

The identification of the optimal method of general anaesthesia based on the multifactorial analysis of hemodynamic parameters in the surgery of herniated intervertebral disc

Iu. Bazeliuc

Valeriu Ghereg Department of Anaesthesiology and Reanimation

Nicolae Testemitsanu State University of Medicine and Pharmacy, 165, Stefan cel Mare Street, Chisinau, the Republic of Moldova

Corresponding author: Bazeliuc_iurie@yahoo.com. Manuscript received December 07, 2012; revised April 05, 2013

Abstract

In this paper the investigation method and the algorithm of the multifactorial statistical analysis of hemodynamic parameters are presented. The given method is subdivided into two classes: 1) traditional statistical estimation (mean value, standard error, Student t-test) and 2) non-traditional mathematical method (correlation matrix, initial parameters "tree", tree clustering, selection of diagnostic parameters used to identify the optimal method of anaesthesia). Hemodynamic parameters are investigated according to seven stages: tetrapolar integral reography after M. I. Tiscenco, oxygen delivery, oxygen consumption and oxygen utilization coefficient four methods of intravenous general anaesthesia applied in three steps-in pre-, intra- and postoperative surgery of the herniated disc in the lumbar spine. The used method allows to produce the mathematical processing of rheological data and indices of heart functioning in the real-time mode directly in the process of anaesthesia.

Key words: anaesthesia, haemodynamics, matrix of correlation, herniated intervertebral disk.

Реферат

В статье представлен метод исследования и алгоритм многофакторного статистического анализа гемодинамических параметров. Используемый метод разделен на две категории: 1) традиционный статистический расчет (среднее значение, стандартная ошибка, t-критерий Стьюдента) и 2) нетрадиционный математический подход (матрица корреляций, "дерево" показателей, кластеризация "дерева", отбор диагностических признаков, идентификация оптимального метода анестезии). Гемодинамические параметры изучены на основе 7 этапов: тетраполярная интегральная реография по М. И. Тищенко, доставка кислорода, потребление кислорода и коэффициент утилизации кислорода и 4 метода общей внутривенной анестезии, используемой в три этапа – до операции, во время операции и после операции – при грыжах диска поясничного отдела позвоночника. Используемый метод позволяет производить математическую обработку реологических данных и показателей работы сердца в режиме реального времени непосредственно в процессе выполнения анестезии.

Ключевые слова: анестезия, гемодинамика, матрица данных, грыжа межпозвоночного диска.

Introducere

Dezvoltarea tehnicilor de anestezie necesită noi tehnologii în monitorizarea hemodinamicii, deoarece doar monitorizarea presiunii arteriale (PA) și a frecvenței contracțiilor cardiace (FCC) nu este suficientă. Practic, tuturor tipurilor de anestezie generală intravenoasă le este caracteristică scăderea debitului cardiac (DC). Pentru stabilitatea hemodinamică este necesară elaborarea noilor metode neinvazive de monitorizare. În anul 1973, M. I. Tișcenko [17] a elaborat metoda reografiei integrale tetrapolare. Administrarea metodelor contemporane de monitorizare dau apreciere stării pacientului pe masa de operație. Această metodă include investigarea parametrilor hemodinamici-reograf-polianalizator REAN-POLI Medicom MTD, Rusia (**Реан-Поли Медиком-МТД, Россия**), care este indicată pentru aprecierea stării funcționale a sistemului cardiovascular, reacției lui de adaptare.

Reografia este o metodă neinvazivă de explorare, care înregistrează variațiile sistolo-diastolice ale impedanței electrice ale unui segment al organismului (sincrone cu variațiile de volum ale segmentului respectiv), la trecerea prin țesut a unui curent electric alternativ. La obținerea reogramei este utilizat un dispozitiv special, care emite curentul electric alternativ cu o frecvență mare de 50-100 kHz și o intensitate mică (mai mică de 10 μ A) care, la rândul lor, oferă informație veridică despre tonusul vascular, elasticitatea acestuia, rezistența vasculară periferică (Studiul hemodinamicii evaluează factorii care întrețin, modifică și reglează curgerea sângelui prin sistemul circulator. ROL asigură nevoile tisulare, transportul oxigenului, substanțelor nutritive spre țesuturi și preia catabolizii, menține homeostazia mediului intern).

Utilizarea acestor metode de monitoring neinvaziv măresc posibilitățile anestezistului de a manevra administrarea preparatelor, dirijarea și coordonarea discordanțelor apărute în timpul intervenției în sistemul cardiovascular. Mai mult ca atât, monitorizarea neinvazivă a sistemului cardiovascular oferă posibilitatea de a evalua și sistemul nervos central, precum și luarea măsurilor de rigoare pentru corijarea imediată a parametrilor hemodinamici în perioada pre-, intra- și postoperatorie în chirurgia herniilor de disc lombare (HDL). Totodată, acest monitoring favorizează reglarea în dinamică a parametrilor și optimizarea stării funcționale a sistemului cardiovascular, servind ca bază a unui nou concept de anestezie generală intravenoasă adecvată [13, 19]. Coloana vertebrală este formată din oase numite vertebre, legate între ele prin discuri intervertebrale. Discurile au rolul de a menține mobilitatea coloanei și funcționează ca un amortizor, preluând șocurile. Discul intervertebral este format dintr-un inel fibros, situat în exterior și nucleul pulpos (gelatinos) situat în interior. Când inelul exterior se deteriorează din cauza îmbătrânirii sau a traumatismelor, nucleul pulpos iese din cadrul discului, fenomen numit hernie de disc. Afecțiunea poate să apară la orice nivel al coloanei vertebrale, dar apare cu precădere la nivelul discurilor intervertebrale din regiunea lombară. Uneori, apare și la nivel cervical, mai rar – la nivel toracic. Nucleul pulpos herniat poate comprima nervii sau maduva spinării, prezentând simptome caracteristice.

Scopul acestui articol este examinarea abordărilor metodologice, utilizate pentru identificarea parametrilor informativi pentru analiza stării funcționale a sistemului cardiovascular, parametrilor diagnostici, prezentarea algoritmului de analiză multifactorială cu proiectarea indexului integral și, în baza lui, identificarea metodei optime de anestezie generală intravenoasă în chirurgia herniilor de disc lombare (HDL).

Material și metode

Analiza multifactorială: algoritmul, elaborat în baza unor cercetări ample, a servit drept instrument matematico-statistic de prelucrare a datelor care a stat la baza elaborării noului concept anestezic în chirurgia herniilor de disc lombare (HDL) [2, 3, 4, 5]. Indicii de bază ai hemodinamicii sistemice: PAS (Presiunea arterială sistolică), PAD (Presiunea arterială diastolică), PAM (Presiunea arterială medie), FCC (frecvența contracțiilor cardiace), PP (presiunea pulsatilă), au fost apreciați prin metoda integral noninvazivă propusă de M. I. Tișcenko, partea tehnică fiind asigurată de către Reograf-polianalizator (REAN-POLI Medicom MTD). Metoda neinvazivă de reografie integrală tetrapolară după M. I. Tișcenko, oferta de oxigen (DO_2), transportul de oxigen (O_2) și coeficientul de utilizare a oxigenului (EO_2) [13, 18, 19], permit analiza stării funcționale a hemodinamicii în timpul anesteziei și oferă posibilitatea de a evita efectele negative asociate cu hipotensiunea, hipertensiunea, scăderea debitului cardiac (DC), reacțiile posturale etc.

Materialul clinic utilizat în investigații: acordul pacienților, datele de laborator, actele medicale ale tratamentului în staționar au fost evaluate în cadrul Centrului Național Științifico-Practic de Medicină Urgentă (CNȘDMU). Studiul este bazat pe un lot de 104 pacienți operați, cu hernii de disc lombare (HDL), care au fost supuși monitorizării neinvazive a sistemului cardiovascular în perioada 2005-2009.

Metoda neinvazivă de reografie integrală tetrapolară după M. I. Tișcenko (Sistemul reograf-polianalizator REAN-POLI Medicom MTD) a fost studiată în coordonare cu 4 tipuri de anestezii generale intravenoase:

- * 27 de pacienți, anestezie cu Thiopental Na (sodium);
- * 30 de pacienți, anestezie cu Propofol;
- * 23 de pacienți, anestezie cu Diazepam;
- * 24 de pacienți, anestezie cu Ketamin.

Sarcinile pentru identificarea metodei optime de anestezie au la bază șapte etape consecutive:

Etapa 1. Construirea matricei parametrilor inițiali.

Etapa 2. Construirea matricei de corelație.

Etapa 3. Construirea „arborelui” parametrilor inițiali din matricea de corelație.

Etapa 4. Divizarea „arborelui” în clustere (cluster).

Etapa 5. Identificarea parametrilor diagnostici.

Etapa 6. Diferența statistică a indicatorilor de diagnostic în dinamică t – test Student.

Etapa 7. Identificarea metodei optime de anestezie în baza parametrilor diagnostici (indexul integral).

ETAPA I. Construirea matricei parametrilor inițiali

Matrița datelor inițiale a fost elaborată sub formă de tabel, în care au fost prezentați parametrii investigațiilor cu utilizarea metodei de reografie integrală tetrapolară (M. I. Tișcenko, Rusia). Această metodă include parametrii utilizați în evaluarea stării funcționale a sistemului cardiovascular [1, 2, 3, 4]. Datele privind perfuziile sanguine obținute prin această metodă sunt indirecte. Este utilizată în studiile neinvazive de investigare a fluxului sanguin și a tonusului vascular (tab. 1).

Tabelul 1
Parametrii sistemului cardiovascular

Nr d/o	Parametrii	Unitatea de măsură
1	VB – volum bătaie VS – volum sistolic	ml/b
2	TH – tip hemodinamic	l/min
3	RVS – rezistență vasculară sistemică	Dyne. s. cm ⁻⁵ /m ²
4	PAS – presiune arterială sistolică	mm/Hg
5	PAD – presiune arterială diastolică	mm/Hg
6	PAM – presiune arterială medie	mm/Hg
7	ImB – impedanță bazală	om
8	IB – indice bătaie (SI – stroke index)	ml/b/m ²
9	IC – indice cardiac (CI – cardiac index)	l/min/m ²
10	RVPS – rezistență vasculară periferică specifică	unitate relativă
11	PP – presiune pulsatilă (pulsatil pressure)	mm/Hg
12	PE – perioada ejeției	Mili/sec
13	FCI – funcția de contracție a inimii	l/min/m ²
14	PUVS – presiunea de umplere a ventriculului stâng	mm/Hg
15	PTDVS – presiune telediastolică a ventriculului stâng	mm/Hg
16	VVE – viteză volumetrică de ejeție	ml/sec
17	LVS – lucrul ventriculului stâng	kGm
18	ILVS – indice de lucru al ventriculului stâng	g.m/m ²
19	IBLVS – indice bătaie de lucru a ventriculului stâng	g.m/m ²
20	CE – consum de energie	mVt.sec/l
21	FIC – faza izometrică de contracție	sec
22	CP – componentă a puterii	mm/Hg
23	CMC – coeficientul mediu de corelare	
24	DImB – diferența impedanței bazale	msec
25	TRUP – timp de răspândire a unei pulsatile	msec
26	TUVR – timp de umplere vasculară rapidă	msec
27	TUVL – timp de umplere vasculară lentă	msec
28	TMUS – timp maximal de umplere sistolică	%
29	EA – elasticitate arterială	%
30	IEV – indicele elasticității vasculare	mOm
31	AUVR – amplitudinea de umplere vasculară rapidă	om
32	IR – index reografic	om

33	ASFCV – amplitudinea sistolică a fazei componente venoase	mOm
34	AI – amplitudinea incizurii	mOm
35	IDC – indice dicrotic	%
36	IDS – indice diastolic	%
37	ADFF – amplitudinea diastolică, faza finală	mOm
38	IDV – indice al drenării venoase	%
39	IRVS – indice al rezistenței vasculare sistemice	%
40	IDCD – indice dicrotic-diastolic	%
41	VMUVI – viteza medie de umplere vasculară lentă	om/sec
42	VMUVR – viteza maximă de umplere vasculară rapidă	om/sec

Parametrii dați au fost analizați în dinamică (perioada pre-, intra-, postoperatorie), aplicând metode de anestezie generală intravenoasă. Matrița datelor inițiale: 27 de pacienți, metoda de anestezie cu Thiopental Na; 30 de pacienți, anestezie cu Propofol; 23 de pacienți, anestezie cu Diazepam; 24 de pacienți, anestezie cu Ketamin.

Fiecare matriță a celor patru tipuri de anestezie a constituit patruzeci și doi de parametri ai stării funcționale a sistemului cardiovascular, prezentați în tabelul 1.

Fiecare parametru a fost supus prelucrării matematice:

- numărul de pacienți (n);
- valoarea minimă (min);
- valoarea maximă (max);
- valoarea medie (M);
- deviația standardă (σ);
- dispersia (σ^2);
- eroarea standardă (m).

Extrem de important este faptul că nu toți parametrii (42 de variabile) au o contribuție egală în optimizarea stării funcționale a hemodinamicii. În acest scop, a fost elaborată tehnologia de selectare a parametrilor informativi, numiți indicatori diagnostici. Selectarea indicatorilor diagnostici a fost efectuată în baza a două criterii:

1. Reducerea parametrilor inițiali.
2. Selectarea metodei de anestezie în baza indicatorilor diagnostici.

Un fragment al matricei parametrilor inițiali în investigațiile pacienților prin metoda de anestezie cu Thiopental Na este prezentat în tabelul 2.

ETAPA II. Construirea matricei de corelație

Selectarea parametrilor informativi include stabilirea indicatorilor care se dublează, având o legătură strânsă între ei, identificată în baza calculului coeficientului de corelație. Calcularea coeficienților de corelație dintre indicatorii inițiali a constituit baza pentru construirea matricei de corelație [1, 5, 6, 7, 8, 9].

Pentru calcularea coeficientului de corelație dintre doi indicatori a fost selectată formula computerizată descrisă de I. D. Morozov [1]. Calcularea coeficientului de corelație a fost realizată cu ajutorul programului computerizat Microsoft® Office EXCEL 2007.

Tabelul 2

Matrița parametrilor inițiali. Metoda de anestezie cu Thiopental Na. Perioada preoperatorie

Nr.	Inițiala pacientului	VB – volum bătaie	TH – Tip Hemodinamic	RVS – Rezistență Vasculară Sistemică	PAS – Presiune Arterială Sistolică	PAD – Presiune Arterială Diastolică
		ml/b	l/min	Dyne.s. cm ⁻⁵ /m ²	mm/Hg	mm/Hg
1	U.	59	5,5	1471	130	80
2	T.	42	3,3	2813	120	80
3	B.	91	8,1	905	120	70
4	G.	70	4,7	1658	120	80
5	P.	60	4,8	1472	110	70
6	R.	130	7,8	1858	120	80
7	P.	40	3,0	2711	120	80
8	P.	59	5,1	1535	120	80
9	V.	79	7,3	1319	140	80
10	S.	83	4,5	2085	140	90
11	M.	76	5,9	1397	120	80
12	R.	109	7,9	1036	130	80
13	B.	60	4,7	2180	160	100
14	T.	57	2,9	2613	120	80
15	C.	53	3,6	2321	130	80
16	D.	56	5,4	2416	120	70
17	B.	49	5,6	1965	130	80
18	B.	85	4,7	2046	130	80
19	C.	75	3,5	1586	120	80
20	M.	64	4,9	2314	120	80
21	L.	73	5,2	1468	110	70
22	L.	72	5,6	1398	120	70
23	R.	64	3,6	2044	130	80
24	C.	81	4,7	1670	160	100
25	A.	54	5,2	1474	140	80
26	P.	59	3,5	2230	120	80
27	P.	76	4,9	1057	110	70
	Numărul de observații	27	27	27	27	27
	Minimum	40	2,9	905	110	70
	Maximum	130	8,1	2813	160	100
	Mediu (M)	69,48	5,03	1816,37	126,30	79,63
	Deviația standard (σ)	68,30	5,83	1762,89	122,48	77,67
	Dispersia (σ²)	4664,38	33,94	3107777,23	15001,71	6032,11
	Eroare standard (m)	13,14	1,12	339,27	23,57	14,95

Formula 1:

$$r_{xy} = \frac{n \times \sum xy - \sum x \times \sum y}{\{[n \times \sum x^2 - (\sum x^2)] [n \times \sum y^2 - (\sum y^2)]\}^{1/2}} \quad (1)$$

unde: r_{xy} – coeficientul de corelație dintre parametrul x și parametrul y; x – valoarea parametrului x (tab. 2 x – presiunea arterială sistolică); y – valoarea parametrului y (tab. 2)

y – presiunea arterială diastolică); n – numărul de pacienți (tab. 2, n = 27).

Coeficientul de corelație are trei particularități:

1. Coeficientul de corelație permite aprecierea puterii relației dintre 2 parametri (tab. 2 – puterea relației dintre presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică).
2. Coeficientul de corelație apreciază puterea în limitele – 1

până la + 1. Cu cât coeficientul de corelație este mai apropiat de ± 1 , cu atât relația dintre parametri este mai puternică. Cu cât valoarea coeficientului este mai aproape de 0, cu atât relația dintre parametri este mai slabă.

3. Coeficientul de corelație poate fi mai mare decât 0 și mai mic de 1. Dacă rezultatul calculării coeficientului de corelație este mai mare de 0, atunci relația dintre acești parametri poate fi apreciată drept corelație pozitivă, dacă este mai mică de 0 – corelație negativă.

În modul acesta, coeficientul de corelație arată:

- relația dintre 2 fenomene/parametri;
- nivelul puterii acestei relații;
- tipul relației (pozitivă sau negativă).

Datele inițiale pentru calcularea coeficientului de corelație dintre presiunea arterială sistolică x și presiunea arterială diastolică y sunt prezentate în tabelul 3 (exemplu).

Din tabelul 3 observăm: X – fenomenul care caracterizează nivelul presiunii arteriale sistolice; Y – fenomenul care caracterizează nivelul presiunii arteriale diastolice.

Presupunem, că între indicii – presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică există o relație (dependentă)

Tabelul 3

Calcularea coeficientului de corelație a parametrilor inițiali, metoda de anestezie cu Thiopental Na

Nr de ordine	Inițiala pacientului	PAS – Presiunea Arterială Sistolică X	PAD – Presiunea Arterială Diastolică Y
		mm/Hg	
1	U.	130	80
2	T.	120	80
3	B.	120	70
4	G.	120	80
5	P.	110	70
6	R.	120	80
7	P.	120	80
8	P.	120	80
9	V.	140	80
10	S.	140	90
11	M.	120	80
12	R.	130	80
13	B.	160	100
14	T.	120	80
15	C.	130	80
16	D.	120	70
17	B.	130	80
18	B.	130	80
19	C.	120	80
20	M.	120	80
21	L.	110	70

22	L.	120	70
23	R.	130	80
24	C.	160	100
25	A.	140	80
26	P.	120	80
27	P.	110	70

– științifică. Pentru dovada științifică a acestei relații este necesară realizarea următorului algoritm:

Etapa 1. Calcularea coeficientului de corelație.

Etapa 2. Determinarea tipului de corelație (pozitivă sau negativă).

Etapa 3. Semnificația coeficientului de corelație.

Etapa 4. Analiza rezultatelor obținute.

Etapa 1. Coeficientul de corelație, calculat conform formulei 1, $r_{xy} = +0,86$.

Etapa 2. Coeficientul de corelație dintre presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică este pozitiv.

Etapa 3. Pentru semnificația coeficientului de corelație se aplică următoarea formulă:

3.1. Se calculează numărul de grade după formula $/2/$, $\gamma = n - 2/2/$, unde: n – numărul de pacienți.

În cercetarea prezentată mai sus, numărul de observații a alcătuit $n = 27$. De aici rezultă, numărul de grade este $\gamma = 27 - 2 = 25$.

3.2. În tabelul matematic special este prezentat coeficientul de corelație tabelară, luând în considerație că $\gamma = 25$.

3.3. Coeficientul de corelație tabelară are diferite niveluri de semnificație.

Cercetările medicale sunt veridice în cazul predicțiilor exacte, care au nivelul de 95%, sau mai mare. La nivelul de probabilitate de 95% și mai mare, corelația dintre fenomene va fi semnificativă pentru colectivitatea generală (toți pacienții Republicii Moldova cu hernii de disc lombar). Deci, coeficientul de corelație tabelară se află în tabelul matematic special la nivel de 95% și mai mult.

3.4. Cu predicții exacte de 95% sau mai mult și $\gamma = 25$ a fost stabilit coeficientul de corelație tabelară, care a alcătuit $r_{st} = /0,38/$.

3.5. Urmărind regula indicată mai jos, se poate aprecia semnificația coeficientului de corelație calculat:

☞ dacă $/r_{xy \text{ calculat}}/ \geq /r_{xy \text{ tabelară}}/$, atunci coeficientul de corelație calculat este semnificativ;

☞ dacă $/r_{xy \text{ calculat}}/ < /r_{xy \text{ tabelară}}/$, atunci coeficientul de corelație calculat nu este semnificativ.

Dacă coeficientul de corelație este semnificativ, atunci se definește nivelul de semnificație a coeficientului de corelație calculat.

În exemplul nostru coeficientul de corelație calculat este: $r_{xy} = +0,86$.

Coeficientul de corelație tabelară a fost: $r_{st} = /0,38/$.

$$/r_{xy \text{ calculat}}/ \geq /r_{xy \text{ tabelară}}/, 0,86 \geq 0,38.$$

Deci rezultatele cercetării au arătat că coeficientul de corelație calculat este semnificativ.

Nivelul de semnificație este egal cu 95% și mai mult. Este necesar de menționat faptul, că în limbajul științific nivelul de semnificație se scrie ca $p \leq 0,05$, și invers, nivelul de nesemnificație se scrie ca $p > 0,05$.

În baza rezultatelor obținute rezultă:

- a fost descoperită corelația dintre presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică prin metoda de anestezie cu Thiopental Na;
- coeficientul de corelație a fost $r_{xy} = +0,86$;
- coeficientul de corelație calculat este semnificativ la nivel de probabilitate de 95% ($p < 0,05$).

Rezultatele cercetării au descoperit corelația: cu cât mai mare este nivelul presiunii arteriale sistolice, cu atât mai mare este nivelul presiunii arteriale diastolice la pacienții care au fost operați cu hernie de disc lombară (HDL) prin metoda de anestezie cu Thiopental Na. Rezultatul obținut poate fi extrapolat la colectivitatea generală (toți pacienții, care vor folosi metoda de anestezie cu Thiopental Na în Republica Moldova). Rezultatul obținut va fi de 95% cazuri de cercetări din 100 ($p < 0,05$).

Rezultatul de corelație a fost calculat pentru doi parametri (presiunea arterială sistolică și presiunea arterială diastolică). Pentru selectarea parametrilor informativi au fost calculați coeficienții de corelație dintre patruzeci și doi de indicatori inițiali, prezentați în tabelul 1.

Numărul total de corelații dintre 42 de indicatori inițiali a fost calculat conform formulei:

$$K = \frac{n \times (n - 1)}{2} \quad (1)$$

unde: K – numărul total de coeficienți de corelații; n – numărul parametrilor studiați ($n = 42$).

Astfel, pentru construirea matricei de corelație din 42 de variabile s-au calculat:

$$K = \frac{42 \times (42 - 1)}{2} = 861$$

861 de coeficienți de corelație s-au calculat cu ajutorul soft-ului computerizat.

Remarcăm, că pentru selectarea parametrilor informativi (diagnostici) este foarte importantă valoarea puterii coeficientului de corelație.

Tipul coeficientului de corelație, (corelație pozitivă sau negativă) nu are importanță în selectarea indicatorilor diagnostici. În tabelul 4 este prezentată matricea de corelație fără semn (+ sau -).

Matricea de corelație are două particularități:

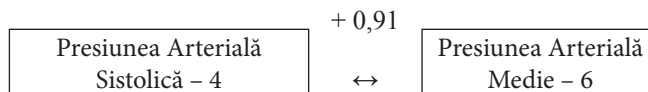
1. Corelația dintre aceiași indicatori are rezultat «1»;
2. Matricea de corelație este speculară, partea de sus este egală cu partea cea de jos.

Matricea de corelație este baza proiectării «arborelui» parametrilor inițiali.

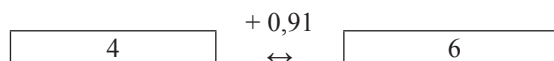
ETAPA III. Construirea «arborelui» parametrilor inițiali din matricea de corelație

Construirea «arborelui» parametrilor inițiali din matricea corelațiilor a fost îndeplinită în baza algoritmului descris [8, 14, 15, 16, 17]. Din matricea de corelație se caută cel mai mare coeficient de corelație din toți coeficienții calculați.

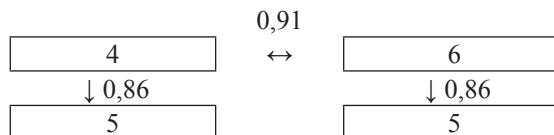
Tabelul 2 reflectă cel mai mare coeficient de corelație 0,91 dintre presiunea arterială sistolică (parametrul nr. 4) și presiunea arterială medie (parametrul nr. 6). Construirea «arborelui» parametrilor inițiali este prezentată mai jos:



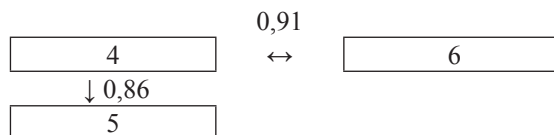
Varianta scurtă de construire a «arborelui» poate fi prezentată:



Coeficientul de corelație $r_{4,6} = 0,91$ în calculele următoare nu participă. În continuare se selectează cei mai mari coeficienți de corelație, care se află spre parametrul 4 și 6.



Din cei doi coeficienți de corelație se selectează cel mai mare coeficient de corelație. Dacă coeficienții de corelație sunt egali, atunci cercetătorul selectează parametrul în baza cunoștințelor adiționale. În exemplul dat, cercetătorul selectează coeficientul de corelație dintre presiunea sistolică (4) și presiunea diastolică (5), deci $r_{4,5} = 0,86$.



Coeficientul de corelație $r_{4,5} = 0,86$ nu se folosește mai departe în construirea «arborelui». Algoritmul descris mai sus continuă până se culeg toți coeficienții de corelație. În rezultat obținem «arborele» parametrilor inițiali ai sistemului cardiovascular (fig. 1).

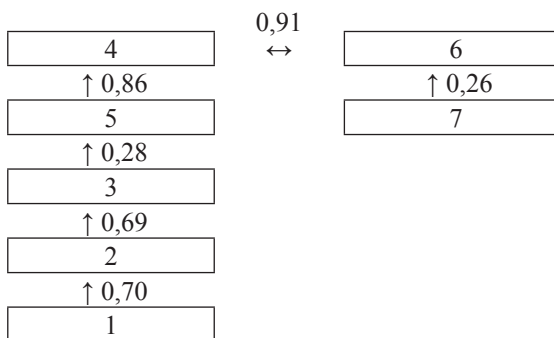


Fig. 1. «Arborele» parametrilor inițiali ai sistemului cardiovascular.

ETAPA IV. Împărțirea «arborelui» în clustere

Cluster (cluster) este grupul parametrilor omogeni. Grupul omogen include parametrii cu coeficienți de corelație înalți.

Tabelul 4

Matrița de corelație a parametrilor hemodinamici

Denumire	1. VB – volum bătaie	2. TH – Tipul Hemodinamic	3. RVS Rezistența Vasculară Sistemică	4. PAS – Presiunea Arterială Sistolică	5. PAD – Presiunea Arterială Diastolică	6. PAM – Presiunea Arterială Medie	7. ImB – Impedanța Bazală
1. VB – volum bătaie	1	0,70	0,52	0,04	0,02	0,11	0,26
2. TH – Tipul Hemodinamic	0,70	1	0,69	0,04	0,20	0,07	0,19
3. RVS – Rezistența Vasculară Sistemică	0,52	0,69	1	0,07	0,28	0,05	0,17
4. PAS – Presiunea Arterială Sistolică	0,04	0,04	0,07	1	0,86	0,91	0,20
5. PAD – Presiunea Arterială Diastolică	0,02	0,20	0,28	0,86	1	0,86	0,14
6. PAM – Presiunea Arterială Medie	0,11	0,07	0,05	0,91	0,86	1	0,26
7. ImB – Impedanța Bazală	0,26	0,19	0,17	0,20	0,14	0,26	1

Selectarea clusterelor constă în unirea coeficienților de corelație în conformitate cu regula:

“Coeficientul de corelație în interiorul grupului este necesar să fie strict mai mare decât coeficientul de corelație dintre grupuri”.

Selectarea clusterului I se începe cu cel mai mare coeficient de corelație, $r_{4-6} = 0,91$.

Cluster I. Presiunea arterială. Include 3 parametri omogeni:

1. Presiunea arterială medie – parametrul nr. 6.
2. Presiunea arterială sistolică – parametrul nr. 4.
3. Presiunea arterială diastolică – parametrul nr. 5.

Cluster II. Hemodinamică. Include 3 parametri omogeni:

1. Rezistența Vasculară Sistemică – parametrul nr. 3.
2. Tipul hemodinamic – parametrul nr. 2.
3. Volum bătaie – parametrul nr. 1.

Cluster III. Parametrul 7 „impedanța bazală” n- a fost inclusă în grupul I sau II. Deci, rezultatele cercetării au permis selectarea a 3 cluster (3 grupuri omogene):

1. Cluster I. Presiune (sistolică – 4, distolică – 6, medie – 5).

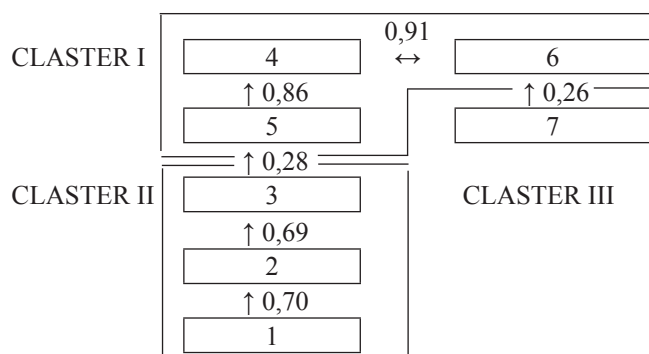


Fig. 2. Împărțirea „arborelui” în cluster.

2. Cluster II. Hemodinamică (rezistența vasculară sistemică – 3; tipul hemodinamic – 2; volum bătaie – 1).

3. Cluster III. Impedanța bazală este înglobat ca parametru independent. Rezultatele împărțirii „arborelui” în cluster sunt prezentate în fig. 2.

ETAPA V. Selectarea parametrilor diagnostici

Parametrii diagnostici se selectează în cluster. Algoritmul de selectarea al parametrului diagnostic include 4 pași:

Pașul 1. Din matrița corelării se exclud indicii izolați.

Pașul 2. Din matrița corelării se selectează clusterelor cu numărul de indici mai mare decât 2.

Pașul 3. Din matrița corelării se selectează clusterelor cu numărul de indici 2.

Pașul 4. Construirea matriței de corelație cu numărul de indicatori mai mare decât 2 (tab. 5).

În tabelul 5 se sumează pe rând toți coeficienții de corelație, exclusiv „1”. Parametrul cu suma mai mare este indicatorul diagnostic. Dacă în tabel doi indici au suma egală, atunci cercetătorul selectează indicatorul diagnostic în baza cunoștințelor profesionale. În exemplul dat, demonstrăm că presiunea sistolică este un indicator mai important decât presiunea arterială medie. Deci, parametrul „presiunea arterială sistolică” a fost selectat de către cercetător ca indicator diagnostic.

În clusterul II, tabelul 6 (exemplu) a fost selectat indicatorul diagnostic “Rezistența vasculară sistemică”. Indicatorul diagnostic acumulează informația altor indicatori din cluster, se află mai aproape de centrul clusterului, până se transformă în “inima” clusterului. Indicatorii izolați sunt indicatorii diagnostici.

Din șapte parametri inițiali au fost selectați trei parametri diagnostici, inclusiv:

- * presiunea arterială sistolică – 4
- * rezistența vasculară sistemică – 2
- * impedanța bazală – 7.

Parametrii diagnostici sunt analizați în dinamică.

Tabelul 5

Selecția parametrului diagnostic în clusterul I „Presiune”

Denumire	4. PAs – presiunea arterială sistolică	5. PAd – presiunea arterială diastolică	6. PAm – presiunea arterială medie	Σ	Indicatorul diagnostic
4. PAs – presiunea arterială sistolică	1	0,86	0,91	1,77	+
5. PAd – presiunea arterială diastolică	0,86	1	0,86	1,72	
6. PAm – presiunea arterială medie	0,91	0,86	1	1,77	

Tabelul 6

Selectarea indicatorului diagnostic în clusterul II

Denumirea	1. TH – tipul hemodinamic	2. RVS – rezistența vasculară sistemică	3. VB – volum bătaie	Σ	Indicatorul diagnostic
1. TH – tipul hemodinamic	1	0,70	0,52	1,22	
2. RVS – rezistența vasculară sistemică	0,70	1	0,69	1,39	+
3. VB – volum bătaie	0,52	0,69	1	1,21	

ETAPA VI. Diferența statistică a indicatorilor diagnostici în dinamică t – test Student

Scopul folosirii t-test Student este de a analiza diferența statistică a indicatorilor diagnostici în dinamică [10, 11, 12]. S-au analizat cinci perioade:

- * inițială;
- * premedicație;
- * inducție în anestezie;
- * intraoperatorie;
- * postoperatorie.

Algoritmul calculului t-test Student a inclus 7 etape, inclusiv:

1. calcularea valorii medii a indicatorului diagnostic în perioada inițială;
2. calcularea valorii erorii standard a indicatorului diagnostic în perioada inițială;
3. calcularea valorii medii a indicatorului diagnostic în perioada de premedicație;
4. calcularea valorii standard a indicatorului diagnostic în perioada de premedicație;
5. calcularea t-test Student;
6. compararea rezultatului „t” calculat al criteriului Student cu valoarea tabelară a lui „t”;
7. evaluarea diferenței statistice între perioada inițială și perioada premedicație.

Aprecierea semnificației diferenței statistice dintre perioada inițială și perioada premedicație. Etapele 1-4 au fost prezentate în tab. 2. Calcularea valorii „t” a criteriului Student a fost efectuată conform formulei (3):

$$t_{\text{Student-calculat}} = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} / 4$$

unde: M_1 – valoarea medie a presiunii arteriale sistolice în perioada preoperatorie ($M_1 = 124$ mm/Hg);

M_2 – valoarea medie a presiunii arteriale sistolice în perioada de premedicație ($M_1 = 121,7$ mm/Hg);

m_1 – eroarea standardă a presiunii arteriale sistolice în perioada preoperatorie ($m_1 = \pm 2,6$ mm/Hg);

m_2 – eroarea standardă a presiunii arteriale sistolice în perioada de premedicație ($m_2 = \pm 3,0$ mm/Hg).

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 7.

Din tabelul 7 determinăm că valoarea lui t calculat a constituit $t_{\text{Student-calculat}} = 0,63$. Compararea valorilor calculate t cu valorile tabelare t_{tabelar} se determină în baza tabelului valorilor lui t. Tabelul valorilor lui t se determină în baza numărului de pacienți în perioada inițială ($n_1 = 27$) și numărului de pacienți în perioada de premedicație ($n_2 = 27$).

Aceiași pacienți au fost evaluați în perioada inițială și premedicație. Gradul de libertate pentru diferența a două grupuri de observații se determină conform formulei (5):

$$\gamma = n_1 - 1 \quad (5)$$

unde: γ – gradul de libertate; n_1 – numărul de pacienți ($n_1 = 27$).

În baza datelor reprezentate mai sus, gradul de libertate este egal cu:

$$\gamma = 27 - 2 = 25$$

Din tabelul 7 observăm că la $\gamma = 27$, valoarea tabelară a criteriului Student constituie:

$t_{\text{tabelar}} = 2,1$ în funcție de nivelul de probabilitate 95%;

$t_{\text{tabelar}} = 2,8$ în funcție de nivelul de probabilitate 99%;

$t_{\text{tabelar}} = 3,7$ în funcție de nivelul de probabilitate 99,9%.

Analiză. Dacă valoarea calculată a criteriului Student $t_{\text{Student-calculat}}$ este egală sau este mai mare decât valoarea tabelară a criteriului Student $t_{\text{Student-tabelar}}$, atunci diferența statistică între perioada preoperatorie și cea de premedicație se consideră veridică.

Dacă valoarea calculată a criteriului Student $t_{\text{Student-calculat}}$

Tabelul 7

t-test Student al presiunii arteriale sistolice în perioada inițială (baseline) și premedicație

Indicatorul diagnostic	Unitatea de măsură	Bărbați. Perioadă				t-test Student	Dinamica indicatorilor diagnostici			Predicția precisă (criteriu de veridicitate)
		Inițială		Premedicație			A crescut veridic	A scăzut veridic	Nu s-a schimbat	
		Valoarea medie (M ₁)	Eroarea standard (m ₁)	Valoarea medie (M ₂)	Eroarea standard (m ₂)	t _{calculat}				
PAS – Presiunea Arterială Sistolică	mm/Hg	124,2	2,6	121,7	3,0	0,63			*	p > 0,05

este mai mică decât valoarea tabelară a criteriului Student $t_{\text{Student-tabelar}}$ atunci diferența statistică între perioada preoperatorie și premedicație nu este veridică.

Rezultatele calculelor prezentate mai sus, au arătat că valoarea calculată a criteriului Student a constituit $t_{\text{Student-tabelar}} = 0,63$.

Rezultatul obținut a fost mai mic decât $t_{\text{Student-tabelar}} = 2,1$.

Rezultatele cercetărilor au arătat că diferența statistică între presiunea arterială sistolică la bărbați în perioada preoperatorie ($124,2 \pm 2,6$) și premedicație ($121,7 \pm 3,0$) nu a fost veridică ($p > 0,05$). Deci, nivelul presiunii sistolice nu s-a schimbat semnificativ de la perioada de premedicație, în comparație cu perioada preoperatorie. Nivelul presiunii arteriale sistolice a rămas la aceleași valori.

ETAPA VII. Selectarea metodei optime de anestezie în baza indicatorilor diagnostici

Selectarea metodei de anestezie a fost construită în baza algoritmului de proiectare a indexului Integral al indicatorilor diagnostici descriși [2].

Algoritmul de proiectare a Indexului Integral include 5 pași:

Pasul 1. Construirea matriței parametrilor diagnostici;

Pasul 2. Determinarea valorilor maxime și minime;

Pasul 3. Calcularea „pierderilor” pentru fiecare parametru diagnostic.

Pasul 4. Calcularea „pierderilor” medii pentru fiecare metodă de anestezie;

Pasul 5. Selectarea metodei optime de anestezie.

Pasul 1. Construirea matriței parametrilor diagnostici. În tabelul 8 sunt prezentate rezultatele “Presiunii Arteriale Sistolice” în 5 perioade ale intervenției chirurgicale la pacienții care au administrat patru metode de anestezie.

Pasul 2. Determinarea valorilor maxime «MAX_i» și valorilor minime «MIN_i» în fiecare coloană prezentată în tabelul 8.

În rezultatul calculării este determinată presiunea arterială sistolică:

Thiopental: max = 124,2 în perioada preoperatorie;
min = 114,2 în perioada premedicație.

Propofol: max = 136,0 (premedicație);
min = 122,5 (intraoperatorie).

Diazepam: max = 124,0 (preoperatorie);
min = 117,0 (inducție).

Ketamin: max = 124,0 (preoperatorie);
min = 116,0 (inducție).

Tabelul 8

Matrița Presiunii Arteriale Sistolice cu patru metode de anestezie

Perioada intervenției chirurgicale	Thiopental Na	Propofol	Diazepam	Ketamin
Inițială	124,2	126,5	124,0	124,0
Premedicație	121,7	136,0	120,0	120,0
Inducție	114,2	128,0	117,0	116,0
Intraoperatorie	122,1	122,5	120,0	120,0
Postoperatorie	123,3	127,5	120,0	122,0
«MAX _i »	124,2	136,0	124,0	124,0
«MIN _i »	114,2	122,5	117,0	116,0

Pasul 3. Calcularea „pierderilor” pentru fiecare parametru diagnostic. Pentru calcularea „pierderilor” se selectează etalonul metodei de anestezie. Drept etalon este considerată metoda de anestezie sintetică, care include cei mai buni parametri diagnostici. Valoarea „pierderilor” reprezintă devierea indicatorului obținut de la indicatorul etalon.

Cu cât mai mari sunt pierderile metodei de anestezie, cu atât mai mic este Indexul Integral, și invers, cu cât mai puține pierderi are metoda de anestezie, cu atât mai mare este Indexul Integral. Rezultă că metoda de anestezie cu pierderi minime pentru toți indicatorii diagnostici este metoda optimă de anestezie pentru pacienții operați cu hernie de disc lombară. Valoarea pierderilor se calculează conform formulei (5), descrise în „Aprecierea calității serviciilor primare și remunerarea medicului de familie” [15].

$$L_{xy} = \frac{(MAX_i - X_{ij})}{(MAX_i - MIN_i)} (5)$$

unde: L_{xy} – valoarea pierderilor i , metoda de anestezie y ;

MAX_i – valoarea maximală a indicatorului i ;

MIN_i – valoarea minimală a indicatorului i ;

X_{ij} – valoarea indicatorului „ i ”, metoda de anestezie y .

Rezultatele valorilor „pierderilor” sunt prezentate în tab. 9.

Tabelul 9

Valorile pierderilor parametrilor diagnostici

Metoda de anestezie	Valoarea pierderilor 0 – min. 1 – max				
	Perioada inițială	Premedicație	Inducție	Intraoperatorie	Perioada postoperatorie
1. Thiopental Na	0,23	0,89	1,00	0,81	0,84
2. Propofol	0,00	0,00	0,00	0,77	0,64
3. Diazepam	0,25	1,00	0,80	1,00	1,00
4. Ketamin	0,28	1,00	0,84	1,00	0,91

Pasul 4. Calculele „pierderilor” medii pentru fiecare metodă anestezică. Valoarea pierderilor medii se calculează conform formulei (6), descrise în “Aprecierea calității serviciilor primare și remunerarea medicului de familie”.

$$L_j = 1/n \sum_{j=1}^n L_{ij} \quad (6)$$

unde: L_j – valoarea pierderilor pentru metoda de anestezie j ;

L_{ij} – valoarea pierderilor „ i ” pentru metoda de anestezie j ;

n – numărul metodelor de anestezie ($n = 4$).

Rezultatele calculării pierderilor medii pentru fiecare metodă de anestezie sunt arătate în tab. 10.

Pasul 5. Identificarea metodei optime de anestezie. Selectarea metodei începe cu proiectarea Indexului Integral al metodei de anestezie. Indexul Integral al metodei de anestezie se determină conform formulei (7):

$$I_j = (1 - L_j) \times 100 \quad (7)$$

unde: I_j – Indexul Integral al metodei de anestezie j ;

L_j – valoarea pierderilor medii pentru metoda de anestezie j .

Rezultatele calculării Indexului Integral sunt prezentate în tab. 11.

Locul I. Metoda de anestezie cu Propofol este cea mai bună. Indexul Integral a constituit ($I = 71,7\%$).

Locul II. Metoda de anestezie cu Thiopental Na ($I = 24,6\%$).

Locul III. Metoda de anestezie cu Ketamin ($I = 19,2\%$).

Locul IV. Metoda de anestezie cu Diazepam ($I = 19,1\%$).

Concluzii

În acest articol a fost elaborat algoritmul de analiză statistică multifactorială pentru identificarea parametrilor informativi ai hemodinamicii, în baza metodei neinvazive a reografiei integrale tetrapolare conform lui M. I. Tișcenco [17].

Această metodă oferă posibilitatea de investigare și prelucrare matematică computerizată a datelor reogramei, de analiză a indicilor reologici și a lucrului cardiac în regim real. Analiza multifactorială a parametrilor investigați a inclus 7 etape:

- construirea matricei parametrilor inițiali;
- construirea matricei de corelație;
- construirea “arborelui” parametrilor inițiali din matricea de corelație;
- împărțirea “arborelui” în clustere;
- selectarea parametrilor diagnostici;
- evaluarea parametrilor diagnostici în dinamică;
- selectarea metodei optime de anestezie în baza parametrilor diagnostici.

Utilizând aceste metode de identificare a parametrilor diagnostici, faza finală – indexul integral, după care a fost identificată metoda de anestezie generală în chirurgia herniilor de disc lombare.

Tabelul 10

Valoarea Pierderilor Medii a parametrilor diagnostici

Metoda de anestezie	Pierderi. 0 – min. 1 – max					Valoarea Pierderilor Medii
	Perioada inițială	Premedicație	Inducție	Intraoperatorie	Perioada postoperatorie	
1. Thiopental Na	0,23	0,89	1,00	0,81	0,84	0,75
2. Propofol	0,00	0,00	0,00	0,77	0,64	0,28
3. Diazepam	0,25	1,00	0,80	1,00	1,00	0,81
4. Ketamin	0,28	1,00	0,84	1,00	0,91	0,81

Tabelul 11

Selectarea metodei optime de anestezie

Metoda de anestezie	Valoarea pierderilor medii	Indexul Integral	Rating-ul metodei de anestezie	Metoda optimă de anestezie
1. Tiopental Na	0,75	24,6	2	
2. Propofol	0,28	71,7	1	*
3. Diazepam	0,81	19,1	4	
4. Ketamin	0,81	19,2	3	

References

1. Morozov ID. Matrichnye raschety v statistike [Matrix-like calculations in statistics]. M.: Finansy i statistika [M: Finance and statistics], 1983;107.
2. Plyuta V. Sravnitel'nyi mnogomernyi analiz v ekonomicheskikh issledovaniyakh: Metody taksonomii i faktornogo analiza. Per. s polskogo V.V. Ivanova [The comparative multidimensional analysis in economic researches: Methods of taxonomy and factorial analysis]. Translation from the Polish V.V. Ivanov. M.: Statistika, 1980.
3. Plokhinsky ON. Biometriya [Biometrics]. M.: Izd. Moskovskogo Universiteta [Ed. Moscow University], 1970;352.
4. Polyudov SI, Moroshanu MI. Proektirovanie kompyuternykh tekhnologiy v zdravookhraneni [Design of computer technologies in health care]. Kishinev, 1993;93-142.
5. Poliudov S, Moraru C. Aprecierea calitatii serviciilor primare si remunerarea medicului de familie. Indicații metodice [Assessment of the quality of primary medical care and the family doctor fee. Methodical recommendations]. Chișinău, 2001;7-9.
6. Bolshev LN, Smirnov NV. Tablitsy matematicheskoy statistiki [Tables of mathematical statistics]. M: Science, 1983;248.
7. Dempster AP. Elements of Continuous Multivariate Analysis. San Francisco: Addison-Wesley, 1969.
8. Derringer G, Suich R. Simultaneous optimization of several response variables. Journal of Quality Technology. 1980;12:214-219.
9. Durbin J. Testing for serial correlation in least-squares regression when some of the regressors are lagged dependent variables. *Econometrica*. 1970;38:410-421.
10. Finn JD. Multivariate analysis of variance and covariance. In K. Enslein, A. Ralston and H. S. Wilf (Eds.). Statistical methods for digital computers. New York: Wiley, 1977;3:203-264.
11. Gifi A. Nonlinear multivariate analysis. New York: Wiley, 1990.
12. Yunkerov VI, Grigorev SE. Matematiko-statisticheskaya obrabotka dannykh meditsinskikh issledovaniy [Mathematical-statistical data processing of medical researches]. Sankt-Petersburg, 2002.
13. Roy J. Step-down procedure in multivariate analysis. *Annals of Mathematical Statistics*. 1958;29:1177-1187.
14. Lebedinsky KM. Anesteziya i sistemnaya gemodinamika: otsenka i korrektsiya sistemnoy gemodinamiki vo vremiya operatsii i anestezii [Anesthesia and systemic haemodynamics: assessment and correction of systemic haemodynamics during operation and anesthesia]. SPB: Chelovek, 2000;200.
15. Voineagu Virgil, Lilea Eugenia. Statistică economică. Teorie și aplicații. [Statistical economy. Theories and applications]. Bucuresti: Tribuna Economică [Economic tribune], 2002;55-73.
16. Pesarin F. Multivariate Permutation Tests: With Applications in Biostatistics. John Wiley and Sons. Chichester, 2001.
17. Tishchenko MI, Smirnov AD, Danilov LN, i dr. Kharakteristika i klinicheskoe primenenie integralnoy reografii - novogo metoda izmereniya udarnogo obyema [The characteristic and clinical application of an integrated reography - a new method of measurement of shock volume]. *Kardiologiya*. 1973;11:54-62.
18. Vohra A, Thomas AN, Harper NJ, et al. Noninvasive measurement of cardiac output during induction of anaesthesia and tracheal intubation: thiopentone and propofol compared. *BJA*. 1991;67:64-68.
19. Gologorsky VA, Usvatova IYa, Akhundov AA. Metabolicheskie izmeneniya kak kriterii adekvatnosti nekotorykh vidov kombinirovannoy obshchey anestezii [Metabolic changes as a criterion of the adequacy of some types of the combined general anesthesia]. *AiR*. 1986;2:13.