



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS**

**PROYECTO FINAL PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGÍA Y
TERAPIA DEL DOLOR**

TEMA

**“MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE
DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA
TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL”**

AUTOR

MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA

TUTOR

DR. FLAVIO ALFONSO VEINTEMILLA SIG-TU

AÑO

2016

GUAYAQUIL - ECUADOR



Carlos Jaime Game
12/12/16

CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO FINAL

Dra. Clara Jaime Game, en calidad de Revisor del Proyecto Final, asignado por la Escuela de Graduados de la Universidad Estatal de Guayaquil.

Certifico que el presente trabajo de investigación cuyo tema es **MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL**, para optar el título de **Especialista en Anestesiología y Terapia del Dolor**, fue realizado en el **Hospital Clínica Kennedy** durante el periodo de Enero del 2014 a Junio del 2016, fue dirigido, asesorado, supervisado y realizado junto con el Dr. Flavio Veintemilla Sig-Tu (Tutor del Postgrado) en todo su desarrollo y dejo constancia que es original del Autor, **MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA** con **C.I. 0922216254**

Considero que el presente trabajo investigativo reúne los requisitos solicitados para continuar con el proceso requerido por la Universidad Estatal de Guayaquil.

Dra. Clara Jaime Game
DRA. CLARA JAIME GAME

REVISOR ASIGNADO

UNIVERSIDAD ESTATAL DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS

FECHA: **19 SEP 2016**

HORA: **12:07**

RECIBIDO POR: *[Signature]*



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS
DIRECCION



Of. EG-115-ANTEP.

Julio 05 de 2016

Médico

Brian Josue Franco Borja

RESIDENTE ESPECIALIDAD ANESTESIOLOGÍA Y TERAPIA DEL DOLOR.

HOSPITAL CLÍNICA KENNEDY

Ciudad

Por medio del presente oficio comunico a usted, que aplicando lo que consta en la Unidad Curricular de Titulación vigente en esta Escuela su Anteproyecto de Investigación con el tema:

"MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA FINAL DE DIOXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGIA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL".

Tutor: Dr. Flavio Veintemilla Sig-Tu

Ha sido revisado y aprobado por la Subdirección de Escuela de Graduados el día **28 de junio del 2016**, por lo tanto puede continuar con la ejecución del **Proyecto final de titulación**.

Revisor asignado: Dra. Clara Jaime Game.

Atentamente,

Dra. Mariela Chang Cruz
SUBDIRECTORA



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS



UNIDAD CURRICULAR DE TITULACIÓN
FORMULARIO DE REGISTRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: Día: 05 Mes: FEBRERO Año: 2016

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN
ANESTESIOLOGÍA

UNIDAD ASISTENCIAL DOCENTE (UAD)
HOSPITAL CLÍNICA KENNEDY

Fecha Inicio Programa:
Día: 01 Mes: 04 Año: 2012

Fecha Culminación Programa:
Día: 31 Mes: 03 Año: 2016

DATOS DEL POSGRADISTA			
NOMBRES:	BRIAN JOSUE	APELLIDOS:	FRANCO BORJA
Cédula No:	0922216254	Dirección:	GUAYAQUIL
E-mail Institucional:	docencia@hospikennedy.med.ec	E-mail personal:	md_bfranco@hotmail.com
Teléfono convencional:	042131392	Teléfono móvil:	0993849509

TRABAJO DE TITULACIÓN
TÍTULO: MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA FINAL DE DIOXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL

MODALIDAD/OPCIÓN DE TITULACIÓN:
1. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (X) 2. EXAMEN COMPLEXIVO () 3. ARTÍCULO CIENTÍFICO ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	
UNIDAD DE POSGRADO, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO – UG.	
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	SALUD HUMANA, ANIMAL Y DEL MEDIO AMBIENTE
SUBLÍNEA:	BIOMEDICINA
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.	
ÁREA/LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	CIRUGÍAS ORTOPÉDICAS DE EXTREMIDADES INFERIORES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL	
SUBLÍNEA	NUEVAS TECNOLOGÍAS

PALABRAS CLAVE: ANESTESIA ESPINAL, CAPNOGRAFÍA NASAL, DIOXIDO DE CARBONO, SEDACIÓN, PROPOFOL
--

TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:
ESTUDIO OBSERVACIONAL, ANALÍTICO, PROSPECTIVO NO EXPERIMENTAL

TUTOR:	DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU
REVISOR METODOLÓGICO:	
COORDINADOR DEL PROGRAMA:	DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU

No. DE REGISTRO: No. CLASIFICACIÓN:

VALIDACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. DIRECTOR / COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN.		
F)	F)	F)

15430
sada



CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO FINAL

Dr. Medardo Blum Narváez, en calidad de Jefe de Docencia Grupo Hospitalario Kennedy.

Certifico que el presente trabajo de investigación cuyo tema es **MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL**, para optar el título de **Especialista en Anestesiología y Terapia del Dolor**, fue realizado en el **Hospital Clínica Kennedy** durante el periodo de Enero 2014 - Junio del 2016. Dirigido, asesorado, supervisado y realizado junto con el Dr. Flavio Veintemilla Sig-Tu en todo su desarrollo y dejo constancia que es original del Autor: **MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA** con C.I. 0922216254

Considero que el trabajo investigativo reúne los requisitos solicitados para ser calificado como Proyecto Final por la **Dra. Clara Jaime Game**, Tutor asignado por la Universidad Estatal de Guayaquil.

Dr. Medardo Blum N.
GINECO-OBSTETRA
REG. L "A" FOLIO 14 N°. 40

DR. MEDARDO BLUM NARVAEZ

JEFE DE DOCENCIA

GRUPO HOSPITALARIO KENNEDY



CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO FINAL

Dr. Flavio Alfonso Veintemilla Sig-Tú, en calidad de Director del Postgrado de Anestesiología y Terapia del Dolor.

Certifico que el presente Trabajo de Investigación cuyo tema es **MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL**, para optar el título de **Especialista en Anestesiología y Terapia del Dolor**, fue realizado en el **Hospital Clínica Kennedy** durante el periodo de Enero 2014 – Junio 2016. Dirigido, asesorado, supervisado y realizado junto con el Tutor asignado en todo su desarrollo y dejo constancia que es original del Autor: **MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA** con C.I. 0922216254

Considero que el trabajo investigativo reúne los requisitos solicitados para ser calificado como Proyecto Final por la **Dra. Clara Jaime Game**, Tutor asignado por la Universidad Estatal de Guayaquil.

Dr. Flavio Veintemilla Sigtú
MÉDICO ANESTESIOLOGO
Reg. Prof. 6248
Libro 1°E" Folio 7 No. 20
INH. 2752 COL. MÉD 4513

DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU

DIRECTOR DEL POSTGRADO

ANESTESIOLOGÍA Y TERAPIA DEL DOLOR



CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO FINAL

Dr. Flavio Alfonso Veintemilla Sig-Tu, en calidad de Tutor del Proyecto Final del Trabajo de Investigación.

Certifico que el presente trabajo cuyo tema es **MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL**, para optar el título de **Especialista en Anestesiología y Terapia del Dolor**, fue realizado en el **Hospital Clínica Kennedy** durante el periodo de Enero 2014 – Junio 2016. Dirigido, asesorado, supervisado y realizado en todo su desarrollo y dejo constancia que es original del Autor: **MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA** con **C.I. 0922216254**

Considero que el trabajo investigativo reúne los requisitos solicitados para ser calificado como Proyecto Final por la **Dra. Clara Jaime Game**, Tutor asignado por la Universidad Estatal de Guayaquil.

Dr. Flavio Veintemilla Sig-Tu
MÉDICO ANESTESIOLOGO
Reg. Prof. 6248
Libro 1"E" Folio 7 No. 20
INH 2752 COL. MÉD 4513

DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU

TUTOR DEL PROYECTO FINAL

CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO FINAL

El suscrito **Dr. Brian Josué Franco Borja** con **C.I. 0922216254** es el Autor del Proyecto Final de Investigación cuyo tema es **MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL**, para la obtención del título de **Especialista en Anestesiología y Terapia del Dolor**.

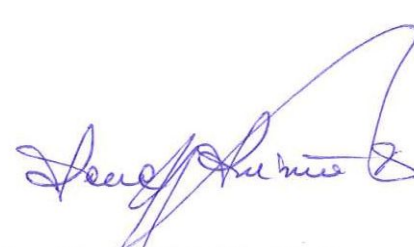
Certificamos que los datos obtenidos para el estudio y realización del Trabajo de Investigación pertenecen a los pacientes que fueron atendidos en el Hospital Clínica Kennedy durante el período de Enero del 2014 a Junio del 2016, información que consta en el Departamento de Estadística del Grupo Hospitalario Kennedy en donde reposan las Historias Clínicas y el Consentimiento Informado respectivo de los mismos.

Dado y firmado en Guayaquil, 12 de julio del 2016.



Dr. Edgar Lama Valverde

Director Técnico
Hospital Clínica Kennedy



Sra. Irene Triviño Burbano

Coordinadora General HCKP
Hospital Clínica Kennedy



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS**

**PROYECTO FINAL PRESENTADO COMO REQUISITO
PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGÍA Y TERAPIA DEL
DOLOR**

TEMA

“MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN
ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE
SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA
ESPINAL”

AUTOR

MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA

TUTOR

DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU

AÑO

2016

GUAYAQUIL - ECUADOR

...Agradezco principalmente a
Dios sobre todas las cosas. A mis padres
por su apoyo incondicional, a mis
hermanos por sus consejos. A mi familia
por formar parte de mis logros. A mis
tutores que compartieron sus
conocimientos para el sustento y
desarrollo de este proyecto de
investigación...

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis Padres, por ser pilares fundamentales en mi camino, por saber corregir mis errores y guiarme en cada etapa de mi vida. A mis hermanos con mucho cariño para que les sirva como ejemplo para que puedan emprender sus anhelos hacia un futuro lleno de recompensas, porque las metas se logran con esfuerzo, dedicación y perseverancia...

A mi familia, a mis amigos y a mis compañeros que fueron testigos del esfuerzo en esta ardua labor. A mis tutores por sus experiencias y conocimientos infundados...

...y sin lugar a dudas, principalmente a Dios, porque cada logro obtenido fue gracias a su misericordia y bendiciones.

Amén...

ÍNDICE

RESUMEN	XXV
SUMMARY	XXVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA	3
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACION.....	3
1.3. JUSTIFICACION	4
1.4. VIABILIDAD	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.7. HIPÓTESIS.....	5
1.8. VARIABLES.....	6
1.8.1. Variable independiente.....	6
1.8.2. Variable dependiente.....	6
1.8.3. Variables Intervinientes.....	6
1.9. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	7
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. EPIDEMIOLOGÍA	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
2.2.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	10
2.2.2. Los efectos principales del dióxido de carbono en la salud.....	10

2.3.	ANATOMÍA RESPIRATORIA.....	11
2.3.1.	Anatomía de las vías respiratorias.....	11
2.3.2.	Anatomía del pulmón	14
2.4.	FISIOLOGÍA RESPIRATORIA	15
2.5.	VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES	17
2.5.1.	Volúmenes pulmonares:	17
2.5.2.	Capacidades pulmonares:	18
2.6.	VENTILACIÓN ALVEOLAR.....	18
2.6.1.	Difusión de gases o intercambio alveolo-capilar	19
2.6.2.	Transporte de dióxido de carbono (CO ₂).....	20
2.7.	PRINCIPALES PARÁMETROS IMPLICADOS EN EL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE 20	
2.7.1.	Valores de referencia:.....	20
2.8.	HALLAZGOS DE LABORATORIO EN LAS ALTERACIONES PRIMARIAS DE LOS TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE.....	21
2.8.1.	Acidosis metabólica.	21
2.8.2.	Alcalosis metabólica.	22
2.8.3.	Acidosis respiratoria.....	22
2.8.4.	Alcalosis respiratoria.....	23
2.8.5.	Alteraciones mixtas.	23
2.9.	MONITOREO RESPIRATORIO: CAPNOGRAFÍA.....	24
2.10.	EL ESTADO ACTUAL DE LA CAPNOGRAFÍA FUERA DE LA SALA DE OPERACIONES	26
2.11.	OPINIÓN DEL AUTOR.....	28
	CAPITULO III.....	30
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO	30
3.1.1.	Lugar de investigación	30
3.1.2.	Período de investigación.....	30

3.2.	UNIVERSO Y MUESTRA.....	30
3.2.1.	Universo	30
3.2.2.	Muestra.....	31
3.3.	MATERIALES.....	31
3.3.1.	Recursos Humanos.....	31
3.3.2.	Instalaciones y equipo	31
3.4.	MÉTODOS	31
3.4.1.	Tipo de investigación	31
3.4.2.	Diseño de la investigación.....	31
3.4.3.	Universo	31
3.4.4.	Muestra.....	31
3.4.5.	Criterios de inclusión	32
3.5.	PROCEDIMIENTO.....	32
3.6.	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	33
3.7.	ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES.....	34
	CAPÍTULO IV.....	35
	RESULTADOS.....	35
	Tabla 1.....	35
	Gráfico 1.....	36
	Tabla 2.....	37
	Gráfico 2.....	38
	Tabla 3.....	39
	Gráfico 3.....	39
	Tabla 4.....	40
	Gráfico 4.....	40
	DISCUSIÓN.....	41
	CAPÍTULO V.....	43

CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXO 1: MATERIALES DE MONITORIZACIÓN FISIOLÓGICA	48
Imagen 1.- Capnógrafo Nasal	48
Imagen 2.- Monitor Multiparámetro	48
ANEXO 2: HOJA RECOLECCIÓN DE DATOS	49
ANEXO 3: FORMATO DE DATOS.....	50
ANEXO 4: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	51

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad demostrar que para el anestesiólogo es importante conocer y analizar la concentración transoperatoria de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal. El trabajo de investigación se realizó en el Hospital Clínica Kennedy, mediante el registro capnográfico, para disminuir las alteraciones en el equilibrio ácido-base durante el transoperatorio y sus repercusiones en el postoperatorio. Mediante vigilancia continua de la FEFCO₂ fue posible obtener un registro capnográfico para poder corregir las alteraciones hemodinámicas que en ocasiones no corresponden a las manifestaciones presentadas durante el transoperatorio. Se estudiaron 85 pacientes entre el período 2014 – 2016, sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal con y sin sedación consciente, se aplica monitoreo fisiológico, monitorización del índice biespectral (BIS) y se coloca el dispositivo para medir la FEFCO₂ durante el procedimiento quirúrgico. La utilización del capnógrafo nasal para realizar el estudio, toma la muestra de CO₂ directamente de las narinas del paciente, asociado a la administración suplementaria de oxígeno (O₂), hace que la muestra sea confiable. Se visualizó un incremento en el valor de la FEFCO₂ a los 15, 30 y 60 minutos en los pacientes bajo anestesia espinal con sedación consciente. Con todo esto, podemos determinar que el monitoreo de la FEFCO₂ puede ser aplicado durante el periodo transoperatorio en este tipo de procedimientos, sin causar riesgos para el paciente.

Palabras claves: Anestesia Espinal. Capnografía. Dióxido de carbono. Monitoreo fisiológico. Sedación consciente.

SUMMARY

This study aims to demonstrate that it is important for the anesthesiologist know and analyze the concentration transoperatory end fractional exhaled carbon dioxide (FEFCO₂) in patients undergoing orthopedic surgery under spinal anesthesia. The research was conducted at the Kennedy Clinic Hospital, by capnográfico registration, to reduce disturbances in the acid -base balance during surgery and its impact on postoperative. Through continuous monitoring of the FEFCO₂ it was possible to get a record capnográfico to correct the hemodynamic alterations that sometimes do not correspond to the statements submitted during surgery. Were studied 85 patients between the period 2014- 2016, undergoing orthopedic surgery under spinal anesthesia with or without conscious sedation, physiological monitoring , monitoring of the bispectral index (BIS) is applied and the device is placed to measure the FEFCO₂ during the surgical procedure. The use of nasal capnography for the study, take the sample of CO₂ directly from the nostrils of the patient, associated with the administration of supplemental oxygen (O₂), it causes the sample is reliable. An increase in the value of FEFCO₂ at 15, 30 and 60 minutes in patients under spinal anesthesia with sedation is visualized. With all this, we can determine that FEFCO₂ monitoring can be applied during the perioperative period in this type of procedures, without causing risks to the patient

Keywords: Spinal Anesthesia. Capnography. Carbon dioxide. physiological monitoring. Conscious sedation.

INTRODUCCIÓN

Desde el advenimiento de la alta tecnología médica, cuya finalidad es la de proporcionar seguridad en procedimientos de riesgo importante. Dentro de estos adelantos la vigilancia de la ventilación, en anestesiología, se convierte en una necesidad imperativa para el médico que trabaja en esta área. Para que la función de intercambio gaseoso se efectúe adecuadamente, debe ocurrir una correcta ventilación y distribución del aire inspirado, así como perfusión sanguínea a nivel alveolar. Si el equilibrio entre estas dos funciones no es correcto, conducirá a hipoxemia e hipercapnia mediante el efecto de espacio muerto o cortocircuito. (Espinal, 2014)

La ventilación debe representar un parámetro importante durante el procedimiento anestésico, la posición del paciente durante la cirugía (decúbito dorsal en la mayoría de éstos) provocará que la capacidad residual funcional y la capacidad vital disminuyan de 10 a 15% (De La Torre, 2014), y consecuentemente, acumulación de gases que normalmente se eliminan en la espiración. En 1851, John Snow demostró que durante los procedimientos anestésicos la eliminación de CO₂ disminuía de forma importante, lo que condiciona retención y origina la aparición de alteraciones fisiológicas tales como:

1. Hipertensión arterial, con incremento hasta del 25%.
2. A nivel cardíaco produce disminución de la fuerza contráctil del miocardio e incremento del gasto cardíaco, con aumento del consumo metabólico de oxígeno (O₂) del 10 al 20%.
3. En los vasos sanguíneos pulmonares incrementa la presión de las arterias pulmonares y de la presión capilar pulmonar.
4. Alteraciones en el equilibrio ácido-básico, el más común es la acidosis respiratoria. (Collins, 2011)

Todas estas alteraciones son fácilmente identificadas en la anestesia general, por la utilización de capnometría y capnografía. En los pacientes bajo anestesia espinal, que no reciben este tipo de monitoreo de forma rutinaria, la elevación en las cifras de CO₂ puede manifestarse con datos como: Desorientación, disnea, ansiedad y alteraciones conductuales, así como depresión de la corteza cerebral que podría

condicionar pérdida del estado de conciencia. Además, si se asocia con disminución de O_2 , condicionan paro respiratorio y crisis convulsivas secundarias a la hipoxia cerebral. (Safar, 2011)

En estudios realizados en 1961, Eger y Severinhaus demostraron que los niveles de CO_2 se incrementan de forma súbita posterior a depresión respiratoria moderada de la siguiente manera: Incremento inicial de CO_2 durante los primeros 15 a 45 segundos que poco a poco disminuyen al finalizar el primer minuto, y un segundo periodo con incremento más lento de CO_2 con un promedio de 2.5 a 3 mm/Hg por minuto. (Eger EI, 2011)

En la actualidad, la capnografía y la capnometría son los métodos de vigilancia de la fracción espirada final de CO_2 (FEFCO₂) con los que cuenta el anestesiólogo. Sin embargo, no hay estudios en los que se demuestre la necesidad de monitorizar esta variable en los pacientes sometidos a anestesia espinal en los que además sea necesaria la administración de fármacos depresores del sistema respiratorio, como son las benzodiacepinas, para producir ansiolisis, amnesia e hipnosis. (Stoelting, 2011)

El objetivo del presente estudio fue determinar el valor del monitoreo transoperatorio de la fracción espirada final de dióxido de carbono en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, realizado en el Hospital Clínica Kennedy, durante el periodo 2014 – 2016, mediante el registro capnográfico para evitar las alteraciones hemodinámicas por el desequilibrio ácido-base durante el transoperatorio y sus repercusiones en el postoperatorio. Se empleó un dispositivo de diseño particularmente modificado, útil y de bajo costo, en el marco de una investigación del tipo descriptiva, retrospectiva y no experimental. Existen en la actualidad diferentes dispositivos para la monitorización de la FEFCO₂ en el paciente despierto, al colocarlos directamente en las narinas. (Ibarra E., 2015)

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

La naturaleza de la investigación es básica, los datos obtenidos durante el proceso investigativo ayudarán aportando conocimientos científicos en los campos; quirúrgico y anestésico. Por lo expuesto, es transcendental el tema: MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA FINAL DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL, trabajo que se realizó en el Hospital Clínica Kennedy, durante el periodo 2014 - 2016. El propósito de esta investigación, es medir los valores de la $FEFCO_2$ en el paciente sometido a este tipo de cirugía bajo anestesia espinal con o sin sedación, para poder determinar su influencia sobre el equilibrio ácido-base o en los cambios hemodinámicos de la presión arterial media (PAM), frecuencia cardíaca (FC), saturación de oxígeno ($SatO_2$) y frecuencia respiratoria (FR), que puedan causar alteraciones en el gasto cardíaco y consumo de oxígeno, para poder evitar complicaciones durante el transoperatorio y en el postoperatorio.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACION

Se considera los siguientes aspectos a plantearse:

1. ¿Cuál es la desviación estándar de los pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal según sus características demográficas?
2. ¿Cuál es el valor de la fracción espirada final de dióxido de carbono ($FEFCO_2$) en los pacientes bajo anestesia espinal con y sin sedación?
3. ¿Qué relación existe entre la frecuencia respiratoria (FR) y la fracción espirada final de dióxido de carbono ($FEFCO_2$)?
4. ¿Cómo se relaciona el índice biespectral (BIS) con la fracción espirada final de dióxido de carbono ($FEFCO_2$)?

1.3. JUSTIFICACION

Con el presente trabajo se demostrará la importancia del monitoreo transoperatorio de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, realizado en el Hospital Clínica Kennedy, obteniendo un registro capnográfico que permita incluir la capnografía nasal como parámetro básico de monitorización en el paciente con anestesia regional, además identificar las complicaciones en el equilibrio ácido-base que se puedan presentar debido al aumento en el valor de la FEFCO₂ en los pacientes bajo anestesia espinal más sedación. Con los resultados, determinar si existe una relación entre la frecuencia respiratoria y la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) y en qué interviene la FEFCO₂ con el índice biespectral en la profundidad anestésica.

1.4. VIABILIDAD

Esta investigación fue autorizada por la Dirección Técnica, aprobada por el Departamento de Docencia y el Servicio de Anestesiología del Hospital Clínica Kennedy, se realizó en el período de Enero del 2014 a Junio del 2016, instaurando el conocimiento, el tiempo, el deseo y el empeño del Tutor y del Investigador por realizar este trabajo.

Durante la investigación, por condicionamientos éticos, se reservó la identidad de cada paciente, su historia clínica y el diagnóstico patológico. Se usaron los implementos necesarios para desarrollar este trabajo investigativo de manera factible, el cual no representó costos adicionales; es decir, no afectó de manera económica a las personas que intervinieron en el desarrollo de la investigación, siendo el paciente el beneficiario en todo momento.

El dispositivo para el registro capnográfico, propiedad del hospital, fue adaptado para ser utilizado en los procedimientos a los que fueron sometidos nuestros pacientes; es decir, se logró obtener los valores de FEFCO₂, sin poner en riesgo la vida de los pacientes, y además, se pudo identificar las causas principales que podrían producirse en el equilibrio ácido-base para evitar complicaciones en el transoperatorio y disminuir la morbilidad en el postoperatorio.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar que mediante el uso del monitoreo transoperatorio de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, en el Hospital Clínica Kennedy, en el período 2014 – 2016, se logrará definir la importancia de su aplicación en la anestesia conductiva para disminuir la morbilidad.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecer las características demográficas de los pacientes con monitoreo transoperatorio de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal con y sin sedación.
2. Determinar el valor de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) en los pacientes bajo anestesia espinal con y sin sedación.
3. Determinar la relación entre la frecuencia respiratoria (FR) y la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂).
4. Determinar la relación entre el índice biespectral (BIS) con la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂).

1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la importancia de llevar a cabo la monitorización transoperatoria de la fracción espirada de dióxido de carbono en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia?

1.7. HIPÓTESIS

La importancia de monitorizar la fracción espirada de dióxido de carbono en los pacientes bajo anestesia regional, sometidos a cirugía traumatológica permitiendo el registro de los valores en el monitor multiparámetro para determinar las causas probables de alteraciones hemodinámicas en el paciente ya sean durante la cirugía o sus efectos secundarios en el postoperatorio.

1.8. VARIABLES

1.8.1. Variable independiente

Paciente para cirugía traumatológica

1.8.2. Variable dependiente

Monitoreo transoperatorio de la fracción espirada final del dióxido de carbono

1.8.3. Variables Intervinientes

- Pacientes ASA I y II
- Edad: paciente adulto >24 años
- Sexo: Masculino y femenino
- IMC: Peso y talla
- Índice del Sensor Biespectral (BIS)

1.9. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR
Paciente para cirugía traumatológica	Todo paciente que cumpla con los criterios quirúrgicos para ser intervenido por el servicio de traumatología	Cualitativo dicotómico	SI / NO
VARIABLE DEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR
Monitoreo transoperatorio de la FEFCO ₂	Valor captado de la espiración directa de cada paciente en el dispositivo (capnógrafo nasal) para ser registrado en el capnograma.	Cuantitativo politómico	mm/Hg
VARIABLE INTERVINIENTE	DESCRIPCIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR
<u>Historia clínica</u>	Valor autonumérico asignado por la institución anfitriona de la investigación, a cada paciente	Cuantitativo	Autonumérico
<u>Edad</u>	Tiempo comprendido entre el nacimiento del paciente y el año en que se realizó la intervención quirúrgica.	Cuantitativo	Años
<u>Sexo</u>	Fenotipo biológico declarado en la historia clínica del paciente.	Cualitativo dicotómico	Masculino, Femenino
<u>Índice de masa corporal</u>	Peso [kg] sobre la estatura [m] al cuadrado, según lo registrado en el parte anestésico.	Cuantitativo	Kg/m ²

<u>Tipo de Cirugía</u>	Procedimiento quirúrgico al cual fue sometido el paciente, a propósito de esta investigación.	Cualitativo politómico	Artroplastia de cadera, rodilla, otras.
<u>Tiempo Cirugía</u>	Diferencia aritmética entre el fin y el inicio del procedimiento.	Cuantitativo	Fecha/Hora [dd/mm/año]/[h h:mm]
<u>Tipo de Anestesia</u>	Técnica aplicada al paciente, previa intervención.	Cualitativo politómico	Con sedación, Sin sedación
<u>Escala de Ramsay</u>	Nivel de conciencia en el paciente bajo sedación, durante la intervención a propósito de esta investigación.	Cualitativo politómico	I – VI
<u>Frecuencia cardiaca</u>	Número de latidos por minuto registrados mediante monitor multiparámetro.	Cuantitativo	Latidos por minuto (lpm)
<u>Presión arterial media</u>	Promedio entre la presión arterial sistólica y la presión arterial diastólica.	Cuantitativo	mm/Hg
<u>Frecuencia respiratoria</u>	Número de respiraciones por minuto registrados mediante monitor multiparámetro.	Cuantitativo	Respiraciones por minuto (rpm)
<u>Saturación parcial de Oxígeno</u>	Porcentaje de oxígeno en sangre determinado de forma indirecta mediante oximetría de pulso inflarrojo.	Cuantitativo	%
<u>Índice Biespectral (BIS)</u>	Parámetro de monitorización de profundidad anestésica registrado durante la intervención quirúrgica.	Cuantitativo	%

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EPIDEMIOLOGÍA

La capnografía es una monitorización no invasiva de la ventilación que mide el dióxido de carbono exhalado por el paciente. Desde los primeros estudios clínicos realizados por Smallhout y Kalenda en los años 70, se ha empleado para monitorizar a pacientes intubados en el medio hospitalario, en Europa y desde los años 80, en Estados Unidos. La representación gráfica de la concentración o la presión parcial del dióxido de carbono espirado durante un ciclo respiratorio que se presenta en forma de onda denominada como capnograma, proporciona información de la función pulmonar, y de forma indirecta, la función cardíaca mediante la perfusión. (Díez-Picazo, 2010)

Para evitar errores de comprensión es necesario conocer la diferencia entre capnometría y capnografía. La capnometría es la medición del nivel de CO₂ exhalado, el monitor utilizado para ello es el capnómetro, que muestra un valor numérico en una pantalla. La capnografía, a parte del valor numérico del CO₂ exhalado, entrega un registro gráfico de la eliminación del CO₂ en tiempo real y la frecuencia respiratoria, el monitor utilizado es capnógrafo. (Lumb AB, 2015)

La American Society of Anesthesiologists (ASA) desde 1991, considera que el estándar de atención en el quirófano es la monitorización conjunta de la capnografía y la pulsioximetría. El American College of Emergency Physicians (ACEP) desde 1995, promueve el uso de rutina de la capnografía en el paciente intubado, en el medio hospitalario y extra- hospitalario. La American Heart Association (AHA) desde el año 2000 recomienda el uso de la capnografía durante la parada cardiorespiratoria y el tratamiento cardiovascular urgente intra y extrahospitalario. En Europa la Intensive Care Society en el 2002, considera que la capnografía es un estándar de atención en el transporte del paciente crítico adulto. European Resuscitation Council (ERC) en el 2005 recomienda su utilización para verificar la colocación correcta del tubo endotraqueal (TET) durante la parada cardiorespiratoria. (Nolan JP, 2015)

El European Committee for Standardization en el 2007 elaboró los estándares europeos para las ambulancias terrestres, incluyendo un capnómetro dentro del equipamiento necesario de las ambulancias tipo C.

En la actualidad, la capnografía incorporada como estándar de monitoreo durante la anestesia ha sido de utilidad para mejorar la seguridad del paciente, llegando a ser parte integral de los cuidados anestésicos en la sala de operaciones por más de 25 años. En la práctica diaria en anestesia, es frecuente observar un paciente que estuvo intubado y con ventilación mecánica, con registro capnográfico por monitoreo, ser trasladado a la unidad de cuidados intensivos sin capnógrafo, debido a la falta de dispositivos para capnografía en estas áreas, que permita confirmar la intubación endotraqueal para poder continuar el monitoreo de la ventilación.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono CO₂, es un gas incoloro, inodoro y no combustible, forma parte del aire atmosférico en un porcentaje del 0.03% aproximadamente. No es un gas tóxico, pero no debe superar la concentración de 5000ppm en un ambiente cerrado. (Raynaud D, 2013)

El CO₂ es producido por el organismo como resultado de la respiración celular. Las concentraciones de CO₂ a nivel alveolar son proporcionalmente inversas a las frecuencias de ventilación por minuto; es decir, mientras más respiraciones por minuto menor es la concentración del CO₂ en los alveolos. Los niveles fisiológicos de CO₂ en los pulmones varían de 20 a 50 mm/Hg que equivalen a concentraciones del 2.7 a 7.5%. (H Lodish, 2011)

2.2.2. Los efectos principales del dióxido de carbono en la salud

A nivel de las arterias y arteriolas produce vasodilatación, la hipocapnia que se define como la baja concentración de CO₂ en la sangre arterial produce vasoconstricción en los vasos sanguíneos causando una disminución en la perfusión sanguínea tisular. El CO₂ se encarga de la regulación del pH sanguíneo y de otros fluidos corporales.

Los niveles de oxígeno a nivel celular son controlados por el CO₂ alveolar y la respiración. La hiperventilación causa deficiencia de CO₂ alveolar, lo cual produce hipoxia celular, es decir, bajas concentraciones de oxígeno celular.

La estabilización de nervios es debido a los efectos sedantes del dióxido de carbono en las células nerviosas, mientras que la falta de CO₂ en el cerebro produce activación espontánea y asíncrona de las neuronas causando anormalidades mentales y psicológicas que van desde ataques de pánico y epilepsia hasta trastornos del sueño, depresión y esquizofrenia. (Fabregas N, 2011)

La relajación de las células musculares (relajación muscular) se presenta cuando los niveles de CO₂ son altos, mientras que la tensión muscular es causada por la hipocapnia.

En las vías respiratorias, a nivel de bronquios y bronquiolos, el CO₂ produce broncodilatación. Niveles elevados de dióxido de carbono previenen heridas y promueven la cicatrización de los tejidos pulmonares y a nivel tisular en piel. La respiración es regulada y controlada por el CO₂. El efecto producido por la falta de dióxido de carbono es el “apnea central hipocápnica”.

La hiperventilación o el respirar de manera profunda y rápida, produce deficiencia de CO₂ (hipocapnia) en la sangre y otros fluidos, tejidos y células. La vasoconstricción reduce la perfusión de sangre y transporte oxígeno al cerebro, corazón y demás órganos vitales, esta es la causa principal que luego de 2-3 minutos de hiperventilación forzada produce pérdida de la consciencia.

El efecto Bohr suprimido, es otro efecto del CO₂ causando liberación disminuida de oxígeno en la sangre a los tejidos, esto se debe a la misma hipocapnia, causas probables para promover el cáncer, enfermedades cardíacas, diabetes y muchas otras condiciones crónicas. (Wagner, 2011)

2.3. ANATOMÍA RESPIRATORIA

2.3.1. Anatomía de las vías respiratorias

Los conductos por los que se distribuye el aire hacia adentro o fuera del organismo, son las vías respiratorias mediante la respiración, estas vías son espacios que

atraviesa el aire para llegar al lugar donde se llevara a cabo el intercambio gaseoso, entre el oxígeno y el dióxido de carbono.

2.3.1.1. Vías respiratorias altas o tracto respiratorio superior

Nariz.- En su parte externa formada por los huesos propios de la nariz (parte ósea) y la punta de la nariz (parte cartilaginosa), sostiene la abertura de las dos ventanas nasales o narinas, cubierta por piel con abundantes glándulas sebáceas. La parte interna que es la cavidad nasal, separada de la cavidad bucal por los dos huesos palatinos (suelo de la nariz), y separada de la cavidad craneal por la lámina cribosa del hueso etmoides (techo de la nariz), esta fina lámina que presenta múltiples orificios, permite la entrada a las ramas del nervio olfatorio, cuyos receptores ubicados en la parte superior de la mucosa nasal son los encargados de llevar la información olfativa hacia el encéfalo.

La cavidad nasal dividida verticalmente por el tabique nasal da origen a las fosas nasales derecha e izquierda, cada cavidad o fosa nasal está dividida en tres pasillos horizontales, meato superior, medio e inferior. En el meato inferior desemboca el conducto lacrimal, y en los meatos medio y superior desemboca los senos paranasales. Los meatos desembocan en las coanas. (D Shier, 2014)

La cavidad nasal se encuentra tapizada internamente por mucosa respiratoria, ciliada y muy vascularizada, por fuera de la cavidad nasal, se encuentran los senos paranasales: frontales, maxilares, etmoidales y esfenoidales.

Faringe.- Consiste en un tubo muscular de 12,5 cm de longitud en edad adulta. Se prolonga desde la cavidad nasal hasta el esófago y laringe, ubicada por delante de las vértebras cervicales. Está tapizada por mucosa respiratoria, y conformada por tres pares de amígdalas: faríngeas o adenoides, palatinas y linguales.

Las amígdalas que son estructuras redondeadas y prominentes de la mucosa de la faringe, contiene numerosos macrófagos (células fagocitarias) en su interior.

La faringe se divide en tres porciones:

- Nasofaringe o rinofaringe. Está situada entre las coanas y el paladar blando.
- Orofaringe, se encuentra entre el paladar blando y hueso hioides, situada a la altura de la boca.

- Laringofaringe, porción ubicada desde el hueso hioides hasta el esófago.

La faringe es un órgano que permite el paso del aire y alimentos pero no es de manera simultánea, el aire que pasa es filtrado, humedecido y calentado.

Laringe.- Está unida a la faringe en su extremo superior y con la tráquea en su extremo inferior. Tiene forma triangular y está formada por nueve cartílagos. (Thibodeau, 2010)

2.3.1.2. Vías respiratorias bajas o tracto respiratorio inferior

Tráquea.- Se encuentra por delante del esófago, tiene 11 cm de longitud, se extiende desde el extremo inferior de la laringe hasta los bronquios primarios, con un diámetro de 2,5 cm.

Su pared está formada por 16-20 semianillos cartilaginosos que en su parte posterior se encuentran abiertos, evitando el colapso de la tráquea, que a su vez se encuentra revestida de epitelio ciliado.

Bronquios, bronquiolos y alveolos.- La tráquea se divide en dos ramas o bronquios principales: bronquio derecho e izquierdo. El bronquio derecho es más largo y vertical en relación con la disposición del bronquio izquierdo. Ambos de igual estructura que la tráquea (en su exterior por anillos semicartilaginosos y en su interior por mucosa ciliada). (G Thibodeau, 2010)

El bronquio derecho que penetra el pulmón derecho, y el bronquio izquierdo en el pulmón izquierdo. En el pulmón, los bronquios se subdividen en bronquios más pequeños o bronquios secundarios, se diferencian de los primarios porque sus anillos cartilaginosos son completos.

Los bronquios secundarios al ramificarse originan los bronquios terciarios o segmentarios y éstos dan origen a bronquiolos que no poseen anillos cartilaginosos, cuya pared está constituida por músculos liso y epitelio no ciliado.

Los bronquiolos se subdividen en conductos más pequeños para formar los conductos alveolares, son una rama microscópica en donde terminan varios sacos alveolares. Los sacos alveolares conformados por alvéolos. Se estima una cantidad de 300 millones de alveolos en pulmones.

La pared alveolar es un epitelio menor de 1 mm de grosor que permite el paso y el intercambio entre el oxígeno y dióxido de carbono. Los alvéolos están en contacto con capilares sanguíneos favoreciendo el intercambio entre el aire del alveolo y la sangre circulante.

La pared alveolar se encuentra revestida de una sustancia llamada Surfactante, es encargada de reducir la tensión superficial del líquido, o fuerza de atracción entre las moléculas del agua, evitando el colapso alveolar cuando el aire entra y sale con cada respiración. Dentro de los alvéolos existen innumerables macrófagos, que mediante el proceso de la fagocitosis, son los encargados de evitar que las impurezas y microorganismo atraviesen las barreras de las vías respiratorias. (G Thibodeau, 2010)

2.3.2. Anatomía del pulmón

Los pulmones son órganos de consistencia esponjosa, en su interior se encuentran formados por bronquiolos, alvéolos y vasos sanguíneos, revestidos de tejido de tipo conjuntivo elásticos. Se encuentran ubicados en tórax, dentro de la cavidad torácica, protegidos por las costillas, se extienden desde el diafragma hasta un punto ligeramente por encima de las clavículas.

Entre ambos pulmones encontramos una cavidad llamada mediastino en donde se aloja el corazón, de ubicación ligeramente desviado hacia la izquierda, lo que explicaría la diferencia de tamaño que existe entre el pulmón izquierdo (menor tamaño) y el derecho (mayor tamaño). En el mediastino también encontramos el esófago, la tráquea, la arteria aorta y la vena cava. (G Thibodeau, 2010)

El hilio pulmonar es por donde entran y salen los bronquios y los vasos sanguíneos, mientras que externamente se pueden apreciar las cisuras que dividen en lóbulos cada pulmón.

El pulmón izquierdo dividido en lóbulo superior e inferior y el pulmón derecho en lóbulo superior, medio e inferior. En cada lóbulo penetran los bronquios secundarios, por lo tanto, el pulmón izquierdo tiene dos bronquios secundarios y el derecho tiene tres.

Cada lóbulo está dividido en segmentos broncopulmonares (8 segmentos en el pulmón izquierdo y 10 segmentos en el derecho), en los cuales penetran un bronquio terciario que se va ramificando hasta llegar a los sacos alveolares y alveolos.

Cada pulmón está cubierto de una doble membrana, una adherida al pulmón que se conoce como pleura visceral y una externa adherida al tórax llamada pleura parietal, separadas por una cantidad mínima pero suficiente de líquido que facilita el movimiento deslizante de los pulmones en los movimientos respiratorios que es el líquido pleural.

Este espacio pleural con una presión negativa evita el colapso pulmonar, manteniendo los pulmones abiertos. (G Thibodeau, 2010)

2.4. FISIOLÓGÍA RESPIRATORIA

Si consideramos al organismo como una máquina de combustión interna, que reduce principalmente las grasas y carbohidratos para obtener la energía que necesitamos para realizar las funciones, este proceso consume oxígeno y produce anhídrido carbónico.

Este proceso se realiza en las células situadas en los tejidos, siendo necesario un medio de conexión con la atmósfera, la corriente sanguínea, es la encargada de transportar los gases mediante compuestos químicos y soluciones físicas. (H Lodish, 2011)

A mayor trabajo, el organismo demanda mayor gasto energético y, por lo tanto, existirá mayor necesidad de transportar los gases entre las células y el ambiente. Este proceso se logra aumentando el gasto cardíaco con redistribución del flujo sanguíneo hacia los órganos que se encuentran en actividad, necesitando una mayor cantidad de oxígeno en la sangre circulante por los tejidos. Mediante un fenómeno mecánico, la ventilación alveolar, en forma parcial y periódica renueva el aire alveolar, manteniendo dentro del pulmón una adecuada composición para permitir el intercambio gaseoso.

El pulmón, siendo un intercambiador de gases, por un lado recibe el aire atmosférico que se renueva por acción del fuelle o bomba toracopulmonar y por el otro, sangre circulante entre los tejidos y el pulmón por acción del corazón.

Por lo expuesto, se aprecia la complejidad de la función respiratoria y requiere de la coordinación de varios grupos de órganos, de los cuales el aparato respiratorio es el principal. (G Thibodeau, 2010)

El oxígeno ambiental llega al alvéolo por efecto de la ventilación alveolar (VA), la cual se distribuye en forma proporcional a la irrigación que recibe los alvéolos. El O_2 se difunde a través de la pared alvéolo capilar (DL), pasa a la sangre capilar donde se une a la hemoglobina (Hb) que lo transporta a través de las arterias hasta que llegan a los capilares tisulares de todo el organismo, desde donde se difunde hacia las células que lo consumirán.

El CO_2 producido en las células se difunde a los capilares sistémicos y es transportado por las venas hasta el corazón derecho y de allí al pulmón donde se difunde a los alvéolos. La ventilación eliminará este gas hacia el ambiente. Para mantener la ventilación adecuada a los requerimientos metabólicos existen sensores a nivel arterial que informan a los centros respiratorios de la presión de oxígeno y anhídrido carbónico en la sangre.

Se aborda la función respiratoria como una sucesión de fenómenos en etapas:

1. Ventilación alveolar. Fenómeno mecánico que consiste en intercambiar el aire contenido dentro de los alvéolos.
2. Distribución y relación ventilación/perfusión. Renovación proporcional del aire con la sangre a cada lado de la membrana de difusión.
3. Difusión o transferencia. Intercambio de gases a través membrana alveolocapilar.
4. Transporte de O_2 y CO_2 efectuado por la sangre entre el pulmón y las células.
5. Regulación de la respiración. Mecanismo de control de la respiración con la circulación, demandas metabólicas, equilibrio ácido-base, fonación, deglución, entre otras.
6. Hemodinámica de la circulación pulmonar.
7. Funciones del espacio pleural.
8. Mecanismo de defensa mecánico, celular y humoral.
9. Filtro de partículas que circulan por la sangre (coágulos, agregados plaquetarios, trozos de tejidos).

10. Actividad metabólica local. El surfactante, sustancias elaboradas por los neumocitos tipo II.
11. Reservorio de sangre.
12. Equilibrio ácido-base.
13. Balance hídrico.
14. Balance calórico. La respiración causa el 5-10% de la pérdida calórica total del organismo. (G Thibodeau, 2010)

Los compartimientos que convencionalmente se reconocen son:

- Vías aéreas, que son los elementos de conducción entre el ambiente y los alvéolos.
- Espacios alveolares para el intercambio gaseoso que se realizará con el endotelio capilar.
- Intersticio pulmonar, tejido de sostén que envuelve a los bronquios y vasos intrapulmonares, contiene diversos tipos celulares y la red capilar que envuelve a los sacos alveolares. (G Thibodeau, 2010)

2.5. VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

Para estudiar la ventilación pulmonar debemos realizar un registro del volumen de aire que entra y sale de los pulmones, se puede lograr mediante la espirometría de flujo.

Existen cuatro volúmenes diferentes y cuatro capacidades pulmonares que son combinación de dos o más volúmenes.

2.5.1. Volúmenes pulmonares:

- Volumen corriente (VC): Es el volumen de aire inspirado o espirado con cada respiración normal, es de 500ml.
- Volumen de reserva inspiratoria (VRI): Es el volumen extra de aire que puede ser inspirado sobre el del volumen corriente, es de 3000ml.
- Volumen de reserva espiratoria (VRE): Es el volumen de aire que puede ser espirado en una espiración forzada al final de una espiración normal, es de 1100ml.

- Volumen residual (VR): Este volumen no puede medirse directamente como los anteriores. Es el volumen de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración forzada, es de 1200 ml. (D Shier, 2014)

2.5.2. Capacidades pulmonares:

- Capacidad inspiratoria (CI) combinación del volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria (VC + VRI). Es la cantidad de aire que una persona puede inspirar $\pm 3.500\text{ml}$.
- Capacidad residual funcional (CRF) combinación del volumen de reserva espiratorio más el volumen residual ($\text{VRE} + \text{VR} = 2.300\text{ml}$).
- Capacidad vital (CV) combinación del volumen de reserva inspiratorio más el volumen corriente más el volumen de reserva espiratorio ($\text{VRI} + \text{VC} + \text{VRE}$). Es la cantidad máxima de aire que una persona puede eliminar de los pulmones después de haberlos llenado al máximo. La capacidad vital es importante en la clínica respiratoria para vigilar la evolución de los procesos pulmonares, 4.600ml . (Thibodeau, 2010)

2.6. VENTILACIÓN ALVEOLAR

La importancia de la ventilación pulmonar consiste en la renovación continua del aire e las unidades respiratorias, los alvéolos. La efectividad de la ventilación se puede calcular con la ventilación pulmonar total o volumen de aire inspirado y espirado en cada minuto, se denomina volumen respiratorio minuto (VRM) y resulta al multiplicar el volumen corriente por la frecuencia respiratoria. (Sassoon, 2015)

La frecuencia respiratoria suele ser de 12-15 respiraciones por minuto:

$$\text{FR} \times \text{VC} = \text{VRM}$$

$$12 \text{ respiraciones/min} \times 500 \text{ ml} = 6000 \text{ ml/min} = 6 \text{ litros/min}$$

En las vías respiratorias, como la tráquea y los bronquios en donde se realiza el intercambio de gases con la sangre, se denomina “Espacio muerto anatómico” (VM), este volumen contenido en un varón adulto es de ± 150 ml.

Como consecuencia, un indicador adecuado de la eficiencia de la ventilación; es la ventilación alveolar o cantidad de aire que alcanzan los alvéolos en un minuto, se calcula al multiplicar la frecuencia respiratoria por el volumen corriente menos el volumen del espacio muerto:

$$FR \times (VC - VM) = VA$$

$$12 \text{ espiraciones/min} \times (500\text{ml} - 150\text{ml}) = 4200 \text{ ml/min}$$

2.6.1. Difusión de gases o intercambio alveolo-capilar

El siguiente paso en el proceso respiratorio es la difusión entre el oxígeno (O_2) desde los alvéolos hacia la sangre y del dióxido de carbono (CO_2) hacia los alvéolos. La cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono disuelto en el plasma depende de gradiente de presiones y de la solubilidad del gas es constante. El principal determinante del intercambio gaseoso es el gradiente de presión parcial del gas a ambos lados de la membrana alvéolo-capilar. (Sassoon, 2015)

Los gases se difunden de regiones de presión parcial elevada hacia regiones de presión parcial baja. La presión parcial de oxígeno (PO_2) normal en los alvéolos es de 100mm/Hg, mientras que la PO_2 normal en la sangre venosa que llega a los pulmones, es de 40mm/Hg, por lo tanto, el O_2 se difunde desde los alvéolos hacia el interior de los capilares pulmonares.

El proceso de difusión para el dióxido de carbono (CO_2) es lo contrario, la presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2) normal en los alvéolos es de 40mm/Hg, mientras que la PCO_2 normal en la sangre arterial que llega a los pulmones es de 46 mm/Hg. Por lo tanto, el CO_2 se difunde desde los capilares hacia el interior de los alvéolos. (M Hughes, 2011)

2.6.2. Transporte de dióxido de carbono (CO₂).

La producción de dióxido de carbono (CO₂) en los tejidos es el resultado del metabolismo celular, es recogido por la sangre y transportado por la sangre venosa de las arterias pulmonares hasta los pulmones.

A pesar de que el CO₂ es más soluble en los líquidos corporales, las células producen más CO₂ del que se puede transportar en el plasma, la sangre venosa transporta el CO₂ de las siguientes maneras:

- Combinado con la hemoglobina (Hb) en un 20%
- En forma de bicarbonato en un 7%
- En solución simple en un 7%. (Sassoon, 2015)

2.7. PRINCIPALES PARÁMETROS IMPLICADOS EN EL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

2.7.1. Valores de referencia:

1. pH parámetro indicador de la acidez o alcalinidad de una muestra de sangre. Rango de referencia del pH en el adulto es de 7.35-7.45.
2. pCO₂ es la presión parcial de dióxido de carbono en la fase gaseosa en equilibrio con la sangre. Rango de referencia de pCO₂ en los adultos es de 35-45mm/Hg.
3. pO₂ es la presión parcial de oxígeno de la sangre arterial. Rango de referencia de pO₂ en el adulto es 83-108mm/Hg.
4. HCO₃-real es la concentración de bicarbonato en el plasma de la muestra. Rango de referencia en el adulto de la HCO₃-real es de 22-26 mmol/L.
5. HCO₃-estándar es la concentración de carbonato de hidrógeno en el plasma de sangre equilibrada con una mezcla de gases con una pCO₂ de 40 mmHg y una pO₂ mayor o igual a 100 mmHg. Rango de referencia en el adulto del HCO₃ estándar es de 22-26 mmol/L.
6. CTCO₂ es la suma de las concentraciones de cada una de las formas en las que se puede encontrar el dióxido de carbono.
7. Déficit de base o base exceso (BE) es la concentración de base en sangre total valorable con un ácido o una base fuerte hasta un pH de 7.4 a una pCO₂ de 40 y a 37°C. Rango de referencia es de +2 / -2 mEq/L.

8. SatO_2 saturación de oxígeno, cuya referencia es el porcentaje de la hemoglobina oxigenada en relación con la cantidad de hemoglobina capaz de transportar oxígeno. Rango de referencia de SatO_2 en el adulto es de 95-99%.
9. FiO_2 : es la concentración de oxígeno inspirado fraccional. (M Hughes, 2011)

2.8. HALLAZGOS DE LABORATORIO EN LAS ALTERACIONES PRIMARIAS DE LOS TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

2.8.1. Acidosis metabólica.

Acidosis metabólica con anión gap elevado (normoclorémica):

- a. Insuficiencia renal
- b. Acidosis láctica
- c. Cetoacidosis
- d. Drogas y fármacos
- e. Rabdomiólisis masiva

Acidosis metabólica con anión gap normal (hiperclorémica):

- a. Pérdidas gastrointestinales de bicarbonato
- b. Administración de ácidos
- c. Pérdidas renales

Entre las manifestaciones clínicas:

- a. Hiperventilación compensadora
- b. Hipotensión
- c. Arritmias ventriculares
- d. Deterioro del nivel de conciencia, confusión y cefalea
- e. Las formas crónicas pueden conllevar retraso en el crecimiento en los niños y desmineralización ósea en el adulto.

El tratamiento basado en corregir la causa de la acidosis (ejemplo, tratamiento y control de la diabetes) y aporte del déficit de bases (aporte de bicarbonato sobre todo si el pH es inferior a 7.2). (Seifter, 2011)

2.8.2. Alcalosis metabólica.

Causas más frecuente:

- a. Vómito
- b. Aspiración gástrica
- c. Tratamientos: Diuréticos, ingestión de bicarbonato para combatir el malestar gastrointestinal y tratamiento de la úlcera péptica con antiácidos alcalinos.
- d. Hipermineralocorticismo

Entre las manifestaciones clínicas:

- a. Tetania secundaria a hipocalcemia
- b. Hiperirritabilidad
- c. Convulsiones
- d. Trastornos mentales
- e. Depresión respiratoria
- f. Cambios ECG semejantes a la hipokaliemia

El tratamiento consiste en la administración de NaCl dependiendo de la severidad de la hipokaliemia; antes casos de alcalosis severa o persistente puede requerirse cloruro amónico. (Seifter J. , 2011)

2.8.3. Acidosis respiratoria.

La causa más frecuente es una insuficiencia eliminación de CO₂ por los pulmones (hipoventilación) como consecuencia de:

- a. Depresión del SNC (fármacos)
- b. Trastornos neuromusculares (miopatía, Síndrome de Guillén-Barré)
- c. Enfermedades pulmonares (OCFA-obstrucción crónica al flujo aéreo-, asma, cifoescoliosis, neumotórax).

Las manifestaciones clínicas:

- a. Dependientes del nivel de PCO₂ y de su rapidez de instauración.
- b. Predominan los síntomas neurológicos: asterixis, cefalea, somnolencia, confusión y coma.
- c. Ingurgitación de los vasos retinianos y papiledema.
- d. La hipercapnia crónica se asocia a hipertensión pulmonar y cor pulmonale,

El tratamiento de la forma aguda está dirigido a la enfermedad causal, pudiendo ser necesaria la ventilación mecánica en las formas graves y/o acompañadas de hipoxemia. La ventilación asistida ante una hipercapnia crónica, es indicación sólo si existe un aumento agudo de la PCO₂. (Seifter J. , 2011)

2.8.4. Alcalosis respiratoria.

Las causa más frecuentes:

- a. Histeria y llanto prolongado. Estados de ansiedad.
- b. Intoxicación por salicilatos.
- c. Insuficiencia hepática.
- d. Trastornos del control por parte del SNC del sistema respiratorio.
- e. Asma
- f. Fiebre
- g. Ejercicio
- h. Embolismo pulmonar.
- i. Uso de respiradores mecánicos

Las manifestaciones clínicas:

- a. Síntomas de hipocalcemia
- b. Deterioro del nivel de conciencia
- c. Síncope
- d. Arritmias

El tratamiento es causal, se trata la hiperventilación con fármacos (sedantes) o haciendo respirar al paciente en una bolsa de papel. (Geffin, 2013)

2.8.5. Alteraciones mixtas.

En un mismo paciente, es frecuente más de una alteración primaria del equilibrio ácido-base, es necesario conocer los mecanismos de compensación y tiempos de respuestas. A continuación señalaremos algunas situaciones:

- a. Alcalosis respiratorias + alcalosis metabólica: Puede coexistir en pacientes muy graves y tras vómitos copiosos en embarazadas.
- b. Acidosis metabólica + alcalosis respiratoria: En pacientes intoxicados por salicilatos y en insuficiencia hepática.

- c. Acidosis metabólica + alcalosis metabólica: Pacientes en situaciones de acidosis láctica o insuficiencia renal, además tras vómitos abundantes.
- d. Acidosis mixtas: Presentan bicarbonato descendido más un anión gap aumentado. (Geffin, 2013)

2.9. MONITOREO RESPIRATORIO: CAPNOGRAFÍA

La capnografía que define como la medición y visualización numérica del dióxido de carbono espiratorio final, también conocido como EtCO₂, es la concentración máxima de dióxido de carbono espirado durante un ciclo respiratorio.

La representación gráfica de la concentración o la presión parcial del dióxido de carbono espirado durante un ciclo respiratorio que se muestra en forma de onda es lo que se conoce como capnograma. Esto no solo proporciona información de la función ventiladora y la perfusión. (Hess, 2014)

Los anestesiólogos fueron los primeros en implementar herramientas y estándares de bioseguridad en quirófano. Desde 1985, en Estados Unidos, han disminuido las demandas por la mala praxis en el área de anestesiología; a diferencia de las demás especialidades médicas o quirúrgicas.

En la actualidad, la capnografía incorporada como estándar de monitoreo durante la anestesia ha sido de utilidad para mejorar la seguridad del paciente, llegando a ser parte integral de los cuidados anestésicos en la sala de operaciones por más de 25 años. Es frecuente observar un paciente que estuvo intubado y con ventilación mecánica, con registro capnográfico por monitoreo, ser traslado a la unidad de cuidados intensivos sin capnógrafo, debido a la falta de dispositivos para capnografía en estas áreas, que permiten confirmar la intubación endotraqueal y poder continuar el monitoreo de la ventilación.

La Asociación Estadounidense del Corazón (American Heart Association, AHA) otorgan una recomendación de Clase 1, LOE A, para el uso de capnografía con forma de onda continua como el método más confiable para confirmar y monitorear la colocación correcta del tubo endotraqueal.

La AHA también plantea que un aumento sostenido de PETCO₂ durante la reanimación cardiopulmonar (RCP) es un indicador del retorno de la circulación espontánea. A causa de este hecho, se recomienda utilizar capnógrafo en pacientes

entubados para monitorear la calidad de la RCP, optimizar las compresiones torácicas y detectar el retorno de la circulación espontánea durante dichas compresiones, así mismo cuando la verificación del ritmo revela un ritmo organizado (Clase IIb, LOE C). (Hess, 2014)

La capnografía de flujo central es utilizada comúnmente en pacientes con ventilación mecánica y pacientes entubados que requieren un monitoreo intensivo. Los dispositivos de flujo central también se utilizan en los pacientes que no se encuentran entubados, a través de una boquilla o una mascarilla. Cuando el paciente exhala, el gas con abundante CO₂ pasa a través del adaptador de las vías respiratorias donde se mide y se registra por el monitor.

Los valores del dióxido de carbono son usualmente mostrados como presión parcial (PCO₂), dependiendo de la localización de las mediciones de bióxido de carbono en el aparato, hay dos tipos de sensores de corriente central y lateral. En los sensores de corriente central, el sensor está colocado entre el tubo traqueal y el circuito respiratorio y las mediciones de bióxido de carbono se hacen a través de la vía aérea. En los de corriente lateral, los gases son aspirados a través de un adaptador y una línea de muestreo al monitor de sensor infrarrojo. (Hess, 2014)

El sensor de flujo central no se encuentra en contacto directo con el paciente, por lo tanto, no se puede contaminar con humedad o secreciones. Si este adaptador de flujo central de las vías respiratorias se contamina con secreciones, agua o algún tipo de medicamento en aerosol, se puede retirar y ser reemplazado. Un capnograma convencional en adultos resulta de una forma más o menos idéntica en todos los individuos saludables; cualquier variación requiere de un análisis para determinar la causa fisiológica o patológica de esta variación. Las formas de las ondas de bióxido de carbono pueden ser graficadas contra el tiempo (tiempo de capnograma) o contra el volumen expirado (capnograma volumétrico).

El capnograma de tiempo es usado más comúnmente en la práctica clínica, este registro tiene dos importantes segmentos: fase inspiratoria y fase espiratoria; el segmento espiratorio se divide en 3 fases (I, II, III) y una fase ocasional (IV), basada en la fisiología de la evolución del bióxido de carbono del pulmón a las vías aéreas. La fase I no contiene bióxido de carbono espirado (gases de espacio muerto).

En la fase II la PCO_2 se eleva rápidamente cuando el gas alveolar desplaza al del espacio muerto. La fase III es la meseta alveolar que representa la evolución de bióxido de carbono en los alveolos; si esta PCO_2 es pareja en todos los alveolos como la meseta alveolar será perfectamente plana.

Los valores normales fluctúan entre 35-45 mm/Hg, normalmente los gases alveolares con alto dióxido de carbono permanecen dentro de las vías aéreas y no son analizados por el sensor cercano a la boca, sin embargo, el uso de grandes volúmenes corrientes y baja frecuencia ventilatoria propician que sean registradas las concentraciones altas de dióxido de carbono. Cuando la PCO_2 es graficada contra volumen espirado en un capnograma de volumen. La forma de la onda se relaciona a varios componentes del volumen corriente. En ambos tipos de capnogramas de tiempo y volumen, la diferencia entre la $PaCO_2$ y la $PETCO_2$ puede ser relacionada al espacio muerto fisiológico. (Hess, 2014)

La información clínica puede ser obtenida de tres fuentes en capnografía, valores numéricos de $PETCO_2$, las gráficas del capnograma y la diferencia entre $PETCO_2$ y $PaCO_2$, valores numéricos que pueden ser usados como herramienta en el diagnóstico diferencial. La forma del capnograma ofrece un diagnóstico más específico, siendo difícil usar la capnografía como una herramienta diagnóstica por sí misma.

2.10. EL ESTADO ACTUAL DE LA CAPNOGRAFÍA FUERA DE LA SALA DE OPERACIONES

Estudios han relacionado morbilidad y mortalidad con su escasa utilización en las unidades de terapia y en la reanimación cardiopulmonar, algunas asociaciones han revisado y recomendado el uso de la capnografía fuera del quirófano. Con el aumento de procedimientos bajo sedación en múltiples departamentos del hospital, incluso muchos de éstos llevados a cabo por personal no anestesiológico, es bien conocido que la hipoxia ocurre con suma frecuencia y lejos del personal de la sala de operaciones. Es necesario estandarizar monitoreo y reevaluar. Se han comenzado a sugerir estándares de monitoreo con capnografía para ventilación en procedimientos para sedación, dado el crecimiento importante de procedimientos bajo sedación en imagenología, endoscopías y en sala de emergencias.

Cada vez son más recomendados los estándares con capnografía aunque ésta no esté todavía del todo aceptada. Las guías para apoyo vital cardíaco avanzado (ACLS) del 2010 recomiendan el uso de capnografía cuantitativa no sólo para confirmar la colocación de tubo endotraqueal, sino para monitorear la efectividad de las compresiones en tórax. Para una ventilación dada en situación de gravedad, la PETCO₂ sirve como un monitor indirecto de gasto cardíaco generado por compresiones en tórax. El regreso de la circulación es difícil valorar pero es claramente demostrado sobre las mediciones en la capnografía por un incremento abrupto en el valor PETCO₂ y detectar una mala posición del tubo endotraqueal antes que la oximetría del pulso. (Hess, 2014)

En Gran Bretaña también se ha recomendado su uso en este tipo de situaciones. Durante la reanimación cardiopulmonar el trazo de la capnografía no debe ser plana; debe haber ondas positivas en el trazo. Un trazo plano alerta acerca de la colocación del tubo endotraqueal y los valores de 10 mm/Hg o menos, en 20 minutos después de la iniciación del ACLS predicen muerte en pacientes en paro.

En Francia, las guías para la iniciación del apoyo vital extracorpóreo en pacientes con paro refractario indican que los valores de PETCO₂ deben ser iguales o superiores a 10mm/Hg durante reanimación cardiopulmonar. A pesar de que muchos intensivistas reconocen el valor de la capnografía, no se ha podido implementar como monitor de ventilación en forma rutinaria en las Unidades de Cuidados Intensivos. Su uso esta área varía de 22 a 64%, es más frecuente en países europeos a pesar de la falta de evidencia directa del valor de la capnografía durante la ventilación rutinaria en las Unidades de Cuidados Intensivos; al menos, detecta la mala posición del tubo endotraqueal con anticipación para poder actuar. (Hess, 2014)

El uso de la capnografía va en incremento y se espera que se aporten más evidencias de su efectividad en las Unidades de Cuidados Intensivos, está destinado para muchos otros lugares fuera del quirófano, otros especialistas están cada vez más conscientes del valor de la seguridad que confiere al paciente.

En cuanto a nuevas tecnologías en la monitorización de dióxido de carbono está el monitoreo transcutáneo de dióxido de carbono, considerado por su exactitud y su estimación clínicamente aceptable de la PaCO₂, nuevas mediciones han sido investigadas, incluyendo volumen exhalado de dióxido de carbono por ventilación

(VCO₂), la modificación de Founler del espacio muerto anatómico (VD_{ama}) y el promedio de PCO₂ espirado alveolar (PAECO₂), es el espirograma de bióxido de carbono. Estas medidas pueden aumentar la detección clínica y el entendimiento de patología cardiovascular y pulmonar adversa en un estado dinámico. (Hess, 2014)

2.11. OPINIÓN DEL AUTOR

La capnografía es una forma no invasiva de monitorizar la ventilación que nos permite visualizar la cantidad de dióxido de carbono espirado por el paciente. Los primeros estudios del dióxido de carbono (CO₂) en los pacientes intubados fueron en Europa en los años 70 y luego en Estados Unidos en los 80. Esta representación gráfica del CO₂ espirado durante cada ciclo respiratorio se visualiza en forma de onda en el monitor y se conoce como capnograma.

La American Society of Anesthesiologists (ASA) tiene como estándar de seguridad para el paciente en quirófano la monitorización de la capnografía y la oximetría de pulso, el American College of Emergency Physicians (ACEP) también tiene como indicador el uso de este registro capnográfico desde 1995, la American Heart Association lo recomienda desde el año 2000.

En el 2002, en Europa, en el Reino Unido, fue considerado como estándar para transportar al paciente crítico y en el año 2005 para verificar la intubación endotraqueal. En el 2007, el European Committee for Standardization elabora los estándares para el uso del capnógrafo en las ambulancias pero no consideran la necesidad de usarlo en los pacientes bajo anestesia espinal para control de la ventilación.

En la actualidad, en Ecuador, no existen estudios que demuestren el uso de capnografía nasal durante la anestesia espinal. En el Hospital Clínica Kennedy se ha logrado incluir la monitorización de la FEFCO₂ como estándar de monitorización, además el monitoreo del índice bispectral (BIS) y la oximetría cerebral (INVOS) en todos los pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal.

El trabajo de investigación que se realizó en el Hospital Clínica Kennedy, en el período de enero del 2014 a junio del 2016, en pacientes que fueron sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, muestra una variante importante en el registro capnográfico en los pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo

anestesia espinal más sedación, debido a la respiración espontánea no adecuada durante el transoperatorio, se observaron episodios de apnea transitoria a consecuencia de la sedación en este grupo de pacientes, a pesar de mantener una saturación de oxígeno (SatO_2) $>95\%$, se valora el nivel de consciencia mediante la Escala de Ramsay ajustando la dosis del fármaco administrado para lograr una ventilación adecuada y mantener la espiración de la fracción final de dióxido de carbono (FEFCO_2) dentro de los parámetros considerados como normales, evitando en lo posible la retención del CO_2 para no causar alteraciones hemodinámicas.

Se recomienda el monitoreo de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO_2) mediante un capnógrafo nasal y debe ser tomada en cuenta como parámetro importante de monitorización en aquellos pacientes que sean sometidos a anestesia espinal más sedación, para disminuir la morbilidad y determinar mediante el capnograma la adecuada eliminación del CO_2 con la respiración espontánea, además para prevenir complicaciones en el postoperatorio como asterixis, hipertensión arterial, aumento del gasto cardíaco, aumento de la presión de las arterias pulmonares y la presión capilar pulmonar, acidosis respiratoria, entre otras.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

La ciudad de Guayaquil se encuentra en la región litoral o costa de Ecuador, cerca al Océano Pacífico por medio del Golfo de Guayaquil. Se localiza en la margen derecho del río Guayas, bordea al oeste con el Estero Salado y los cerros Azul y Blanco. Por el sur con el estuario de la Puntilla de Guayaquil que llega hasta la isla Puna.

El cantón Guayaquil es una entidad territorial de nacionalidad ecuatoriana, capital de la provincia del Guayas con más de 2.350.915 habitantes, según estadísticas de 2010, es el cantón más poblado del Ecuador. Su cabecera cantonal es la ciudad de Santiago de Guayaquil, lugar donde se agrupa más del 85% de su población total. El clima del cantón Guayaquil es del tipo tropical sabana y tropical monzón, con temperaturas elevadas durante la mayor parte del año. La temperatura promedio es de 25°C. Se realiza un estudio descriptivo en el Hospital Clínica Kennedy de Guayaquil.

3.1.1. Lugar de investigación

El Hospital Clínica Kennedy inaugurado en Octubre de 1978, en la ciudad de Guayaquil, es un centro médico con categoría de tercer nivel de atención en salud, y de complejidad de especialidades. En sus instalaciones se desarrolla regularmente el programa de postgrado en Anestesiología y Terapia del Dolor, manteniendo así su condición como hospital docente.

3.1.2. Período de investigación

Enero 2014 – junio 2016

3.2. UNIVERSO Y MUESTRA

3.2.1. Universo

Todos los pacientes valorados por el servicio de traumatología, con requerimiento de resolución por intervención quirúrgica en el Hospital Clínica Kennedy durante el tiempo predeterminado.

3.2.2. Muestra

Tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, 85 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión, valorados previamente por los servicios de medicina interna, cardiología, traumatología y anestesiología, para ser sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia regional.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Recursos Humanos

- Investigador
- Tutor

3.3.2. Instalaciones y equipo

- Historias Clínicas
- Computadora
- Programa informático EPI INFO 2008
- Impresora
- Material de escritorio

3.4. MÉTODOS

3.4.1. Tipo de investigación

Descriptivo, transversal.

3.4.2. Diseño de la investigación

Prospectivo

No experimental

3.4.3. Universo

Pacientes valorados por el servicio de traumatología, con requerimiento de resolución por intervención quirúrgica en el Hospital Clínica Kennedy durante el tiempo pre-determinado.

3.4.4. Muestra

Tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, 85 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión, valorados previamente por los servicios de medicina

interna, cardiología, traumatología y anestesiología, para ser sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia regional.

3.4.5. Criterios de inclusión

- Pacientes atendidos en el área de cirugía traumatológica del Hospital Clínica Kennedy.
- Pacientes con valoración pre-quirúrgica y pre-anestésica.
- Sin distinción de edad, sexo, raza, peso y edad.

3.4.4 Criterios de exclusión

- Se excluyeron a los pacientes con ASA III.
- Uso de ansiolíticos, fumadores de más de tres cigarrillos diarios.
- Complicaciones con el bloqueo espinal durante su instalación.

3.5. PROCEDIMIENTO

Recolección de la información. Utilización de formato de recolección de datos para extraer información de la historia clínica.

- Procesamiento de datos
- Análisis y tratamiento de los datos
- Introducción de datos en Excel
- Proceso estadístico se utilizará el programa EPI INFO 2008
- Se realizarán las siguientes pruebas estadísticas Chi cuadrado, media, promedio, desvío estándar, T de Student. Se extraerán cuadros de una entrada.
- Análisis
- Conclusiones y recomendaciones
- Propuesta
- El Informe: la estructura del informe de investigación seguirá los pasos fundamentales del diseño de la investigación.

3.6. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Los ecuatorianos están amparados por leyes generales y específicas:

Constitución del Ecuador 2008

Título II Derechos

Capítulo primero Principios de aplicación de los derechos

Art. 11.- El ejercicio de los derechos se regirá por los siguientes principios

“Todas las personas son iguales y gozaran de los mismos derechos, deberes y oportunidades. Nadie podrá ser discriminado por razones de etnia, lugar de nacimiento, edad, sexo, identidad de género, identidad cultural, estado civil, idioma, religión, ideología, filiación política, pasado judicial, condición socio-económica, condición migratoria, orientación sexual, estado de salud, portar VIH, discapacidad, diferencia física; ni por cualquier otra distinción, personal o colectiva, temporal o permanente, que tenga por objeto o resultado menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos. La ley sancionará toda forma de discriminación”...

Título VII Régimen del Buen Vivir

Sección segunda. Salud

Art. 361.- “El Estado ejercerá la rectoría del sistema a través de la autoridad sanitaria nacional, será responsable de formular la política nacional de salud, y normará, regulará y controlará todas las actividades relacionadas con la salud, así como el funcionamiento de las entidades del sector”...

Ley Orgánica de Salud

Ley 67, Registro Oficial Suplemento 423 de 22 de Diciembre del 2006

Capítulo III

Derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud

En el artículo 42; artículo N° 1, 6 y 7, ... “es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública diseñar e implementar programas de atención integral y de calidad a las personas durante todas las etapas de la vida y de acuerdo con sus condiciones particulares”, y en el artículo N° 10: “quienes forman parte del Sistema Nacional de

Salud aplicarán las políticas, programas y normas de atención integral y de calidad, que incluyen acciones de promoción, prevención, recuperación, rehabilitación, y cuidados paliativos de salud individual y colectiva”...

3.7. ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES

Es una investigación que está dentro de los límites éticos, porque es un estudio prospectivo, en el que se realizó las historias clínicas a cada paciente, obteniendo los datos necesarios para la investigación, tratándose de forma directa con la paciente (Título segundo, Art 17, fracción I, de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la salud).

Se solicitó la autorización por escrito a la institución para la revisión de las historias clínicas (Título sexto, capítulo único de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la salud) para completar la información en algunos casos en los que fue necesario.

Como estudiante regular de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Medicina, el trabajo de investigación fue dirigido por un tutor Docente de la Facultad, por lo que el autor fue considerado investigador principal.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Tabla 1.

Características demográficas de la población de estudio. Pacientes con monitoreo de la FEFCO₂ sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal.

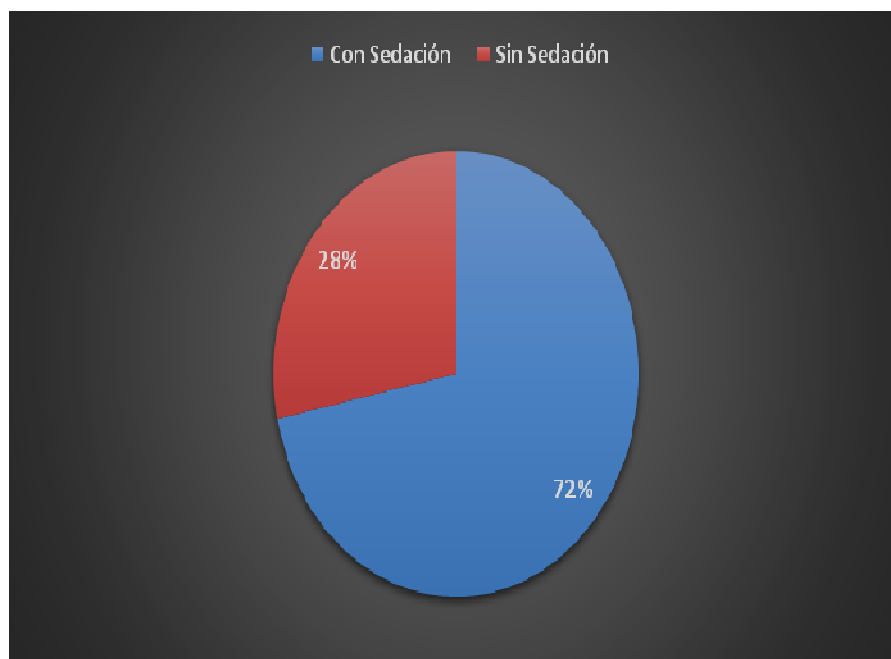
	Con sedación (Grupo I) (n = 61)	Sin sedación (Grupo II) (n = 24)	Total (n = 85)	Valor p
Edad (años) [media ± DE]	63,74 ± 15,6	65,79 ± 17,2	64,32 ± 16,0	0,614
Sexo (Femenino) [n, %]	38 (62,3)	16 (66,7)	54 (63,5%)	0,706
Peso (kg) [media ± DE]	72,84 ± 13,6	68,7 ± 7,0	71,68 ± 12,2	0,164
Estatura (m) [media ± DE]	1,68 ± 0,1	1,69 ± 0,1	1,68 ± 0,1	0,364
Índice de masa corporal (IMC) (kg/m ²) [media ± DE]	25,79 ± 4,3	23,95 ± 1,7	25,27 ± 3,9	0,047
Tipo de cirugía [n, %]	61 (71,8)	24 (28,2)	85 (100)	0,116
Rodilla	38 (62,3)	10 (41,7)	48 (56,5)	
Cadera	14 (23,0)	6 (25,0)	20 (23,5)	
Otro	9 (14,8)	8 (33,3)	17 (20,0)	
Escala de Ramsay				
Ramsay I [n,%]	15 (17,6)	0 (0,0)	15 (17,6)	
Ramsay II [n,%]	46 (54,2)	24 (28,2)	70 (82,4)	
Tiempo cirugía [min]	94,34 ± 28,0	72,71 ± 13,0	88,24 ± 26,5	0,01

Los pacientes sometidos a anestesia espinal con sedación, a quienes denominaremos Grupo I, y los que fueron sometidos a anestesia espinal sin sedación, a quienes se denominará Grupo II. Estadísticamente la edad, sexo, peso y estatura de los pacientes tuvo representación significativa. En el Grupo I, el tiempo de cirugía fue más prolongado (94,34 min ±28,0) en contraste con el Grupo II (72,71 min ±13,0; p<0,05). (Tabla 1)

En esta tabla, se observan las características demográficas del monitoreo de la FEFCO₂ con un total de 85 pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal. La edad promedio fue de 64,32 años $\pm$ 16,0. El sexo femenino fue la población con mayor número de casos registrados, correspondiendo al 63,5%. El peso y la estatura promedio de la población fue de 71,68 Kg $\pm$ 12,2 y 1,68 m $\pm$ 0,1 respectivamente. El promedio del índice de masa corporal del total de los pacientes fue de 25,27 Kg/m². El total de pacientes sometidos a cirugía traumatológica del Grupo I fue de 61 casos con el 71,8%, siendo el tipo de cirugía más frecuente la artroplastia de rodilla con 38 casos con el 56,5%. Mientras que en el Grupo II se registraron 10 casos con el 41,7%.

Gráfico 1.

Población de estudio. Pacientes con monitoreo transoperatorio de la FEFCO₂ sometidos a cirugía traumatológica según el tipo de anestesia espinal.



En el Gráfico 1, se observa que el 71,8% de los pacientes con monitoreo de la FEFCO₂ pertenecen al Grupo I y el 28,2% al Grupo II. La población total fue de 85 pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, el Grupo I con 61 casos y el Grupo II con 24 casos.

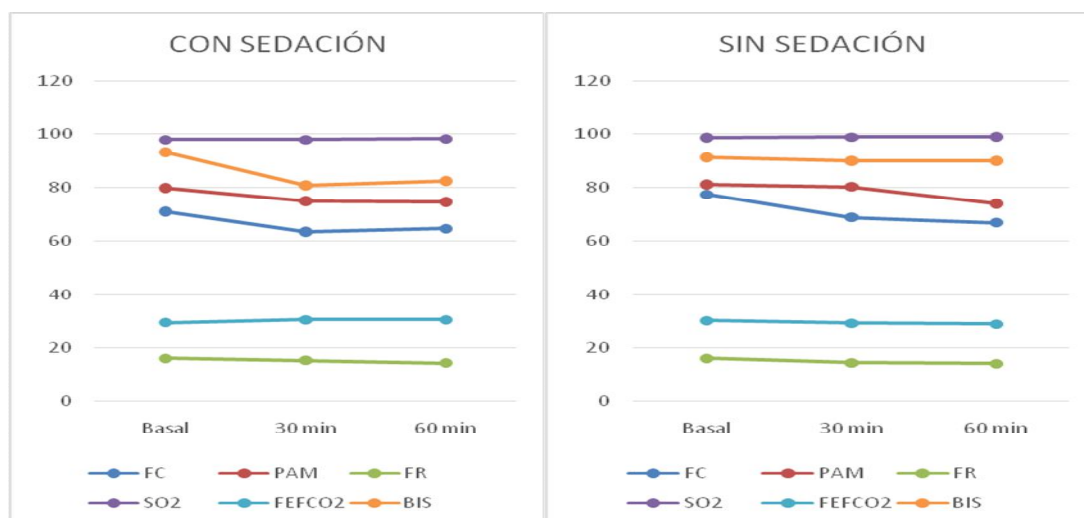
Tabla 2.

Parámetros hemodinámicos del monitoreo transoperatorio de la FEFCO₂ en los pacientes sometidos para cirugía traumatológica según el tipo de anestesia espinal.

	Con sedación (n = 61)	Sin sedación (n = 24)	Total (n = 85)	Valor p
Frecuencia cardiaca (FC) [latidos/min]				
Basal	71,16 ± 13,5	77,38 ± 15,7	72,92 ± 14,3	0,072
30 min	63,59 ± 13,0	68,92 ± 14,6	65,09 ± 13,6	0,105
60 min	64,80 ± 13,1	66,92 ± 13,1	65,40 ± 13,1	0,506
Media	66,89 ± 12,1	70,13 ± 12,7	65,40 ± 12,2	0,275
Presión arterial media (PAM) [mmHg]				
Basal	79,82 ± 15,6	81,04 ± 14,0	80,16 ± 15,1	0,739
30 min	75,11 ± 13,1	80,13 ± 14,1	76,53 ± 13,5	0,124
60 min	74,66 ± 13,3	73,79 ± 13,7	74,41 ± 13,3	0,789
Media	77,27 ± 10,7	76,44 ± 9,4	77,04 ± 10,3	0,742
Frecuencia respiratoria (FR) [respiraciones/min]				
Basal	16,05 ± 3,8	16,00 ± 3,8	16,04 ± 3,8	0,975
30 min	15,23 ± 3,9	14,38 ± 3,6	14,99 ± 3,8	0,358
60 min	14,33 ± 3,4	14,17 ± 3,0	14,28 ± 3,3	0,840
Media	14,80 ± 2,6	15,86 ± 2,9	15,10 ± 2,7	0,107
Saturación de oxígeno (SatO₂) [%]				
Basal	97,84 ± 2,2	98,67 ± 1,4	98,07 ± 2,0	0,088
30 min	97,90 ± 2,1	98,96 ± 1,3	98,20 ± 2,0	p<0,01
60 min	98,25 ± 2,0	99,13 ± 1,4	98,49 ± 1,8	0,048
Media	98,34 ± 1,5	98,04 ± 2,1	98,25 ± 1,7	0,467
Fracción espirada Final de dióxido de carbono (FEFCO₂) [%]				
Basal	30,34 ± 4,5	29,54 ± 4,8	30,12 ± 4,6	0,470
30 min	30,67 ± 4,4	29,39 ± 5,9	29,75 ± 5,5	0,343
60 min	30,54 ± 4,5	29,11 ± 5,1	29,52 ± 4,9	0,233
Media	30,52 ± 4,4	29,35 ± 4,1	29,80 ± 4,4	0,245
Sensor de índice biespectral (BIS) [%]				
Basal	93,13 ± 5,2	91,25 ± 6,4	92,60 ± 5,6	0,164
30 min	80,75 ± 9,4	89,83 ± 7,9	83,32 ± 9,8	p<0,01
60 min	82,36 ± 9,1	92,38 ± 5,3	85,19 ± 9,4	p<0,01
Media	87,11 ± 5,8	86,85 ± 5,5	87,04 ± 5,7	0,849

Gráfico 2.

Histograma de los parámetros hemodinámicos con monitoreo de la FEFCO₂ bajo anestesia espinal con y sin sedación en el período basal, a los 30min y a los 60min



Podemos observar en la Tabla 2, que los pacientes con monitoreo de la FEFCO₂ del Grupo I y el Grupo II, no presentaron diferencia estadísticamente significativa, en relación con la frecuencia respiratoria (FR) y saturación de oxígeno (SatO₂) encontramos que los valores promedios fueron de 15,10 rpm $\pm$ 2,7 y 98,25% $\pm$ 1,7 respectivamente. Mientras que la relación entre la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial media (PAM) fue de 65,40 lat/min $\pm$ 12,2 y de 77,04mm/Hg $\pm$ 10,3. En los pacientes del Grupo I la FEFCO₂ cuyo valor promedio fue 30,52mm/Hg $\pm$ 4,4 hubo diferencia significativa en comparación con el Grupo II cuyo valor fue de 29,35mm/Hg $\pm$ 4,1. El índice biespectral cuyo valor promedio fue de 87,11 $\pm$ 5,8 para el Grupo I y de 86,85 $\pm$ 5,5 para el Grupo II, en relación con la FEFCO₂ tiene importancia estadísticamente significativa con un valor p=0,849.

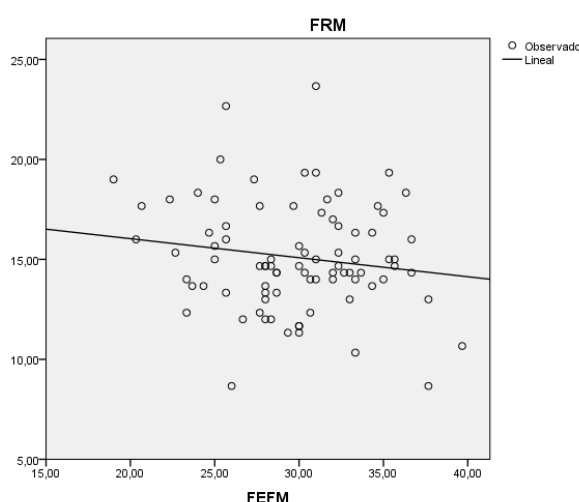
Tabla 3.

Relación entre la Frecuencia Respiratoria (FR) y el monitoreo transoperatorio de la Fracción Espirada Final de Dióxido de Carbono (FEFCO₂) en los pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal.

Anestesia espinal	Basal	30 min	60 min	Media
Con sedación (Grupo I)	p=0,884	p=0,718	p=0,617	p=0,569
Sin sedación (Grupo II)	p=0,061	p=0,795	p=0,936	p=0,336
Total	p=0,306	p=0,502	p=0,853	p=0,231

Gráfico 3.

Regresión Lineal entre la media de la Frecuencia Respiratoria (FR) y la media de la Fracción Espirada Final de Dióxido de Carbono (FEFCO₂).



La frecuencia respiratoria (FR) en relación con la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂), según el valor estadístico calculado, tuvieron una relación inversamente proporcional, más acentuada en los pacientes del Grupo I como se observa en el Gráfico 3. El valor de la FEFCO₂ es menor cuando aumenta la FR. Los pacientes del Grupo I debido a la administración de fármacos hipnóticos o sedantes, tuvo relación estadísticamente significativa en los resultados de la muestra de la FEFCO₂, cuyos valores fueron: basal p=0,884; a los 30 min p=0,718; a los 60 min p=0,617 a diferencia del Grupo II. (Tabla 3).

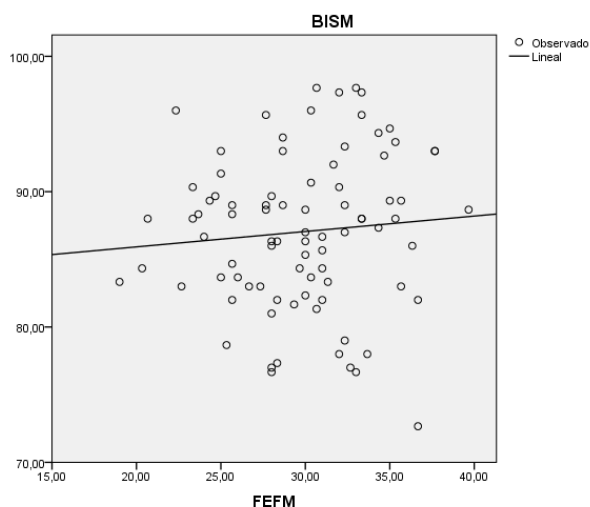
Tabla 4.

Relación entre el Índice Biespectral (BIS) y el monitoreo transoperatorio de la Fracción Espirada Final de Dióxido de Carbono (FEFCO₂) en los pacientes sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal.

Anestesia espinal	Basal	30 min	60 min	Media
Con sedación (Grupo I)	p=0,239	p=0,437	p=0,599	p=0,608
Sin sedación (Grupo II)	p=0,189	p=0,369	p=0,045	p=0,861
Total	p=0,059	p=0,398	p=0,120	p=0,404

Gráfico 4.

Regresión Lineal entre la media del Índice biespectral (BIS) y la Fracción Espirada Final de Dióxido de Carbono (FEFCO₂).



La relación entre el Índice Biespectral (BIS) con la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂), según el valor estadístico calculado, es relativamente proporcional, como se observa en el Gráfico 4. Los pacientes del Grupo I, bajo condiciones de hipnosis y sedantes, registran valores de FEFCO₂ >35mm/Hg con disminución del BIS, esto demuestra la relación estadísticamente significativa a los 60 min posterior a la aplicación de la anestesia espinal, con un valor p=0,599; en relación con el Grupo II con un valor p=0,045. (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Durante la cirugía traumatológica bajo anestesia espinal, la posición decúbito dorsal ocasiona una disminución de la capacidad residual funcional y la capacidad vital, con una retención de la fracción espirada final de dióxido de carbono. Los diferentes procedimientos anestésicos influyen en la normal eliminación de dicho gas. La retención anormal de dióxido de carbono puede ocasionar aumento de la presión arterial, disminución del inotropismo, aumento de la presión capilar pulmonar y acidosis respiratoria.

La capnometría y capnografía miden la Fracción Espirada Final de Dióxido de Carbono (FEFCO₂) a fin de detectar trastornos en su eliminación durante procedimientos quirúrgicos. Dada su eficacia en la detección de trastornos en la eliminación de gases espirados, el empleo de la capnografía y capnometría en la vigilancia de la ventilación durante el transoperatorio ha sido estudiado previamente. Gran parte de estos estudios concluyen el justificar dicha práctica de forma rutinaria. Sin embargo, están principalmente dirigidos a pacientes en quienes se ofrece anestesia general.

La capnometría es la medición del nivel de CO₂ exhalado, el monitor utilizado para ello es el capnómetro, que muestra un valor numérico en una pantalla. La capnografía, a parte del valor numérico del CO₂ exhalado, entrega un registro gráfico de la eliminación del CO₂ en tiempo real y la frecuencia respiratoria, el monitor utilizado es capnógrafo. (Lumb AB, 2015)

La American Society of Anesthesiologists (ASA) desde 1991, considera que el estándar de atención en el quirófano es la monitorización conjunta de la capnografía y la pulsioximetría. El American College of Emergency Physicians (ACEP) desde 1995, promueve el uso de rutina de la capnografía en el paciente intubado, en el medio hospitalario y extra- hospitalario. La American Heart Association (AHA) desde el año 2000 recomienda el uso de la capnografía durante la parada cardiorespiratoria y el tratamiento cardiovascular urgente intra y extrahospitalario. En Europa la Intensive Care Society en el 2002, considera que la

capnografía es un estándar de atención en el transporte del paciente crítico adulto. European Resuscitation Council (ERC) en el 2005 recomienda su utilización para verificar la colocación correcta del tubo endotraqueal (TET) durante la parada cardiorrespiratoria. (Nolan JP, 2015)

Actualmente, no existen trabajos reportados en los que se demuestren el uso de la capnografía incorporada como estándar de monitoreo durante la anestesia espinal, ni en pacientes con sedación consciente. Este monitoreo ha sido de utilidad para mejorar la seguridad del paciente, llegando a ser parte integral de los cuidados anestésicos en la sala de operaciones por más de 25 años, en procedimientos quirúrgicos bajo anestesia regional, como es el caso de la anestesia espinal con sedación, debería de aplicarse el uso del monitoreo de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂) en la práctica diaria, debido a que los pacientes cursan ocasionalmente con cambios o alteraciones en su equilibrio ácido-base, con frecuencia acidosis respiratoria, la cual podría corregirse de manera inmediata mediante la observación directa del valor de la FEFCO₂, induciendo al paciente a una ventilación fisiológica, ya sea disminuyendo la dosis del fármaco usado en la sedación o hipnosis como coadyuvante de la anestesia espinal o alternativamente estimulando a la ventilación espontánea.

La evidencia en los pacientes sometidos a anestesia espinal con sedación es un poco más breve, no significando ello que esta práctica no sea recomendable en este tipo de técnica anestésica, más aún cuando es posible aprovechar su fácil accesibilidad en términos económicos. La administración suplementaria de oxígeno, no es suficiente como para lograr evitar las alteraciones en el equilibrio ácido-base, para ello, la adecuada ventilación y el aumento de la frecuencia respiratoria ayudarán de manera inmediata y oportuna a la eliminación del CO₂. La monitorización capnométrica, en todos los pacientes, permitirá la corrección oportuna de alteraciones hemodinámicas, con un cambio en la conducta terapéutica a corto plazo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

El monitoreo transoperatorio de la FEFCO₂ en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal debe ser incluido como parámetro básico de monitorización. En el estudio, la aplicación de la capnografía nasal tuvo importancia significativa porque se pudo corregir la ventilación del paciente, el valor la FEFCO₂ permaneció dentro de los límites normales al inducir la ventilación en el paciente bajo sedación disminuyendo la dosis del fármaco administrado y manteniendo una frecuencia respiratoria satisfactoria para la adecuada eliminación del CO₂.

Las alteraciones más frecuentes en el equilibrio ácido-base se deben a la retención de CO₂. La acidosis respiratoria que podrían presentar los pacientes como resultado de la hipoventilación, puede ser corregida con la observación y vigilancia de la FEFCO₂, induciendo a una ventilación fisiológica en el paciente bajo anestesia espinal con sedación, con la disminución de la administración intravenosa de fármacos hipnóticos o sedantes, con esto disminuir las repercusiones en los parámetros hemodinámicos.

La relación que existe entre la frecuencia respiratoria es inversamente proporcional a los valores de la FEFCO₂. La hipoventilación por disminución de la frecuencia respiratoria produce un incremento en la FEFCO₂ >35mmHg produciendo en ocasiones un estado de acidosis respiratoria, mientras que la hiperventilación por aumento en la frecuencia respiratoria provoca una disminución en el valor de la FEFCO₂ <25mmHg.

La relación del valor de la FEFCO₂ con el índice Biespectral (BIS) es relativamente proporcional. Los valores de la FEFCO₂ de 25-35 mmHg son considerados normales, el índice biespectral es un parámetro de monitorización que indica el nivel de conciencia del paciente. El valor del índice biespectral se mantuvo entre el límite espectral (LE 60-80) en los pacientes bajo anestesia espinal CON sedación manteniendo los valores normales de la FEFCO₂. La monitorización del índice biespectral (BIS) ayuda a correlacionar la frecuencia respiratoria con el nivel

de conciencia de los pacientes que son sometidos a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal CON sedación.

La posición en decúbito dorsal en el paciente bajo anestesia espinal, provocó un incremento leve en los valores de la FEFCO₂, sin alteraciones hemodinámicas significativas. El monitoreo de la FEFCO₂ en la anestesia espinal CON sedación, puede ser aplicada en cirugía traumatológica, sin riesgos adicionales por ser un método no invasivo, permitiendo corregir de manera inmediata las causas que provocar la retención del CO₂ en esta técnica anestésica.

RECOMENDACIONES

El monitoreo de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO₂), utilizando el capnógrafo nasal, debe ser incluido en el protocolo anestésico de monitorización básica, sobretodo su uso en la anestesia espinal CON sedación, para evitar o disminuir las alteraciones hemodinámicas que puedan presentar los pacientes en el transoperatorio debido al desequilibrio ácido-base y prevenir las repercusiones en el postoperatorio.

Se propone socializar la información obtenida en el presente trabajo a los Especialistas en Anestesiología y/o Postgradistas de Anestesia del Grupo Hospitalario Kennedy, inclusive para los profesionales en la salud que estén interesados en mantener una monitorización básica adecuada para los pacientes que vayan a ser sometidos a cualquier tipo de cirugía bajo anestesia espinal CON sedación.

Permitir la exposición formal de los resultados de esta investigación en la Jornadas Médicas del Grupo Hospitalario Kennedy, ya que el uso del capnógrafo nasal para la medición de la FEFCO₂ es un dispositivo que puede ser usado junto con la administración de oxígeno por cánula nasal sin riesgos para los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Collins. (2011). Dinámica y farmacología del bióxido de carbono. En Collins, *Anestesiología* (págs. 838-45). México: Interamericana.
- D Shier, J. B. (2014). *Hole's human anatomy and physiology*. New York: McGraw.
- De La Torre, L. (2014). Posiciones en anestesia. En A. JA, *Texto de Anestesiología Teórico-práctico* (pág. 1553). México: Salvat.
- Díez-Picazo, L. (2010). La Capnografía en los servicios de emergencia méica. *ELSEVIER* .
- Eger EI, S. J. (2011). The Rate of Rise of PaCO₂ in the Apneic Patient. En S. Eger EI, *Anaesthesiology* (pág. 419).
- Espinal, G. (2014). Fisiología respiratoria aplicada a la anestesia. En G. Espinal, *Texto de anestesiología teórico-práctico* (pág. 134). México: Salvat.
- Fabregas N, V. R. (2011). Fisiología del Sistema Nervioso. En J. d. Andrés, *Tratado de Anestesia y Reanimación* (págs. 425-59). Madrid: Arán.
- G Thibodeau, K. P. (2011). *Anatomía y Fisiología*. Harcourt.
- Geffin, B. (2011). Sinus bardycardia and asystole during spinal and epidural anesthesia. *Anesthesia* .
- H Lodish, B. A. (2011). Molecular Cell Biology. *Freman and Company* .
- Hess, D. (2011). Capnometry. En M. Tobin, *Principles and practice of intensive care monitorig* (págs. 377-400). New York: McGraw-Hill.
- Ibarra E., L. (2015). Mass Spectrometer Monitoring of Patiente with Regional Anaesthesia. En L. Ibarra E., *Anaesthesiology* (págs. 572-73).
- Lumb AB, P. R. (2015). Diffusion of respiratory gases. *ELSEVIER* .
- M Hughes, R. B. (2011). Advanced respiratory critical care.
- Nolan JP, D. C. (2015).
- Raynaud D, E. A. (2013). The ice core recordmog greenhouse gases. *Science* , 256-59.
- Safar, P. (2011). Reanimación cardiopulmonar-cerebral. En P. Safar, *Terapia Intensiva (Vol. I)* (pág. 55). México: Panamericana.

Sassoon, C. (2015). Intermittent Mandatory Ventilation. En M. Tobin, *Principles and practice of mechanical ventilation* (págs. 201-20). New York: McGraw-Hill.

Seifter, J. (2011). Acid-base disorders. En A. S. Goldman, *Goldman's Cecil Medicine*. Philadelphia: Elsevier.

Seifter, J. (2011). Acid-base Disorders. En A. S. L Goldman, *Goldman's Cecil Medicine* (pág. Cap. 120). Philadelphia: Elsevier Saunders.

Stoelting, R. (2011). Benzodiazepines. En R. Stoelting, *Pharmacology & Physiology in Anaesthetic Practice. 2nd ed.* (págs. 127-9). Philadelphia: Lippincott.

Thibodeau, G. (2010). *Anatomía y Fisiología*. Harcourt.

Wagner, P. (2011). Diffusion and chemical reaction in pulmonary gas exchange. *Physiol* , 257-312.

ANEXO 1: MATERIALES DE MONITORIZACIÓN FISIOLÓGICA



Imagen 1.- Capnógrafo Nasal

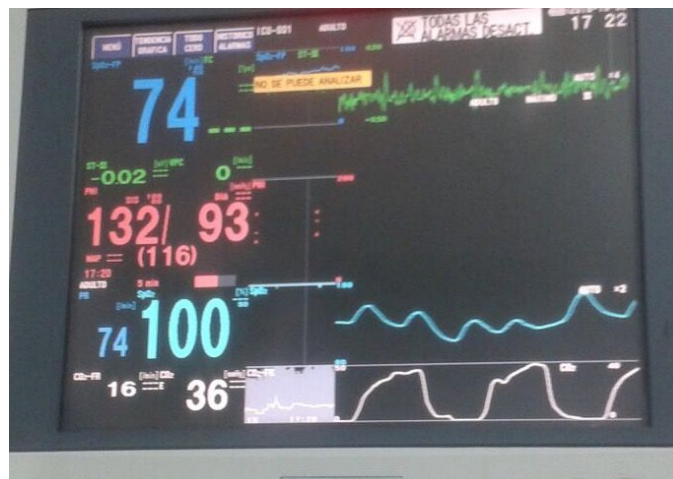


Imagen 2.- Monitor Multiparámetro



Imagen 3.- Monitor de Índice Biespectral

ANEXO 2: HOJA RECOLECCIÓN DE DATOS

[illegible]

ANEXO 3: FORMATO DE DATOS

MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL																																															
RECOLECCIÓN DE DATOS																																															
N° HC		Iniciales Pcte.		Sexo																																											
				IMC																																											
		Edad		a. ≤ 18,49																																											
				b. 18,5 -24,99																																											
				c. 25-26,99																																											
				d. ≥ 27																																											
Tipo de Cirugía:																																															
a. Artroplastia de cadera																																															
b. Artroplastia de rodilla																																															
c. Otras																																															
Tipo de anestesia:																																															
a. Anestesia Espinal SIN Sedación																																															
b. Anestesia Espinal CON Sedación																																															
Escala de Ramsay																																															
1	Pcte ansioso, agitado																																														
2	Pcte cooperador, orientado y tranquilo																																														
3	Pcte dormido. Responde a órdenes																																														
4	Pcte. dormido con respuesta a estímulos auditivos intensos																																														
5	Pcte. dormido con respuesta mínima a estímulos																																														
6	No responde a estímulos																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">Frecuencia Cardíaca (latidos por minuto)</th> <th style="width: 15%;">Presión Arterial Media (mm/Hg)</th> <th style="width: 15%;">Frecuencia Respiratoria (respiraciones por minuto)</th> <th style="width: 15%;">Saturación O₂ (%)</th> <th style="width: 15%;">FEFCO₂ (%)</th> <th style="width: 15%;">Índice Biespectral (BIS %)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Inicio Anestesia</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">15 minutos</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">30 minutos</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">45 minutos</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">60 minutos</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>							Frecuencia Cardíaca (latidos por minuto)	Presión Arterial Media (mm/Hg)	Frecuencia Respiratoria (respiraciones por minuto)	Saturación O ₂ (%)	FEFCO ₂ (%)	Índice Biespectral (BIS %)	Inicio Anestesia							15 minutos							30 minutos							45 minutos							60 minutos						
	Frecuencia Cardíaca (latidos por minuto)	Presión Arterial Media (mm/Hg)	Frecuencia Respiratoria (respiraciones por minuto)	Saturación O ₂ (%)	FEFCO ₂ (%)	Índice Biespectral (BIS %)																																									
Inicio Anestesia																																															
15 minutos																																															
30 minutos																																															
45 minutos																																															
60 minutos																																															
Tiempo Cirugía minutos																																															
Cánula Nasal O ₂ 2 litros por minuto																																															
SI			NO																																												
Elaborado por BFB																																															

ANEXO 4: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma de actividades	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma y	Jun	Jul	Responsable
Elaboración de hoja recolección datos											Investigador
Análisis bibliográfico											Investigador
Identificación de requerimientos											Investigador
Elaboración de marco teórico referencial											Investigador
Recolección de datos estadísticos											Investigador
Análisis de datos estadísticos											Investigador
Revisión de borrador de anteproyecto											Tutor
Correcciones											Investigador
Revisión de anteproyecto											Tutor
Borrador de tesis											Investigador
Redacción tesis											Investigador
Presentación del trabajo de investigación											Investigador



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia y Tecnología



SENESCYT
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: MONITOREO TRANSOPERATORIO DE LA FRACCIÓN ESPIRADA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PACIENTE SOMETIDO A CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA BAJO ANESTESIA ESPINAL		
AUTOR: MD. BRIAN JOSUÉ FRANCO BORJA	TUTOR: DR. FLAVIO VEINTEMILLA SIG-TU	
	REVISOR: DRA. CLARA JAIME GAME	
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	FACULTAD: CIENCIAS MÉDICAS	
ESPECIALIDAD: ANESTESIOLOGÍA Y TERAPIA DEL DOLOR		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	No. DE PÁGS: 46	
ÁREAS TEMÁTICAS: MEDICINA Y SALUD		
PALABRAS CLAVE: Anestesia Espinal. Capnografía. Dióxido de carbono. Monitoreo fisiológico. Sedación consciente.		
RESUMEN: El presente estudio tiene como finalidad demostrar que para el anestesiólogo es importante conocer y analizar la concentración transoperatoria de la fracción espirada final de dióxido de carbono (FEFCO ₂) en el paciente sometido a cirugía traumatológica bajo anestesia espinal. El trabajo de investigación se realizó en el Hospital Clínica Kennedy, mediante el registro capnográfico, para disminuir las alteraciones en el equilibrio ácido-base durante el transoperatorio y sus repercusiones en el postoperatorio. Mediante vigilancia continua de la FEFCO ₂ fue posible obtener un registro capnográfico para poder corregir las alteraciones hemodinámicas que en ocasiones no corresponden a las manifestaciones presentadas durante el transoperatorio.		
No. DE REGISTRO (en base de datos):	No. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	(X) SI	() NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0993849509	E-mail: md_bfranco@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: SECRETARIA DE LA ESCUELA DE GRADUADOS	
	Teléfono: 2288086	
	E-mail: egraduadosug@hotmail.com	

: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/1; y en la Av. 9 de octubre 624 y Carrión, edificio Promete, teléfonos 2569898/9. Fax: (593 2) 2509054