



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO “FEDERICO GÓMEZ”**

**DEPARTAMENTO DE ANESTESIA Y ALGOLOGÍA**

**CORRELACIÓN DE LOS VALORES DE ENTROPIA Y LOS  
CAMBIOS HEMODINÁMICOS EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO  
NEUROQUIRÚRGICO, BAJO ANESTESIA GENERAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ANESTESIÓLOGO PEDIATRA**

**P R E S E N T A :**

**DR. ALEJANDRO ESCALONA ESPINOSA**

**DRA. LINA ZAMORA TREJO  
DIRECTOR DE TESIS**

**DR. VICTOR FUENTES GARCÍA  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ANESTESIA Y ALGOLOGÍA  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO DE  
ANESTESIOLOGÍA PEDIÁTRICA**



**HOSPITAL INFANTIL de MÉXICO**

**FEDERICO GÓMEZ**  
Instituto Nacional de Salud

**MÉXICO, D. F.**

**FEBRERO 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JAIME NIETO ZERMEÑO**  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

**DR. VICTOR FUENTES GARCÍA**  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ANESTESIA Y ALGOLOGÍA  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO  
DE ANESTESIOLOGÍA PEDIÁTRICA

**DRA. LINA ZAMORA TREJO**  
DIRECTOR DE TESIS

## AGRADECIMIENTOS

*Al Dr. Víctor Fuentes por el apoyo y enseñanza, así como los consejos para ser mejor como persona, médico y especialista.*

*A la Dra. Diana Moyao por sus sabios consejos.*

*A la Dra. Lina Zamora por su apoyo y dedicación para la realización de esta tesis, así como la enseñanza y por ser mi asesor de tesis.*

*Al Dr. Juan Carlos Ramírez por el apoyo, consejos y enseñanza para la realización de esta tesis y en general.*

*Al Dr. Vega Gil por su apoyo y dedicación en la enseñanza de nuestro último año.*

*A mi amigo el Dr. Mario Gómez por su apoyo y colaboración para la realización de la tesis.*

## DEDICATORIAS

A mis padres Rosa María y Fernando por el apoyo y dedicación para que yo llegara a ser lo que ahora soy. Muchas Gracias, los amo.

A mis Hermanos Omar y Fernando por su apoyo así como mi cuñada y mi único sobrino Alan.

A mis compañeros y amigos de la subespecialidad (RBD), Enrique, Rosy, Rous, Kelly y Yanel por el apoyo incondicional y por las vivencias de estos dos años, sin ellos no hubiera sido lo mismo.

A todos los médicos adscritos del Servicio de anestesia del hospital Infantil, Federico Gómez.

A Ninet Rodarte por su amistad y apoyo incondicional de toda la vida y sobre todo en esta etapa de mi vida.

A mis amigos Angel, Oscar, Karlita, Monica, Sady, Bere, Vero, Polo, Dulce, Chio, David, por su amistad, apoyo y paciencia.

A Ale por su gran apoyo en toda mi formación como especialista y subespecialista y por la paciencia en todos estos años.

A todas la enfermeras de quirófano y recuperación del hospital infantil de México por su apoyo y enseñanza.

A todo el resto de las personas que por algún motivo se me haya olvidado ponerlas en estas dedicatorias.

**ÍNDICE**

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	4
III.	JUSTIFICACIÓN	9
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
V.	HIPÓTESIS	9
VI.	OBJETIVO GENERAL	9
VII.	DISEÑO DE ESTUDIO	10
VIII.	UNIVERSO DE ESTUDIO	10
IX.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	10
X.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	10
XI.	CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	11
XII.	DEFINICIÓN DE VARIABLES	11
XIII.	PROCEDIMIENTO	12
XIV.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
XV.	RECURSOS PARA EL ESTUDIO	14
XVI.	RESULTADOS	15
XVII.	DISCUSIÓN	23
XVIII.	CONCLUSIÓN	26
XIX.	BIBLIOGRAFÍA	27

## **I. INTRODUCCIÓN**

La complejidad del cerebro es enorme y nuestros conocimientos escasos. Sin embargo, la monitorización del sistema nervioso central esta viviendo un periodo de gran expansión desde el inicio de la década de los 90. La neuromonitorización constituye la base de la prevención y de la identificación de los estados con riesgo de isquemia cerebral, no solamente en neurocirugía si no también en cirugía cardiaca o en neuroradiología intervencionista.<sup>1</sup> Con los nuevos sistemas de monitorización podemos investigar el efecto cerebral de los distintos fármacos, el grado de profundidad anestésica, la intensidad de la lesión cerebral, lo que puede ser de utilidad para guiar el tratamiento de los pacientes con traumatismo craneoencefálico grave o con alguna otra patología neurológica.<sup>1,2</sup>

Los cambios observados en el monitor deben reflejar cambios en la función, o en el aporte sanguíneo a esa zona del sistema nervioso central en riesgo durante la cirugía. El monitor ideal debe poder utilizarse de forma continua, el número de interferencias externas debe ser mínimo y debe haber alguna posibilidad de modificación para corregir el problema detectado durante el transoperatorio.<sup>2</sup>

Durante el acto anestésico los signos vitales y la estabilidad hemodinámica dependen del fármaco y dosis que se esté utilizando. La necesidad de saber el estado de conciencia durante la anestesia basado en las mediciones convencionales, ha impulsado el desarrollo del monitoreo de la actividad cerebral por medio de técnicas neurofisiológicas para un mejor y mayor nivel de monitoreo. Las herramientas disponibles para el monitoreo de la profundidad hipnótica en adultos está bien descrita y se han realizado innumerables series de casos, con una gran variedad de monitores disponibles en el mercado, los cuales no han sido estudiados de manera integral en el paciente pediátrico.<sup>3</sup>

Los monitores en la actualidad con el fin de evaluar la hipnosis anestésica utilizan como base la electroencefalografía.<sup>4</sup>

El monitoreo actual no es capaz de medir con definición con el nivel hipnótico lo que ha impulsado el desarrollo de nuevos métodos de vigilancia de la actividad cerebral por medio de técnicas neurofisiológicas que se describen mas adelante.

Entre los monitores que evalúan las señales del electro encefalograma (EEG) se han desarrollado dos grupos:

Los que evalúan las modificaciones de los anestésicos en las señales espontáneas del EEG: Índice Biespectral(BIS), Análisis Espectral y Entropía.<sup>5,6</sup> Y los que analizan las modificaciones en señales del EEG evocadas tras un estímulo: potenciales evocados auditivos. El monitor ideal de la profundidad hipnótica tendrá que ser de fácil utilización, no requerir calibración, y funcionar con una alta especificidad y sensibilidad en predecir la respuesta de los pacientes sin ser influido por la edad, genero, enfermedad concomitante, o uso de anestésicos específicos o combinación de medicamentos anestésicos.<sup>7,8</sup>

#### Craneotomía, anestesia y estado hemodinámico:

El acto anestésico puede ejercer efecto sobre varias facetas en la función cardiovascular y cerebral, como frecuencia cardiaca, presión arterial, consumo metabólico de oxígeno, flujo sanguíneo cerebral, presión intracraneal, autorregulación cerebral, respuesta vascular al CO<sub>2</sub> y actividad eléctrica cerebral.<sup>1,2</sup>

El resultado de la interacción de los agentes anestésicos sobre las funciones mencionadas, puede proporcionar beneficios o empeorar a un cerebro ya lesionado.<sup>1</sup>

Durante la cirugía neurológica existen estímulos nocivos que incluyen la inducción, laringoscopia, incisión en la piel, manipulación en el periostio y la duramadre. Estos momentos son críticos y las consecuencias de no proporcionar una adecuada profundidad anestésica pueden provocar súbitos incrementos en la presión sanguínea y frecuencia cardíaca, los cuales pueden causar morbilidad potencial debido a un incremento adicional en la presión hidrostática, presión intracraneal, lo que puede provocar edema cerebral o exacerbarlo en pacientes con patología intracraneana, con mayor riesgo de herniación.<sup>1,2</sup>

Son estos momentos críticos de la cirugía en los que con diversos fármacos se trata de mantener un estado hemodinámico adecuado evitando problemas adicionales al tejido cerebral.

Actualmente se disponen de más conocimientos para el manejo y monitorización de los pacientes pediátricos sometidos a cirugía, tomando en cuenta que la fisiología cerebral está influenciada por el desarrollo neuronal del niño.<sup>9,10</sup>

## **II. ANTECEDENTES**

Hoy en día existe una amplia gama de monitoreo cerebral que apoyan al anestesiólogo para evaluar el efecto depresor de drogas anestésicas. Graduar inteligentemente el consumo de los fármacos y llevar a una rápida emersión de la anestesia basadas en la monitorización del electroencefalograma. Dentro de este grupo de tecnología tenemos el monitor de Índice Biespectral (BIS), monitor narcotrend, modulo de entropía (Datex-Ohmeda s/5 Entropy® Module, Instrumentarium Corp, Helsinki,Finland).<sup>4,7</sup>

Conceptualmente la entropía es la irregularidad del electroencefalograma, esta irregularidad puede ser determinada con varios métodos, comenzando con el contenido de la *entropía* de la señal.<sup>5</sup>

La entropía fue inicialmente una herramienta de medición, creada por investigadores en termodinamia. Posteriormente fue adaptada para su uso en medicina, y las mediciones fueron desarrolladas por la corporación de instrumentación de Datex-Ohmeda®.

Este modulo es conectado a un monitor por una terminal y por el otro extremo al paciente y convirtiendo el contenido de la *entropía* de la señal del EEG en un índice que mide el nivel de hipnosis durante la anestesia.<sup>11</sup> El análisis de *entropía* cuantifica el grado de irregularidad presente en la señal por electromiografía y electroencefalografía, mostrando como *entropía* de respuesta (RE) y *entropía* de estado (SE), donde un valor alto indica una alta irregularidad y por lo tanto una actividad electromiográfica y encefalográfica alta (Pacientes con recuerdos, pacientes despiertos o con analgesia insuficiente).<sup>12</sup>

La RE se origina en frecuencias de actividad electromiográfica frontal, tomando en cuenta el espectro de alta frecuencia (0.8 – 47 Hz.); si esta aumenta bruscamente indica analgesia insuficiente y superficialidad anestésica.

La SE refleja la actividad cortical eléctrica de acuerdo a frecuencias electroencefalográficas (0.8 – 32 Hz). Los efectos hipnóticos de la anestesia se basan en la SE y no se ve afectada por reacciones en músculos faciales ni por relajantes musculares.<sup>4,7</sup> En teoría, la electromiografía puede ser separada del electroencefalograma debido a que sus respuestas son más rápidas.

El monitor de entropía difiere de otros monitores de conciencia en que el índice muestra directamente lo señalado y no en que la señal muestra actividad que tiene un contenido de frecuencia fuera del EEG, por ejemplo EMG.

La descripción técnica cita:

El primer estado es una transformación de Fourier donde el valor de este voltaje correlaciona con el tiempo hecho de la señal y son transformadas dentro de un nivel de frecuencia.

La transformación de los componentes de Fourier son entonces en un segundo poder. El resultado es llamado un espectro de poder. El espectro de poder es normalizado por un marco de constante de normalización específico que es la suma normalizada de los componentes del espectro, a la cual es uno en una frecuencia seleccionada. Después del concepto de entropía de Shannon es aplicado al espectro de la señal, el resultado es un espectro de *entropía*. Los valores de *entropía* son normalizados entre cero y uno donde el cero denota la totalidad regularidad y el uno la total irregularidad de la señal. Este cálculo es parte de investigaciones matemáticas desarrolladas y publicadas décadas atrás.

En el algoritmo del monitor de *entropía* los valores son calculados en la base de datos, los cuales son determinados en la longitud de las ondas.<sup>7</sup>

El algoritmo del monitor transforma la escala del espectro de *entropía* de cero a uno a una escala más práctica de 0 a 100. Sin embargo, la transformación no es completamente lineal. En el orden del cambio es innecesaria una gran resolución en los niveles profundos de la anestesia donde una función ha sido integrada en la transformación, comenzando en la mayor clínica de la anestesia y la pérdida de recuperación de la conciencia.<sup>4</sup>

Los cambios en el monitor de entropía de otros métodos de vigilancia del estado conciencia, difieren en el índice que separa la actividad causada por el músculo frontal (electromiografía, EMG) y la actividad del EEG. Esta es una importante mejora en el monitoreo y la adecuación de los elementos hipnóticos de la anestesia, ya que la actividad electromiográfica refleja actividad subcortical durante la anestesia general.<sup>12,13,14</sup>

Los tiempos de respuesta para ambos varían de 2 a 5 segundos y los valores de respuesta se muestran a continuación, donde un valor alto indica una irregularidad alta.<sup>7,9</sup>

<b>Estado de Hipnosis</b>	<b>Principales características EEG</b>	<b>Ondas de EEG</b>	<b>Rango</b>
Despierto	Ondas Alfa, artefactos típicos	A	100-95
		B0	94-90
		B1	89-85
		B2	84-80
		C0	79-75
Hipnosis ligera	Incremento de ondas Theta	C1	74-70
		C2	69-65
		D0	64-57
		D1	56-47
Hipnosis Profunda	Incremento de ondas delta	D2	46-37
		E0	36-27
		E1	26-20
		E2	19-13
		F0	12-5
	Transición a supresión cortical		
	Actividad de supresión cortical		

Varios estudios han buscado el mantener los parámetros hemodinámicos adecuados durante la incisión quirúrgica, ya sea a base de anestesia endovenosa pura, anestesia local o una combinación de ellas; el estudio de Eric L. Bloomfield incluyó 36 pacientes en su estudio para craneotomía electiva (pacientes adultos), infiltrando bupivacaina al 0.25% con adrenalina en el sitio de la incisión y donde se colocan fijadores de cráneo, se valoró la tensión arterial al momento que se ajustaban los fijadores, el comienzo de la cirugía, la manipulación del periostio y la durotomía, no mostró diferencia significativa con el grupo de anestesia endovenosa, argumentando que se debía a la concentración plasmática de los anestésicos.<sup>16</sup>

Actualmente ha sido uno de los factores ligados a la renovación de la anestesia total o TIVA (Total Intravenous Anesthesia).<sup>10,11</sup>

## PROPOFOL

### *Efectos sobre el sistema nervioso central*

De manera predominante, el propofol es un agente hipnótico. Interactúa en el sitio GABA, a un nivel distinto del de las benzodiazepinas. Tras una inyección de un bolo intravenoso de 3 mg/kg en 20 segundos, la pérdida de la conciencia es rápida, con un intervalo brazo cerebro de 30 segundos y dura una media de 1 a 5 minutos; es dos veces más potente que el tiopental. Provoca una marcada amnesia que es, sin embargo, inferior a la que producen las benzodiazepinas para un mismo grado de sedación.<sup>5,6,13</sup>

### *Efectos sobre la hemodinámica cerebral:*

El efecto directo sobre la vasculatura cerebral in vitro parece ser una dilatación, el propofol posee una acción vasoconstrictora in vivo, como lo muestra el aumento de las resistencias vasculares medidas, mayor al 50%, y la disminución de entre el 21 y el 51% del gasto sanguíneo cerebral (SC).

El consumo cerebral de O<sub>2</sub> (CMRO<sub>2</sub>) disminuye al 36% pero el acoplamiento de GSC-CMRO<sub>2</sub> esta conservado, sigue una disminución de la presión intracraneal (PIC) en un 30%. La autorregulación cerebral y la reactividad al CO<sub>2</sub> se mantienen en el individuo sano. El nivel de presión de perfusión cerebral (PPC) depende del valor de la presión arterial media (PAM). El efecto protector cerebral, aparte del provocado por la disminución del a CMRO<sub>2</sub> es, por el contrario, motivo de controversia.<sup>1</sup>

Los efectos sobre el electroencefalograma (EEG) y los potenciales evocados se modifican por la acción del propofol.<sup>17</sup> En una sedación clínica con conservación de la conciencia, el ritmo normal alfa se transforma en un ritmo rápido beta. Durante la pérdida de la conciencia aparecen ondas lentas y amplias (ritmo delta), entrecortadas con períodos de silencio eléctrico (burst suppression); como máximo se observa un trazado isoelectrico.<sup>18</sup>

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Poca información está disponible para evaluar la utilidad de la entropía como parte del monitoreo en el paciente pediátrico, ya que los estudios son basados en el paciente adulto, por lo que se permitiría optimizar el monitoreo de la hipnosis del paciente pediátrico.

### **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

No existe un monitoreo fidedigno para evaluar la profundidad anestésica en el paciente neuroquirúrgico pediátrico.

Describimos la correlación que existe entre el monitoreo convencional (variables hemodinámicas) y el monitoreo por técnica de *entropía*.

### **V. HIPÓTESIS**

Existe una correlación entre los valores hemodinámicos obtenidos por el monitoreo convencional y los valores de la *entropía* en los pacientes pediátricos sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos.

### **VI. OBJETIVO GENERAL**

Describir la correlación de los parámetros hemodinámicos obtenidos por el monitoreo convencional y el nivel de la entropía durante el procedimiento anestésico, en pacientes pediátricos neuroquirúrgicos.

## **VII. DISEÑO DE ESTUDIO**

Diseño del estudio: Transversal analítico

## **VIII. UNIVERSO DE TRABAJO**

Pacientes del Hospital Infantil de México Federico Gómez programados en forma electiva para procedimientos de neurocirugía.

## **IX. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Pacientes sometidos a cualquier procedimiento neuroquirúrgico en el periodo de Diciembre del 2008 a Abril del 2009 en el Hospital Infantil de México.
- Pacientes de 1mes a 16 años
- Ambos géneros
- ASA II-IV
- Pacientes a los cuales se planea administrar anestesia general.

## **X. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Abordaje quirúrgico en el sitio de colocación del sensor de entropía.
- Paciente con inestabilidad hemodinámica

## **XI. CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Rotación de colgajo sobre región frontal que interfiera con la lectura de los valores de entropía por interferencia con el sensor.
- Pacientes quienes hayan presentado reacciones adversas a los fármacos empleados

## **XII. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES**

Frecuencia Cardiaca (FC): Número de latidos cardiacos registrados en un minuto

Presión arterial sistólica (PAS): Presión máxima generada durante la contracción sistólica expresada en mmHg.

Presión arterial diastólica (PAD): Presión mínima durante la fase de relajación diastólica expresada en mmHg.

Presión arterial media (PAM): Es el promedio ponderado en tiempo de las presiones arteriales durante un ciclo de pulso en mmHg, y se calcula  $[(PAS)+2(PAD)]/3$

Entropía de Estado (SE): Refleja la actividad eléctrica cortical y deriva del electroencefalograma frontal que captura frecuencias en un rango de 0.8 – 32 Hz. Mostrando en la ventana un valor procesado 0-91, donde valores de 45 a 60 se consideran plano anestésico.

Entropía de Respuesta (RE): Se origina en frecuencias de la actividad electromiográfica frontal, capturando frecuencias de 32 a 50 Hz. Considerando valores de 45-60 un plano anestésico adecuado. Si aumenta puede indicar analgesia insuficiente y/o superficialidad anestésica.

### **XIII. PROCEDIMIENTO**

- 1.- Se realizara valoración preanestésica a todos los pacientes programados para la realización de procedimiento neuroquirúrgico.
- 2.- Al día siguiente, el paciente pasara a sala de quirófano.
- 3.- Se realizara monitoreo con electrocardiógrafo de tres derivaciones, brazalete pediátrico de acuerdo a la edad, oxímetro de pulso, sensor de entropía de respuesta y de estado (Datex-Ohmeda® Division. Instrumentarium Corporation, Helsinki. Finland) y con el modulo Datex-Ohmeda® S/5 Entropy, se fija el sensor en la mitad izquierda o derecha de la frente dependiendo de la accesibilidad, abarcando del centro de la frente a la parte lateral en dirección temporal, fijando los tres electrodos con el adhesivo propio revisando el intimo contacto con la piel, previa limpieza del área frontal con una gasa seca.
- 4.- Se anotaran los signos vitales basales, incluyendo los valores de *entropía*.
- 5.- Se realizará inducción intravenosa con atropina en los pacientes que lo requieran, con fentanilo a 5 mcg/kg, propofol a 3 mgrs./kg, vecuronio a 100 mcg/kg.
- 6.- Se realizará pre oxigenación con mascarilla facial y oxigeno al 100% durante 3 minutos.
- 7.- Se realizará intubación orotraqueal con sonda y hoja de laringoscopio de acuerdo a la edad del paciente.
- 8.- Se fijará la sonda orotraqueal y se conecta a ventilador mecánico.
- 9.- Se realizará monitoreo invasivo si la cirugía a realizar lo requiere.

10.- Se realizará mantenimiento anestésico con fentanilo a una tasa de 5mcg/kg/hr. en bolos o en infusión de acuerdo a la técnica anestésica elegida, y sevofluorano MAC de acuerdo a las necesidades del paciente.

11.- Se registrarán la frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica, diastólica y media, el MAC y los valores de entropía de estado (SE) y de respuesta (RE), en los siguientes tiempos:

T0= Basales

T1= Inducción

T2= Laringoscopia

T3= Incisión de piel

T4= Manipulación de Periostio (transquirurgico1)

T5= Durotomía (transquirúrgico 2)

T6= Cierre de la Piel

12.- Al término del procedimiento quirúrgico – anestésico el paciente pasara a recuperación o terapia quirúrgica según lo amerite el paciente.

#### **XIV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizará un análisis descriptivo de las variables de estudio, posteriormente se evaluará si existe correlación del nivel de *entropía* con las variables hemodinámicas obtenidos por el monitoreo convencional mediante el cálculo del coeficiente de partición de Pearson y la regresión lineal simple. Finalmente se integrará un modelo de regresión lineal múltiple para evaluar la interacción entre las variables hemodinámicas. Se analizara en SSPS versión 15.

## **XV. RECURSOS PARA EL ESTUDIO**

**1.- HUMANOS:** Personal del servicio de Anestesia, Terapia Respiratoria y Dolor.

- a).- 1 Médico Anestesiólogo
- b).- 1 Residente de Anestesia pediátrica

**2.- EQUIPO MÉDICO:** Proporcionado por el Departamento de Anestesia.

- a) Monitores y Equipo de Anestesia (Capnógrafo, Oxímetro, Equipo de Monitoreo invasivo, EKG)
- b) Máquina de Anestesia e Instrumentos (Laringoscopio y hojas de diversos tamaños, cánulas oro traqueales, cánulas de guedel, guía metálica, vaporizador de anestésicos volátiles, etc.)

**3.- CONSUMIBLES Y FÁRMACOS:** Para el procedimiento anestésico y quirúrgico serán proporcionados por el Departamento de Anestesia y quirúrgico, siendo recursos que se ocupan en cada cirugía. Sensor de Entropía  
Material quirúrgico y Anestésico de cada cirugía.

## **XVI. RESULTADOS**

Se estudiaron un total de 30 niños sometidos a neurocirugía en el periodo de diciembre de 2008 a abril del 2009.

*En el cuadro 1 se muestra la distribución por género de los pacientes incluidos en el estudio:*

*CUADRO 1*

Género	N (%)
Masculino	18 (60)
Femenino	12 (40)

*En el cuadro 2 se muestra los datos demográficos de la población en general:*

*CUADRO 2*

Variables	Mínimo	Máximo	Promedio	DE
Edad (meses)	1	180	65.6	50.7
Peso (kilogramo)	3	71	24.6	17.3

En el cuadro 3 se presentan los diagnósticos de los pacientes incluidos en el estudio:

CUADRO 3

DIAGNÓSTICOS	N (%)
Hidrocefalia	10 (33.3)
Tumores Craneales	7 (23.3)
Médula Anclada	5 (16.6)
Craneosinostosis	2( 6.7)
Otras*	6 (19.8)

\*Se refiere a un paciente por patología de los cuales fueron: Astrocitoma, higroma, teratoma, síndrome de Lenox-Gastaut, ventriculitis, tumor medular.

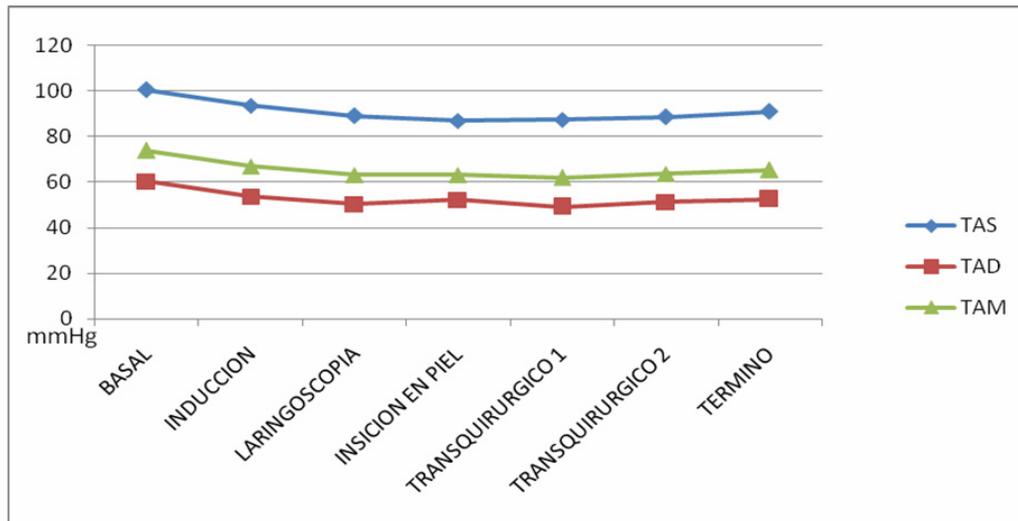
En el cuadro 4 se muestran los tiempos quirúrgicos y anestésicos de los procedimientos realizados:

CUADRO 4

Tiempos	Mínimo	Máximo	Promedio	DE
Tiempo Quirúrgico (minutos)	50	540	251.67	150.45
Tiempo Anestésico (minutos)	80	600	333.83	165.44

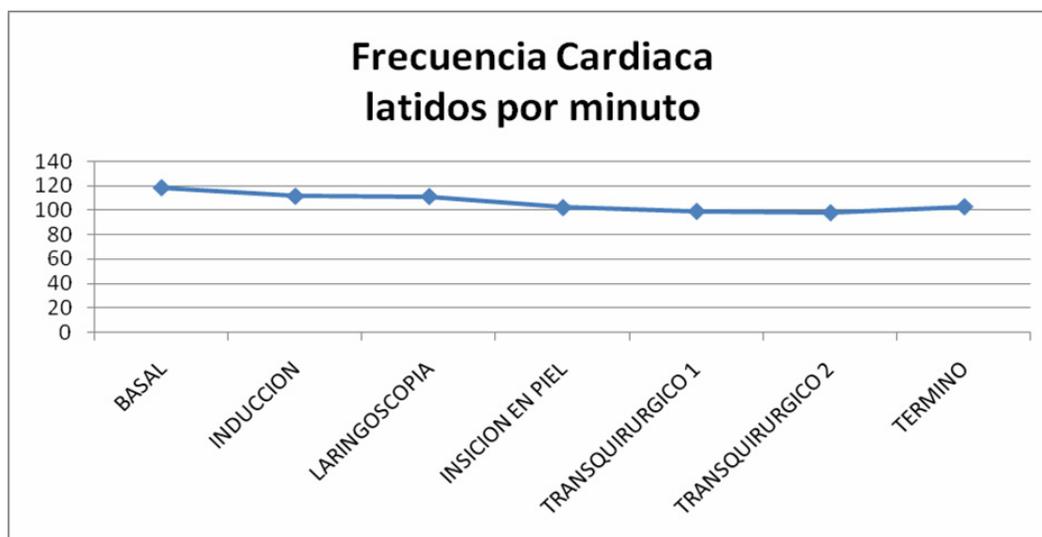
En la gráfica número 1 se muestran las tendencias de las tensiones arteriales promedio:

GRÁFICA 1



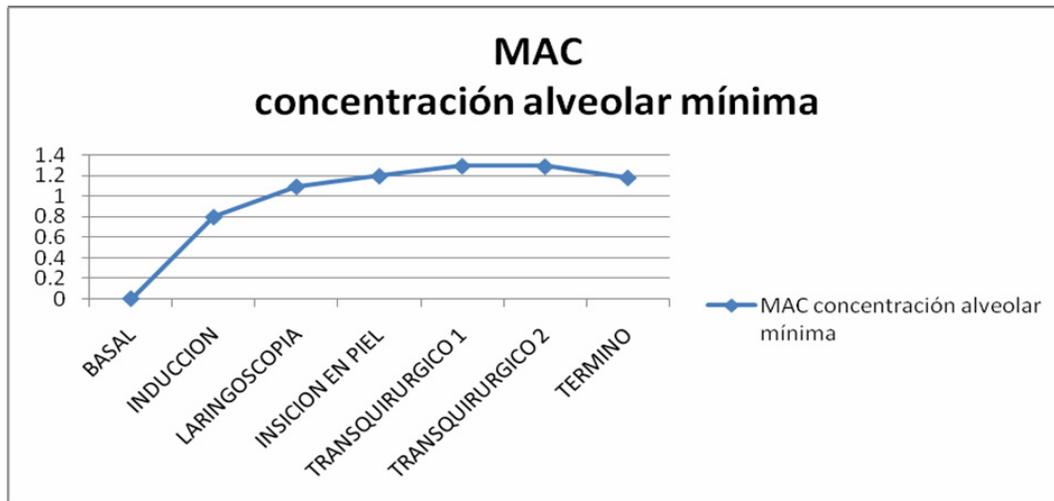
En la grafica 2 se muestra las tendencias de la frecuencia cardiaca:

GRÁFICA 2



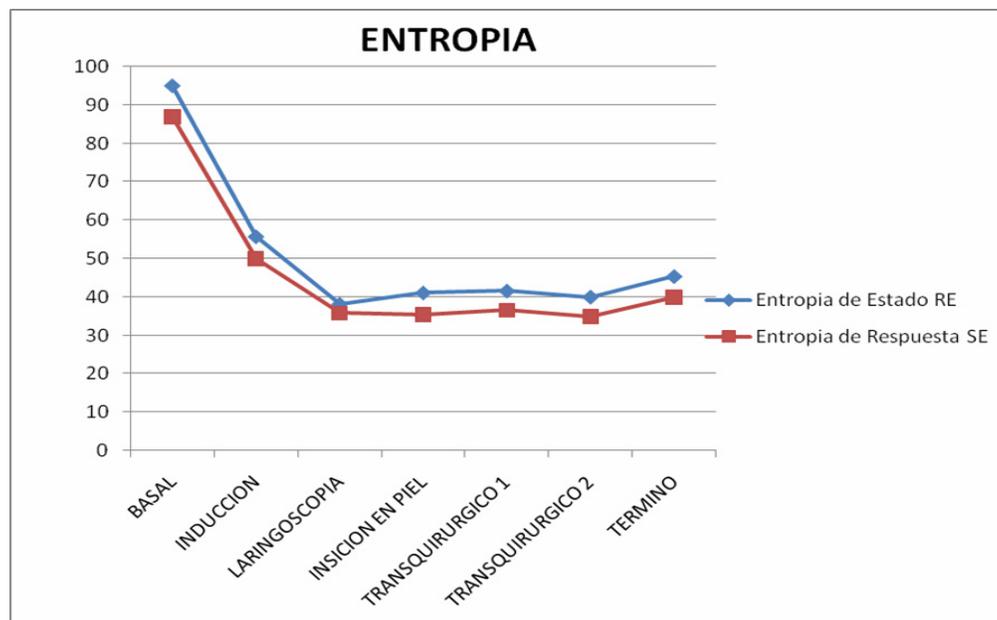
En la grafica 3 se muestra las tendencias de la concentración alveolar mínima MAC:

GRÁFICA 3



En la grafica 4 se muestran las tendencias de Entropía de Respuesta y Entropía de Estado:

GRÁFICA 4



## ANÁLISIS BIVARIADO

### CORRELACIÓN BASAL

Tanto para la entropía de respuesta y estado no variaron de acuerdo a la edad en meses pero se encontró una relación inversamente proporcional en el análisis por grupos de edad ( $p < 0.05$ )

Promedio de entropía basal por grupo de edad

Grupo de edad	N	Entropía de respuesta		Entropía de estado	
		Media	DE	Media	DE
0 a 12	6	91.17	5.74*	82.50	7.94
13 a 24	3	97.00	2.00	90.33	1.15
25 a 48	5	95.80	3.03	88.80	3.03
49 y más	16	95.88	2.66	87.56	3.63
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>95.03</b>	<b>3.85</b>	<b>87.03</b>	<b>5.01</b>

\* $p=0.041$

### *TENSIÓN ARTERIAL SISTÓLICA Y ENTROPÍA DE ESTADO*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de estado y la tensión arterial sistólica en los diferentes tiempos quirúrgicos y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **93%** de las variaciones de la tensión arterial sistólica ( $p < 0.001$ ).

Por cada variación por unidad de entropía de estado se espera una variación de **0.243mmHg de la tensión sistólica**.

### *TENSIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA Y ENTROPÍA DE ESTADO*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de estado y la tensión arterial diastólica y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **90.9%** de las variaciones de la tensión arterial diastólica ( $p < 0.001$ ).

Por cada variación por unidad de entropía de estado se espera una variación de **0.182 mmHg de la tensión diastólica**.

### *TENSIÓN ARTERIAL MEDIA Y ENTROPÍA DE ESTADO*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de estado y la tensión arterial Media y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **95.2%** de las variaciones de la tensión arterial media ( $p < 0.001$ ). Por cada variación por unidad de entropía de estado se espera una variación de **0.206 mmHg de la tensión media**.

### *FRECUENCIA CARDIACA Y ENTROPÍA DE ESTADO*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de estado y frecuencia cardiaca Y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **63.5%** de las variaciones de la frecuencia ( $p < 0.05$ ). Por cada variación por unidad de entropía de estado se espera una variación de **0.315 latidos por minuto**.

### *MAC Y ENTROPÍA DE ESTADO*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de estado y MAC y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **97%** de las variaciones del MAC ( $p < 0.001$ ). Por cada disminución de la entropía de estado se espera un aumento promedio de **0.024 del MAC**.

## ENTROPÍA DE RESPUESTA

### *TENSIÓN ARTERIAL SISTÓLICA Y ENTROPÍA DE RESPUESTA*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de respuesta y la tensión arterial sistólica en los diferentes tiempos quirúrgicos y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **92.6%** de las variaciones de la tensión arterial sistólica ( $p < 0.005$ ). Por cada variación por unidad de entropía se espera una variación de **0.227 mmHg de la tensión sistólica.**

### *TENSIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA Y ENTROPÍA DE RESPUESTA*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de respuesta y la tensión arterial diastólica y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **91.9%** de las variaciones de la tensión arterial diastólica ( $p < 0.005$ ). Por cada variación por unidad de entropía se espera una variación de **0.172 mmHg de la tensión diastólica.**

### *TENSIÓN ARTERIAL MEDIA Y ENTROPÍA DE RESPUESTA*

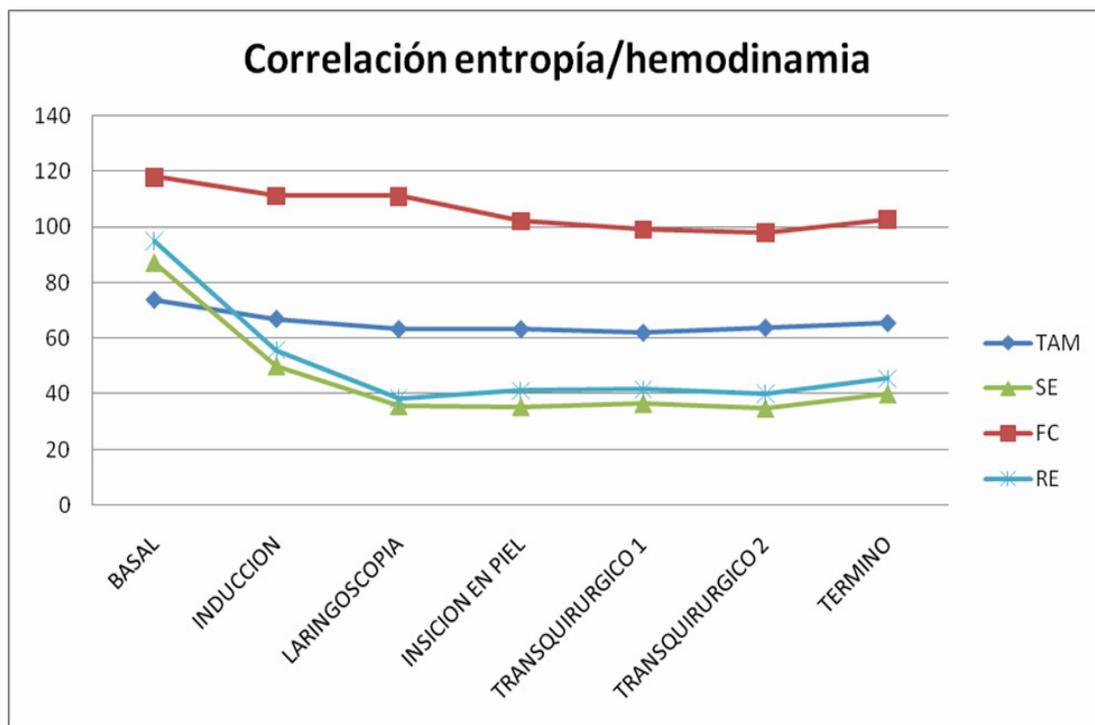
Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de respuesta y la tensión arterial Media y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **95.2%** de las variaciones de la tensión arterial media ( $p < 0.001$ ). Por cada variación por unidad de entropía se espera una variación de **0.193 mmHg de la tensión media.**

### *FRECUENCIA CARDIACA Y ENTROPÍA DE RESPUESTA*

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de respuesta y frecuencia cardiaca y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **59.4%** de las variaciones de la frecuencia ( $p < 0.05$ ). Por cada variación por unidad de entropía se espera una variación de **0.286 latidos por minuto.**

## MAC Y ENTROPÍA DE RESPUESTA

Se hizo un modelo de regresión lineal simple para evaluar la relación entre las variaciones de la entropía de respuesta y MAC y se encontró una relación directamente proporcional que explica el **95.6%** de las variaciones del MAC ( $p < 0.001$ ). Por cada disminución de la entropía de respuesta se espera un aumento promedio de **0.022 del MAC**.



## **XVII. DISCUSIÓN**

En nuestro estudio se incluyeron 30 pacientes de los cuales 18 fueron hombres y 12 mujeres, por lo que se aleatorizo adecuadamente en cuanto al sexo, en cuanto al peso no hubo gran dispersión de datos.

De acuerdo a la edad la entropía de respuesta no tuvo variaciones; se clasifico a los pacientes en 4 grupos de edad, de 0-12 meses, de 13-24 meses, de 25 a 48 meses y de 49 y mas; se encontró que el grupo de 0-12 meses presento una medición basal de entropía de 91.17, esto se puede explicar por la inmadurez del sistema nervioso central que presentan estos pacientes, y los demás grupos de edad presentaron mediciones basales similares a los valores del paciente adulto.

En el estudio realizado por *Davison y cols.*, encontraron que en el grupo de edad de menores de un año presentan niveles de entropía menores que el resto de los pacientes pediátricos.

En este estudio la variabilidad entre los tiempos quirúrgicos es amplia, teniendo hasta 8 horas de diferencia, sin embargo; en los resultados de entropía de estado y de respuesta así como la frecuencia cardiaca, tensión arterial no mostró diferencia entre ellas.

Poca información está disponible para evaluar la utilidad de la entropía en la prevención de los efectos hemodinámicos secundarios a la administración de medicamentos. Sin embargo, hay autores como *Vakkuri y cols* que han demostrado una precisión en el control hemodinámico durante la inducción de la anestesia guiada por entropía.

En algunos estudios se ha demostrado una reducción de un 27.1 al 31.8 % de los valores de entropía relacionados con la dosis de inducción de propofol en pacientes mayores de 18 años; en nuestro estudio encontramos una disminución del 41%, después de la inducción con propofol en el paciente pediátrico mayor de 2 años, y en los menores de 2 años observamos una disminución rápida y breve de un 78% en relación con los valores basales. *Valijus y cols.*, demostraron un registro bajo de los valores de entropía durante los primeros 10 minutos de la anestesia.

*En dos estudios Huy y cols. y Michelseen y cols.* demostraron una disminución en la presión arterial después de la inducción de la anestesia con Propofol, apareciendo esta de forma más frecuente durante los primeros 5-10 minutos posteriores a la inducción., en nuestro estudio encontramos una disminución del 9% de la presión arterial media en la inducción y en los primeros 5-10 minutos posteriores una disminución promedio del 14.2%.

La entropía de estado y de respuesta es inversamente proporcional, a la concentración alveolar mínima, como ya se demostró en otros estudios.

Se ha reportado que la excitabilidad de las estructuras subcorticales evocadas por un estímulo nociceptivo pueden incrementar los valores de entropía. En nuestro estudio, la respuesta al estrés asociada con la intubación y estímulo nociceptivo no mostró incrementos significativos en los valores de *entropía* de estado y de respuesta, así como la frecuencia cardíaca; y tensión arterial; a diferencia de *Wheeler y cols.*, que demostraron que la *entropía* de respuesta y estado, frecuencia cardíaca y la tensión arterial se incrementaron de manera significativa durante el estímulo nociceptivo.

*Takamasu y cols.*, también reportaron que la actividad electromiográfica frontal puede ser un valor adecuado de la anestesia y también refleja la nocicepción, pero no se correlaciona con la intensidad del estímulo nociceptivo; Este incremento puede ser atribuido al aumento de la información nociceptiva del SNC, los cuales activan las vías simpáticas e incrementan la circulación de los niveles de catecolaminas, resultando en taquicardia e hipertensión.

En nuestro estudio la *entropía* de estado, de respuesta, contra las variables hemodinámicas se correlacionaron arriba del 90%, lo cual sugiere que tienen una interrelación altamente significativa.

## **XVIII. CONCLUSIONES**

En este estudio demostramos que la *entropía* de respuesta y *entropía* de estado, se correlacionan en forma estadísticamente significativa con las variables hemodinámicas (frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica, diastólica y media), en los pacientes pediátricos neuroquirúrgicos sometidos a anestesia general, por lo que consideramos que la entropía es de gran utilidad como parte del monitoreo del paciente neuroquirúrgico pediátrico; así como una posible herramienta adicional para optimizar los requerimientos anestésicos.

Creemos que el presente estudio dará pie para que estas medidas de monitoreo sean aplicadas a las técnicas anestésicas para los procedimientos quirúrgicos en general.

## **XIX. BIBLIOGRAFÍA**

1. Aguilar JL, De Andrés JA, De león O, Gómez-Luque A, Montero A, Torres LM. Tratado de Anestesia y Reanimación. ed. Arán. Madrid 2001; Cap.3: 425-459
2. Johansen JW, Sebel PS. Development and clinical applications of electroencephalographic bispectrum monitoring. *Anesthesiology* 2000;**93**:1336-44
3. Denman WT, Swanson EL, Rosow D, et al. Pediatric evaluation of the bispectral index (BIS) monitor and correlation of BIS with end-tidal sevoflurane concentration in infants and children. *Anesth Analg* 2000; **90**:872-7
4. Viertio-Oja H, Maja V, Sarkela M, et al. Description of the Entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5 Entropy Module. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; **48**: 154-61
5. Inouye T, Shinosaki K, Sakamoto H, et al. Quantification of EEG irregularity by use of the entropy of the power spectrum. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; **79**: 204–210.
6. Arthur Schultz, MD. Markus Siedenberg. Ulrich Grouven. Thomas Kneif. Barbara Schultz, MD. Comparison of Narcotrend index, Bispectral index, spectral and entropy parameters during induction of propofol-remifentani anaesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 2008; **22**:103–111.

7. Inouye T, Shinosaki K, Sakamoto H, et al. Quantification of EEG irregularity by use of the entropy of the power spectrum. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; **79**: 204–210.
8. Grouven U, Beger FA, Schultz B, Schultz A. Correlation of Narcotrend Index, entropy measures, and spectral parameters with calculated propofol effect-site concentrations during induction of propofol-remifentanyl anaesthesia. *J. Clin Monit* 2004; **18**: 231–240.
9. Marsh B, White M, Morton N, Kenny GNC. Pharmacokinetic model driven infusion of propofol in children. *Br J Anaesth* 1991; **67**: 41–48.
10. Davidson AJ, MxCann ME, Devavaram P, et al. The differences in the bispectral index between infants and children during emergence from anesthesia after circumcision surgery. *Anesth Analg* 2001; **93**: 326-30
11. Davidson A J, Huang G H, Rebmann, Ellery C. Performance of entropy and Bispectral Index as measures of anaesthesia effect in children of different ages. *British journal of Anaesthesia* 2005; **95**(5): 674-679
12. Vakkuri A, Yli-Hankala A, Talja P, et al. Time-frequency balanced spectral entropy as a measure of anesthetic drug effect in central nervous system during sevoflourane, propofol, and thiopental anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; **48**: 145-153
13. Takamatsu I, Ozaki M, Kazama T. Entropy indices vs the bispectral index TM for estimating nociception during sevoflourane anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia* 2006; **96**: 620-626

14. Kreuer S, Wilhelm W, Grundmann U, Larsen R, Bruhn J. Narcotrend index versus bispectral index as electroencephalogram measures of anesthetic drug effect during propofol anesthesia. *Anesth Analg* 2004; **98**: 692–697.
15. Weber F, Hollnberger H, Gruber M, Frank B, Taeger K. The correlation of the Narcotrend Index with endtidal sevoflurane concentrations and hemodynamic parameters in children. *Paediatr Anaesth* 2005; **15**: 727–732.
16. McCann ME, Bacsik J, Davison A et al. the correlation of bispectral index with endtidal sevoflurane concentration and haemodynamic parameters in preschoolers. *Pediatric Anaesth* 2002; **12**: 877-881
17. Brunh J, Röpcke H, hoeft A. Aproximate entropy as an electroencephalographic measure of anesthetic drug effect during desflourane anesthesia. *Anesthesiology* 2000; **62**:715-26
18. Bonhomme V, Deflandre E, Hans P. Correlation and agreement between bispectral index and state entropy of electroencephalogram during propofol anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia* 2006; **97**, 3