

## Mikrovaskuliariñø akustiniñø trajektorijø padëties nustatymas taikant kompiuterinã tomografijã

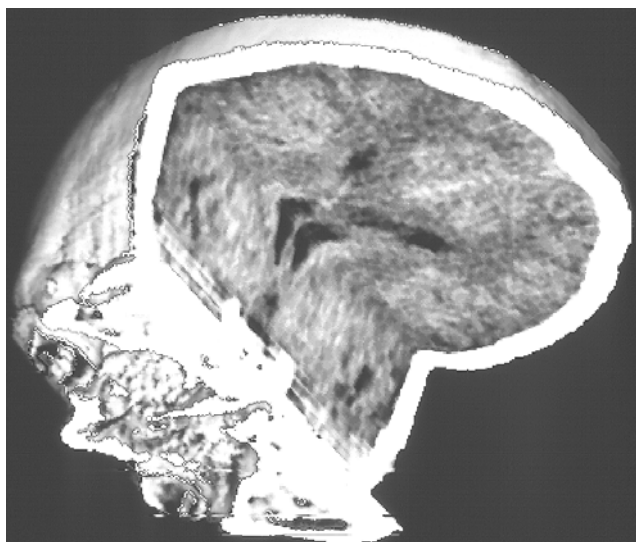
A. Ragauskas, A. Kanapienis, D. Virþonis

KTU Telematikos laboratorija

Studentø g. 50, 3028 Kaunas

### Åvadas

Þmogaus galvospõdþio (*Intracranial Pressure - ICP*) matavimo ir monitoringo svarbã árodo neurochirurginës reanimacijos pacientø fiziologinio monitoringo teorija ir praktika [7,17] bei metodikos plëtros tendencija [8].



1 pav. Intrakraninë kaukolës terpë (trimatë rekonstrukcija, panaudojant kompiuterinã tomografijã).

Kita interesø sritis, kurioje ICP monitoringui teikiama didelë reikðmë, - tai þmogaus, patekusio nesvarumo bõklë, smegenø hemodinamikos diagnostika [6]. Abiem atvejais idealu bõt naudotis neinvazinimis matavimo ir monitoringo priemonimis ir ðitaip išvengti infekcijø rizikos ir kitokio diskomforto.

KTU Telematikos laboratorijoje sukurta nauja ultragarsinø neinvazinio ICP monitoringo technologija ir technika [1-5]. Esminis õios technologijos pobymis - tai, kad gaunama dinaminio matavimø informacija apie kraujotakã smulkiausiuose smegenø kraujø induose. Tokia informacija negali bûti gauta iki õiol þinomomis neinvazinimis technologijomis [9-14]. Smegenø audinio arterioløse vyksta smegenø kraujotakos autoreguliacijos ir ICP bei normalaus perfuzijos slõgio

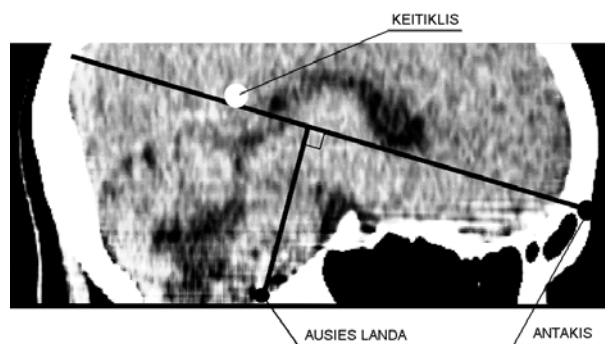
palaikymo procesai [15]. Marmarou ir kitø darbuose [16] parodyta, kad kaip tik dõl mikrovaskuliariñø faktoriñø padidþimo ICP daugeliu galvos smegenø traumø atvejø.

### Problema

Galvos vidinë terpë nėra vienalytë. Be smegenø audinio, òia yra stambûs kraujo indai bei smegenø skysëio (likvoro) skilveliai, sudarantys sudëtingã erdvinã struktûrà (1 pav.)

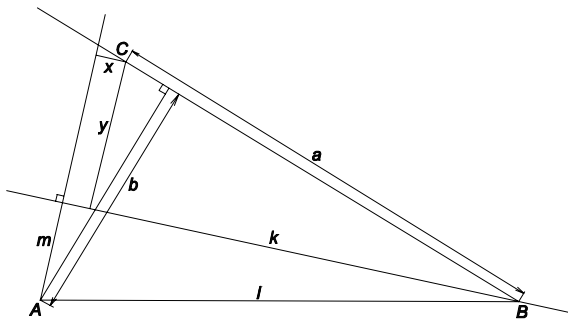
Naudojant naujãjã technologijã, svarbu taip parinkti akustinã trajektorijã tarp dviejø priešingose galvos pusëse esanø ultragarso keitikliø [1], kad joje nebûtø kitø intrakraninës terpës objektø, iðskyrus smegenø audinã. Kitas kietikliø padëties kriterijus - maksimalus kaukolës kaulo sutapimas su keitiklio akustinio kontakto plokðtuma. Tai svarbu, siekiant nuslopinti iðorinio audinio kraujotakã. Kadangi kiekvieno individo kaukolës bei intrakraniniø objektø matmenys yra individualûs, o taikyti kompiuterinã tomografijã kiekvieno individualiu atveju vargu ar yra ekonomiðkai pateisinama, iðkilo poreikis rasti koordinaëiø tinklëlã, kuris palengvintø korektiðkos akustinës trajektorijos paieðkã prieš neinvazinã ICP monitoringã.

### Tyrimas



2 pav. Koordinaëiø priesajos schema

Koordinatëms nustatyti naudotasi *General Electric* spiraliniu kompiuteriniu tomografu *Sytec Synergy*. Galimø trajektorijø paieðka buvo atlikta penkiems atsitiktinai parinktiems pacientams Respublikinëje Panevëþio ligoninëje. Vienam ið jø dël



3 pav. Kompiuterinio tomografo ir neinvazinio ICP monitoriaus koordinaciø ryðio schema

	x	y	a, mm	b, mm	D, °	K, °
Virð skilv. pakauðis	0	46	107,2194	70,4568	20	18
kakta	-10	41	114,4465	64,5723	11	5
pakauðis	29	41	79,27595	77,4772	18	18
kakta	-21	36	123,2263	58,8984	13	12
pakauðis	43	36	64,7755	80,429	21	20
kakta	-29	31	129,6122	54,2354	19	21
pakauðis	46	31	59,55471	77,7365	21	19
kakta	-31	26	130,4673	50,6588	22	21
pakauðis	42	26	60,70063	70,4	19	18
tarp skilv.	3	21	96,17119	52,3761		

smegenø auglio buvo pakitusi skilveliø sistema.

Neinvazinio ICP monitoriaus koordinaciø sistemos priesajos taðkai parodyti 2 pav. Jø ryðio su kompiuterinio tomografo koordinaciø sistema schema pavaizduota 3 pav. Èia **a** ir **b** yra trajektorijos koordinatës neinvazinio ICP monitoriaus sistemoje; **k** - aðinës tomogramos plokðtumos, einanèios per antaká, projekcijos sagitalinèje plokðtumoje atkarpa; jos ilgis yra lygus atstumui tarp antakio ir koronalinio pjûvio, einanèio per abiejø ausø landas, plokðtumos; **m** - atstumas nuo ausies landos iki tomogramos, einanèios per antaká, plokðtumos; **l** - atstumas tarp tiesës, einanèios per abiejø ausø landas ir antakio; **x** ir **y** yra trajektorijos koordinatës kompiuterinio tomografo sistemoje; **A** - ausies landos taðkas; **B** - antakio taðkas; **C** - pjezokeitiklio akustinë aðis, arba akustinës trajektorijos taðkas.

Galimø trajektorijø koordinatës buvo perskaièiuotos ið kompiuterinio tomografo á neinvazinio monitoriaus koordinates pagal tokias formules:

$$a = \sqrt{(k-x)^2 + y^2};$$

èia  $k = \sqrt{l^2 - m^2};$

$$b = l \left( \sin \left( \arcsin \left( \frac{m}{l} \right) + \arcsin \left( \frac{y}{a} \right) \right) \right).$$

### Rezultatai

Koordinatëms perskaièiuoti buvo naudojama Microsoft Excel programa. Skaièiavimo rezultatai pateikiami 1 - 5 lentelëse. **D** ir **K** yra kampo tarp pjezokeitiklio aktyvaus pavirðiaus ir kaukolës kaulo reikðmë atitinkamai paciento galvos deðinèje ir kairèje pusëse.

1 lentelë

Vieta	l	m	Paciento Nr.	Kampai tarp kaulo ir keit.
	102	32	1250	

tarp skilv.	9	38	95,71673	67,8202		
----------------	---	----	----------	---------	--	--

2 lentelē

Vieta	l	m	Paciento Nr.		Kampai tarp kaulo ir keit.	
	102	28	1300			
	x	y	a, mm	b, mm	D, °	K, °
Virš skilv. pakaušis	0	34	103,8075	58,58014	13	12
kakta	-25	29	126,4519	49,74739	7	7
pakaušis	20	29	83,29307	60,39699	10	17
kakta	-32	24	132,2771	45,33094	18	15
pakaušis	32	24	70,30489	59,80015	12	13
kakta	-33	19	132,4514	41,7801	18	15
pakaušis	35	19	65,88086	55,09696	18	13
kakta	-37	14	135,8051	37,96194	20	18
pakaušis	43	14	56,83294	54,87165	15	11
tarp skilv.	2	17	96,36181	48,58428		

3 lentelē

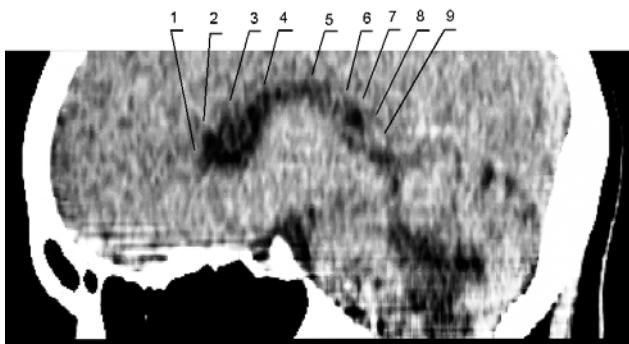
Vieta	l	m	Paciento Nr.		Kampai tarp kaulo ir keit.	
	110	26	1257			
	x	y	a, mm	b, mm	D, °	K, °
Virš skilv. pakaušis	0	51	118,4272	69,4942	17	13
kakta	-19	46	134,0245	61,1051	14	11
pakaušis	33	46	87,03284	78,5633	13	16
kakta	-22	41	135,2474	57,178	19	13
pakaušis	43	41	75,90818	79,6116	18	17
kakta	-29	36	140,5711	52,5055	21	19
pakaušis	48	36	69,01609	77,9348	24	19
kakta	-33	31	143,277	48,5098	21	20
pakaušis	49	31	65,66167	73,9339	22	17
tarp skilv.	4	30	97,57662	60,2268		

4 lentelē

Vieta	l	m	Paciento Nr.		Kampai tarp kaulo ir keit.	
	96	14	1322			
	x	y	a, mm	b, mm	D, °	K, °
Virš skilv. pakaušis	0	57	110,7655	60,87753	9	6
kakta	-8	52	115,3585	55,30814	13	11
pakaušis	29	52	84,00313	69,78624	18	11
kakta	-18	47	122,3603	49,40649	16	15
pakaušis	35	47	76,19608	69,60194	18	12
kakta	-16	42	118,6556	46,71103	15	15
pakaušis	42	42	67,60333	69,97475	15	14
kakta	-24	37	124,5943	41,57219	19	18
pakaušis	50	37	58,23772	86,24346	16	15

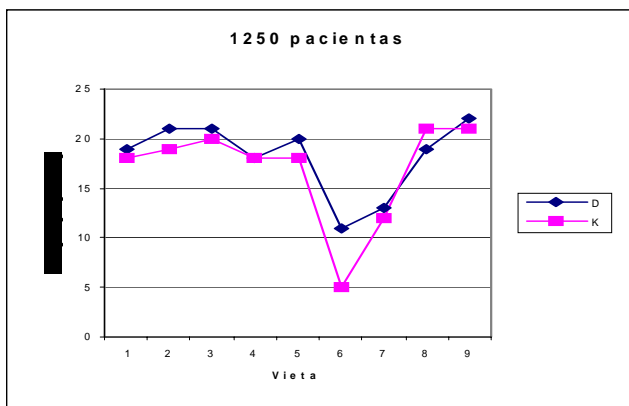
5 lentelė

Vieta	l	m	Paciento Nr.		Kampai tarp kaulo ir keit.	
	113	37	1242			
	x	y	a, mm	b, mm	D, °	K, °
Virš skilv. pakaušis	0	40	114,0175	72,106	12	16
kakta	-4	35	116,1687	67,4493	11	13
pakaušis	27	35	87,1113	76,781	13	9
kakta	-13	30	123,4708	61,8336	8	12
pakaušis	41	30	72,28967	77,973	10	13
kakta	-15	25	124,3106	57,7166	12	6
pakaušis	51	25	61,11776	77,4372	12	13
kakta	-22	20	130,3147	52,9483	15	12
pakaušis	52	20	58,30814	63,2789	13	15
tarp skilv.	0	5	96,97938	36,9508		

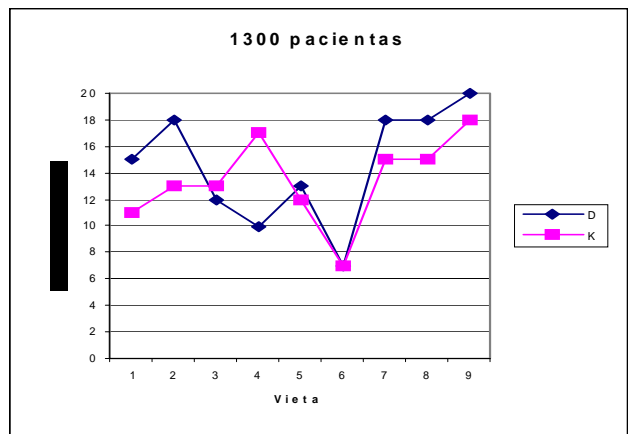


4 pav. Galimø viršskilveliniø akustiniø trajektorijø padėtys

4 pav. parodytos galimø viršskilveliniø akustiniø trajektorijø vietos. Jas pýmintys skaièiai atitinka 5-10 pav. argumento koordinatø. 5-9 pav. parodyta kampø tarp kaukolës kaulo ir pjezokeitiklio aktyvaus pavirðiaus reikðmiø priklausomybë nuo trajektorijos vietos. 10 pav. parodyta kampø tarp kaukolës kaulo ir pjezokeitiklio aktyvaus pavirðiaus kiekvienoje galimos akustinës trajektorijos vietoje aritmetiniai vidurkiai. Gauti matavimø rezultatai leido rasti koordinaciø tinklèlà, tinkamà neinvazinio ICP monitoriaus

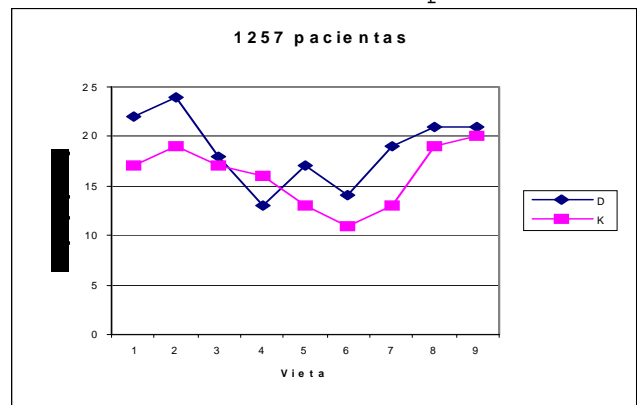


5 pav.



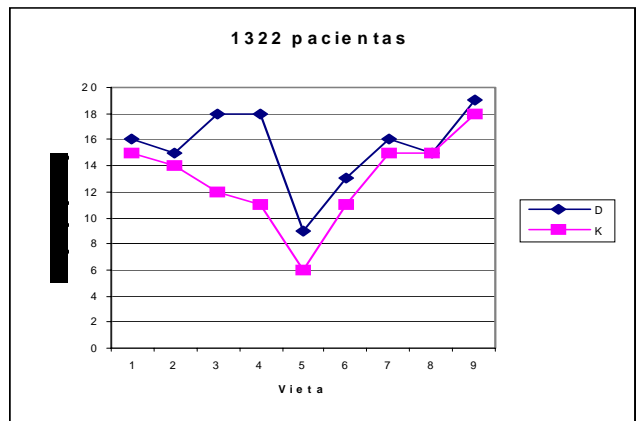
6 pav.

akustinei aðiai preliminariai

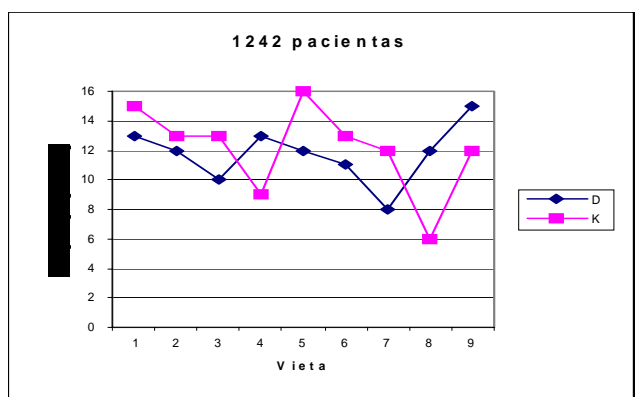


7 pav.

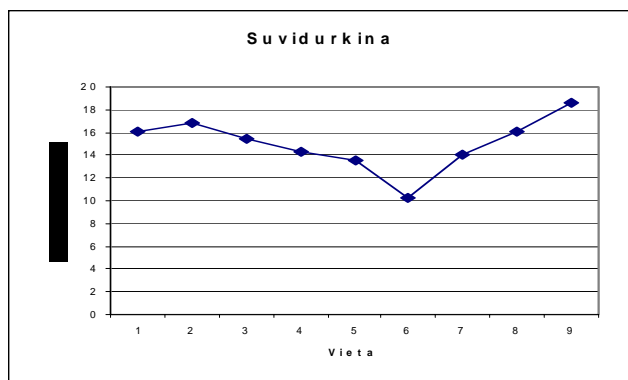
orientuoti.



8 pav.



9 pav.



10 pav.

## Išvados

1. Panaudojant kompiuterinį tomografą *Sytec Synergy*, eksperimentiškai nustatytos galimū mikrovaskuliarinių akustinių trajektorijų koordinatės dviejose zonose - tarpkilvelinėje ir virškilvelinėje.
2. Parodyta, kad:
  - tarpkilvelinėje galimū mikrovaskuliarinių trajektorijų zonoje trajektorijos ašies koordinatė  $a$  gali kisti intervale  $[95,7-97,6]$  mm, o koordinatė  $b$  - intervale  $[36,9-67,8]$  mm;
  - virškilvelinėje zonoje maksimalus kampas tarp kaukolės kaulo paviršiaus ir pjezokeitiklio aktyvaus paviršiaus yra intervale  $[10^{\circ}, 19^{\circ}]$ . Tokiu kampu turi spinduliuoti ir priimti ultragarso signalus pjezokeitikliui tuo atveju, jei neinvaziniam ICP monitoringui pasirenkama virškilvelinė akustinė trajektorija.

## Literatūra

1. Ragauskas A., Daubaris G. A method and apparatus for non-invasively deriving and indicating of dynamic characteristics of the human and animal intracranial media. US Patent 5 388 583, 1995; Intern. Patent Appl. PCT/IB94/00293, Intern. Publication WO 95/06435, 1995; European Patent Appl. 94926363.6, 1995.
2. Daubaris G., Kausinis S., Ragauskas A. Simultaneous measurement of dynamic values using the transit-time method. IEEE Trans Instr. & Meas. April 1992; 41, pp. 251-255.
3. Ragauskas A., Daubaris G., Pamakstis V., Chomskis R. New non-invasive method and system for intracranial pulse waves measurement. Proc. of 1995 IEEE Ultrasonic Symposium, Seattle, USA, November 7-10, 1995; pp. 1213-1218.
4. Ragauskas A., Daubaris G., Pamakstis V., Chomskis R. A new non-invasive monitoring technology for neurosurgical ICU patients and healthy persons. Medical & Biological Engineering & Computing Vol. 34, Suppl. 1, 1996, pp. 396-371.
5. Ragauskas A., Daubaris G., Pamakstis V., Matusevicius D., Jarzemska E., Matukevicius

A., Deltuva V. New non-invasive technology for cerebrovascular dynamic responses determination. Cerebrovascular Diseases Vol. 6, Suppl. 3, 1996, p. 18.

6. Braukus M., Hutchison A. NASA Tests Painless Ways of Measuring Intracranial Pressure. NASA HQ Public Office. Tue, 28 Mar 1995
7. J.D. Pickard, M.Czosnyka Management of Raised Intracranial Pressure. Neurological Emergency, 1993
8. Guidelines for the Management of Severe Head Injury. American Association of Neurological Surgeons, 1995
9. Aaslid R., Markwalder T-M, Nornes H. Non-invasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 1982; 57, pp 769-74.
10. Newell DW, Aaslid R. Transcranial doppler. New York: Raven Press, 1992.
11. Reid A, Marchbanks RJ, Martin R, Pickard JD, Bateman N, Brightwell R. Mean intracranial pressure monitoring by an audiological technique - a pilot study. J Neurol. Neurosurg. Psichiatriy 1989;70, pp. 222-30.
12. Nornes H., Serek-Hanssen F. Miniature transducer for intracranial pressure monitoring in man. Acta Neurol Scand 228, pp 365-370, 1970.
13. Raju TNK., Vidyasagar D., Papazafiratou C.: Intracranial pressure monitoring in the neonatal ICU. Crit. Care. Med 8, pp. 575-581, 1980.
14. Salmon J.H, Hajjar W, Bada H.S. The fontogram: a noninvasive intracranial pressure monitor. Pediatrics 60:721-725, 1977.
15. Bruce DA. Pathophysiology of intracranial pressure. In: Diseases of the nervous system. W.Heineman, London 1986, pp. 1044 - 1052.
16. Marmarou A, Maret AL et al. Contribution of CSF and vascular factors to elevation of ICP in severely head-injured patients. J. Neurosurgery 66, pp. 883 - 890, 1987.
17. Daubaris G, Deltuva V, Jerzemska E, Matukevicius A, Ragauskas A. An in-vivo assessment of the non-invasive ICP monitoring system. Abstracts of the 10-th International Symposium on intracranial pressure, Williamsburg, USA, 1977, P0-1-018.

A.Ragauskas, A.Kanapienis, D.Viržonis

### The identification of position of the microvascular acoustic paths, using computerized tomography

#### Summary

The new technology for non-invasive intracranial pressure monitoring, designed in the Telematics scientific laboratory of Kaunas University of Technology, allows non-invasively acquire a dynamically measured data about a blood volume dynamic in the smallest vessels of a brain blood system. The aim of this study was to identify the coordinates of possible acoustic paths using computerized tomography for non-invasive intracranial pressure monitoring. The possible coordinates were measured in 5 patients of Republican Hospital of Panevėžys, using computerized tomography with helical scanning of GE Sytec Synergy. One of the patients had the changes in ventricular system because of brain a tumor. The possible coordinates were obtained in two separate zones: between-ventricular and above-ventricular. It was found, that the coordinates are ranging in intervals 95.7; 97.6 and 36.9; 67.8 mm for between-ventricular zone. The maximum angle between skull bones and the active surface of transducer is ranging from 10 to 19 degrees for the above-ventricular zone.