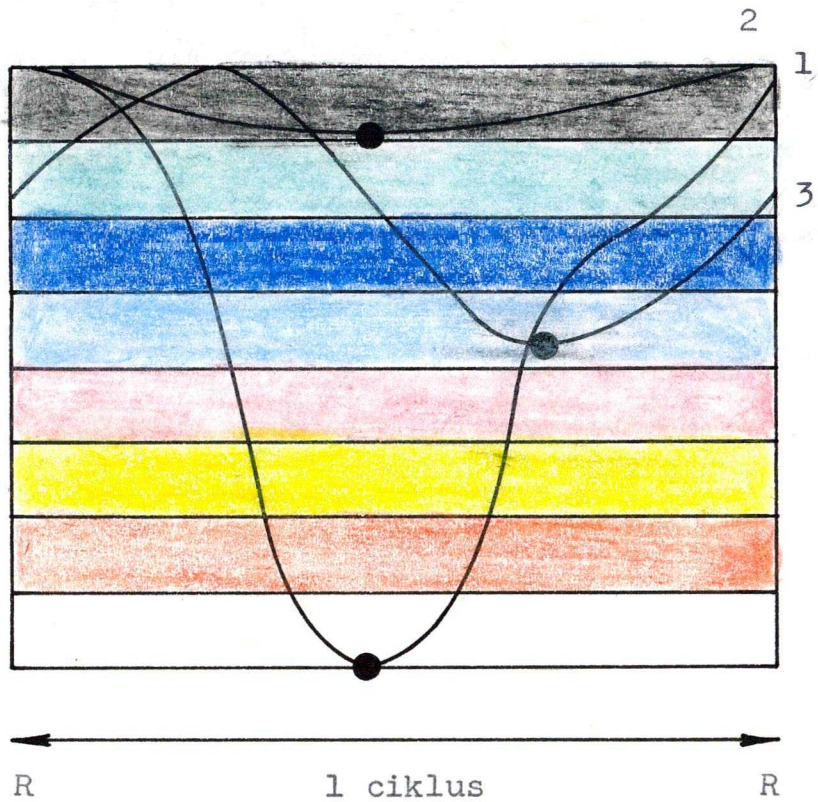
a fázisértéket az

$$F = \arctan \frac{S}{C}$$

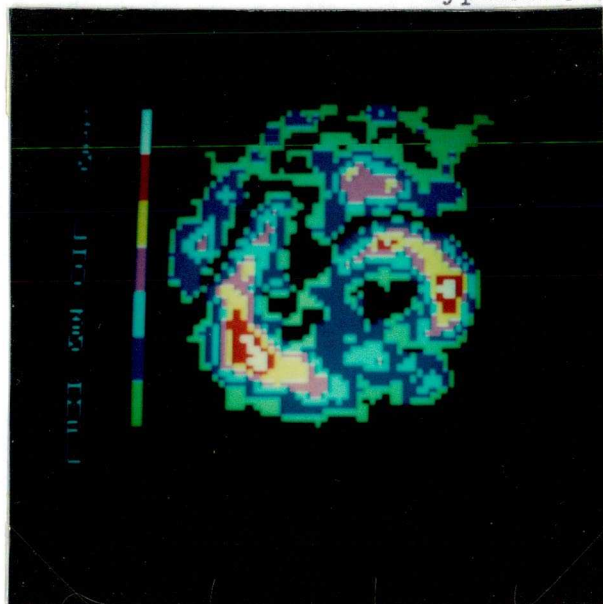
összefüggésekkel számíthatjuk ki. A kiszámított amplitudó- és fázisértékeket képpontról képpontra színekódolt formában jelenítettük meg. A fázis- és amplitudóképek információtartalmát a 22. és 23. ábrák segítségével szemléltetjük.

A 22. ábrán három jellemző lefutású volumengörbét mutatunk be. Az 1.sz. görbe a látótérbe került, legnagyobb mértékben összehúzódó területről készült. Az amplitudóképen az e területnek megfelelő képcellának fehér

Mennyire mozdul el?



- 1 - legjobban /normokinezis?/
- 2 - alig /fiziológiás?
hypokinezis?
akinezis?/
- 3 - kevésbé /fiziológiás?
hypokinezis?/



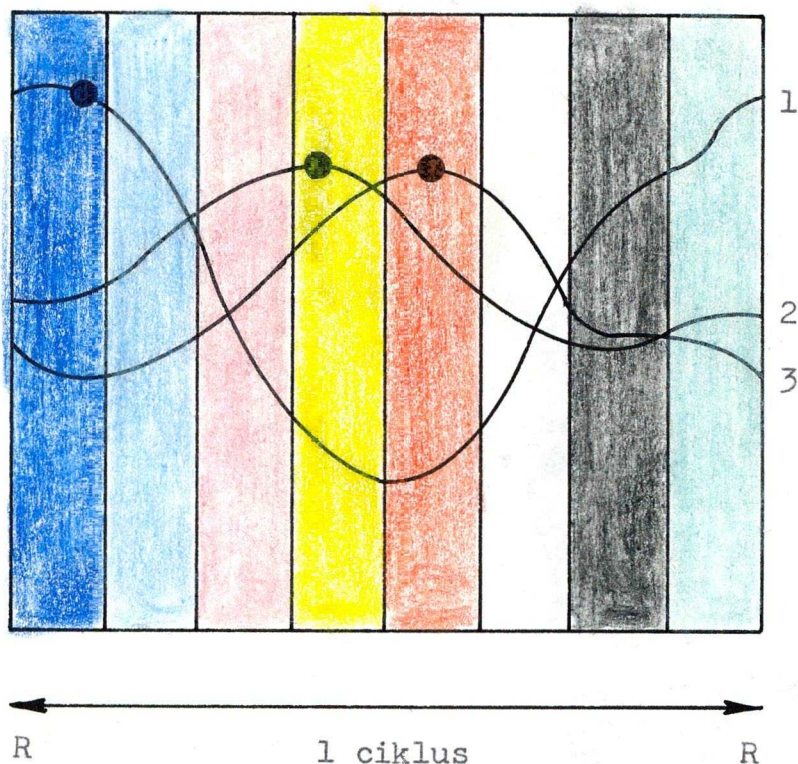
22. ábra

színkódot adunk. A többi képcella mozgásának mértékét ehhez a területhez viszonyítjuk. A 2.sz. görbe gyakorlatilag mozdulatlan, akinetikus területről készült. Az amplitudóképen a megfelelő képcella fekete lesz, nem ábrázolódik. A harmadik görbe időben paradox lefutású, de ettől függetlenül vértartalomváltozást, azaz elmozdulást reprezentál. A változás mértékének megfelelően a képcella az amplitudóképen kék színű lesz.

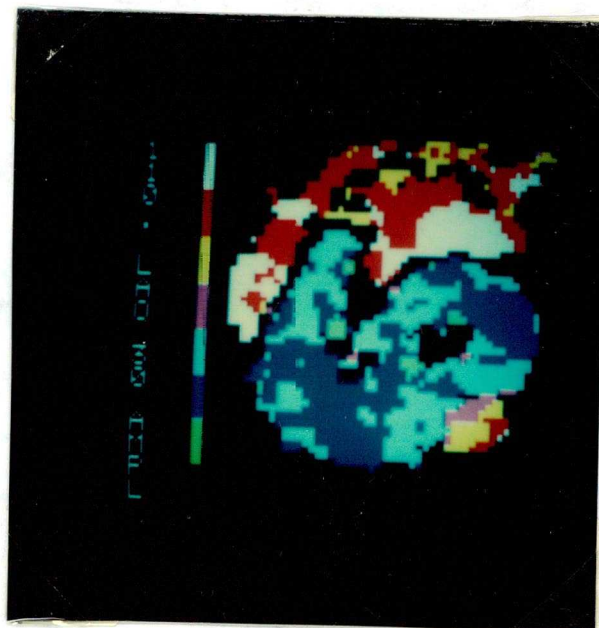
Az előbbiekből következik, hogy az amplitudókép alkalmas a különböző szívterületek ciklusonként megismétlődő vértartalomváltozásának megjelenítésére. Fontos rögzítenünk, hogy az amplitudókép alapján a paradoxan mozgó falrészletek vagy akár a kamrához képest ellentétes fázisban összehúzódó pitvarok nem különíthetők el.

E feladat megoldására az un. fázisképek szolgálnak. A 23. ábra ugyancsak tipusos volumengörbét ábrázol. A fáziskép celláit az egyes területek kontrakciójának, azaz ürülésének kezdeti időpontja függvényében ábrázoljuk különböző színnel. Ha az adott terület kontrakciója röviddel az R-hullám megjelenése után megkezdődik, a jellegzetesen kamrai volumengörbének megfelelő képpont a fázisképen kék színű lesz. A pitvarok a kamrához képest ellentétes fázisban húzódnak össze, ezért a pitvarokhoz tartozó képcellák színe a volumengörbék

Mikor kezd elmozdulni? /ürülni!/



- 1 - kamra
- 2 - paradox mozgású terület /aneurisma/
- 3 - pitvar



23. ábra

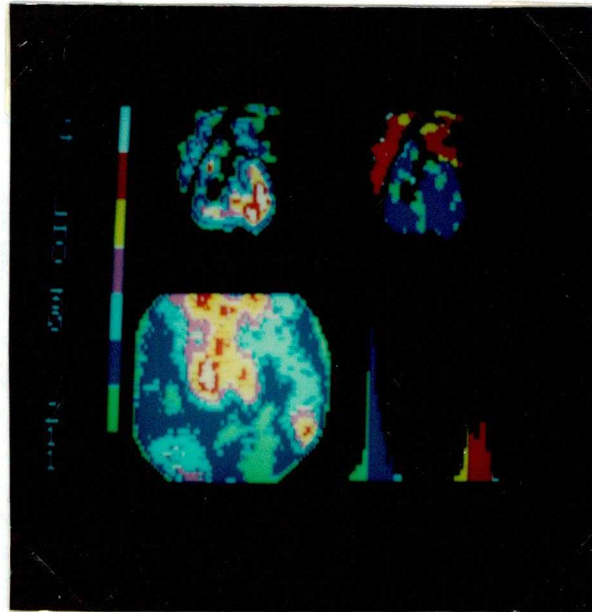
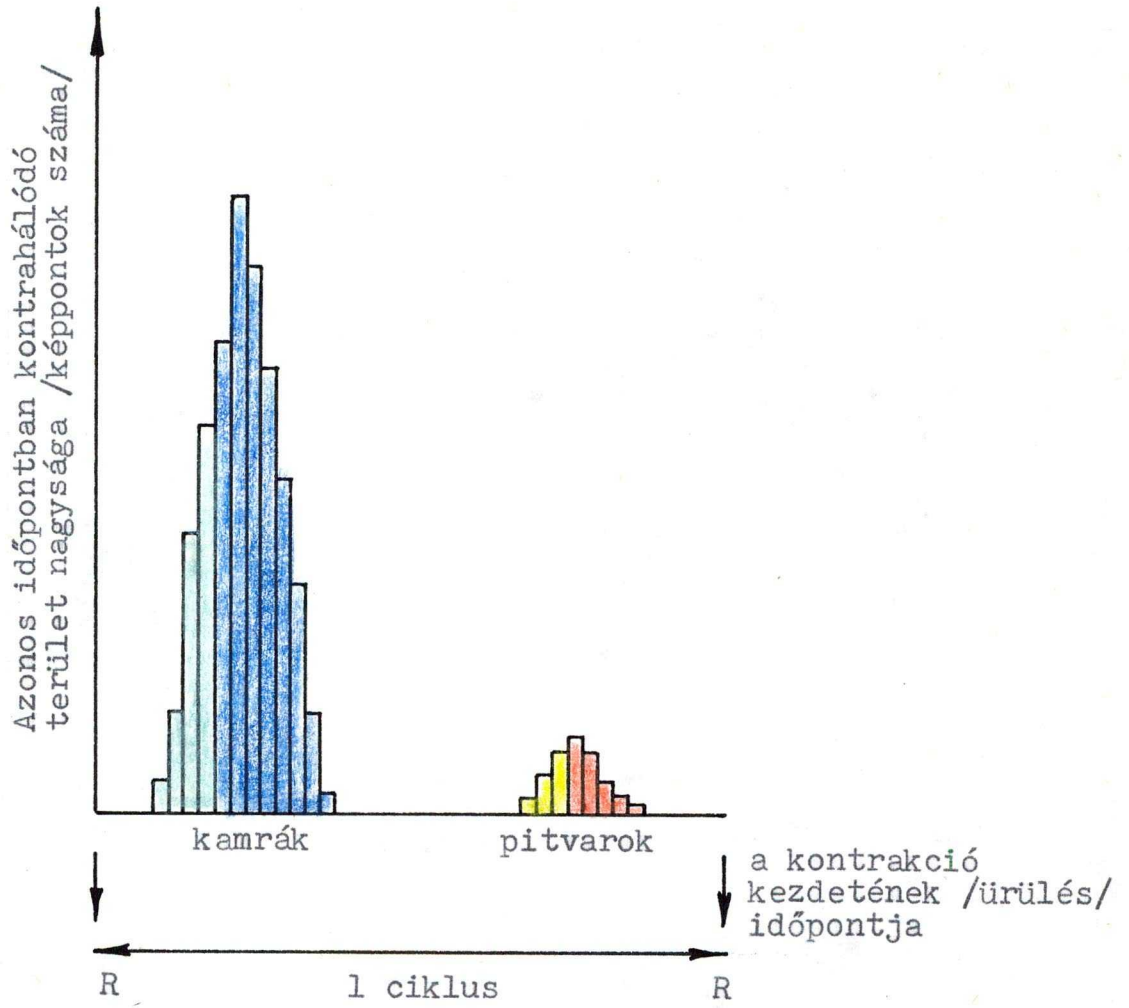
A fázisképek előállítása

lefutása alapján piros illetve fehér. A harmadik görbe paradox mozgású kamrai területet reprezentál. A fázisképen a megfelelő képpont sárga színnel ábrázolódik. A feldolgozás során a számítógépes program természetesen a kép valamennyi cellájának fázis- és amplitudóértékét kiszámítja. A nem mozgó területek adatainak megjelenítése az értékelést azonban megnehezítené, így ezeket nem ábrázoljuk.

A 24. ábrán kardiálisan egészséges egyén fázis- és amplitudóképeit láthatjuk. A kép jobb alsó részén látható oszlopdiagram az ingerület terjedésével, az ürülés kezdetével kapcsolatos mennyiségi kérdésekre ad választ. A vízszintes tengelyen a kontrakció kezdetének időpontját tüntettük fel az R-hullám megjelenéséhez viszonyítva. A függőleges tengelyen az időbeli felbontóképességen belül azonos időben kontrahálódó területek nagyságát a képcellák számával ábrázoljuk. A hisztogramon a kamrai és a pitvari kontrakció fázisai időben jól elkülöníthetők.

A vizsgálatok értékelése során az amplitudóképen a balkamra vetületében csökkent mozgásképességű falrészleteket igyekeztünk felismerni és azonosítani. A fázisképen a kontrakció kezdetének terjedését vizsgáltuk a balkamrán belül valamint a kamrák között. A balkamra

Fázis - terület - hisztogram

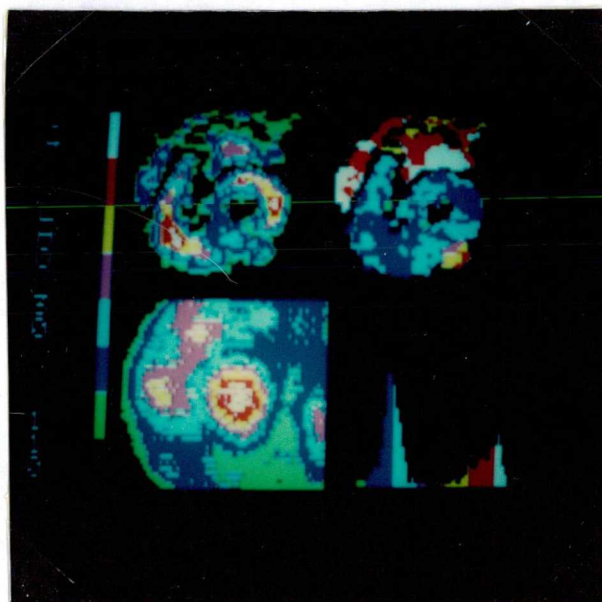


24. ábra

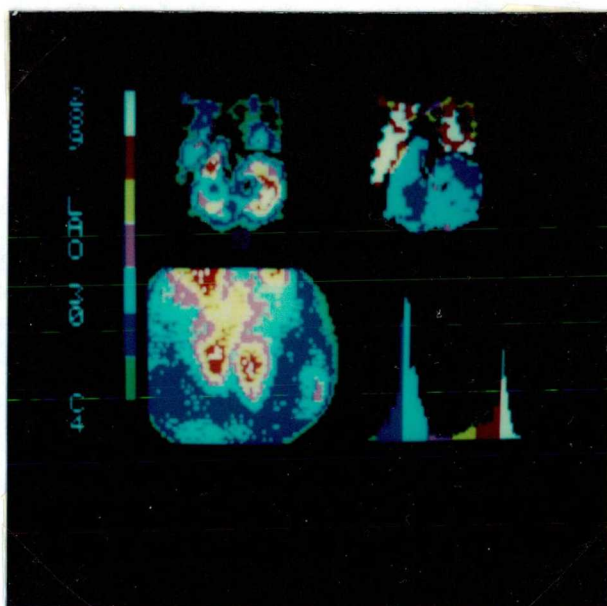
vetületében paradox pulzációjú területeket kerestünk. A fázis-hisztogramokkal vizsgáltuk, hogy az esetleges paradox pulzációjú területek mennyire különíthetők el a balkamra azonos időben összehúzódó falrészleteitől. A kamrák összehúzódásán belül a két kamra kontrakciójának esetleges időbeli szétválaszthatóságát is analizáltuk. Az ingerület terjedését képsorozat formájában is megjelenítettük. A kamrák vetületében a kontrahálódást /ürülést/ megkezdő falrészleteknek megfelelő képpontokat fehér színnel ábrázoltuk.

6.2. EREDMÉNYEK

Az eljárás alkalmasságát balkamrai diszkinézisek kimutatására 12, ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizmás beteg vizsgálatával ellenőriztük. A fáziskép alapján paradox pulzációt 11 esetben tudtunk kimutatni. Anteroszeptális infarktus után kialakult balkamrai apikális aneurizmát mutatunk be 25. ábránkon. A szeptálisan csökkent mozgásképeségű falrészletek az amplitudóképen azonosíthatók. A fázisképen az apikális paradox pulzációjú terület egyértelműen látható.



25. ábra
Balkamrai aneurizma

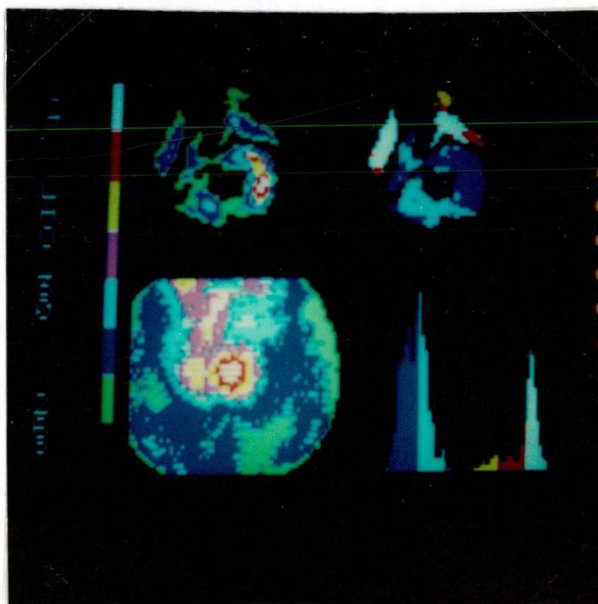


26. ábra
Lezajlott anteroszeptális infarktus

Ventrikulográfiával balkamrai paradox pulzációt nem mutató kontrollcsoportunk betegeit /5 fő/ megvizsgálva paradox pulzációt egy esetben sem mutattunk ki.

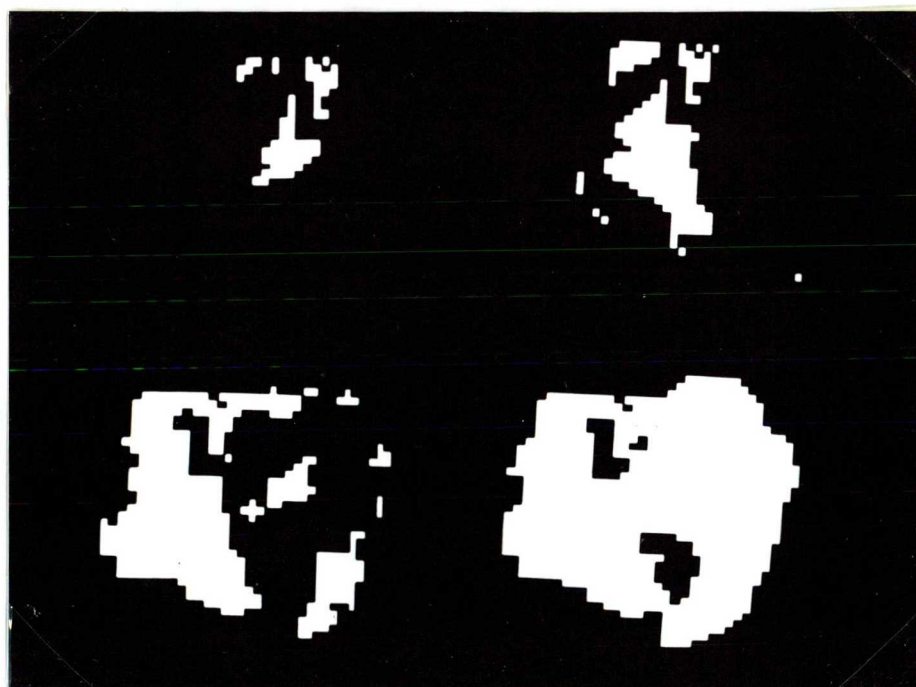
Klinikailag igazolt, lezajlott miokardiális infarktus után 9 beteg vizsgálatát végeztük el. Az EKG-lokalizáció alapján az infarktusok közül 2 hátsófali, 7 elülsőfali volt. Az amplitudókép alapján csökkent mozgásképességű kamrafalrészletet 8 esetben mutattunk ki /26. ábra/. Egy esetben az EKG alapján anterolaterálisnak vélelmezett, az anamnézis szerint 1980-ban lezajlott infarktus után vizsgálatunkkal normokinetikusan mozgó balkamrát és 72 %-os, teljesen normális globális ejekciós frakció értéket találtunk. A fázisképeken a csökkent mozgásképességű falrészletek vetületében 2 esetben figyeltünk meg enyhe fáziskésést. Az általunk megfigyelt hipokinetikus illetve akinetikus falrészletek lokalizációja minden esetben egyezett az EKG-görbék alapján vélelmezett lokalizációval.

Az ingerületvezetési zavar tipusos esetei közül komplett bal illetve jobb Tawara-szár blokkos betegeket vizsgáltunk. A fázisképeken minden esetben felismerhető volt a jobb- ill. balkamra korábbi, a másik kamrát megelőző kontrakciója. A fázisképek alapján készített oszlopdiagramokon a kamrák összehúzódását ábrázoló



27. ábra

Komplett jobb Tawara-szár blokk



28. ábra

Az ingerület terjedése bal Tawara-szár blokkban



blokkokon belül valamennyi esetben két csúcsot figyeltünk meg /27. ábra/. Ez a jel a kamrák időben elkülöníthető kontrakciójának elfogadott bizonyítéka.

Az ingerület terjedésének képi ábrázolása során patofiziológiai ismereteinkkel egyező eredményeket kaptunk. Ábránkon az ingerület /a kontrakció kezdetének/ terjedését bal Tawara-szár blokkos beteg vizsgálatából származó képeken mutatjuk be. Jól megfigyelhető a jobbkamra korábbi kontrakciója /28. ábra/. A bal alsó képen az is látható, hogy az ingerület afiziológiásan, a szívcsúcson keresztül terjed a balkamrára.

6.3. MEGBESZÉLÉS

Ekvilibriumban végzett, EKG-val kapuzott nukleáris kardiológiai vizsgálatok során készített képsorozatokból előállított fázis- és amplitudóképek analízise az utóbbi években világszerte elfogadott eljárássá vált /3, 4, 21, 118/. A képcellánként előállított volumengörbék legfontosabb tulajdonságai a hozzájuk illesztett cosinus függvény segítségével jól leírhatók. Az illesztés során alkalmazott Fourier transzformációval meghatároz-

hatjuk az egyes képcelláknak megfelelő területek ciklusonkénti vértartalomváltozásának mértékét valamint kontrakciójuk kezdetének időpontját. Az eredményeket színskódolt formában megjelenítve a kamrafalmozgás és/vagy az ingerületvezetés zavarait tanulmányozhatjuk.

Paradox pulzációjú kamrafalrészletek ábrázolásában a fázisképek szenzitivitását Adam 75 %-nak, specificitását 61 %-nak találta /3/. Ujabb vizsgálatok alapján Hedde és mtsai /52/ már 90 % feletti szenzitivitásról számoltak be sőt, a fázisképek információtartalmát a kétdimenziós echokardiográfiával egyenértékűnek tartják. Saját eredményeink az utóbbi közlésnek felelnek meg. Botvinnick és mtsai 29 beteg vizsgálata során arra a következtetésre jutottak, hogy a hipokinetikus kamrafalrészletek az esetek 38 %-ában már bizonyos fáziskéséssel húzódnak össze. Akinetikus szegmensek vizsgálatakor a fáziskésést minden esetben megfigyelték. A fáziskésés mértéke alapján a csupán akinetikus és a diszkinetikus szegmenseket jól elkülöníthetőnek tartják /21/.

Lezajlott miokardiális infarktus után, a rehabilitáció időszakában vizsgált betegeinkben csökkent mozgásképességű falrészletet 8 esetben figyeltünk meg. A vizsgált területeken minimális fáziskésést 2 esetben

találtunk.

Az amplitudóképek hatékonyságát csökkent mozgásképes-
ségű kamrafalrészletek kimutatására Sigel és mtsai
vizsgálták. Lezajlott miokardiális infarktus után az
esetek 90 %-ában mutattak ki mozgászavart /113/.

A fázisképek egyre jobban terjedő, de még a klinikai
kipróbálás stádiumában lévő alkalmazási területe az
ingerületvezetési zavarok vizsgálata. A fázisképek és
a hozzájuk tartozó hisztogramok segítségével a bal il-
letve jobb Tawara-szár blokk egyértelműen jól felismer-
hető. Az ingerület terjedésének vizsgálata ezenkívül
hasznos információkat szolgáltathat WPW szindrómában,
pacemaker elektróda helyzetének meghatározásában /21,
26,92,118/.

ÖSSZEFOGLALÁS

Értekezésemben a koronáriabetegség valamint következményeként fellépő balkamrai mozgás- és funkciós zavarok nukleáris kardiológiai vizsgálatának néhány lehetőségével foglalkoztam.

Alkalmazott módszerek között olcsóbb és drágább, munkaigényes és egyszerű eljárások egyaránt találhatók, kivitelezésük technikai feltételei azonban 17, számítógéppel felszerelt hazai izotópdiagnosztikai laboratóriumunkban adottak, bevezetésükhöz számítástechnikai képzettségre nincs szükség. Az ismertetett vizsgálati módszereket Magyarországon elsőként alkalmaztuk. Megállapítottuk, hogy azok az MB 9100 gammakamera illetve az MB-9101 számítógépes adatfeldolgozó és képmegjelenítő rendszer birtokában végrehajthatók, hatékonyságuk a nemzetközi elvárásoknak megfelel. Ennek következtében, ha a nukleáris kardiológia magyarországi lehetőségeit nemzetközi összehasonlításban vizsgáljuk, ma már nem kell feltétlenül lépéshátrányról beszélnünk. A Los Angelesi Kardiológiai és Vascularis Diagnosztikai Központ 1982-ben számolt be az ott rutinszerűen használt diagnosztikai eljárásokról és a-

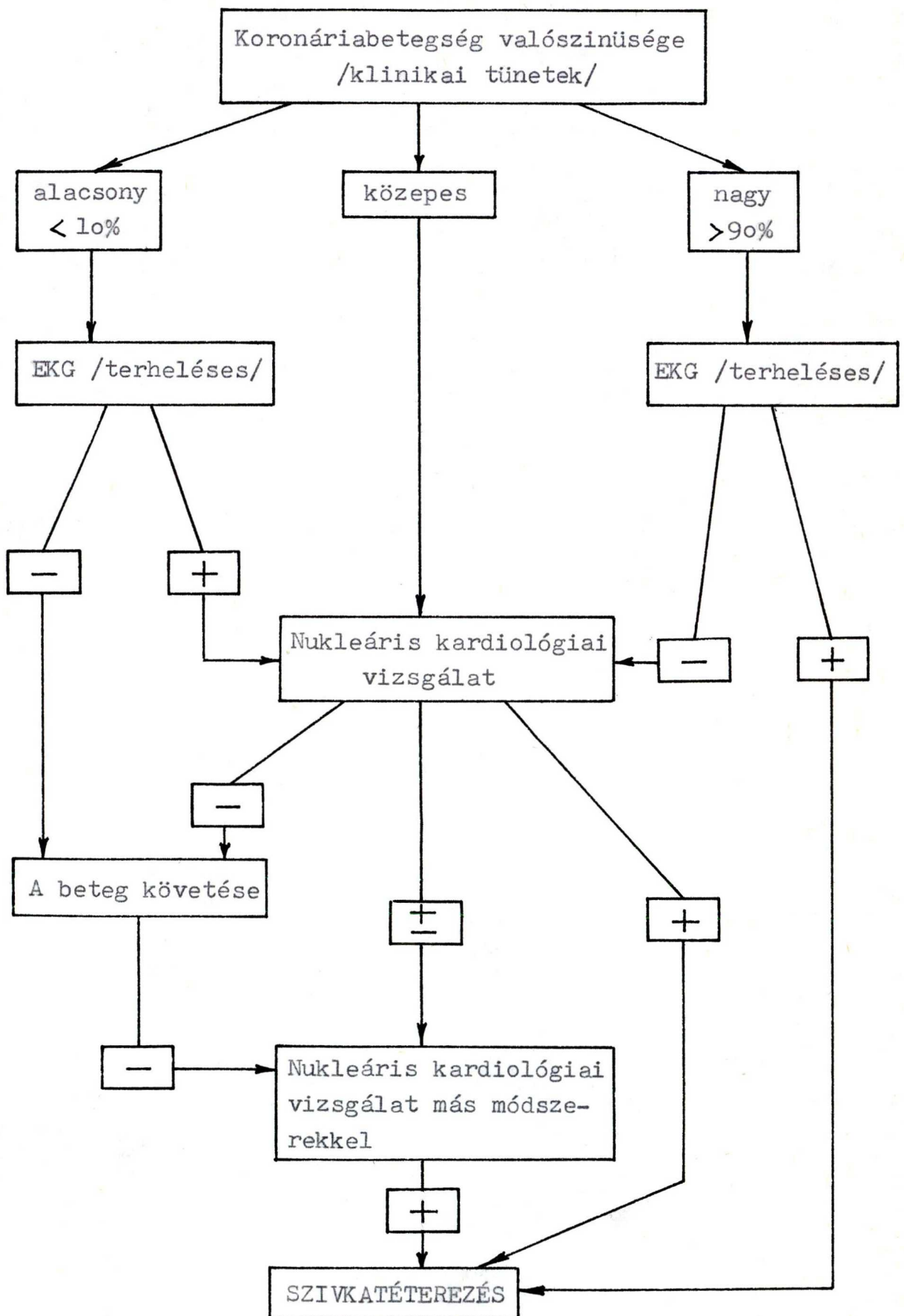
zok alkalmazási sorrendjéről /16/. A radioizotópos módszerek közül a következőket végzik:

- 1/ ^{201}Tl terheléses szívizom-szcintigráfia az eredmények szükség szerinti kvantitatív analízisével
- 2/ a balkamrafal mozgásának vizsgálata nyugalomban
- 3/ a balkamrafal mozgásának vizsgálata terhelés során.

Az értekezésben ismertetett módszerek a fenti csoportok valamelyikébe egyértelműen besorolhatók. A terheléses ^{201}Tl vizsgálatok értékelése során eddig kvantitatív analízist nem végeztünk. A SUPER-SEGAMS software azonban lehetőséget biztosít az ajánlott eljárás bevezetésére.

A kamrafal mozgásának vizsgálatát részletesen elemeztük és azokat rutin diagnosztikába bevezethetőnek tartjuk illetve már bevezettük.

A kamrafal mozgáskéességében terhelésre bekövetkező változások vizsgálatára a rendelkezésre álló eszközök lehetőséget nyújtanak. A gyakorlati megvalósítás során majd a háttértárolóként alkalmazott mágneslemez kapacitásának korlátait kell figyelembe



vennünk.

Hazai körülmények között a ^{201}Tl szívizom-szcintigráfiánál elsősorban a radionuklid ára, a kamrafal mozgáskéességének analizisekor a módszer végrehajtásának időigényessége jelenthet nehézséget. Az idézett /16/ közlemény sémát ad a koronáriabetegség gyanúja esetén a korszerű noninvazív módszerekkel történő kivizsgálás menetére /29. ábra/. Elodázhatatlan feladatunk, hogy minél hamarabb megteremtsük azokat a feltételeket, amelyek a bemutatott ábrán ajánlott cselekvéssorozatot hazánkban is lehetővé teszik.

IRODALOM

1. Adam, W.E., Geffers, H., Sigel, H.:
Evaluation of left ventricular function by radio-
nuclide angiography
Herz 2, 195 /1977/
2. Adam, W.E. et al.:
Regionale Untersuchung des linken Ventrikels mit
der Pooltechnik. /Radionuklidventrikulographie/
Der Nuklearmediziner 2 Suppl., 59 /1979/
3. Adam, W.E. et al.:
Equilibrium /gated/ radionuclide ventriculography
Cardiovasc. Radiol. 2, 161 /1979/
4. Adam, W.E., Bitter, F.:
Advances in heart imaging. In: Medical Radionuc-
lide Imaging 1980 PP 195.
IAEA Vienna /1981/
5. Alazraki, N.P. et al.:
Detection of left-to-right cardiac shunts with the
scintillation camera pulmonary dilution curve
J. Nucl. Med. 13, 142 /1972/
6. Alderman, E.L.:
Angiographic Indicators of Left Ventricular Func-
tion
JAMA 236, 1055 /1976/
7. Anderson, P.A.W., Jones, R.H., Sabiston, D.C. Jr.:
Quantitation of left-to-right cardiac shunts with
radionuclide angiography
Circulation 49, 512 /1974/

8. Anger, H.O.:
The scintillation camera: A new instrument for mapping the distribution of radioactive isotopes
U.C.R.L. Report, 3845 /1957/
9. Antalóczy Z.:
Gyakorlati elektrokardiográfia
Medicina, Budapest /1979/
10. Bayley et al.:
Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest and during exercise
Circulation 55, 79 /1976/
11. Bähre, M. et al.:
Vergleichende Untersuchung zur Bestimmung der globalen und regionalen linksventrikulären Funktion durch Laevokardiographie, Funktionsszintigraphie und zweidimensionale Echokardiographie
19. Jahrestagung der Gesellschaft für Nukl.med.
Bern /1981/
12. Beller, G.A.:
Radionuclide techniques in the evaluation of the patient with chest pain
Off. J. Am. Heart Ass. 50, 43 /1981/
13. Bennet, K.R. et al.:
Correlation of myocardial ⁴²K uptake with coronary arteriography
Radiology 102, 117 /1972/
14. Berentey E.:
Balkamrafunkció haemodynamikai megítélése ischaemiás szívbetegségben
Kandidátusi értekezés, Budapest /1979/
15. Berman, D.S., Mason, D.T.:
Clinical Nuclear Cardiology
Grune & Stratton /1981/

16. Berman, D.S., Adler, L.:
Noninvasive testing of outpatients
Cardiac and Vascular Diagnostic Center, Cedars-Sinai
Medical Office Towers /1982/
17. Bitter, F. et al.:
Die Bedeutung der Phase der regionalen Zeit-Aktivitätskurven in der Herzfunktionsszintigraphie
17. Jahrestagung der Gesellschaft für Nukl.med.
Innsbruck /1979/
18. Blood, D.K., McCarthy, D., Sciacca, R.R.:
Comparison of single-dose and double-dose thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the detection of coronary artery disease and prior myocardial infarction
Circulation 58, 777 /1978/
19. Blumgart, H.L., Weiss, S.:
Studies on the velocity of blood flow: II. the velocity of blood flow in normal resting individuals, and a critique of the method used
J. Clin. Invest. 4, 15 /1927/
20. Botvinnick, E.H. et al.:
Noninvasive diagnostic of a false left ventricular aneurysm with radioisotope gated cardiac blood pool imaging
Amer. J. Cardiol. 37, 1089 /1976/
21. Botvinnick, E., Dunn, R., Fraiss, M.:
The phase image: Its relationship to patterns of contraction and conduction
Circulation 65, 551 /1982/
22. Brownell, G.L., Burnham, C.A.:
Recent developments in positron scintigraphy
In: Instrumentation in Nuclear Medicine Vol. 2.
New York, Academic Press /1973/

23. Budinger, T.F., Rollo, R.D.:
Physics and instrumentation
Prog. Cardiovasc. Dis. 20, 19 /1977/
24. Bulkley, B.H. et al.:
Idiopathic hypertrophic subaortic stenosis: Detection
by thallium-201 myocardial perfusion imaging
New Eng. J. Med. 293, 1113 /1975/
25. Büll, U. et al.:
Evaluation of myocardial function with the 201-thal-
lium scintimetry in various diseases of the heart. A
correlative study of 100 patients.
Eur. J. Nucl. Med. 1, 125 /1976/
26. Cardot, J.C. et al.:
Temporal Fourier analysis applied to equilibrium ra-
dionuclide cineangiography
Eur. J. Nucl. Med. 7, 353 /1982/
27. Carr, E.A. et al.:
Myocardial scanning with rubidium-86
J. Nucl. Med. 3, 76 /1962/
28. Carr, E.A., Walker, B.J., Bartlett, J.:
The diagnosis of myocardial infarcts by photoscanning
after administration of cesium-131 /abstract/
J. Clin. Invest. 42, 922 /1963/
29. Cassen, B., Curtis, L., Reed:
A sensitive directional gamma ray detector
Nucleonics 6, 78 /1950/
30. Cohn, K., Dymnicka, S., Forlini, F.J.:
Use of the electrocardiogram as an aid in screening
for left ventricular aneurysm
J. Electrocard. 9, 53 /1976/

31. Cohn, P.F. et al.:
Left Ventricular Ejection Fraction as a Prognostic Guide in Surgical Treatment of Coronary and Valvular Heart Disease
Am. J. Cardiol. 34, 136 /1974/
32. Cook, D.J. et al.:
Thallium-201 for myocardial imaging. Appearance of the normal heart.
J. Nucl. Med. 17, 583 /1976/
33. Cornell, W.P., Braunwald, E., Morrow, A.G.:
Precordial scanning applications in the detection of left-to-right circulatory shunts
Circulation 23, 21 /1961/
34. Cournand, A. et al.:
Separate performance of both ventricles in man during the early phase of exercise, as analyzed by the method of selective radiography
Trans. Assoc. Am. Physicians 73, 283 /1960/
35. Csernay L. és mtsai:
Szívizom-szcintigráfiával szerzett tapasztalatok miokardiális infarktusbán /201-Thallium-klorid vizsgálatok/
Orvosi Hetilap 123, 75 /1982/
36. Csernay L. és mtsai:
SUPER-SEGAMS Kézikönyv
/Gamma Művek/ Budapest /1982/
37. Dembski, J., Zeitler, E.:
Sicherheit der Flächenkymographie nach Myokardinfarkt unter besonderer Berücksichtigung der Herzwandaneurysmen
Fortschr. Röntgenstr. 123, 30 /1975/

38. Donato, L.:
Radiocardiographic determinations in man of diastolic and residual blood volumes
Minerva Nucl. 2, 12 /1958/
39. Dworkin, H.J., Gutkowski, R.J.:
Rapid closed system production of technetium-99m albumin using electrolysis
J. Nucl. Med. 12, 562 /1971/
40. Feine, U., zum Winkel, K.:
Nuklearmedizin szintigraphische Diagnostik
Georg Thieme, Stuttgart /1969/
41. Fischer, P., Knopp, R., Breuel, H.P.:
Zur Anwendung der harmonischen Analyse bei der Funktionsszintigraphie des Herzens
Nucl. Med. 18, 167 /1979/
42. Folse, R., Braunwald, E.B.:
Determination of fraction of left ventricular volume ejected per beat and of ventricular enddiastolic and residual volumes
Circulation 25, 674 /1962/
43. Folse, R., Braunwald, E.B.:
Pulmonary vascular detection curves recorded by external detection in the diagnosis of left-to-right shunts
Br. Heart J. 24, 166 /1962/
44. Geffers, H. et al.:
Die Bestimmung von globalen und regionalen Parametern zur Charakterisierung des linken Ventrikels mit Hilfe nuklearmedizinischer Funktionsuntersuchungen
14. Jahrestagung der Gesellschaft für Nukl.med.
Berlin, 1976 pp. 431
Medico-Informationsdienste Berlin /1978/

45. Gottschalk, S.C., Smith, K.A., Wake, R.H.:
Comparison of seven pinhole and rotating slant
tomography of a cardiac phantom
J. Nucl. Med. 21, 27 /1980/
46. Green, M.V. et al.:
High-temporal-resolution ECG-gated scintigraphic
angiocardiology
J. Nucl. Med. 16, 95 /1975/
47. Gruber N. és mtsai:
201-Thalliummal végzett terheléses vizsgálatok ko-
ronáriabetegeken
Magyar Kardiológusok Társasága tudományos ülése
Balatonfüred /1980/
48. Gruber N. és mtsai:
201-Tl-kloriddal végzett terheléses vizsgálatok isz-
kémias szívbetegségben
Magyar Kardiológusok Társasága tudományos ülése
Balatonfüred /1982/
49. Hamilton, G.W., Pohost, G.M.:
Die Darstellung des Myokards mit Thallium-201
New England Nuclear /1976/
50. Harper, P.V., et al.:
Technetium-99m as a scanning agent
Radiology 85, 101 /1965/
51. Hauser, W. et al.:
Technetium-99m DTPA: A new radiopharmaceutical for
brain and kidney scanning
Radiology 94, 679 /1970/

52. Hedde, J.P. et al.:

Linksventrikuläre Herzfunktionszintigraphie und
Echokardiographie bei koronarer Herzkrankheit

In: Nuklearmedizin

Computer gestützte funktionelle Analyse pp. 459
F.K. Schattauer Verlag /1982/

53. Hegge, F.N., Hamilton, G.W., Larson S.M. et al.:

Cardiac chamber imaging. A comparison of red blood
cells labelled with technetium-99m in vitro and in
vivo.

J. Nucl. Med. 19, 129 /1978/

54. Hine, G.J.:

Measurements of the performance parameters of gamma
cameras part II.

HEW Publication /FDA/ 79-8049

55. Holman, B.L. et al.:

The paradox image: A noninvasive index of regional
left ventricular dyskinesis

J. Nucl. Med. 20, 1237 /1979/

56. Holman, B.L. et al.:

Single-photon transaxial emission computed tomography
of the heart in normal subjects and in patients with
infarction

J. Nucl. Med. 20, 736 /1979/

57. Horváth M. és mtsai:

A szívizomzat perfúziójának nukleáris módszerrel,
emberen való mérésének lehetőségéről

Izotóptechnika 16, 482 /1973/

58. Horváth M.:

Centrális és perifériás radioizotópos cirkulográfia
elmélete

Cardiologia Hungarica 8, 149 /1979/

59. Horváth M. és mtsai:
Our 20 years experiences with graphical methods in
the functional cardio-rehabilitation nucl. diagnostics
Proc. III. World Congress Nucl. Med. pp. 360
Pergamon Press/1982/
60. Hör, G. et al.:
201-Tl-Myokardszintigraphie bei Herzinfarkt
Compact News Nucl. Med. 5, 77 /1974/
61. Hör, G. et al.:
201-Tl-Myokardszintigraphie
/I.: Biokinetik, exogen-pharmakologische Parameter,
Technik/
Der Nuklearmediziner 2, Suppl. /1979/
62. Hör, G.:
201-Tl-Myokardszintigraphie
/II. Klinik und Sensitivität/
Der Nuklearmediziner Suppl. 12 /1979/
63. Hurley, P.J. et al.:
43-KCl: A new radiopharmaceutical for imaging the heart
J. Nucl. Med. 12, 516 /1971/
64. Hurst, J.W.:
The heart 5. Ed.
McGraw-Hill Book Comp. /1982/
65. McIntyre, W.J., Grespo, G.G., Christie, J.H.:
The use of radioiodinated iodipamide for cardio-
vascular scanning
Amer. J. Roentgenol. 89, 315 /1963/
66. Istvánffy M. és mtsai:
Haemodinamikai vizsgálatok essentialis keringési
hyperkinezisben
Magy. Belorv. Arch. 23, 276 /1970/

67. Istvánffy M. és mtsai:
99m-Tc pyrophosphat myocardialis scintigráfia acut
szívizominfarktusban
Card. Hung. 8, 185 /1979/
68. Jambroes, G. et al.:
Thallium-201 rest and exercise scintigraphy in patients
with coronary heart disease /abstract/
Circulation 52, suppl. 2, II-III. /1975/
69. McKillop, J.H. et al.:
Can the extent of coronary artery disease be predicted
from thallium-201 myocardial images?
J. Nucl. Med. 20, 715 /1979/
70. Lebowitz, E.:
Thallium-201 for medical use
J. Nucl. Med. 16, 151 /1975/
71. Lele, R.D., Divgi, C.R., Bhonsle, U.S.:
ECG-gated radionuclide ventriculography in coronary
artery disease.
In: International Symposium on Medical Radionuclide
Imaging Heidelberg, 1980. Vol. II. pp. 294
/IAEA, Vienna, 1981/
72. Lengyel M. és mtsai:
A balkamrai aneurysma kimutatása echocardiographiás
M-scan technikával
Orvosi Hetilap 120, 821 /1979/
73. Leppo, J.A. et al.:
The evaluation of ischemic heart disease: Thallium-
201 with comments on radionuclide angiography
Sem. Nucl. Med. 10, 115 /1980/

74. Lewellen, T.K., Murano, R.:
A comparison of count rate parameters in gamma cameras
J. Nucl. Med. 22, 161 /1981/
75. Logic, J.R.:
Maximizing the information from thallium studies
Clin. Nucl. Med. 6, P110 /1981/
76. Lynne, L. et al.:
Combined Volume and Ejection Fraction Response to
Exercise in Aortic Insufficiency
In: Nuclear Medicine and Biology - Proceedings of the
Third World Congress of Nuclear Medicine and
Biology pp. 77
Pergamon Press Paris, Oxford, New York, Toronto,
Sidney, Frankfurt /1982/
77. McHulla, H.J. et al.:
Comparative evaluation of fatty acids labelled with
C-11, Cl-34m, Br-77 and I-123 for metabolic studies
of the myocardium
Concise communication
J. Nucl. Med. 19, 298 /1978/
78. Maddahi, J. et al.:
What is the normal range for left and right ventri-
cular ejection fraction at different levels of
exercise? Findings of scintigraphic ventriculography
during graded ergometry in 34 normals.
J. Nucl. Med. 21, P5 /1980/
79. Maddahi, J. et al.:
Myocardial salvage by intracoronary thrombolysis in
involving acute myocardial infarction: Evaluation
using intracoronary injection of thallium-201.
Am. Heart J. 102, 664 /1981/

80. Maddahi, J. et al.:
Improved noninvasive assesment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201
Circulation 64, 924 /1981/
81. Maddox, D.E. et al.:
The ejection fraction image: a non invasive index of left ventricular wall motion
Am. J. Cardiol. 41, 1231 /1978/
82. Markis, J.E.:
Myocardial salvage after intracoronary thrombolysis with streptokinase in acute myocardial infarction: assessment by intracoronary thallium-201
N. Eng. J. Med. 305, 777 /1981/
83. Martin, N.D. et al.:
Rubidium-81: A new myocardial scanning agent
Radiology 111, 651 /1974/
84. Massie, B.M.:
Relationship of regional myocardial perfusion to segmental wall motion. A physiologic basis for understanding the presence and reversibility of asynergy
Circulation 58, 1154 /1978/
85. Massie, B.M., Botvinnick, E.H., Brundage, B.H.:
Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy: Factors affecting region by region sensitivity
Am. J. Cardiol. 44, 6161 1979/
86. Mester J., Máté E., Pávics L. és mtsai:
EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálatok a balkamrafunkció mérésére /normálértékek/
Cardiologia Hungarica /megjelenés alatt/

87. Miyamoto, E. et al.:
Right and left ventricular function during exercise
in patients with coronary artery disease
In: Nuclear Medicine and Biology-Proceedings of the
Third World Congress of Nuclear Medicine and
Biology pp. 2322
Pergamon Press Paris, Oxford, New York, Toronto,
Sidney, Frankfurt /1982/
88. Niess, G.S. et al.:
Usefulness and limitations of thallium-201 myocardial
scintigraphy in delineating location and size prior
myocardial infarction
Circulation 59, 1010 /1979/
89. Pachinger, O., Ogris, E., Sochor, H.:
Thallium-201 Szintigraphie in der kardiologischen
Diagnostik
Byk-Mallinckrodt Radiopharmazeutika-Diagnostika
Dietzenbach /1979/
90. Paras, P.:
Performance and quality control of nuclear medicine
instrumentation
Internat. Symp. Med. Radionucl. Imaging Heidelberg
/1980/
91. Pavel, D.G. et al.:
A method for increasing the accuracy of the radio-
nuclide measurement of ejection fraction and left
ventricular volume curve
J. Nucl. Med. 18, 641 /1977/
92. Pavel, D. et al.:
Normal and abnormal electrical activation of the
heart: Imaging pattern obtained by phase analysis
of equilibrium cardiac studies
Internat. Symp. on Med. Radionuclide Imaging
Heidelberg /1980/

93. Penfil, R.L., Brown, M.C.:
Genetically significant dose to the United States
population for diagnostic medical roentgenology
Radiology 90, 209 /1968/
94. Perkins, P.J.:
The radioisotopic diagnosis of false left ventri-
cular aneurysm
Am. J. Roentgenol. 132, 117 /1979/
95. Pierson, R.N. Jr. et al.:
Quantitative nuclear cardiography
J. Wiley & Sons /1975/
96. Pohost, G.M. et al.:
Differentiation of transiently ischemic from infarcted
myocardium by serial imaging after a single dose of
thallium-201
Circulation 55, 294 /1977/
97. Pohost, G.M.:
201-Tl for myocardial imaging
Nucl. Med. 17, 149 /1978/
98. Pohost, G.M. et al.:
Thallium redistribution: Mechanism and clinical utility
Sem. Nucl. Med. 10, 70 /1980/
99. Pretschner, P.:
Parametrische Darstellung: Prinzipien
Der Nuklearmediziner 2, 91 /1980/
100. Prinzmetal, M. et al.:
Radiocardiography: A new method for studying the blood
flow through the chambers of the heart in human beings
Science 108, 340 /1948/

101. Ratib, O. et al.:

Detection of coronary artery disease with phase analysis of gated blood pool studies at rest and with exercise

19. Jahrestagung der Gesellschaft für Nukl.med.
Bern /1981/

102. Reduto, L.A. et al.:

Intracoronary infusion of streptokinase in patients with acute myocardial infarction: Effect of reperfusion on left ventricular performance

Am. J. Cardiol. 48, 403 /1981/

103. Rigo, P. et al.:

Measurement of aortic and mitral regurgitation by gated blood pool scans

Circulation 60, 306 /1979/

104. Ritchie, J.L. et al.:

Myocardial imaging with thallium-201: A multicenter study in patients with angina pectoris or acute myocardial infarction

Am. J. Cardiol. 42, 345 /1978/

105. Roeske, W.R. et al.:

Clinicopathologic correlations in patients after myocardial infarction

Circulation 63, 36 /1981/

106. Rollo, F.D.:

Nuclear medicine physics, instrumentation and agents
The C.W. Mosby Company /1977/

107. Romhilt, D.W. et al.:

Cesium-129 myocardial scintigraphy to detect myocardial infarction

Circulation 48, 1242 /1973/

108. Rozanski, A. et al.:
Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy
Circulation 64, 936 /1981/
109. Savage, R.M. et al.:
Correlation of postmortem anatomic findings with electrocardiographic changes in patients with myocardial infarction
Circulation 55, 279 /1977/
110. Schad, N., Nickel, O.:
Assessment of ventricular function with first-pass angiocardigraphy
Cardiovasc. Radiol. 2, 149 /1979/
111. Schlichter, J., Hellerstein, H.K., Katz, L.N.:
Aneurysm of the heart. A correlative study of one hundred and two proven cases.
Medicine /Baltimore/ 33, 43 /1954/
112. Schwartz, K.D., Kruger, M.:
Improvement in labeling erythrocytes with Tc-99m-pertechnetate
J. Nucl. Med. 12, 323 /1977/
113. Sigel, H. et al.:
Quantitative Radionuklidventrikulographie bei Patienten mit coronarer Herzerkrankung
In: Nuklearmedizin im interdisziplinären Bezug pp.267
F.K. Schattauer Stuttgart-New York /1981/
114. Sonnemaker, R.E. et al.:
Single injection thallium-201 stress and redistribution myocardial perfusion imaging: Comparison with stress electrocardiography and coronary arteriography
Radiology 131, 199 /1979/

115. Sonnenblick, E.H., Strobeck, J.E.:
Derived indexes of ventricular and myocardial function
New Eng. J. Med. 296, 978 /1977/
116. Stern, M.S. et al.:
In-113m for blood-pool and brain scanning
Nucleonics 25, 62 /1967/
117. Sweet, S.E., et al.:
Left ventricular false aneurysm after coronary bypass
surgery; Radionuclide diagnosis and surgical resection
Am. J. Cardiol. 43, 154 /1979/
118. Turner, D.A., von Behren, P.L., Ruggie, N.T.:
Noninvasive identification of initial site of abnormal
ventricular activation by least-square phase analysis
of radionuclide cineangiograms
Circulation 65, 1511 /1982/
119. Vogel, R. et al.:
A new method of multiplanar tomography using a seven
pinhole collimator and an Anger scintillation camera
J. Nucl. Med. 19, 648 /1978/
120. Vogel, R.:
Seven pinhole tomography in nuclear cardiology
The Picker J. of Nucl. Med. Instrumentation 1, 30 /1980/
121. Vogel, R. et al.:
A multicenter comparison of standard and seven pinhole
tomographic Tl-201 scintigraphy: Results of quantita-
tive interpretation of tomograms.
J. Nucl. Med. 21, OP70 /1980/
122. Vokelman, J., Van Dyke, D., Yano, Y.:
Myocardial scanning with rubidium-82
Stokely Laboratory Reports 775 /1972/

123. Wackers, F.J.Th. et al.:
Location and size of acute transmural myocardial infarction estimated from thallium-201 scintiscans
Circulation 56, 72 /1977/
124. Wackers, F.J.Th.:
Thallium-201 myocardial scintigraphy in acute myocardial information and ischaemia
Sem. Nucl. Med. 10, 127 /1980/
125. Wagner, H.N. et al.:
The nuclear stethoscope: a simple device generation of left ventricular volume curves
Am. J. Cardiol. 38, 747 /1976/
126. Watson, D.D. et al.:
Spatial and temporal quantitation of plane thallium myocardial images
J. Nucl. Med. 22, 577 /1981/
127. Weiner, D.A. et al.:
ST segment changes post-infarction: predictive value for multivessel coronary disease and left ventricular aneurysm
Circulation 5, 887 /1978/
128. Willerson, J.T.:
Nuclear Cardiology
F.A. Davis Company, Philadelphia /1979/
129. Wocher, D. et al.:
113-In-transferrin space as a measure of plasma volume
J. Nucl. Med. 10, 383 /1969/
130. Yamada, M. et al.:
Analysis of regional wall motion abnormalities by Tc-99m cardiac blood-pool imaging
In: Proc. Third World Congr. Nucl. Med. Pergamon /1982/

