

BME, MTA SZTAKI és Bajcsy-Zsilinszky Kórház

Számítógépes diagnózis noninvasív haemodinamikai mérésekből

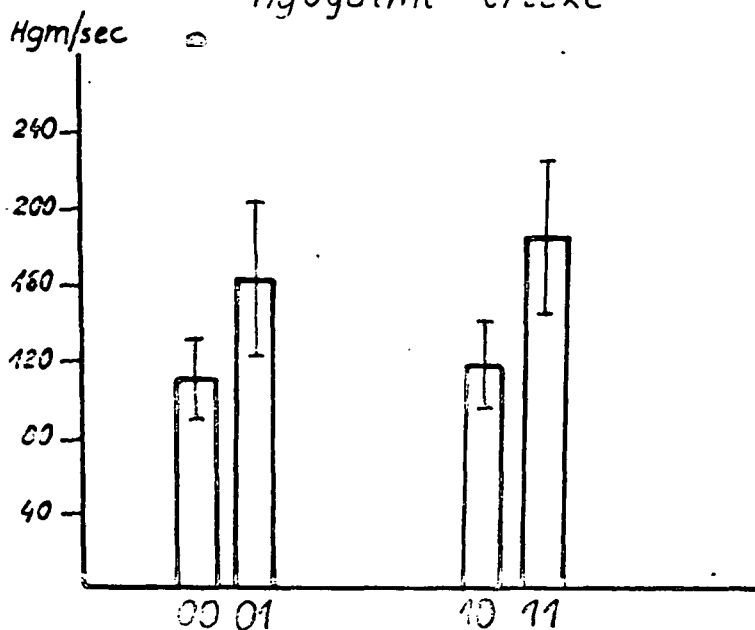
Gödry Ádám, Fischer János és Simonyi János

Régóta folynak kísérletek a Bajcsy-Zsilinszky Kórház III. Belosztályán a szív és a keringési rendszer megbetegedésének korai megállapítására, noninvasív módszerrel mért jelek alapján. Mostani előadásunkban bemutatjuk a legutóbb elvégzett vizsgálatokat és ezek számítógépes feldolgozását.

A munka alapfeltétele volt, hogy a feldolgozásra kerülő adatok teljesen azonos módszerrel folytatott vizsgálatokból származzanak. Erre a célra az isoproterenol fix, 5 µg-os adagja hatására létrejövő keringési változások jellemzőit használtuk fel. Ez a dózis már elég nagy volt ahhoz, hogy olyan terhelésnek feleljen meg, melynek hatására a cardialisan ép és a beteg szervezet érzékelhetően különböző módon reagál. Ugyanakkor korábbi összefüggésvizsgálatok bebizonyították, hogy rögzített dózis esetén a paraméterek függetlenebbek egymástól, és így a diagnosztizálás szempontjából több információt szolgáltatnak.

A kísérleteket fekvő betegeken végeztük, akik előzőleg nyugtatót kaptak. Az isoproterenolt egy adagban, bólusban adagoltuk. A gyógyszer adása előtt, majd utána 0,5, 1, 1,5, 2 és 3 perccel készítettünk regisztrátumokat. Ugyanakkor Korotkoff módszerével az artéria brachialis felett mértük a vérnyomást. Rendszeresen szinkron vettük fel az EKG II. elvezetését, a carotis görbét, ennek első deriváltját és a fonokardiogramot. A számítógépes vizsgálathoz ezekből a görbékéből nyert paraméterek szolgáltak bemenő adatként. Az értékeket legalább 5, technikailag kifogástalan görbeszakasz átlagaként kézzel mértük ki. A felhasznált paramétereket indexként képeztük, azaz nem abszolút értéküket néztük, hanem 1,5 perces terhelési értéket viszonyítottunk a nyugalmi értékhez. A relatív értékek alkalmazását is előzetesen elvégzett értékelések indokolták. Ezekből kiderült, hogy míg az abszolút értékek erősen vérnyomásfüggőek, a relatívak sokkal informatívabbak a szivizom megbetegedés korai felismerését tekintve. Ennek igazolására mutatjuk be az 1. és 2. ábrát. Lényeges gyakorlati szem-

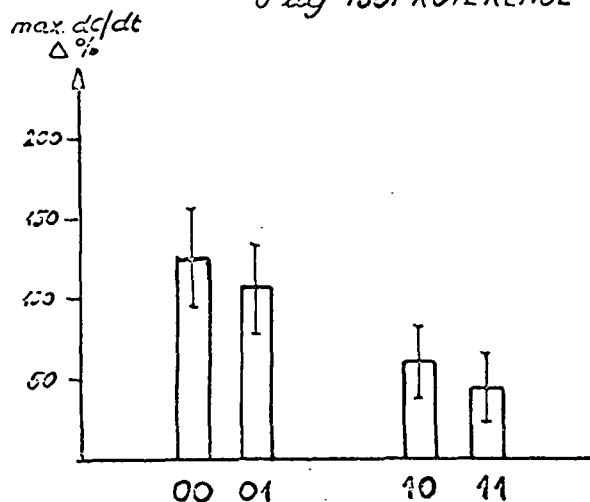
max. dc/dt ,
nyugalmi értéke



00 normotónia } cardiálisan
01 hypertónia } egészségesek

10 normotónia } cardiálisan
11 hypertónia } decompensáltak

1. ábra
max. dc/dt relatív változása
5 μ g ISOPROTERENOL után



00 normotónia } cardiálisan
01 hypertónia } egészségesek

10 normotónia } cardiálisan
11 hypertónia } decompensáltak

2. ábra

pont az is, hogy a relatív indexek felhasználása megoldja a méréseknél felmerülő kalibrációs problémákat. Azért választottuk az 1,5 perces terhelési értéket a rendelkezésre állókból, mert azt tapasztaltuk, hogy a hatás itt maximális.

A számítógépes vizsgálat bemenő adatait úgy nyertük, hogy a képzett relatív változások e alapu logaritmusát számítottuk. Erre az a tapasztalat vezetett, hogy az eredeti adatok szórása, eloszlása ekkor szimmetrikus lesz, jól megközelíti a normális eloszlást és az elvégzett diagnosztizáló diszkriminancia analízis ekkor ad jó, reális eredményt.

A munka során 147 ember adatait dolgoztuk fel. Az egyéneket 4 csoportba osztottuk és mindegyik csoporthoz azonosítót rendeltünk:

- 00 - cardialis decompensatió nem mutatható ki, normotóniások
- 01 - cardialis decompensatió nem mutatható ki, emelkedett és magas vérnyomásuk
- 10 - cardialisan decompensáltak, normotóniások
- 11 - cardialisan decompensáltak, emelkedett és magas vérnyomásuk.

Az adatlapokon a csoportazonosító mellett feltüntettük az egyének sorszámát is, hogy a számítógépes diagnosztika eredményei alapján az érdekesebb eseteket ellenőrizni lehessen.

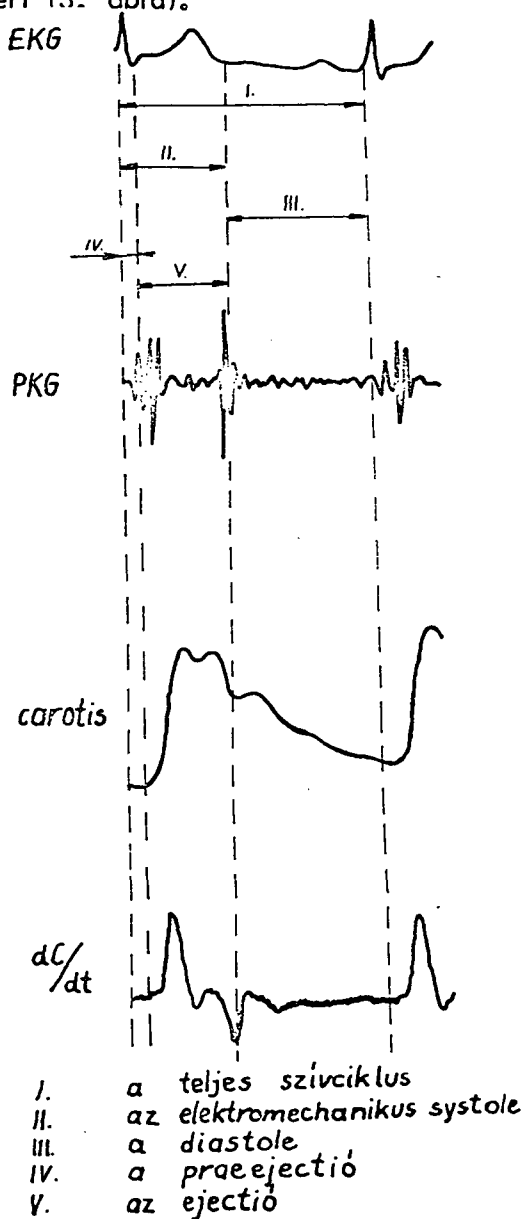
Összesen 10 paramétert vizsgáltunk, a már említett relatív logaritmusok segítségével adatlapra véve:

1. frekvencia
2. ejectiós idő (LVET)
3. praejectiós idő (PEP)
4. PEP/LVET
5. PEP . frekvencia
6. carotis derivált maximuma
7. carotis derivált differenciáhozányadosa

8. incisura index
9. PMS
10. diastolés nyomás

A paraméterek választásánál lényegesnek tartottuk, hogy a contractilitás-szabályozás mellett a frekvencia és a perifériális ellenállás regulációjára utaló mutatók is szerepeljenek, és így komplex képet kaphassunk a vizsgált egyének keringési állapotáról.

A korábbi vizsgálatokhoz képest két új indexet szeretnénk kiemelni, a praejectió időt és a carotis második deriváltjára utaló 7. paramétert (3. ábra).



3. ábra

A praeejectiós idő, mint contractilitás-index alkalmazása, az orvosi kutatásokban közismert. A carotis második deriváltra utaló index használatára az adott ötletet, hogy egy második derivált általában összefüggésben van az adott változást előidéző hatással, erővel. Esetünkben az aorta nyomást létrehozó erőhatással, a szívizom összehúzódó képességével állhat kapcsolatban. A 4. ábrán bemutatjuk, hogy vizsgálati anyagunkon hogyan különült el ez a 7. index a cardiálisan ép és beteg csoportokban.

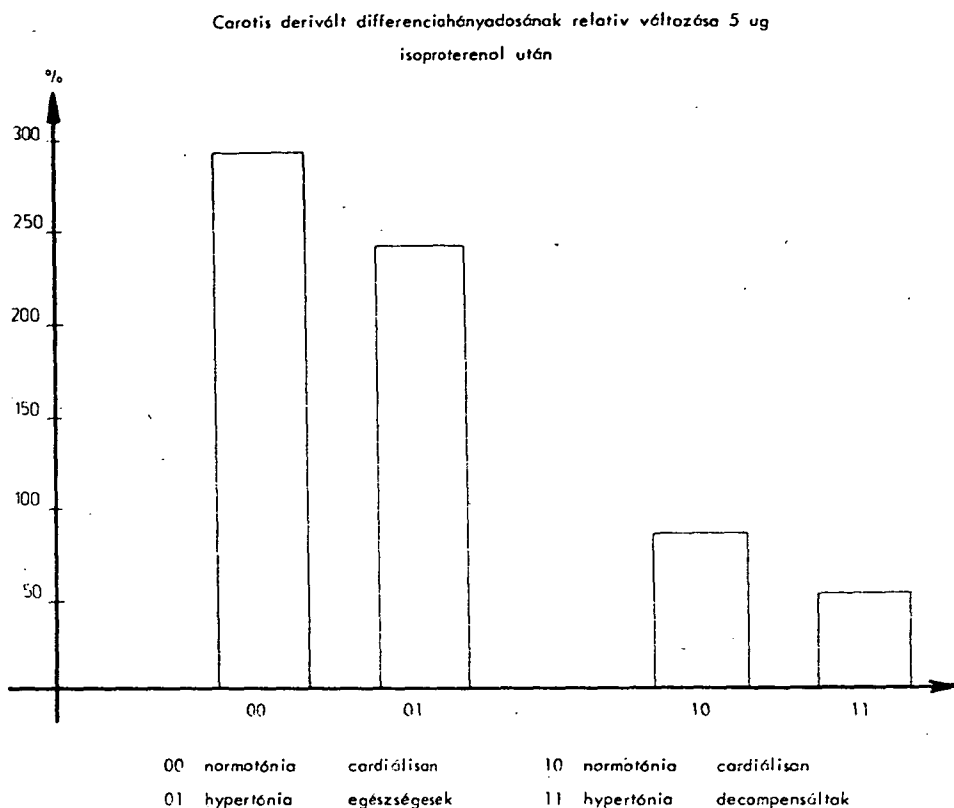
A diagnosztikai modell

A fent említett 10 paraméter, mint bemenő változó segítségével történt a számítógépes diagnosztizálás, melynek alapja a kétcsoportos diszkriminancia-analízis volt. A módszer részletes ismertetése helyett alkalmazhatóságának korlátait mutatjuk meg az 5. ábra alapján. E blokkvázlaton látható elágazási pontoknál kellett döntününk azokról a fontos kérdésekről, amelyek meghatározóak az elvégzett algoritmus szempontjából.

Az első kérdés, hogy mikor célszerű a függvény formában felépülő eljárás. A választ determinálja a felhasznált információ mennyisége, melyet a bemenő adatokból nyerhetünk, és az a cél, hogy milyen minőségi és mennyiségi információt akarunk szolgáltatni a döntéshozatalon kívül. Mivel kíváncsiak voltunk a feldolgozott paraméterek "súlyára", szerepükről minőségi képet akartunk nyerni, elvetettük az iteratív, tanulópontos eljárást.

Ez esetben a rendelkezésre álló mintaanyagból a tünetvektorok és a tanítások ismeretén túl, statisztikai jellemzők becslésére is szükség van. Mi feltételeztük a tünetvektorok, mint valószínűségi vektorváltozók sűrűségfüggvényeinek becslése helyett, hogy azok eloszlása közel normális. Ez a tény korábbi vizsgálatoknál már beigazolódott hasonló beteganyag esetén, ha a bemenő adatokat a paraméterek relatív változásának logaritmusaként nyertük.

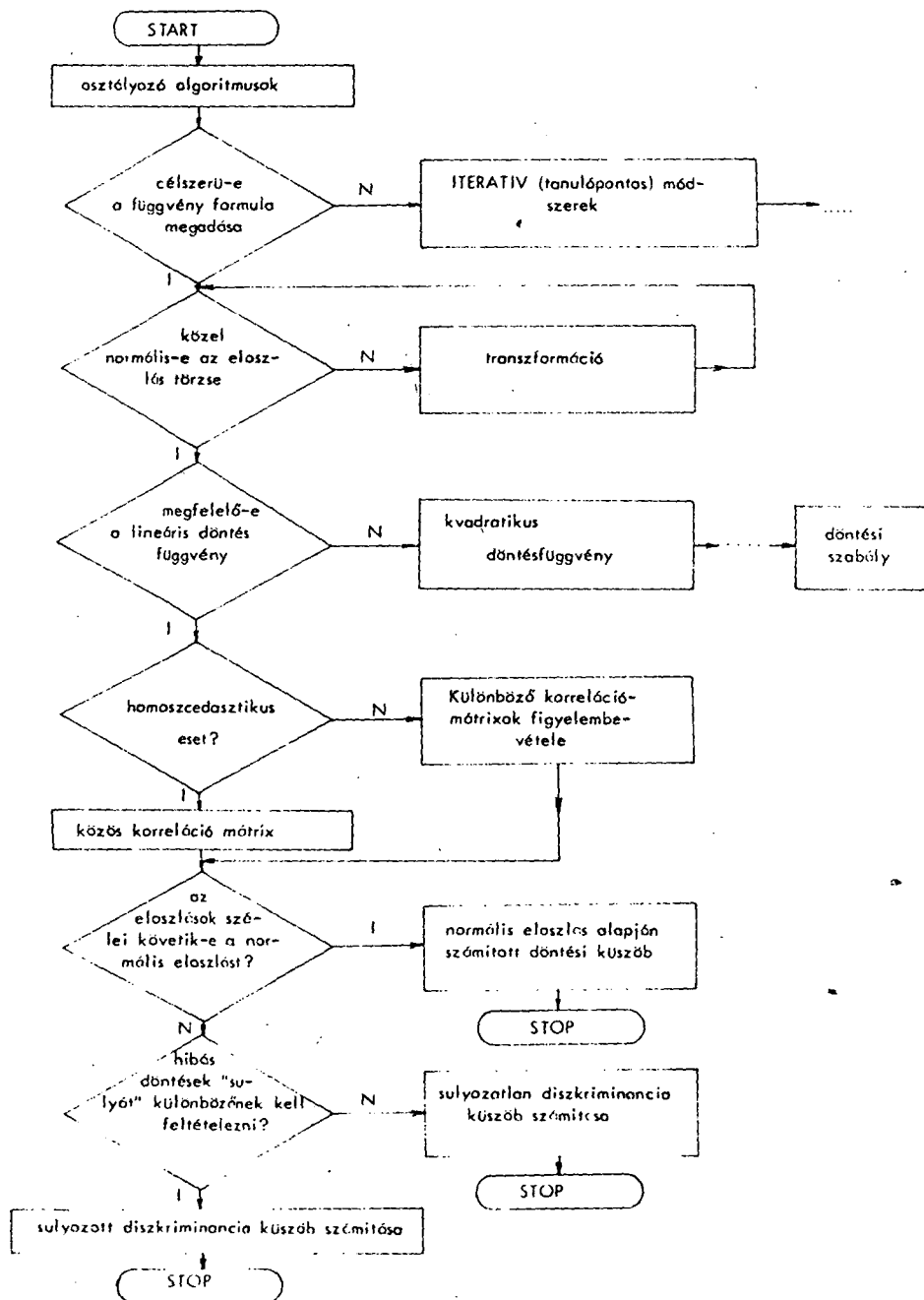
A következő kérdés, hogy mikor jogos lineáris döntésfüggvény felvétele. Szintén korábbi diszkriminancia-analízis vizsgálatok mutatták meg, hogy a döntéshozatal szempontjából nincs különbség a homoscedasztikus és a heteroscedasztikus módszerek között. Tehát érdemes az egyszerűbb, közös kovariancia mátrixon alapuló döntésfüggvény előállítását. Ez esetben a lineáris diszkriminancia-függvény használata in-



4. ábra

dokolt. Kipróbáltuk a lineáris függvény esetén elvégzett heteroszcedasztikus analízist is. Az volt az általános tapasztalat, hogy csak a döntéshozatalban résztvevő paraméterek "súlyában" van különbség a homoszcidasztikus módszerhez képest. Az elmondottak alapján kvadratikus döntésfüggvénnyel nem dolgoztunk.

A döntési szabály kialakításában nem használtuk fel a normális eloszlás kritériumát, hiszen úgy tapasztaltuk, hogy pontosan az eloszlások szélei (melyek a döntéshozatal szempontjából kritikusak) térnek el a normálistól. Ekkor olyan algoritmus kialakítására van lehetőség, mely az adott minta alapján minimalizálja a tévedés



5. ábra

valószínűségét. Így adódtak a súlyozatlan és súlyozott diszkriminancia-küszöb értékei. Ezek közül az utóbbit tekintjük jónak, hiszen a mintanagyságok, mint a priori valószínűségek figyelembevételével kialakított "tévedés" funkcionálban ez utóbbi tesz különbséget a téves döntések között. Tehát a kisebb mintából előkövetett tévedés jobban van büntetve a minták nagyságának (a mintaelemek száma) megfelelően.

A döntéshozatalon kívül számítógépes analizisünk információt szolgáltat egy sor olyan kérdésre, melyek a felhasznált paraméterek fontosságát tükrözik az optimális szétválasztáshoz létrehozott lineáris diszkriminancia-függvényben, és a szétválasztás nagyságát mutató D^2 távolságban (6. ábra).

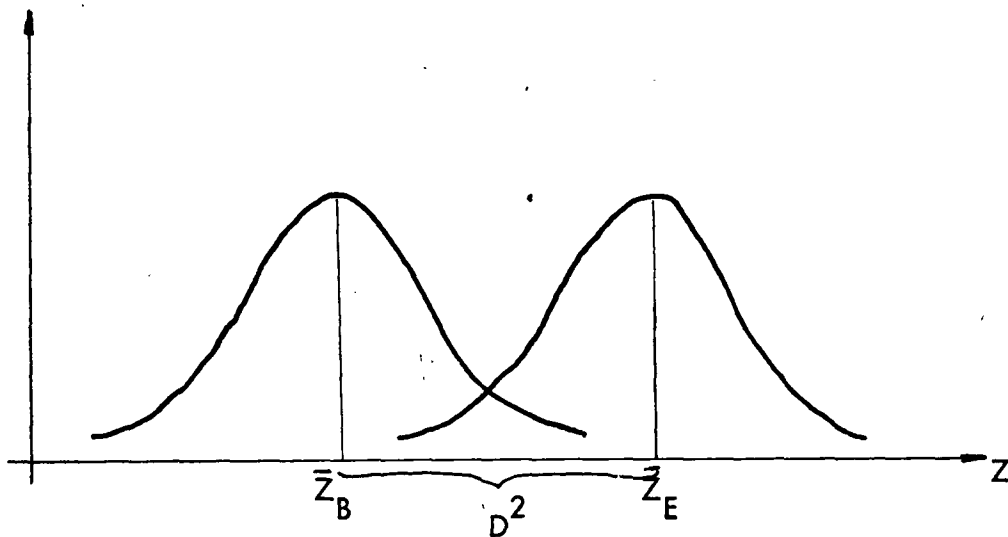
Az eredmények értékelése

A számítógépes programot FORTRAN nyelven írtuk. A futtatásokat az MTA SZTAKI CDC gépén és a BME Automatizálási Tanszék R-10 gépén végeztük.

A cardiális állapot szerinti szétválasztásnál 8 paraméter-kombinációt próbáltunk ki. Az 1. táblázatban láthatók a besorolás jóságára utaló találati valószínűségek (%-osan). Ezek 86 % - 77,8 %-os értékek. A táblázat 4. és 5. valamint 6. és 7. sorainak összevetésénél megállapítható, hogy a carotis deriváltra és a második deriváltra vonatkozó indexek közül vizsgálati anyagunknál ez utóbbi segíti jobban elő a szétválasztást. Az utolsó sorból leolvasható, hogy a 4. és 7., azaz a két első ízben vizsgált paraméter segítségével is 84,6 %-os találatu besorolást értünk el.

A 2. táblázat a változók elkülönítő szerepére utaló információkat ad, melyekből szintén a 7. paraméter lényeges szerepére következtethetünk.

A 3. táblázat reprezentálja az egyes futtatások során kapott direkt, indirekt és összes változósúlyokat. Ezek a D^2 szétválasztásban megjelenő százalékos értékek. A táblázatból szintén a carotis második deriváltat képviselő 7. paraméter magas értéke tűnik ki. A PEP-re utaló 3., 4. és 5. paraméterek nagy direkt súlyuk mellett hasonlóan nagy negatív indirekt hatást mutatnak, ami azt a tényt fejezi ki, hogy szorosan összefüggenek, és így együttesen hátráltatják egymást a diszkriminálásban. Közülük a PEP/LVET index alkalmazása a leghatásosabb.



Z diszkriminancia pontszám

\bar{Z}_E cardiálisan egészségesek diszkriminanciapontszámának átlaga

\bar{Z}_B cardiálisan decompensáltak diszkriminanciapontszámának átlaga

D^2 $Z_E - Z_B$

MINŐSÉGI MUTATOK

- Z pontszámok létrehozásában az egyes változók súlyai (a változók standardizált értékének megfelelő súlyok)
- D^2 %-os csökkenése az egyes változók elhagyásakor
- D^2 felbontása az egyes változók hatására (változók és változópárok viszonylatában)
- A változók direkt, indirekt és összes hatása D^2 alakulására

SZIVBETEGSÉG SZERINTI CSOPORTSZÉTVÁLASZTÁS

Jellemzők Futtatások	D ² távolság	Diszkr. közöb értéke	Norm. eloszl. bólszár. közöb	Súlyozot- lan diszkr. közöb	F értéke	A vizsgált személy		Találati valószí- nőség
						egészes- gesnek jósoljuk egészes- ges beteg	beteg- nek jósoljuk egészes- ges beteg	
10 változó	3,053	3,327	3,420	2,444	11,9,5	82,7%	17,3%	86 %
						10,8%	89,2%	
5 változó 2-4-7-8-9	2,754	3,247	3,346	2,745	2149,9	81,8%	18,2%	85 %
						10,8%	89,2%	
5 változó 2-4-6-7-9	2,766	3,574	3,616	2,728	2159,9	80,9%	19,1%	85 %
						10,8%	89,2%	
3 változó 2-4-6	1,485	2,988	3,157	2,446	1960,0	80%	20%	77,8%
						24,3%	75,7%	
3 változó 2-4-7	2,704	3,272	3,389	1,980	3569,1	80%	20%	84,6%
						10,8%	89,2%	
3 változó 1-6-9	1,333	2,356	2,646	1,577	1759,5	80,9%	19,1%	78,3%
						24,3%	75,7%	
3 változó 1-7-9	2,690	2,747	2,797	1,518	3549,6	77,3%	22,7%	84,6%
						8,1%	91,9%	
2 változó 4-7	2,652	2,992	3,138	1,643	5287,5	80%	20%	84,6%
						10,8%	89,2%	

1. táblázat

SZIVBETEGSÉG SZERINTI CSOPORTSZÉTVÁLASZTÁS

Futóidő- sok	Tulajdonság		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	jellemzők											
10 vől- tozó	4,317	7,1490	4,542	5,592	0,495	0,583	44,430	0,608	1,396	1,290		
	- 6,395	- 11,686	14,069	- 19,830	3,345	2,052	18,624	1,665	2,679	- 2,554		
5 vől- tozó	X	1,471	X	2,894	X	X	74,788	0,722	1,010	X		
1-4-7-9	X	- 2,639	X	- 3,506	X	X	18,349	1,713	2,060	X		
5 vől- tozó	X	1,275	X	3,007	X	1,176	44,656	X	0,895	X		
2-4-6-7-9	X	- 2,467	X	- 3,583	X	2,723	17,021	X	1,948	X		
3 vől- tozó	X	12,885	X	5,982	X	67,708	X	X	X	X		
2-4-6	X	- 5,579	X	- 3,702	X	12,448	X	X	X	X		
3 vől- tozó	X	1,922	X	2,996	X	X	82,267	X	X	X		
2-4-7	X	- 2,955	X	- 3,534	X	X	18,811	X	X	X		
3 vől- tozó	0,388	X	X	X	X	80,888	X	X	5,280	X		
1-6-9	0,882	X	X	X	X	12,803	X	X	3,258	X		
3 vől- tozó	2,058	X	X	X	X	X	90,527	X	1,736	X		
4-7-9	- 2,980	X	X	X	X	X	19,864	X	2,647	X		
2 vől- tozó	X	X	X	2,144	X	X	99,578	X	X	X		
4-7	X	X	X	- 2,881	X	X	19,636	X	X	X		

SZIVBETEGSÉG SZERINTI CSOPORTSZÉTVÁLASZTÁS

Futókat- sok	1948- évi szék	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
10. vlt- köz		9,2374 direkt -14,0250 indirekt összes - 4,7876	30,8524 -10,5727 20,2797	44,7163 -58,9609 -14,2446	88,8339 -83,1167 5,7172	2,5230 -3,6350 -1,1080	0,9510 5,2963 6,2474	78,3562 3,2654 84,6216	0,6261 0,9734 4,5995	1,6209 4,6955 3,3164	1,4733 -0,1150 1,3584
5.vltó- z6		X	4,7438	X	3,0777	X	X	84,3208	0,7348	1,0631	X
indirekt		X	3,3325	X	-4,9572	X	X	4,8317	1,0897	4,7648	X
összes		X	5,0763	X	4,1205	X	X	89,1524	1,8244	2,8279	X
2-4-7-9		X	4,5170	X	3,1998	X	1,8491	72,2507	X	0,9465	X
indirekt		X	3,2090	X	-2,0599	X	7,3019	10,0941	X	1,7157	X
összes		X	4,7239	X	1,1399	X	9,1510	82,3248	X	2,6622	X
3.vltó- z6		X	14,4522	X	6,3654	X	71,9565	X	X	X	X
indirekt		X	5,4468	X	-4,7112	X	5,9578	X	X	X	X
összes		X	19,8989	X	2,1942	X	77,9082	X	X	X	X
3.vltó- z6		X	2,2270	X	3,1853	X	X	90,2377	X	X	X
indirekt		X	3,5616	X	-2,0350	X	X	2,8251	X	X	X
összes		X	5,7886	X	1,1502	X	X	93,0628	X	X	X
3.vltó- z6		6,4021	X	X	X	X	84,7830	X	X	5,4892	X
indirekt		1,1092	X	X	X	X	4,4720	X	X	3,7458	X
összes		1,5113	X	X	X	X	89,2550	X	X	9,2350	X
3.vltó- z6		2,2772	X	X	X	X	X	101,1795	X	1,7963	X
indirekt		4,8095	X	X	X	X	X	-2,3649	X	1,9232	X
összes		-2,5323	X	X	X	X	X	98,8146	X	3,7195	X
2.vltó- z6		X	X	X	2,1594	X	X	100,2480	X	X	X
indirekt		X	X	X	-1,2024	X	X	-1,2024	X	X	X
összes		X	X	X	0,9561	X	X	99,0457	X	X	X

Összefoglalás

A számítógépes és a klinikai diagnózis közötti 80-86 %-os egyezés bizonyítja a leírt módszer alkalmazhatóságát noninvasív haemodinamikai méréseknél. A korábbi vizsgálatokhoz képest első ízben felhasznált paraméterek (a PEP és a carotis második deriváltjára utaló index) fontos szerepet játszottak a döntés során és a szétválasztásban. Különösen a carotis derivált differenciahányadosának értékei voltak szembetűnőek. A táblázatokból és a leírtakból indokoltnak látszik a carotis második deriváltjának későbbi részletesebb vizsgálatára felhívni a figyelmet.

A praejectiós időnek, mint contractilitás-indexnek a figyelembevétele kevésbé jelentős módon, de hatásosnak bizonyult. A minőségi értékelésből kiderült, hogy ezt a mutatót az ejectiós idővel korrigálva érdemes a továbbiakban felhasználni.

Előzetesen elvégzett diszkriminancia-analizisekkel összevetve az eredményeket, jobb szétválások adódtak. Ugy tűnik, hogy a contractilitásra utaló indexek központi szerepük az általunk elvégzett kérdésselvetésnél, szemben a korábbi eredményekkel, ahol abból a feltételezésből származott a legjobb szétválás az egészséges és beteg csoportok között, hogy egyszerre több regulatív tényező volt figyelembe véve.

