



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIRUGIA

“CAMBIOS CARDIOPULMONARES EN PACIENTES  
QUE SON SOMETIDOS A NEURO-CIRUGIA EN  
POSICION PRONA”

(ESTUDIO COMPARATIVO CON DOS POSICIONES:  
DECUBITO DORSAL Y SEDENTE)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**ANESTESIOLOGIA GENERAL**

P R E S E N T A :

**DR. SERGIO RODRIGO PEREZ ROSALES**

ASESOR: DRA. MIRNA LETICIA GONZALEZ VILLAVELAZQUEZ



MEXICO, D. F.

FEBRERO DE 2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# INDICE

	<b>Pags.</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	3
<b>ANTECEDENTES</b> .....	5
<b>HIPOTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	21
<b>MATERIAL Y METODOS</b> .....	22
<b>JUSTIFICACION</b> .....	22
<b>GRAFICAS Y ESTADISTICAS</b> .....	24
<b>TABLAS</b>	
No. 1 DISTRIBUCION POR SEXO.....	24
No. 2 RANGO DE EDAD.....	24
No. 3 CLASIFICACION DE LA A. S. A.....	25
CLASIFICACION DE PATOLOGIA POR GPOS.....	26
No. 4 PRESION ARTERIAL MEDIA.....	27
No. 5 GASOMETRIA ARTERIAL (pH).....	28
No. 6 GASOMETRIA ARTERIAL (PaCO <sub>2</sub> ).....	29
No. 7 PRESION DE VIAS AEREAS.....	30
No. 8 FRECUENCIA CARDIACA.....	31
<b>RESULTADOS ESTADISTICOS</b> .....	32
<b>CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	34

**INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y  
NEUROCIRUGIA**

**“MANUEL VELASCO SUAREZ”**

**FIRMAS**



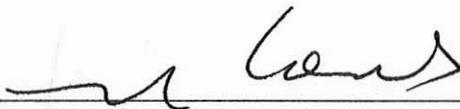
---

**DRA. MIRNA LETICIA GONZALEZ V.**  
TUTOR DE TESIS



---

**DR. LUIS MARIO IGARTUA G.**  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ANESTESIOLOGIA



---

**DRA. TERESA CORONA VAZQUEZ**  
SUBDIRECTORA GENERAL DE ENSEÑANZA



**INSTITUTO NACIONAL  
DE NEUROLOGIA Y  
NEUROCIRUGIA  
SUB DIRECCION GENERAL DE  
ENSEÑANZA**

## DEDICATORIAS

### A MIS HIJOS:

Andrés Jhair y Brenda Itzel; que la distancia, tiempo y la separación es para un beneficio futuro, y nos fortalezca en un vínculo de paz y armonía.

A Mary que me apoyo por un tiempo.

### A MIS PADRES:

Andrés y Bertha, por su apoyo incondicional, confianza, y sobre todo que lo que obtuve no fue en vano.

### A MIS HERMANOS Y FAMILIA:

Andrés, Gabriela, Myriam Gpe., mi abuela Josefina (y por los que ya no están conmigo) y en especial cariño a mi tía Laura, por su gran apoyo emocional. Gracias.

### A MIS MAESTROS:

Dr. Luis Mario Igartua, Dr. Eduardo Hernández , Dr. José Jaramillo Magaña, Dra. Mirna González, Dr. N. Sosa, Dra. González, Dr. Gutiérrez.

### A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Eunice, Jorge, Luis, Bety, Ivonne, Areli, Mayela, Brenda, Ricardo, Juan Carlos, Fernando Chavarria, y todos los que me apoyaron para terminar mi estudio.

Y un agradecimiento muy especial a la Dra. Sandra Reyes, por su colaboración para la realización de los análisis estadísticos.

**"La grandeza de las acciones humanas se miden por la inspiración  
que las hace nacer"**

**Louis Pasteur**

## TITULO: "CAMBIOS CARDIOPULMONARES EN PACIENTES QUE SON SOMETIDOS A CIRUGIA EN POSICION PRONA"

### INTRODUCCION

En la práctica de la neurocirugía los abordajes posteriores son frecuentes debido a las patologías que se encuentran dentro del canal medular y en la parte posterior del cráneo (fosa posterior), y debido a la gran exposición que ofrece la posición prona es ventajosa para algunos, y para otros no es totalmente de su agrado esta posición para cierto tipos de patologías, y bien, que no se encuentren a gusto, por tener presente las complicaciones que esto implica en la practica quirúrgica.

Sin embargo, esta posición ofrece, buena visibilidad a los cirujanos que operan la cara dorsal del cuello y la cabeza.

El objetivo de mantener una buena posición, cualesquiera que sea para una intervención quirúrgica, es facilitar el abordaje técnico del cirujano mientras equilibra el riesgo para el paciente. Sin embargo, durante el procedimiento es crítica para obtener un resultado seguro. La postura correcta requiere que el paciente esté seguro sobre la mesa de operaciones, que se acojinen todas las zonas con posibilidad de presión, se mantengan los equipos y catéteres intravenosos con flujo libre y accesible, que la cánula endotraqueal este en posición correcta, la ventilación y circulación no tengan interrupciones y que se mantenga la seguridad y comodidad general paciente durante el tiempo que dura el procedimiento.

La importancia de la fisiología pulmonar, en la práctica de la anestesiología, es importante y fácilmente manejable, por el Anestesiólogo. En los que la inducción anestésica, y de los agentes usados para este fin, son los agentes intravenosos e inhalados, este último, para el mantenimiento de un plano anestésico y óptimo evento quirúrgico; este tipo de agentes anestésicos inhalados, en cuanto a la farmacocinética y farmacodinamia, la mayor parte dependen de un funcionamiento fisiológico pulmonar normal, y de otros sistemas minoritariamente. Por lo si se presenta algún cambio dentro del parénquima pulmonar o fuera como en la caja torácica, se altera la fisiología respiratoria, llevando así cambios importantes de los volúmenes respiratorios.

El análisis detallado de los efectos adversos, se ven reflejado en la elasticidad muscular, que es preocupante al momento de la inversión del cuerpo a posición prona, tales manifestaciones como: hipotensión, taquicardia refleja, rara vez trastorno del ritmo, taquicardia, y la capacitancia pulmonar a una resistencia opuesta (mayor presión sobre la cama), pero invariablemente esta oposición, es minimizada por técnicas de soporte en áreas o puntos clave. Estas técnicas son, soportes sobre rollos (de hule espuma, cojines), y en pacientes que se encuentran en Terapia Intensiva sobre colchones de agua, un tanto para evitar úlcera de decúbito; pero en el caso de cirugías, prevenir daño de los nervios, principalmente del plexo braquial en toda su trayectoria, a nivel oftálmico, y de la cara, los miembros inferiores. Que si bien pueden dañarse pero pueden prevenirse y amortiguar tal efecto de sobrepeso.

En el estudio es recopilar estos cambios generados en pacientes que previamente se encuentran previamente sanos (ASA 1), los que tienen alguna enfermedad concomitante que afecte la situación (ASA 2, 3); además de prevenir las complicaciones posibles.

## ANTECEDENTES

Los términos *prono*, *recostado ventral* y *decúbito ventral* son sinónimos que describen un grupo de posturas en las cuales un paciente "ve hacia el suelo", apoyado en alguna porción de la cara ventral de tórax, abdomen o superficies ventrales de las extremidades inferiores. En el quirófano, estas posiciones permiten acceso quirúrgico a las partes dorsales del cuerpo. Singh considera que "le resultado exitoso de una operación de columna torácica o lumbar depende en gran medida del posicionamiento adecuado del paciente antes de que la operación se inicie".(24)

La preocupación por la seguridad del paciente en posición prona durante la anestesia y la cirugía no es nueva. Harvey Cushing comunicó en 1909 que el anestesiólogo, el Dr. S. Griffith Davis, empleaba un dispositivo simple de seguridad (entonces llamado "fonendoscopio") sobre el área cardíaca del paciente en pronación y conectado por el otro lado a los oídos del Dr. Davis para proporcionar "auscultación continua del ritmo cardíaco y respiratorio durante toda la duración de la anestesia.(25)

Gracias a la rápida percepción de cambios en el latido cardíaco o en la respiración con este aparato, fue posible en varias ocasiones evitar lo que habría sido un desastre quirúrgico. Es decir que ya desde antes de la era de la intubación endotraqueal, ante los riesgos de la anestesia y cirugía para el paciente en posición prona, se estableció el valor de la auscultación cardiorrespiratoria continua y se identificó al estetoscopio precordial, como un elemento importante para la vigilancia de personas anestesiadas en el quirófano.

Sin embargo, durante el curso de la anestesia regional o la general existen cambios en relación con la edad que se suman a la pérdida del tono de los tejidos y a la pérdida de los reflejos protectores normales por efecto de los medicamentos; esto produce riesgos fisiológicos y funcionales importantes en el paciente en posición prona a menos que el médico anestesiólogo sea muy conocedor y esté muy vigilante. La atención satisfactoria de la posición prona durante la anestesia es el resultado del cuidado que se le da a una serie de detalles dispersos, en apariencia trivial, cada uno de los cuales, si se ignora, puede originar un problema evitable. Bagshaw y colaboradores (26) publicaron una revisión de la atención anestésica durante la cirugía de columna vertebral. Anderton también presenta una revisión útil de la posición prona.(27). En la discusión que sigue, el término *pronación* alude a la rotación del cuerpo completo del paciente sobre su eje longitudinal hacia la posición de decúbito ventral, en vez de referirse a la posición del antebrazo y la mano.

Los cambios en la posición del paciente tienen consecuencias fisiológicas que pueden exagerarse a estados patológicos.(23) Aún posiciones que son seguras para periodos cortos conducen a complicaciones en individuos que no tienen la capacidad para moverse en respuesta al dolor; por lo tanto la anestesia general y regional elimina los reflejos protectores y predispone a los pacientes a la lesión.

La hipotensión postural, que es la consecuencia funcional más frecuente de la colocación del paciente, se minimiza si se evitan los cambios súbitos o extremos de posición (por ejemplo, sentarse con brusquedad), se revierte la posición si se deterioran los signos vitales, se mantiene al paciente

tan bien hidratado como sea posible y se tiene a mano fármacos para contrarrestar cualquier reacción anticipada.

Aunque el mantenimiento del nivel mínimo de anestesia disminuye la probabilidad de hipotensión, el movimiento coincidente de la sonda endotraqueal durante la colocación del paciente puede hacer que éste tosa y se vuelva hipertenso.

En el siguiente cuadro se resume los efectos funcionales principales de la posición prona, estos efectos son generalizaciones que varían de acuerdo con el estado del volumen y reserva cardíaca del paciente.

<i><b>APARATO O SISTEMA</b></i>	<i><b>EFECTOS</b></i>
<b>CARDIACO</b>	La acumulación de sangre en los miembros y la compresión de los músculos abdominales pueden disminuir la precarga, gasto cardíaco y presión arterial.
<b>RESPIRATORIO</b>	La compresión del abdomen y del tórax disminuye la distensibilidad pulmonar total y aumenta el trabajo de respirar.
<b>OTRO</b>	La rotación extrema de la cabeza disminuye el drenaje venoso cerebral y el flujo sanguíneo del cerebro.

Muchas complicaciones se deben a la colocación inapropiada del paciente. Estas incluyen embolia aérea ocasionada por cambios fisiológicos, daño nervioso resultante de lesión isquémica y la necesidad de amputación digital a consecuencia de lesión por aplastamiento. Estas se previenen mejor por medio de evaluación de las limitaciones posturales del paciente durante la visita preanestésica; acolchonamiento de los puntos de presión, nervios susceptibles y cualquier área del cuerpo que esté potencialmente en contacto con la mesa de operaciones o sus accesorios; evitar flexión o extensión de una articulación hasta su límite; hacer que un individuo despierto reproduzca la posición para asegurar su comodidad; y compresión de las complicaciones potenciales de cada posición.(23)

Las complicaciones en relación con la posición y su prevención en el paciente, podemos citar las siguientes:

**EMBOLIA GASEOSA:** Mantener la presión venosa por arriba de 0 en la herida.

**DOLOR LUMBAR:** Soporte lumbar, acolchonamiento y flexión ligera de la cadera.

**ABRACION CORNEAL:** Oclusión con apósito y lubricación del ojo.

**AMPUTACION DIGITAL:** Verificar protusión posible de dedos antes de cambiar la configuración de la mesa.

**PARALISIS DEL PLEXO BRAQUIAL, RADIAL, CUBITAL:** Evitar el estiramiento o la compresión directa al nivel del cuello o axila, evitar compresión del húmero, protección del codo y supinación del antebrazo.(2,23)

**ISQUEMIA RETINIANA:** Evitar presión sobre el globo ocular.

**NECROSIS DE LA PIEL:** Acolchonar las prominencias óseas.

Cuando el paciente se encuentra posicionado, se presentan una serie de cambios rápidos y bruscos a diferentes niveles del organismo de estos, los principales son a nivel **CARDIOPULMONAR**, de lo más importante a nivel **cardiovascular**, son sobre el miocardio, su contracción, en los que recae la fuerza de eyección, elasticidad, de los que dependen las presiones arteriales, el gasto cardiaco, y sus respuestas sistémica periféricas; a nivel **pulmonar**, es la elasticidad de la caja torácica (muscular, ósea), y del parénquima pulmonar, que se incluyen totalmente la función respiratoria, que es el movimiento de aire a través de las vías aéreas superiores, la tráquea y las vías aéreas de conducción hasta las unidades pulmonares de intercambio gaseoso, seguido del flujo de aire en dirección opuesta durante la espiración. Los gradientes de presión necesarios para el movimiento del aire durante la inspiración son generados por la contracción de los músculos respiratorios de la inspiración, que generan una presión alveolar negativa, en relación con la presión en la boca.

### **Consideraciones preliminares para el establecimiento de la posición**

La anestesia regional o prerraquídea se utiliza para intervenciones de columna vertebral, sacro, ano o extremidades inferiores, y como ya se menciono con anterioridad los procedimientos neuroquirúrgicos. Con frecuencia, se puede iniciar la anestesia una vez que el paciente se coloca en la posición adecuada. No obstante, si se va a proporcionar anestesia general adicional, casi siempre conviene iniciarla cuando el paciente aún está en posición supina. El que se comience con el paciente sobre una camilla o sobre la mesa de operaciones depende del estado físico del paciente así como de la preferencia del anestesiólogo. La elección depende de preocupaciones sobre movimientos que puedan causar dolor, presencia de dispositivos de tracción, accesibilidad de la vía respiratoria para intubación y estabilidad de la columna cervical.

La pronación de un paciente anestesiado requiere de un tipo y nivel de anestesia que respete la compensación autónoma, permita una analgesia suficiente para evitar actividad simpática anormal y una relajación sostenida para permitir un posicionamiento suave. Se evita la presencia de hipotensión y de amenaza de hipertensión importantes y, si aparece cualquiera de las dos, la rotación del paciente se retrasa hasta que se restablece la presión mediante medidas correctivas. No se debe arriesgar el éxito de la pronación cuando existen paroxismos intensos de tos al mover la cabeza, lo que favorece desplazamientos entre ésta y la sonda traqueal.

Se colocan y fijan con seguridad todas las derivaciones de monitorización, catéteres intravasculares y sonda vesical mientras el paciente aún está en posición supina. Deben tener una longitud adecuada y permitir suficiente movimiento para tolerar el cambio de posición. El tubo corrugado de la respiración que proviene de la máquina de anestesia debe ser más largo de la habitual, aún más en pacientes neuroquirúrgicos, debido a que la máquina de anestesia se coloca de manera tal que no ponga obstáculo en el área quirúrgica (básicamente a la altura de los pies del paciente). Al voltear al paciente, se desconecta la sonda endotraqueal durante un lapso muy breve y se reconecta de manera inmediata en cuando se realiza la estabilización preliminar de la cabeza. Se asegura así una ventilación aceptable y todos los monitores se revisan antes del paso final de adecuación de la postura.

Ya sea antes o después de la rotación, si las extremidades inferiores van a quedar colgadas, se les colocan medias elásticas apretadas o se vendan con material elástico lo bastante apretado para minimizar la estasis sanguínea durante la operación, pero con la precaución de no causar isquemia.

Antes de voltear al paciente, y para mejorar la circulación de un paciente cuya situación fisiológica es frágil se deprime la cabeza de la mesa de operaciones en cierta medida y se realiza una rotación deliberadamente lenta; pero en el paciente neuroquirúrgico es la excepción debido a que tiene un proceso intracraneal con la posibilidad de aumentar el edema cerebral en la posición abajo. Ambos brazos permanecen a los lados del cuerpo.

## **FISIOLOGIA DE LA POSICION PRONA**

La cara anterior del cuerpo humano es más móvil que las superficies posteriores del cuerpo y no está diseñada para cargar pesos. Si bien las superficies anteriores pueden servir para cargar pesos durante el sueño fisiológico normal, son prerequisites la presencia de un esqueleto flexible, tono muscular normal, reflejos circulatorios intactos y la capacidad de aumentar el esfuerzo ventilatorio espontáneo en grado suficiente para expandir el pecho elevando las superficies posteriores del tronco y así alejarlas del esternón en el curso del esfuerzo respiratorio. Los anestésicos y relajantes musculares, así como la ventilación con presión positiva producen cambios importantes sobre el paciente en posición prona, lo que genera un ambiente fisiológico desconocido en el cual es casi imposible realizar en forma adecuada las funciones normales sin ayuda.

### **Dinámica cardiovascular**

Cuando un paciente sano promedio se coloca en posición prona sin que haya compresión de la vena cava y de las venas femorales es inusual que surjan problemas cardiovasculares identificables. Sin embargo, si se ejerce presión sobre estos vasos, el retorno venoso para el llenado cardíaco se realiza a través de otras vías con flujos menores. En 1940, Blaston demostró que la obstrucción de la vena cava inferior desviaba el flujo sanguíneo de las partes distales del cuerpo hacia los plexos venosos perivertebrales.(28) McGregor identificó un sistema reversible de flujo de baja presión sin válvulas, compuestos de venas de paredes delgadas, situado en la región de la columna vertebral y en el espacio epidural.(29) A través de las venas lumbares y las intercostales, estos plexos ingurgitados se conectan a vasos de tórax, abdomen y pelvis. La ingurgitación de venas en la herida quirúrgica hace difícil la hemostasia y se nota de inmediato cuando aumenta la presión intraabdominal. En una cavidad intraabdominal comprimida, los

grandes vasos y el intestino se desplazan hacia atrás, es decir, hacia la columna, lo que aumenta su riesgo de lesión por instrumentos quirúrgicos punzantes.(30, 31)

Pearce registro las presiones de la vena cava inferior con niveles variables de compresión abdominal en paciente quirúrgico anestesiado y en posición prona.(32) Las respuestas de la presión venosa a valores cambiantes de compresión fueron abruptas, proporcionales y notables.(fig. 1)

DiStefano (33) comunicó promedios de presiones en la vena cava inferior medidos en 10 hombres adultos sanos colocados en varias de las siguientes posiciones: a) prona sobre cojines, b) sobre un marco de Wilson, c) en decúbito lateral, d) en posición prona arrodillada y f) sobre un marco de Hastings. Encontró que el marco de Hastings ofrecía la menor presión de la vena cava, la menor pérdida sanguínea, la ventilación más fácil y la mejor exposición quirúrgica entre las diversas variedades de posiciones prona estudiadas. Las presiones venosas promedio se presentan en el cuadro no. 1.

Backofen y Schauble estudiaron a 16 pacientes (edad media: 65 años) mediante la utilización de catéteres en arterias pulmonares y sistémicas, los cuales se colocaron en posición prona durante la anestesia general y se vigilaron muy de cerca para impedir obstrucción vascular.(34) Los parámetros se midieron en l posición supina después de la inducción de la anestesia y después de la pronación. Que por resultado que la posición prona no alteró la frecuencia cardiaca o las presiones medias arterial, venosa y de oclusión de la arteria pulmonar. No obstante, la posición prona se acompañó de aumentos notables en la resistencia vascular sistémica y resistencia vascular pulmonar que no lograron prevenir disminuciones del volumen por latido y del índice cardiaco, que también fueron proporciones significativas. Las mediciones de "rutina" de las presiones arterial y venosa central no hubieran detectado estos cambios, que son resultado en esencia de la reducción del retorno venoso al lado derecho del corazón.

Yokoyama valoró los efectos hemodinámicos de la posición prona sobre un marco convexo en pacientes anestesiados.(35) Con los pacientes acostados en forma plana sobre el marco, no se encontraron cambios significativos en las variables hemodinámicas.

McNulty utilizó cojines longitudinales, la silla quirúrgica de Cloward y el marco de Andrews como tres variedades de soporte para la posición prona y compararon sus efectos sobre la presión venosa y pérdida sanguínea durante laminectomías lumbares.(36) Encontraron presiones venosas centrales menores en pacientes con el marco de Andrews. La pérdida sanguínea fue cuatro veces mayor en pacientes en quienes se usó la silla de Cloward.

### Dinámica respiratoria

Durante una espiración pasiva, las fibras elásticas y el colágeno generan una presión de retroceso elástico que incrementa la presión alveolar, y determina un movimiento de aire desde los alvéolos hacia la cavidad bucal. Al final de la espiración, se equilibran las presiones dentro de los pulmones, y la cavidad torácica y, por lo tanto, no hay movimiento neto de aire. El volumen pulmonar en este estado de equilibrio al final de la espiración se conoce como capacidad residual funcional (CFR). La CFR, que se altera en las enfermedades pulmonares intrínsecas, generalmente se incrementa en la enfermedad obstructiva de la vía aérea y disminuye en las enfermedades pulmonares restrictivas.

Además de participar en el intercambio de oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los pulmones desempeñan una variedad de funciones que incluyen la autorregulación vascular para optimizar la relación ventilación perfusión (V/Q), la filtración de la sangre sistémica venosa, el metabolismo de sustancias vasoactivas y la eliminación o la neutralización de material extraño (polvo, material inorgánico, microorganismos).(10)

En el contexto de la función ventilatoria, debemos tener en cuenta la fisiología del sistema pulmonar.

### La caja torácica y los músculos respiratorios

La inspiración a volumen corriente se produce por la contracción coordinada de los músculos inspiratorios: el diafragma (en primer lugar) y los intercostales externos (secundariamente). El diafragma, que es inervado por los nervios frénicos originados en las raíces nerviosas cervicales C3 a C5, se contrae en una dirección craneocaudal, y desplaza el contenido abdominal hacia abajo, lo que aumenta el volumen intratorácico. Debido a la contracción diafragmática este cambio del volumen abdominal es mayor que el de la caja torácica. El diafragma está constituido principalmente por fibras de tipo-I lentas, resistentes a la fatiga, que le permiten realizar un trabajo repetitivo significativo sin desarrollar fatiga muscular.

Los músculos intercostales externos están inervados por los nervios intercostales T-1 a T-12. La contracción de estos músculos determina una elevación de las costillas y un aumento del diámetro anteroposterior del tórax. Los músculos accesorios de la inspiración activados durante la ventilación minuto elevado (VE), incluyen los músculos escálenos y esternocleidomastoideo. La espiración activa es generada por la contracción de los músculos intercostales internos y abdominales. En presencia de una enfermedad pulmonar por disfunción neuromuscular se produce un movimiento paradójico de la caja torácica y el abdomen, y la eficiencia de la respiración de la respiración disminuye mientras aumenta el trabajo respiratorio.(10)

Todo el sistema pulmonar conlleva los siguientes mecanismo que es parte uno del otro, *sistema surfactante, circulación pulmonar, intersticio pulmonar, intercambio gaseoso pulmonar, control de la ventilación, sensores (quimiorreceptores, mecanorreceptores), el sistema de control central, el sistema controlado, la defensa pulmonar, función metabólica del pulmón.* Que dependientes entre sí, nos originan alteraciones orgánicas y funcionales, ocasionando cambios, en la que debemos tener presente, y de nuestra parte queda compensar y regular mecánicamente, estas alteraciones, o de lo contrario, se presentarían alteraciones funcionales que ocasionen daños de leves a severos, y/o irreversibles en este sistema y a otros.(10)

El propósito de este estudio, es hacer una evaluación clínica de los posibles cambios que se originan en la posición prona, y connotar que cambios posibles de manejar mecánicamente. Tomando en cuenta factores predisponentes, si el paciente tiene algún trastorno o enfermedad coexistente que pudiera causar repercusión en la fisiología pulmonar.(5,8) Y además de los cambios hemodinámicos descritos en la literatura.(2,9) En nuestro caso, el paciente en esta posición se encuentra, en situación "restrictiva" a la fisiología pulmonar normal.

En la actualidad se prevé de acondicionamientos para poder evitar las alteraciones mencionadas previamente, y por lo que el paciente tenga un evento quirúrgico satisfactorio al final de la cirugía.

La practica de esta posición, es parte normal de un evento quirúrgico, pero en la práctica médica también a sido utilizada para aquellos pacientes que se encuentran con un problema pulmonar básicamente, denominado como Síndrome de Distrés Respiratorio del Adulto (SDRA), y es aquella entidad fisiopatológica, donde suele asociarse con sepsis y falla multiorgánica y tiene una elevada tasa de mortalidad. Existe daño alveolar difuso con inflamación pulmonar, junto con trombosis de la microvasculatura pulmonar. Esto produce un incremento de la permeabilidad capilar pulmonar y del agua extravascular pulmonar. El mecanismo fisiopatológico del SDRA no se comprende del todo y puede variar según la causa.

Las definiciones clínicas usuales comprenden la presencia de hipoxemia arterial severa (relación  $PaO_2/FIO_2$  menor de 200mmHg), infiltrados alveolares bilaterales compatibles con edema pulmonar en la radiografía de tórax, disminución de la distensibilidad pulmonar y la presencia de un factor etiológico conocido.

La nueva definición del Consenso Norteamericano-Europeo reconoce que el SDRA es una forma severa de lesión pulmonar aguda y requiere una relación  $PAO_2/FIO_2$  menor de 200 mmHg (conocido también como índice de Kirby) independiente del nivel de PEEP, cambios radiológicos con infiltrados alveolares en la radiografía de tórax y la ausencia de evidencias de hipertensión capilar pulmonar.

Como base para el tratamiento del SDRA, es el manejo de la causa, que debe ser identificada y tratada. Mientras se requieren medidas de sostén. Pero se han realizado como parte del tratamiento, colocar al paciente en decúbito prono, esto es básicamente para mejorar la perfusión a nivel del alvéolo, debido a que el daño es ocasionado por una respuesta inflamatoria intensa que genera daño alveolar y endotelial.

Y debido a toda las alteraciones que se ocasionan en pacientes con daño pulmonar, son buscar que alteración fisiopatológica se puede originar en un paciente que previamente se encuentra sano.

## **TRABAJO RESPIRATORIO**

### **Indicadores de actividad de los músculos respiratorios**

Los indicadores de actividad de los músculos respiratorios pueden ser considerados dentro de tres categorías:

- °Trabajo respiratorio
- °Consumo de oxígeno
- °Producto presión-trabajo

Los músculos respiratorios normalmente proporcionan la fuerza necesaria para la inspiración.

La espiración por lo general es pasiva y el flujo espiratorio es generado por el retroceso

elástico del sistema respiratorio. Sin embargo, en presencia de un incremento de la resistencia al flujo espiratorio la espiración suele ser un proceso activo.

### Trabajo respiratorio

La definición física de trabajo es el producto de la fuerza por la distancia de desplazamiento. Para el sistema respiratorio esto está representado por el producto de la presión y el cambio en el volumen (la integral PdV). Este casi siempre se expresa en joules (J), donde  $1J = 10 \text{ cmH}_2\text{O/L}$ . Los valores pueden expresarse como trabajo por litro de ventilación o trabajo por minuto (potencia). Por lo tanto, utilizando la presión esofágica como reflejo de la presión pleural, el trabajo del sistema respiratorio puede ser calculado a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} WL &= (Paw - Pes)dV \\ WCW &= (Pes - Patm)dV \end{aligned}$$

En donde WL es el trabajo requerido para insuflar el pulmón, WCW es el trabajo requerido para expandir la pared torácica y Paw, Pes y Patm son la presión central de la vía aérea, la presión esofágica y la presión atmosférica, respectivamente. La principal limitación para el empleo del trabajo respiratorio como expresión de la actividad del músculo respiratorio es que no tiene en cuenta la energía que se utiliza en condiciones de contracción muscular isométrica en las que no hay variación de volumen.

La eficiencia de los músculos respiratorios es la relación entre el trabajo realizado y la energía consumida. Como se mencionó anteriormente, la contracción muscular isométrica es un ejemplo de baja eficiencia muscular, dado que la energía consumida para la contracción no es empleada como trabajo. Por lo tanto se han utilizado otros indicadores, como el  $\text{VO}_2$ , y el producto presión-tiempo, para evaluar la actividad de los músculos respiratorios.

### Consumo de oxígeno

A diferencia de los otros músculos esqueléticos, los músculos respiratorios funcionan principalmente en condiciones de metabolismo aeróbico. Por lo tanto, la medición del  $\text{VO}_2$  de los músculos respiratorios refleja con exactitud el gasto de energía muscular. El  $\text{VO}_2$  de los músculos respiratorios está representado por la diferencia entre el  $\text{VO}_2$  durante la asistencia ventilatoria mecánica controlada y el  $\text{VO}_2$  durante la ventilación mecánica asistida o durante la ventilación espontánea.

La medición del  $\text{VO}_2$  está limitada por la alta fracción inspirada de oxígeno ( $\text{FIO}_2$ ) y por la variación en el tiempo del  $\text{VO}_2$  que no es reflejada por una medición corta. Además, durante la respiración activa, un aumento del  $\text{VO}_2$  puede no deberse únicamente a la actividad de los músculos respiratorios. Por ejemplo, cualquier paciente incapaz de mantenerse con vida respirando espontáneamente tendrá una producción elevada de catecolaminas durante los intentos de respiración espontánea, lo que causará un importante aumento del  $\text{VO}_2$  (tan alto como el 50%) además del aumento generado por los requerimientos de los músculos respiratorios.

## Producto presión-tiempo

La contracción isométrica de los músculos respiratorios es explicada por el producto presión-tiempo, que se calcula por la integral de la presión esofágica en el tiempo ( Pes AT).

En procesos patológicos en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, la actividad de los músculos respiratorios, presenta anomalías de la mecánica respiratoria que producen una disminución de la eficiencia muscular y por lo tanto un incremento en el consumo de energía. Los pacientes intubados tienen un aumento de la carga de trabajo generado por la presencia del tubo endotraqueal que actúa como una resistencia. La magnitud de la resistencia es influida por el diámetro del tubo y por la velocidad del flujo. Además, el circuito de tubos del respirador y las válvulas espiratorias e inspiratorias incrementan la carga respiratoria.

Debido a estos cambios, en los pacientes en posición prona tienen cambios en los volúmenes respiratorios casi igual a pacientes con enfermedad pulmonar, por lo que se desarrollan efectos sistémicos parecidos y que repercuten sistemáticamente.

El paciente de tamaño normal y con ventilación espontánea acostado plano toda la superficie ventral del cuerpo debe elevar el peso del tórax lejos del esternón para expandir el pecho. Las vísceras también limitan la inspiración cuando el peso de la parte dorsal del tronco comprime el contenido abdominal y fuerza el diafragma hacia la cabeza. Se puede esperar que la compensación espontánea efectiva requiera un aumento en el trabajo ventilatorio. Existe una excepción importante en el caso del individuo con obesidad mórbida quien, cuando está en posición supina, debe ejercer un gran esfuerzo para inspirar debido al peso de la pared torácica y la obstrucción del descenso del diafragma originada por un abdomen demasiado lleno. Estos pacientes pueden ventilar con mayor facilidad cuando están en posición prona si el abdomen no sufre compresión.

West, Hughes, describieron la distribución del flujo sanguíneo dentro del pulmón según la relación entre la presión de los vasos y la de los alvéolos.(37,38) Kaneko también corroboró esta descripción, agregando además un factor adicional: la postura corporal.(39) Se describió que el flujo sanguíneo pulmonar en la posición prona era casi tan homogéneo como el de la posición supina, es decir, que el pulmón en posición prona estaba por completo en la zona 3 de West, excediendo la presión venosa pulmonar dependiente de la diferencia de presión entre las arterias y las venas pulmonares.

En un esfuerzo por reconocer el efecto de la posición prona sobre los cortocircuitos pulmonares, Stone y Khambatta (40) estudiaron 10 pacientes quirúrgicos, no obesos, por lo demás sanos, programados para cirugía de columna lumbar. A diferencia de otros estudios, no se demostró aumentos persistentes de cortocircuitos después de la inducción de la anestesia en posición supina. Después de colocarlos en posición prona, no se observaron ningún cambio en la magnitud de cualquier cortocircuito que hubiera ocurrido en la posición supina.

Douglas y cols., estudiaron pacientes con insuficiencia respiratoria y ventilación mecánica en una unidad de cuidados intensivos. Se encontró un aumento constante en los valores de oxígeno arterial después que los pacientes se colocaban en posición prona (sin que hubieran cambios en los parámetros ventilatorios) sobre soportes que el abdomen colgara libre (fig. 2) Al

regresarlos a la posición supina se revirtió la mejoría. La pérdida de capacidad residual funcional por la posición prona fue mínima y menor que la que ocurrió tanto en posición supina como en posición lateral.(41)

Lumb y Nunn midieron la función respiratoria en voluntarios sanos despiertos, primero sentados y después en cuatro posiciones horizontales usuales de la anestesia.(42) Cuando el sujeto sentado asumió la posición supina, la capacidad vital forzada disminuyó 300ml y la capacidad residual funcional cayó alrededor de 800ml. La pronación aumentó la capacidad residual funcional 350ml por arriba de la del valor supino. La contribución media de la caja torácica a la ventilación fue similar en todas las posiciones horizontales.

Pelosi y cols, estudiaron 17 pacientes anestesiados, paralizados, normales, sujetos a cirugía de discos lumbares y midieron los efectos de la posición prona sobre las propiedades mecánicas del sistema respiratorio total, del pulmón y de la pared torácica, así como la capacidad residual funcional y el intercambio gaseoso.(43) Después de realizar las mediciones básicas con los pacientes en posición supina, se les rotó hacia la posición prona sobre soportes para la parte alta del tórax y pélvico. Se aseguro que hubiera un movimiento abdominal libre. Las mediciones 20 minutos después de la pronación indicaron que la distensibilidad de sistema respiratorio, pulmón y pared torácica no se afectó en forma significativa. Los valores de la resistencia respiratoria se elevaron un poco, sobre todo por el aumento de la resistencia a la pared torácica. La PaCO<sub>2</sub> no mostró cambios, mientras la capacidad residual funcional y la PaO<sub>2</sub> aumentaron hasta cifras muy superiores a las obtenidas con los pacientes en posición supina. Concluyeron que la posición prona mejora los volúmenes pulmonares y la oxigenación sin afectar de modo adverso la mecánica respiratoria.

Las altas presiones de la vía respiratoria y los grandes volúmenes corrientes necesarios para ventilar un paciente colocado en forma incorrecta en la posición prona causan varios efectos colaterales potenciales que pueden ser dañinos.

° Es posible que se suscite barotrauma pulmonar en forma de enfisema pulmonar intersticial que conduce a neumotórax o a la diseminación de aire como enfisema mediastínico, retroperitoneal o subcutáneo.

° La espalda se eleva y desciende con cada respiración, lo que hace que el campo quirúrgico esté en foco o fuera de foco de la visión del microscopio que se emplea en ciertos procedimientos. Mientras más caudal es el campo, menos, molesto es este problema. Es difícil eliminar este problema por completo a pesar de un posicionamiento cuidadoso.

° Se puede hacer evidente que las presiones venosas y cefalorraquídeas están elevadas conforme fluye el líquido hacia la herida.

### **Dinámica del sistema nervioso central**

Si se coloca la cabeza de un paciente en posición prona por debajo del nivel del corazón, las fuerzas de gravedad pueden dar lugar a un aumento significativo en la cantidad de sangre y líquido cefalorraquídeo que se acumula en el cerebro y su alrededor. Conforme se aumenta la

inclinación cabeza abajo, se eleva la presión del sistema carotídeo y la resistencia cerebral vascular para mantener constante el flujo. Se menciona que las áreas patológicas del cerebro están vasoparéticas y en este caso el flujo mantiene una relación directa con la presión. Dichas áreas están sujetas a edema conforme aumenta la presión en la microvasculatura. No se debe colocar la cabeza por debajo del nivel del corazón con una herida abierta ya sea quirúrgica o traumática o ante la sospecha de un proceso patológico intracraneal. Con la cabeza y el cuello bajos también se afectan las estructuras no neurológicas, aunque en menor grado; pueden observarse edema y congestión de conjuntivas, fosas nasales y tal vez de la laringe.

Iwabuchi y cols., estudiaron las presiones en la confluencia de los senos venosos de la duramadre en un grupo de pacientes quirúrgicos en varias posiciones corporales. Cuando la mitad superior del cuerpo se elevó 25°, la presión de la confluencia llegó a cero. Cuando los adultos se sentaban en posición erecta (+90°), la presión decayó a cifras de -9 a -15 cmH<sub>2</sub>O (promedio -12.7 cmH<sub>2</sub>O). Los niños menores de seis años no desarrollaron presiones inferiores a 0 aun en posición sentada. Las presiones estaban un poco por arriba de la atmosférica (promedio 2.7 a 3.0 cmH<sub>2</sub>O) en todos los pacientes colocados en cualquiera de las versiones de la posición prona hiperlordótica. Aunque la ventilación con presión positiva no ejerció un efecto significativo sobre las presiones de los senos venosos duros, la compresión yugular elevó esas presiones lo bastante para impedir embolia gaseosa. Esto confirmó que la posición de león marino es una postura favorable para el drenaje venoso cerebral.

Se ha demostrado que la rotación intensa de cabeza y cuello modifica los patrones de flujo tanto en el sistema de la arteria carótida como en la arteria vertebral.

°Toole menciona que las rotaciones de la cabeza a 60° producen una reducción inicial de flujo en la arteria vertebral contralateral y que, cuando se alcanzan los 80° de rotación, el vaso se obstruye. Se supone que el mecanismo causal es la compresión de la arteria en su trayecto hacia el cerebro a través de las apófisis transversas desde la sexta hasta la segunda vértebras cervicales. En presencia de una anatomía vascular normal intacta, cuando la rotación sobrepasa los 60°, existe una compensación consistente en un aumento del flujo sanguíneo a través de la arteria vertebral homolateral. También, conforme disminuyen la presión y el flujo en el sistema vertebral, hay un momento en el que se inicia un flujo retrógrado (dirección caudal) en la arteria basilar debido a sus conexiones con la circulación sistémica a través del polígono de Willis. Sin embargo, si las anastomosis de la arteria vertebral son anormales, la rotación de la cabeza puede comprometer la perfusión de médula espinal cervical, tallo encefálico, cerebelo y aparato cocleovestibular. Es de esperarse que la enfermedad vascular oclusiva intensifique el estado patológico.(46)

°La posición de la cabeza altera el flujo a través del sistema carotídeo. El grado de esta alteración varía en función del desarrollo de arteriosclerosis en los vasos. Si se estima que el flujo carotídeo está disminuido, es probable que convenga mantener la cabeza en la línea media después de la pronación en vez de rotarla hacia uno u otro lado. Sin duda, aun en las arterias sanas se puede alterar los flujos tanto de la arteria carótida como de la vena yugular al comprimir las en el lado de abajo del cuello mediante soportes mal escogidos.

La TAC de columna vertebral demuestra que la médula espinal se desplaza en dirección ventral cuando el paciente se coloca en posición prona.(47) El espacio epidural anterior se comprime mientras el espacio dorsal se agranda. Este hallazgo sugiere que la médula espinal

desplazada convierte a la postura prona en una postura ideal para el establecimiento de anestesia epidural lumbar.

La perfusión de la médula espinal se autorregula en la misma forma que lo hace la perfusión del cerebro;(48) permanece bastante estable entre las presiones arteriales sistémicas medias de 50 a 135 mmHg.(49) Se encontró que el flujo sanguíneo hacia la médula espinal se reduce cuando existe hipocapnia y aumenta por hipoxia, hipercabnia o ambos; empero, la distribución de la sangre dentro de la médula espinal no se modifica.

Los aumentos de la presión intratorácica producidos por la fase inspiratoria de la ventilación con presión positiva intermitente se transmiten a través de las venas a una herida abierta en el neuroeje. Los flujos de LCR dentro del campo quirúrgico se comportan en forma sincrónica con las fases de la ventilación.

Por lo tanto, todos los cambios que se presenta dentro de la pronación, se tienen en mente que también los fármacos usados para el evento quirúrgico y para la inducción del paciente y su mantenimiento transoperatorio, los anestésicos usados para tal fin, tienen sus efectos a varios niveles de aparatos y sistemas, por lo que detallaremos los más usados en la práctica de la Neuroanestesia.

## FARMACOS Y SUS EFECTOS POSIBLES EN DIFERENTES APARATOS Y SISTEMAS

### DESFLURANO

El Desflurano es un agente anestésico por inhalación, que dentro de sus propiedades físicas, resulta ser similar a la del isoflurano. De hecho, la única diferencia es la situación de un átomo de flúor por un átomo de cloro en el isoflurano. No obstante, estos cambios "menores" tienen efectos profundos en las propiedades físicas del fármaco. Por ejemplo, la presión de vapor del desflurano a 20°C es de 681 mmHg. Por lo tanto, hierve a temperatura de la habitación en altitudes elevadas. Este problema se ha resuelto con el desarrollo de un vaporizador especial de desflurano. Además, la baja solubilidad del desflurano en la sangre y tejidos corporales causa ingreso y salida rápidos del anestésico. Por lo tanto, la concentración alveolar de desflurano tenderá a acercarse a la concentración inspirada mucho más rápido que otros agentes volátiles, dando al anestesiólogo un control más estricto sobre el nivel anestésico. Esto se atribuye de manera principal a un coeficiente de partición sangre/gas (0.42) que resulta aún menor que el óxido nitroso (0.47). Mientras el desflurano tiene una potencia aproximada de la cuarta parte de otros agentes volátiles, es 17 veces más potente que el óxido nitroso. Las características más distintivas del desflurano son presión de vapor alta, duración muy corta de acción y potencia moderada.

## EFECTOS SOBRE APARATOS Y SISTEMAS

### A) CARDIOVASCULAR

Los efectos cardiovasculares parecen ser similares a los del isoflurano. El incremento en la dosis coexiste con descenso en la resistencia vascular general que produce baja en la presión arterial. El GC permanece relativamente inalterado o un poco deprimido de 1 a 2 CAM. Hay

elevación moderada en FC, PVC y presión en la concentración de desflurano conducen a elevaciones transitorias en la FC, presión arterial y concentraciones de catecolaminas. A diferencia del isoflurano, el desflurano no incrementa el flujo de sangre de la arteria coronaria.

### B) RESPIRATORIO

Hay disminución del volumen ventilatorio e incrementa la frecuencia respiratoria. Hay reducción en la ventilación alveolar que causa elevación en la PaCO<sub>2</sub> en reposos. Como otros anestésicos volátiles modernos, el desflurano deprime la respuesta ventilatoria a la PaCO<sub>2</sub> creciente. El picor y la irritación de las vías respiratorias durante la inducción de desflurano pueden manifestarse por salivación, retención de la respiración, tos y laringoespasma.

### C) CEREBRAL

Como los otros anestésicos volátiles, el desflurano disminuye la resistencia vascular cerebral, aumenta el flujo sanguíneo del cerebro y se relaciona con incremento en la presión intracraneal a normotensión y normocapnia. No obstante, los vasos cerebrales continúan respondiendo a los cambios en la PaCO<sub>2</sub>; en forma tal que la presión intracraneal puede reducirse con hiperventilación. El consumo de oxígeno cerebral disminuye durante la anestesia con desflurano. Por lo tanto, durante los periodos de hipotensión inducida por este anestésico (presión arterial media = 60mmHg), el flujo sanguíneo cerebral es adecuado para mantener metabolismo aerobio a pesar de la presión baja del riego cerebral.

## SEVOFLURANO

Halogenado con flúor. Se combina en la sangre ligeramente mayor que el desflurano (1 s/g 0.65 contra 0.42) con una potencia un poco menor que el enflurano. La ausencia de picor y los incrementos rápidos en la concentración anestésica alveolar hacen que el sevoflurano sea una elección excelente para inducciones por inhalación; su presión de vapor modesta permite el uso de un vaporizador de derivación variable convencional.

## EFFECTOS SOBRE APARATOS Y SISTEMAS

### A) CARDIOVASCULAR

El sevoflurano deprime de manera leve la contractilidad miocárdica. La resistencia vascular sistémica y la presión arterial declinan ligeramente menos que con isoflurano o desflurano. Este halogenado causa poco aumento en la frecuencia cardiaca, si es que se presenta alguna, el GC no se mantiene tan bien como con isoflurano o desflurano. No hay evidencia que relacione al sevoflurano o desflurano. No hay evidencia que relacione al sevoflurano con el síndrome de robo coronario.

### B) RESPIRATORIO

Deprime la respiración y revierte el broncoespasmo en grado similar al del isoflurano.

### C) CEREBRAL

Este causa aumentos ligeros del flujo sanguíneo cerebral y presión intracraneal normocarbica. Disminuye los requerimientos metabólicos cerebrales de oxígeno y no se ha comunicado actividad convulsiva.

### BIOTRANSFORMACION Y TOXICIDAD

La enzima P450 microsómica del hígado metaboliza el sevoflurano a una velocidad similar al enflurano y puede inducirse con pretratamientos con etanol o fenobarbital. La nefrotoxicidad potencial del aumento en el fluoruro inorgánico (F<sup>-</sup>). Se recomienda que el sevoflurano se evite en pacientes con deterioro de la función renal.

El álcalis del tipo de la sosa pueden degradar al sevoflurano produciendo otro producto terminal nefrotóxico (**compuesto A**, una olefina). La acumulación del compuesto A se incrementa con el aumento de la temperatura del gas respiratorio, anestesia de flujo bajo, hidróxido de bario absorbente seco, concentraciones elevadas de sevoflurano y anestésicos de duración prolongada. No se recomiendan flujos de gas fresco menores de dos litros por minuto.

### CONTRAINDICACIONES

Las contraindicaciones incluyen hipovolemia intensa, susceptibilidad a hipertermia maligna e hipertensión intracraneal.

### OPIACEOS

#### MECANISMO DE ACCION

Los opiáceos se fijan a receptores específicos situados en toda la extensión del SNC y en otros tejidos. Aunque estos agentes proporcionan cierto grado de sedación, son más eficaces para producir analgesia. Las propiedades farmacodinámicas de cada opiáceo específico dependen del receptor al cual se fijan, la afinidad de la fijación y la posibilidad de que el receptor esté activado. Aunque tanto los agonistas como los antagonistas opiáceos se fijan a los receptores de opiáceos, sólo los agonistas son capaces de activar ala receptor. Los agonistas-antagonistas (p.ej., nalbufina, nalorfina, butorfanol y pentozocina) son fármacos que tienen acciones opuestas en distintos tipos de receptor.

#### EFFECTOS SOBRE APARATOS Y SISTEMAS

##### A) CARDIOVASCULAR

En general, los opiáceos no perturban en forma importante la función cardiovascular. Aunque las dosis altas de morfina, fentanil, sufentanil y alfentanil, se relacionan con bradicardia

mediada por el vago, además que no deprimen la contractilidad cardiaca (excepto meperidina). No obstante, la presión arterial a menudo desciende como resultado de bradicardia, venodilatación y disminución en los reflejos simpáticos. Pero la combinación de opiáceos con otros anestésicos (p.ej., N2O, benzodicepinas, barbitúricos y agentes volátiles) pueden producir depresión miocárdica importante.

### B) RESPIRATORIO

Los opiáceos deprimen la ventilación, en particular la frecuencia respiratoria. La PaCO<sub>2</sub> en reposo aumenta y la respuesta a la estimulación con CO<sub>2</sub> se amortigua, lo que produce un desplazamiento de la curva de respuesta al CO<sub>2</sub> hacia abajo y hacia la derecha. Estos efectos se producen en los centros respiratorios en el tallo encefálico. El **umbral apneico** —que es la PaCO<sub>2</sub> mayor a la cual el paciente permanece apneico— es elevado, y el **impulso hipóxico** está disminuido. Los opiáceos (en particular fentanil, sufentanil y alfentanil) pueden producir rigidez de la pared torácica lo bastante intensa para evitar la ventilación adecuada. Esta contracción muscular mediada a nivel central es más frecuente después de la administración de bolos grandes de medicamento y se trata en forma eficaz con relajantes musculares. Los opiáceos pueden atribuir de modo eficaz la respuesta broncoconstrictora a la estimulación de las vías respiratorias, como la que se produce durante la intubación.

### C) CEREBRAL

Los efectos de los opiáceos sobre la perfusión cerebral y la presión intracraneal son variables. En general, reducen el consumo de oxígeno cerebral, el flujo sanguíneo a este órgano y la presión intracraneal, pero a un menor grado que los barbitúricos y las benzodicepinas. Como estos fármacos también tienden a producir una disminución leve en la PAM, es posible que el descenso en la perfusión cerebral sea significativo en algunos pacientes con distensibilidad intracraneal anormal. Cualquier incremento pequeño en la presión intracraneal que originen los opiáceos puede compararse con los aumentos potencialmente grandes en la presión intracraneal que se producen durante la intubación de un paciente mal anestesiado.

## BARBITURICOS

El mecanismo de acción de estos fármacos es el deprimir el sistema reticular activado, red polisináptica compleja de neuronas y centros reguladores localizada en el tallo encefálico, que controla varias funciones vitales, entre ellas la conciencia. Suprimen la transmisión de neurotransmisores excitadores (p.ej., acetilcolina) y aumentan la transmisión de neurotransmisores inhibidores (p.ej., ácido gammaaminobutírico). Los mecanismos específicos incluyen interferencia con la liberación de transmisores (presinápticos) y la interacción estereoselectiva con los receptores (posinápticos).

## EFFECTOS EN APARATOS Y SISTEMAS

### A) CARDIOVASCULAR

Se presenta un descenso en la presión arterial y aumento en la FC. La depresión de los centros vasomotores bulbares dilatará los vasos de capacitancia periféricos, hecho que acumula sangre en la periferia y disminuye el retorno venoso a la aurícula derecha. La taquicardia se debe a un efecto vagolítico central. El GC suele mantener por aumento de la FC e incremento de la contractilidad miocárdica debida a reflejos barorreceptores compensadores. La constricción inducida por el simpático en los vasos de resistencia puede aumentar la resistencia vascular periférica.

### B) RESPIRATORIO

Con los barbitúricos se produce depresión de los centros bulbares, que disminuye la respuesta ventilatoria a la hipercapnia y la hipoxia. Suele presentarse apnea después de una dosis de inducción de barbitúricos. Al despertar, el volumen ventilatorio y la frecuencia respiratoria están disminuidos. Los barbitúricos no deprimen por completo los reflejos de alarma de las vías respiratorias, y el broncoespasmo en pacientes asmáticos o el laringoespasmo en los que están anestesiados son poco usuales después de la instrumentación en las vías respiratorias.

### C) CEREBRAL

Los barbitúricos producen constricción de los vasos cerebrales, lo que causa reducción del flujo sanguíneo y de la presión intracraneal.

### **HIPOTESIS**

¿Hay cambios significativos en la posición ventral en comparación con el decúbito dorsal y la sedente?

- H0: La posición prona no modifica los parámetros hemodinámicos.
- H1: Es valorable todos los cambios que se presentan dentro de la posición prona, en comparación la posición sedente y decúbito dorsal.
- H2: Los cambios que se puede presentan en las gasometrías arteriales pueden ser los únicos parámetros que se modifican.

### **OBJETIVOS**

#### PRINCIPALES:

1. Observar los cambios que se presentan en la posición prona, con sus posibles efectos hemodinámicos y respiratorios principalmente en comparación con las otras posiciones.
2. Analizar sistemáticamente todos los cambios presentados y compararlo en la posición sedente y decúbito dorsal.
3. Evaluar y detectar los eventos hemodinámicos para de esta manera poder prevenir complicaciones en el periodo postquirúrgico.

## MATERIAL Y METODOS

La planeación de este estudio se realizó en pacientes de este Instituto, que se sometieron a neurocirugía en posición prona; comparandolos con las dos posiciones (decúbito dorsal y sedente), y analizarlo bajo las siguientes condiciones:

-La técnica de anestesia empleada para los eventos quirúrgicos fue con Anestesia General Balanceada. Recibiendo inicialmente como premedicación: Diacepam 0.2mg/kg (22:00 y 6:00 hrs vo), ranitidina 50mg, dos horas antes de su ingreso al servicio de quirófano.

-Para la INDUCCION anestésica: Tiopental sódico a 5mg/kg, ó Propofol de 1.5 a 2.5 mg/kg, Fentanil 5mcg/kg, pancuronio a .07mcg/kg, ó vecuronio a 0.01 mg/kg. Así como una dosis de 100mg de Lidocaína, 60 seg., antes de la laringoscopia, para prevenir el reflejo tusígeno, y así evitar aumento en la presión intracraneal, y sus posibles consecuencias.

-El mantenimiento se realizó a base de halogenado principalmente, isoflorano, sevoflorano o desflorano.

-Los recursos con los que se cuentan, practicamente se tienen en la Institución, tanto humano como monitoreo.

El estudio que se realizó es un proyecto prospectivo, descriptivo, clínico y comparativo con las otras dos posiciones señaladas.

Se llevó a cabo en pacientes adultos, programados para cirugía electiva en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, en el semestre de Agosto/99-Enero/00.

### CRITERIOS DE INCLUSION

1. Pacientes adultos sometidos a cirugía electiva.
2. Ambos sexos
3. Edad comprendida entre 18 y 85 años
4. Estado físico I y II

### CRITERIOS DE EXCLUSION

1. Pacientes con patología respiratoria
2. Pacientes pediátricos
3. Pacientes hemodinámicamente inestables

Se incluyeron 3 grupos, con 10 pacientes cada uno; el grupo no. 1 pacientes en decúbito prono; el grupo no. 2 decúbito dorsal y el grupo no. 3 corresponde al sedente.

Se tomaron los siguientes parámetros como eventos hemodinámicos PAM, FC; ventilatorio como la Presión de Vías Aéreas, y gasométricamente (arterial) para tomar datos de pH, PaCO<sub>2</sub>, con los siguientes tiempos: basal, inducción, intubación, cambio de posición y a los 30 min.

El estudio que se realizará es un proyecto retrospectivo, descriptivo, clínico y comparativo con las otras dos posiciones señaladas.

### **JUSTIFICACION**

Considerando que el paciente neuroquirúrgico amerita, por su patología cambios de posición diferente al decúbito dorsal con mucha frecuencia, es necesario que se monitorize detalladamente los parámetros hemodinámicos, y en este estudio analizamos estos parámetros para evaluar con veracidad la recuperación que tienen las diferentes posiciones más frecuentes en nuestros pacientes y poder darle significancia clínica y de esta manera repercutirán en el buen manejo anestésico de los pacientes.

# GRAFICAS Y ESTADISTICAS

TABLA no. 1

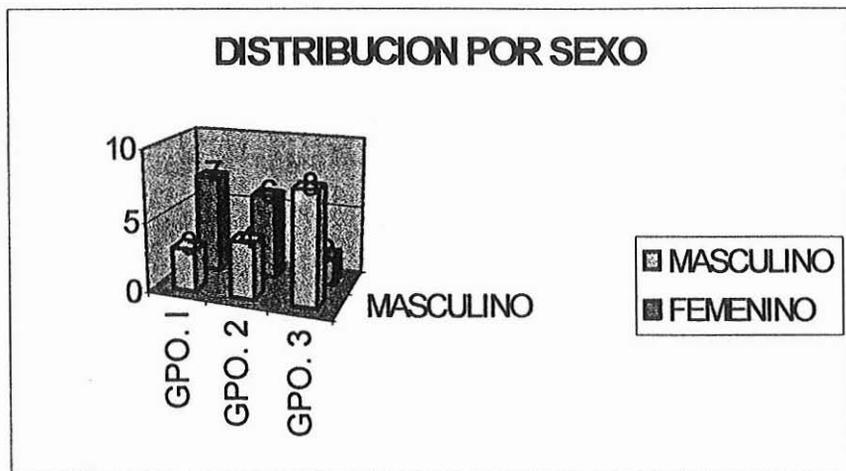


TABLA no. 2

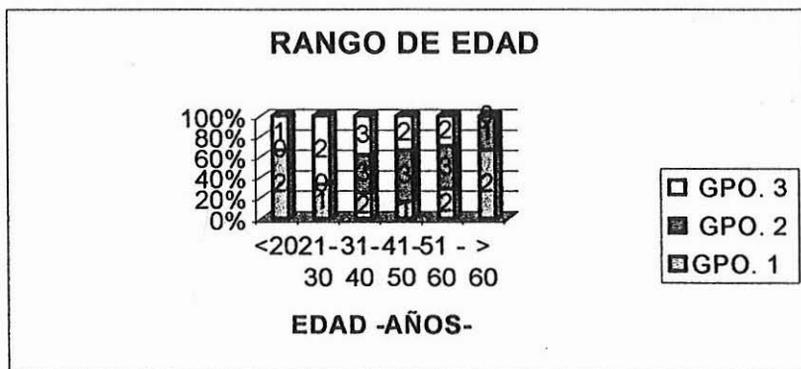
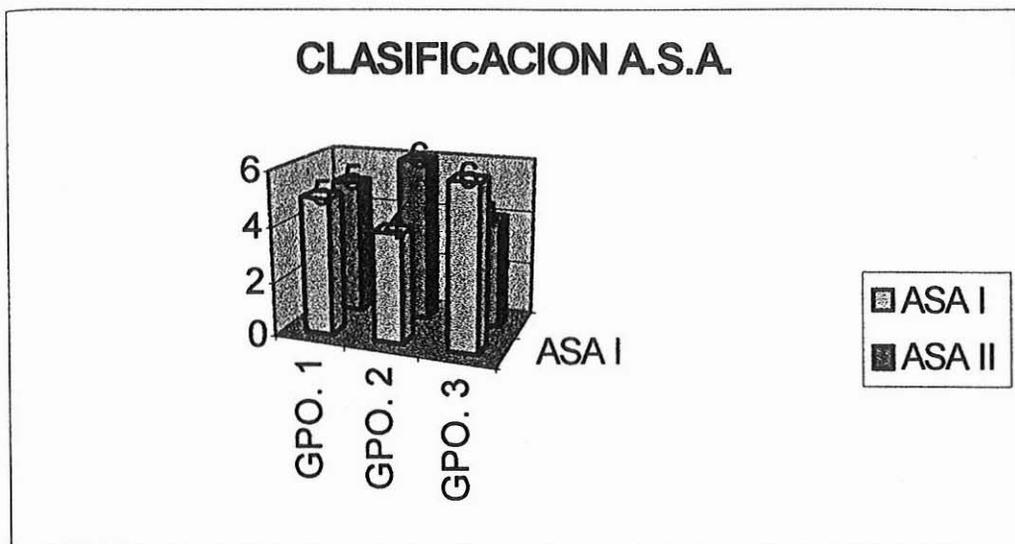


TABLA no. 3



## NUMERO DE PACIENTES DEPENDIENDO EL TIPO DE PATOLOGIA

## VENTRAL (GPO.1)

- 8 Discoidectomias lumbares
- 2 Fijaciones cervicales

## DORSAL (GPO. 2)

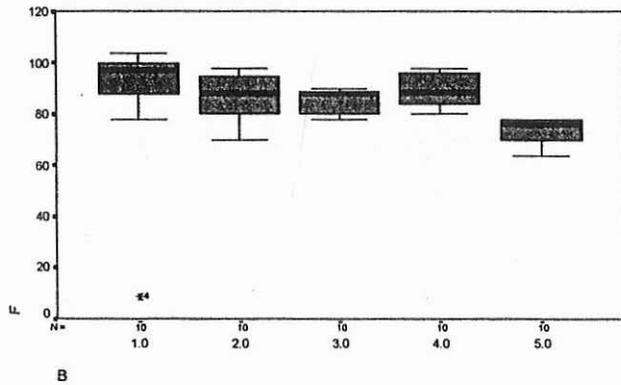
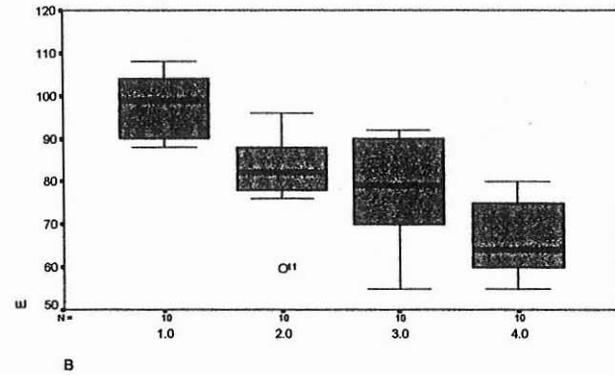
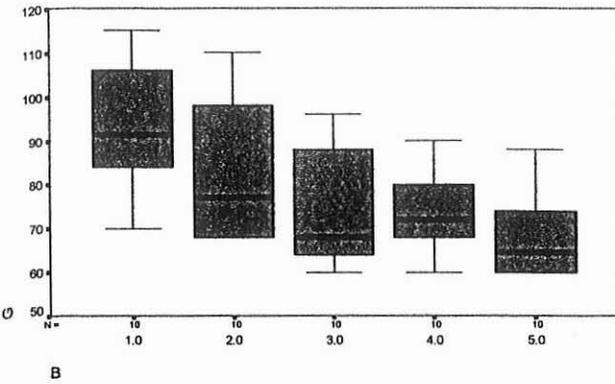
- 2 Glioblastomas
- 2 Malformaciones arteriovenosas
- 3 Meningiomas
- 2 Adenomas de Hipófisis
- 1 Aneurisma ACM

## SEDENTE

- 2 NCC en vérmix
- 1 Meningioma del Tentorio
- 1 Lesión cerebelosa Pb METs
- 2 Lesión vermiana
- 2 Hemangioblastoma
- 2 Chiari

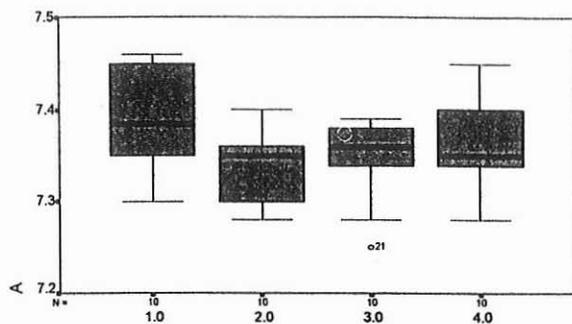
## PAM

TABLA No. 4

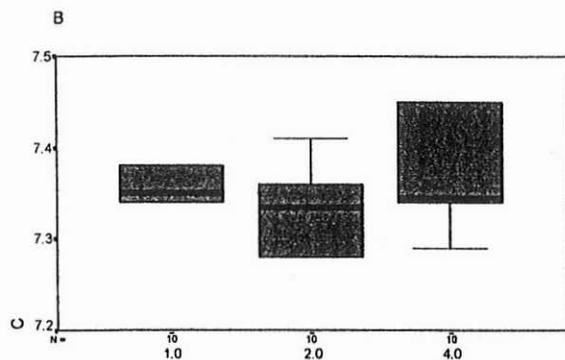


pH

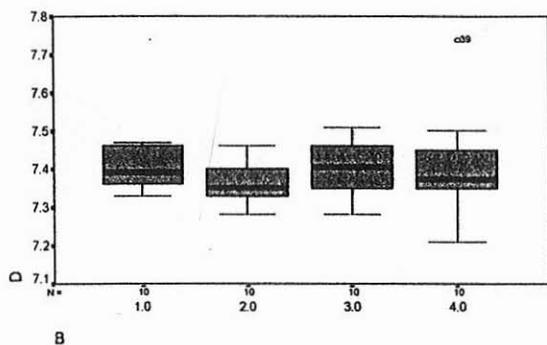
TABLA No. 5



GRUPO 1



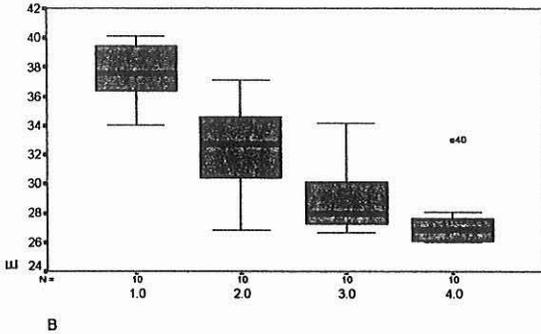
GRUPO 2



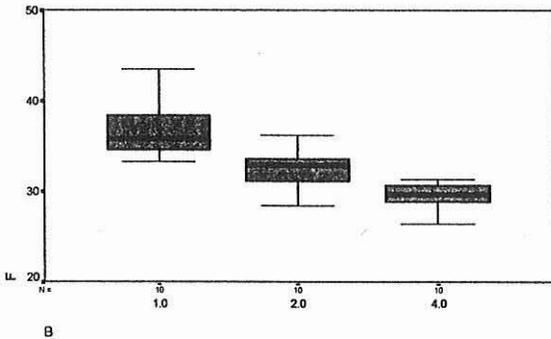
GRUPO 3

# PaCO<sub>2</sub>

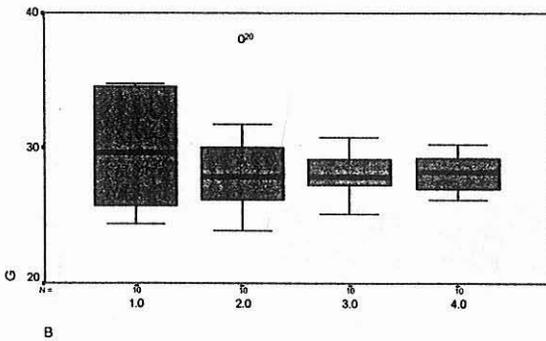
TABLA No. 6



**GRUPO 1**  
**P < 0.00**



**GRUPO 2**  
**P < 0.00**

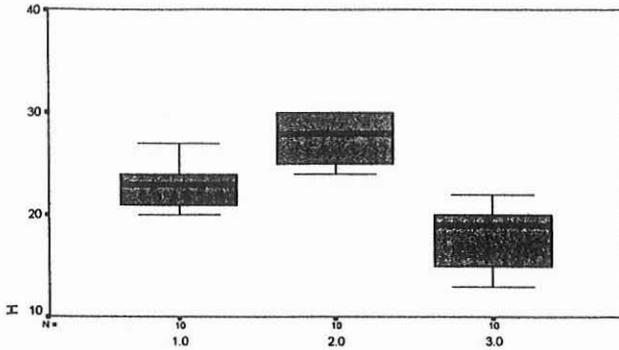


**GRUPO 3**

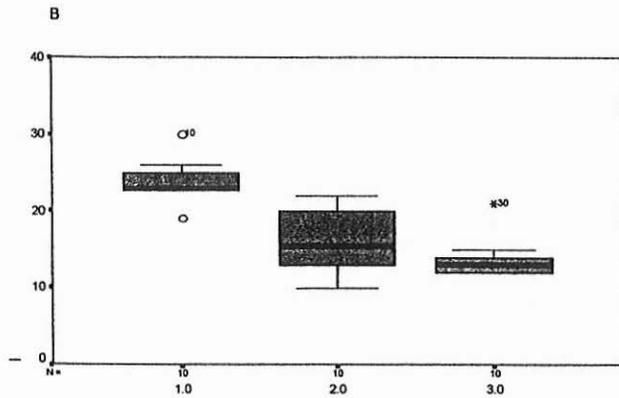
**Entre grupos:**  
**p < 0.00**

# PVA

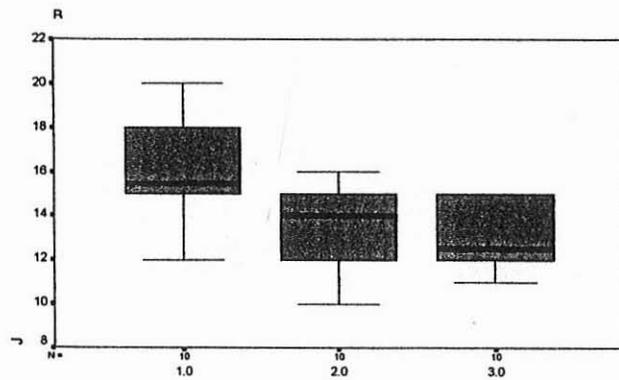
TABLA No. 7



**GRUPO 1**  
 $P < 0.00$



**GRUPO 2**  
 $P < 0.00$

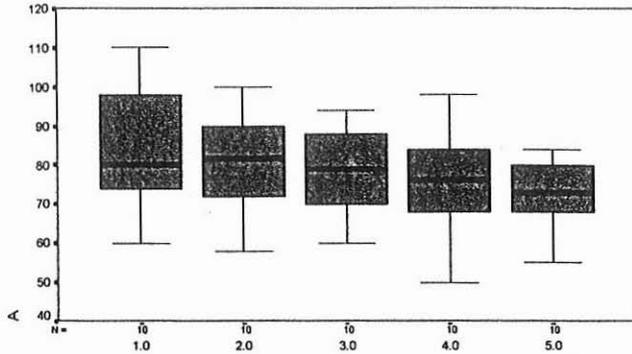


**GRUPO 3**  
 $P < 0.00$

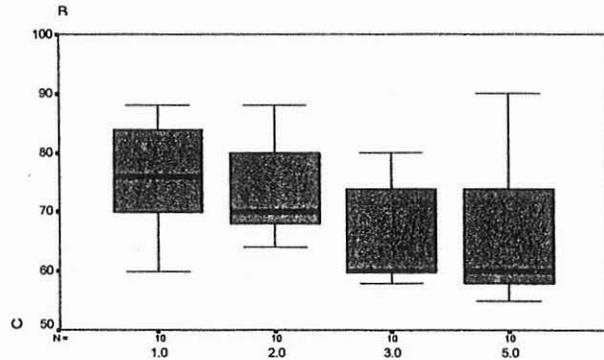
**Entre gpos:**  
 $p < 0.00$

# FRECUENCIA CARDIACA

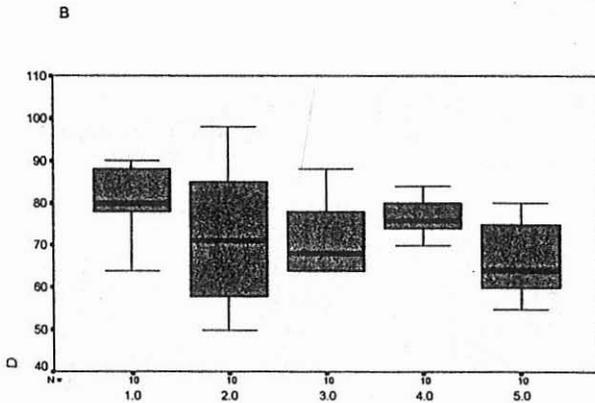
TABLA No. 8



GRUPO 1



GRUPO 2



GRUPO 3

## RESULTADOS ESTADISTICO

Las diferentes variables fueron comparados en los diferentes eventos y entre grupos, mediante el análisis de *varianza univariado*, utilizando el programa SPSS.

### a) FRECUENCIA CARDIACA

GPO.	BASAL	INDUCCION	INTUBACION	ROTACION	30 min	
1	82+-16.3	80+-12.5	77.8+-11.4	75.8+-11.4	72.3+-9.3	0.437
2	72+-16.3	73.2+-7.3	66+-8.5		66.2+-11.8	0.065
3	79+-9.0	71.3+-15.7	70.7+-8.08	76.6+-4.1	66.5+-9.4	0.057
SIGNIF. ESTADISTICA	0.41	0.22	0.03	0.8	0.34	

### b) PRESION ARTERIAL MEDIA

GPO.	BASAL	INDUCCION	INTUBACION	ROTACION	30 min	
1	93.8+-14.2	82.2+-15.3	73.6+-13.0	73+-8.8	67.6+-9.4	0.000
2	98.4+-7.2	82+-10.2	77.4+-12.7		70.1+-7.7	0.155
3	95.1+-7.9	86.4+-9.6	85.4+-4.5		74.1+-4.9	0.002
SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	0.34	0.65	0.06		0.07	

### c) pH

GPO.	BASAL	INTUBACION	EVENTO	30 min	
1	7.3+-0.5	7.3+-0.3	7.3+-0.4	7.3+-0.5	0.15
2	7.3+-0.1	7.3+-0.4		7.3+-0.5	0.20
3	7.4+-0.5	7.3+-0.5	7.4+-0.7	7.3+-0.8	0.61
SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	0.08	0.5	0.5	0.8	

### d) PaCO2

GPO.	BASAL	INTUBACION	EVENTO	30 min	
1	37.5+-3.0	32.5+-2.1	28.8+-2.3	27.4+-2.1	0.000
2	36.5+-3.0	32.5+-2.1		29.3+-1.6	0.003
3	29.6+-4.1	28.8+-4.0	28+-1.5	28.2+-1.3	0.623
SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	0.00	0.02		0.05	

### e) PRESION DE VIAS AEREAS

GPO.	BASAL	EVENTO	30 min	
1	23.1+-2.3	27.3+-2.4	18.1+-3.1	0.000
2	23.6+-3.2	15.8+-4.3	13.7+-2.7	0.000
3	16.0+-2.5	13.5+-2.2	13+-1.6	0.009
SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	.000	.004	.000	

Las constantes estudiadas como la PAM y la FC sufrieron cambios mínimos ya que si se presentaron significancia estadística como se muestra en la gráfica anterior. Mostrando la  $p < 0.05$  como significancia.

Dependiendo de las posiciones quirúrgicas, encontramos algunas diferencias significativas, en este estudio encontramos que la PVA y el PaCO<sub>2</sub> tienden a modificarse con el tiempo, y por grupos. Para el parámetro de PaCO<sub>2</sub>  $p < 0.000$  (gpo. 1)  $p < 0.003$  (gpo.2)  $p < 0.623$  (gpo.3). Y para la PVA,  $p < 0.000$  (gpo. 1)  $p < 0.000$  (gpo. 2)  $p < 0.009$  (gpo. 3).

Las gráficas de la no. 1 a la 3, son parámetros bases en los puntos de criterio de inclusión para el proyecto, en donde por sí mismo son exponencialmente explicables.

Asumimos que el estudio dio resultados esperados en solo de los 2 parámetros establecidos, y que independientemente sobre el tipo de cirugía y la posición.

La inquietud de esta investigación es tener conocimiento básico en la fisiología de los cambios de decúbito dorsal a decúbito prono, y sus efectos sistémicos. Además de realizar un análisis comparativo de las otras dos posiciones en relación a la investigación.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anestesiologia clinica, Morgan, Mikhail, Ed. Manual Moderno, pag, 445-83 y 811-15.
2. Clinical Neuroanesthesia, Schubert, Ed, Buterwortha-Hein, pag, 167-87.
3. Hemodynamic changes prone position during general; Backofeen JE, Schauble JF, Anesth-Analg 1985;64:194.
4. Prone position in acute respiratory failure: a prospective study. Tubert V, Mansoor, Guleon, et al., Anesth 1984;81:A1421.
5. Improved oxygenation in patient with acute respiratory failure: the prone position. Am Rev Resp Dis, 1977;115:559.
6. Problems related to the prone position for surgical operation. Smith, Gramlin, Volpitto. Anesth 1961, 22:189.
7. Venous air embolism during lumbar laminectomy in the prone position: report of three cases. Albin Ms, Ritter, Pruett. Anesth 73:346.
8. Volumetric analysis of aeration in the lung during general anesthesia. Raber, Engberg, Sporre, Kviele et al. British Journal of Anesthesia, 1996;76: 760-766.
9. Clinical Neuroanesthesia, Cucchiara, Muchenfelder, Ed, Chirchil-Livinstonge, pages, 344-46.
10. Tratado de Medicina Interna y Terapia Intensiva, Shoemaker, Grenvik, Ayres, Halbrook. Ed, Panamericana, pages 207-329.
11. Prone position in acute respiratory distress syndrome: Turning over an old idea. Steven J. Trottier, St John's Mercy Medical Center, St Louis, MO. Crit Care Med 1988 Vol26, no 12:1934-35.
12. Effects of the prone position on gas exchange and hemodynamics in severe respiratory distress syndrome. Philippe Jolliet, Pierre Bulpa, Jean-Claude Chevrolet. Crit Care Med 1988, 26, 12:1977-85.
13. Prone position in mechanically ventilated patients with severe acute respiratory failure. Gerard Chatte, Jean-Michel Sap, Jean-Marc, et al., Am J Respir Crit Care Med; 1997;155:473-77.
14. Ventilatory responses to acute and sustained hypoxia during isoflurane anesthesia. Dick Sjögren, Sten G:E: et, al. Anesth-Analg, 1988;86:403-9.
15. The efficacy of an oscillating bed in the prevention of lower respiratory tract infection in critically ill victims of blunt trauma. Douglas WW, Rheder K, Frouke MB. Chest 1990;97:132-7.
16. The prone positioning during general anesthesia minimally effects respiratory mechanics while improving functional residual capacity and increasing oxygen tension. Anesth-Analg, Pelosi P, croci, Calappi. 1995;80:955-60.
17. Improved oxygenation and lung compliance with prone-position of neonates. Waganan MJ, Shutaack JG, Moomjaam As, et al. J pediatr, 1979;94:787-91
18. The American-European consensus conference on ARDS: definition, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. Bernard GR. Artigaas A, Brigham KL, et al., Am J Crit Care Med 1994; 149:818-24.
19. Use of extreme position changes in acute respiratory failure. Phiel MA, Brown BS. Crit Care Med 1976;4:13-4.
20. Body position changes redistribute lung-computer-tomographic density in patients with acute respiratory failure. Gattinoni L. Pelosi, Vitale, et al., Anesth 1991;74:15-23.

21. Dynamic hyperinflation: comparison of jet ventilation versus conventional ventilation in patients with severe end-stage obstructive lung disease. Myles PS, Evans AB, Maddler H, Weeks AM. *Anesth-Intensive Care*. 1997, Oct; 25(5):471-5.
22. Noninvasive mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. Abou-Shala N, Meduri U. *Crit Care Med*. 1996 Apr;24(4):705-15.
23. Anestesiología clínica, G. Edward, Jr, Maged S. Mikhail. *Manual Moderno*, 2da. Pags. 889-892.
24. The prone position surgical aspects: positioning in anesthesia y surgery.
25. Some principales of cerebral surgery. Cushing HW: 52:184, 1990.
26. Anesthetic management of surgery in the vertebral canal., Bagshaw RJ, Smith DS, Young MS, Bloom MJ. *Anesth Rev* 12:13, 1985.
27. A historical review of the principales and hazards. Anderton JM. *Br J Anaesth*, 67:452, 1991.
28. Function of the vertebral veins and their role in the spread of metastases. Batson V. *Ann Surg*. 112:138,
29. A device for positioning the prone patient. Smith RH. *Anesthesiology*, 25:87, 1964.
30. Neuroleptoanalgesia for awake pronation of surgical patients. Lee C, Blarneys A, Nagel EL. *Anesth Analg*. 56:276, 1977.
31. Hemodynamic changes with prone position during general anesthesia. Backfen JE., Schauble JF. *Anesth Analg* 64:194, 1985 (abstract).
32. The effect of the prone position on venous pressure and blood loss during lumbar laminectomy. McNulty SE, Weiss J, Azad SS, et al. *J Clin Anesth*, 4:220, 1992.
33. Pulmonary shunts in the prone position. Stone JG, Khambatta HJ. *Anesthesia*, 33:512, 1978.
34. Pulmonary hemodynamics during general anesthesia in man. Price HL, Cooperman LH, Warden JC, et al., *Anesthesiology* 30:629, 1969.
35. Respiratory function and rib cage contribution to ventilation in body positions commonly used during anesthesia. Lumb AB, Nunn JF. *Anesth Analg*, 73:422, 1991.
36. The prone positioning during general anesthesia minimally affects respiratory mechanics while improving functional residual capacity and increasing oxygen tension. Pelosi P, Croci M. Calappi E, et al. *Anesth Analg* 80:955, 1995.
37. Effect of three different surgical prone positions on lung volumen in healthy volunteers. Mahajan RP, Hennessy N, Aitkenhead AR, Jellinek D. *Anesthesia* 49:583, 1994.