

ATRACURIO EN INFUSION CONTINUA EN ANESTESIA ANALGESICA, INCLUYENDO DERIVACION CARDIOPULMONAR E HIPOTERMIA INDUCIDA

*FERNANDO MANCILLA-GONZÁLEZ
**ROBERTO LOZANO-NORIEGA
***FRANCISCO HERRERA-ANCIRA

RESUMEN

Se administró atracurio por infusión continua a 23 pacientes anestesiados, programados para cirugía cardíaca incluyendo derivación cardiopulmonar e hipotermia inducida. Después de la administración de una dosis en bolo de 0.4 mg/kg y recuperación de la función neuromuscular en un 80%, se continuó con una infusión de atracurio a velocidad promedio de 0.0058 ± 0.0003 mg/kg/min (0.34 mg/kg/hr) en el periodo prebomba, suficiente para mantener entre 90-95% de bloqueo neuromuscular con control de estímulo único cada 5 min.

Durante la derivación cardiopulmonar y el paciente en hipotermia a 26°C, se encontró que la mitad de la dosis utilizada en prebomba, fue suficiente para mantener una adecuada relajación a una velocidad promedio de 0.0037 ± 0.0003 mg/kg/min (0.20 mg/kg/hr).

Comparando los dos promedios, se obtuvo una disminución de 0.0021 mg/kg/min que al ser analizados estadísticamente mostraron $p < 0.05$. Consideramos que el atracurio en infusión brinda una adecuada relajación neuromuscular y es evidente la influencia de la hipotermia en la prolongación de acción y disminución del consumo de la droga. Por lo que puede ser considerada una ventaja para ser administrada de esta manera.

Palabras clave: Anestesia cardiovascular. Relajantes musculares: Agentes de acción intermedia.
Relajantes Musculares: Infusión. Cirugía cardiovascular: Hipotermia inducida.

SUMMARY

Atracurium was administered in continuous infusion to 23 anesthetized patients during cardiac surgery, cardiopulmonary bypass and induced hypothermia. After administration of a bolus 0.4 mg/kg and recovery 80% of neuromuscular blockade, atracurium was administered through a flowing intravenous infusion with a speed of 0.0058 ± 0.0003 mg/kg/min (0.34 mg/kg/hr) in the prebypass period and it provided 90-95% neuromuscular blockade, monitored with a single stimulus every 5 minutes.

During bypass and hypothermia 26°C, half dose of the prebypass period, was sufficient to maintain muscular relaxation with infusion rates of 0.0037 ± 0.0003 mg/kg/min (0.20 mg/kg/hr).

The comparison of mean infusion rates, showed decrease of 0.0021 mg/kg/min during hypothermia. That was statistically significant $p < 0.05$.

The results suggested that infusion of atracurium during cardiac surgery provided adequate neuromuscular blockade and it was evident the effect of hypothermia in the duration of action of atracurium.

Key words: Cardiovascular anesthesia; Neuromuscular blockade agents: atracurium.
Neuromuscular blockade agents: Infusion. Cardiac surgery: Induced hypothermia.

*Médico de Base.

**Médico Jefe de Servicio.

***Médico Residente.

Trabajo realizado en el Departamento de Anestesiología. Hospital de Cardiología "Luis Méndez" Centro Médico Nacional CMM.

Recibido: 15 de diciembre de 1987. Aceptado para publicación: 10 de enero de 1988.

Sobretiros: Fernando Mancilla González. Depto. de Anestesiología. Hospital de Cardiología "Luis Méndez" CMN. Cuauhtémoc 330, Col. Doctores. México 06725, D.F.

EL besylato de atracurium es un relajante neuromuscular no despolarizante de duración intermedia, con pocos efectos cardiovasculares.^{1, 2} Su biodegradación se debe básicamente a la hidrólisis tipo Hofmann, misma que es promovida por la combinación de las propiedades de los electrones en movimiento de los ésteres del grupo carbonyl, y de cambios en su nitrógeno.

Resultando la destrucción de su estructura bicuaternaria, que es esencial para la actividad bloqueadora neuromuscular, fragmentándose a la laudanocine y otros metabolitos, que no tienen efecto bloqueador neuromuscular y/o cardiovascular.^{3, 4}

Madden⁵ reporta un estudio a cerca de los niveles de bloqueo neuromuscular en pacientes anestesiados a los cuales se les administró atracurio en infusión, encontrando que se requiere una dosis promedio menor en relación con la dosis promedio en bolo; además el tiempo de recuperación es más breve durante la infusión que en bolo a dosis de 0.3-0.9 mg/kg.

Debido al corto tiempo de recuperación característico del atracurio, puede presentar una fluctuación en el grado de bloqueo neuromuscular durante su administración en bolos, a menos que éstos se administren a intervalos regulares y los pacientes estén cuidadosamente monitorizados con un estimulador de nervios periféricos.

Eager (1984)⁴ realizó un estudio en pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos prolongados administrando el atracurio en infusión a un ritmo promedio de 0.0006 ± 0.0003 mg/kg/minuto encontrando una recuperación espontánea del bloqueo entre 90-100% en un periodo promedio de 42.2 ± 3.1 minutos, el cual fue tan semejante al de la administración en bolo. No hubo ninguna evidencia de recurarización, lo cual sugiere que el atracurio puede ser administrado de esta manera.^{7, 8, 9} Así mismo su inactivación dependiente de la temperatura, podría ser usada durante la hipotermia inducida.^{10, 11, 12}

El propósito de este estudio fue doble: evaluar el uso de la administración en infusión de atracurio a pacientes sometidos a cirugía cardíaca y el análisis de la hipotermia inducida sobre la velocidad de infusión de atracurio requerida para mantener una relajación quirúrgica.

MATERIAL Y METODO

Para llevar a cabo el estudio se tomó una muestra de población quirúrgica donde fueron incluidos 23 pacientes con enfermedad cardíaca programados para cirugía de corazón abierto del Hospital de Cardiología "Luis Méndez" IMSS. Catorce pacientes correspondieron al sexo femenino y nueve al sexo masculino. Se les informó a los pacientes quienes dieron su consentimiento, el es-

tudio fue conducido con la autorización del Comité de Seguridad del Hospital de Cardiología CMN. Utilizando los siguientes criterios de eliminación: Historia familiar conocida de susceptibilidad a los relajantes neuromusculares, etilismo crónico, que estuvieran recibiendo kanamicina, estreptomocina, previos a la cirugía.

El promedio aritmético de edades fue 37.8 años con un rango de 15 a 66 años. El peso tuvo un promedio aritmético de 55.7 kg con un peso mínimo de 29 kg y el máximo de 73.5 kg. El tipo de cirugía aparece en el cuadro I.

CUADRO I
TIPO DE CIRUGIA A CORAZON ABIERTO

| | |
|--|---|
| - Doble lesión mitral | 4 |
| - Doble lesión mitral + doble lesión aórtica | 3 |
| - Doble lesión mitral + doble lesión tricúspidea | 2 |
| - Estenosis mitral pura | 4 |
| - Estenosis mitral + doble lesión tricúspidea | 1 |
| - Disfunción de prótesis mitral | 2 |
| - Insuficiencia aórtica | 1 |
| - Doble lesión aórtica | 3 |
| - Estenosis aórtica | 1 |
| - Comunicación interauricular | 2 |
| Total = 23 | |

Los pacientes correspondieron al riesgo anestésico-quirúrgico I al 3 de la ASA y la clasificación de la New York Heart Association (NYHA) clase I a III.

A todos los pacientes se les practicó una visita preanestésica un día antes de la cirugía para valorar su estado físico, estado cardiovascular, expediente clínico, análisis de laboratorio y gabinete y medicamentos que están recibiendo. Se les administró como medicación preanestésica la noche anterior diazepam 10 mg vía oral y 90 minutos antes del inicio de la cirugía 10 mg por vía intramuscular.

A su llegada al quirófano fue insertado un cateter intravenoso y un cateter intraarterial que preferentemente fue arteria radial bajo anestesia local, un cateter largo para medición de PVC. Todos los pacientes recibieron una narcosis basal con fentanyl (2 mcg/kg) y dehidrobenezoperidol (100 mcg/kg) en este momento tuvieron asistencia de la ventilación con oxígeno y más adelante se les indujo por vía endovenosa con diazepam (200 mcg/kg). Dehidrobenezoperidol (100 mcg/kg) y fentanyl (10 mcg/kg). Para medir la respuesta neuromuscular a los pacientes se les colocó un electrodo a nivel trayecto del nervio cubital para registrar la respuesta del músculo abductor c/5s, con un neuroestimulador de nervios periféricos modelo Cyrem; después de la inducción se llevó a cabo el primer registro de actividad neuromuscular con el neuroestimulador para saber en cada paciente el 100% de respuesta neuromuscular.

Para facilitar la intubación endotraqueal los pacientes recibieron una dosis de atracurio a razón de 0.4 mg/kg IV y la intubación se llevó a cabo con un 30% de actividad, durante la laringoscopia se realizó una evaluación de la relajación de las estructuras laringeas mediante el índice de Fahey (0-3).

Antes del bypass, la anestesia se mantuvo con óxido nitroso y O₂ al 50% y bolos de fentanyl de 5-10 mcg/kg y la ventilación se mantuvo con circuito semicerrado de reinhalación parcial tipo Bain según peso y talla: manteniendo normocarbia (PaCO₂ 28-32) y un déficit de base no mayor de -5 mmoles/lit y cuando fue necesario se corrigió con bicarbonato de sodio.

El control hemodinámico se llevó a cabo con el registro de la frecuencia cardiaca (FC), presión arterial media (PAM), presión venosa central (PVC) y electrocardiografía continua, además se registró temperatura central y periférica.

La administración de atracurio en infusión se llevó a cabo de la siguiente manera: 50 mg de atracurio diluida en 100 ml de solución salina normal, quedando en proporción del 50% (Eager, Flynn 1984).⁶ Esta infusión fue administrada en un metriset con una bomba de infusión IVAC 5.30, Ivac corp San Diego, Cal. Cuando la respuesta inicial retornó entre el 5-10% del control; la velocidad se rigió a dosis respuesta de acuerdo al estímulo monitorizado durante el mantenimiento (dosis de infusión 0.004-0.008 mg/kg/min).⁶ Esta solución se mantuvo estable a temperatura ambiente durante un periodo de 4 hr.; y se suspendió 30 minutos antes de terminar la cirugía.

Terminada la operación todos los pacientes fueron trasladados a la terapia postquirúrgica y mantenidos en IPPV, con una recuperación de respuesta neuromuscular entre el 70-80%.

Los resultados fueron analizados estadísticamente tomando promedio aritmético, desviación estandar y error estandar y cuando se requirió comparar variables hemodinámicas o durante los tiempos de bypass los resultados fueron sometidos por prueba "t" student.

RESULTADOS

Se evaluó la respuesta de las dosis de atracurio durante la inducción de 0.4 mg/kg vía IV, las condiciones para intubación endotraqueal fueron satisfactorias. De acuerdo al índice de Fahey: se obtuvieron diecinueve pacientes con 0, tres pacientes con 1, y un paciente con 3.

El tiempo de latencia para la relajación de las estructuras laringeas (cuerdas vocales) tuvo un rango de 125-230 seg con un promedio aritmético de 148.3 seg.

Desde el punto de vista hemodinámico no hubo diferencia importante en la frecuencia cardiaca, por otra parte la presión arterial media no manifestó cambios

importantes, estos eventos se aprecian en los cuadros II y III y en las figuras 1 y 2. Con estas dosis de atracurio se logró un tiempo de acción promedio de 40.9 ± 11 minutos.

Cuando la respuesta inicial retornó entre el 5-10% del control, se inició la administración de la infusión de atracurio a una velocidad que permitió 0.0058 ±

CUADRO II
ANALISIS ESTADISTICO DE LA FRECUENCIA CARDIACA (\bar{X}) EN LOS DIFERENTES PERIODOS DE LA ANESTESIA

| Periodo de la anestesia | Promedio aritmético | Desviación estándar | Error estándar | Probabilidad |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------|
| Basal | 78.53 | 19.44 | 4.06 | |
| Inductivo | 77.69 | 21.44 | 4.47 | P > .05 |
| Prebomba | 82.65 | 22.10 | 4.61 | P > .05 |
| Postbomba | 91.51 | 14.90 | 3.11 | P < .05 |
| Postanestésico | 90.32 | 13.42 | 2.80 | P < .05 |

CUADRO III
ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENSION ARTERIAL MEDIA (\bar{X}) ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS

| | Prebomba | Postbomba | Postanestésico |
|---------------------|----------|-----------|----------------|
| Promedio aritmético | 75.24 | 6.38 | 1.33 |
| Desviación estándar | 76.16 | 7.63 | 1.59 |
| Error estándar | 77.02 | 7.63 | 1.59 |
| Probabilidad | | nse | nse |
| | | nse | |

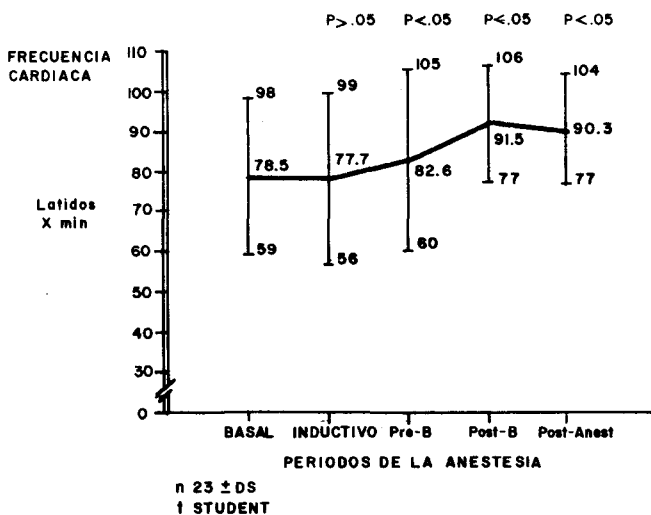


Figura 1. Analisis estadístico de la frecuencia cardiaca en los diferentes periodos de la anestesia y derivación cardiopulmonar.

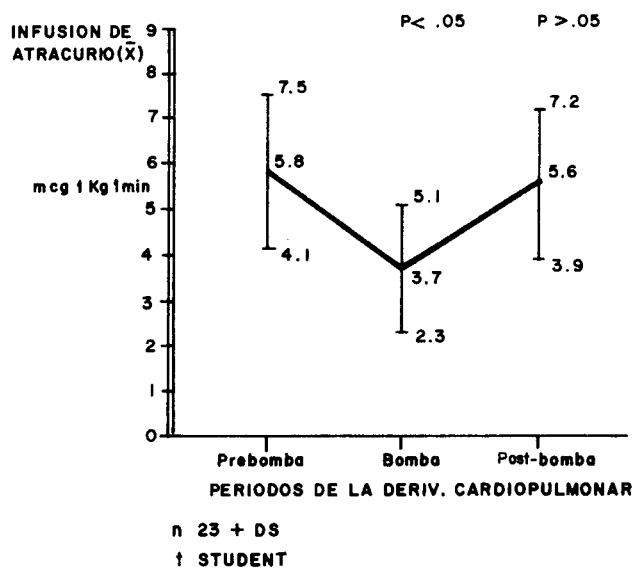
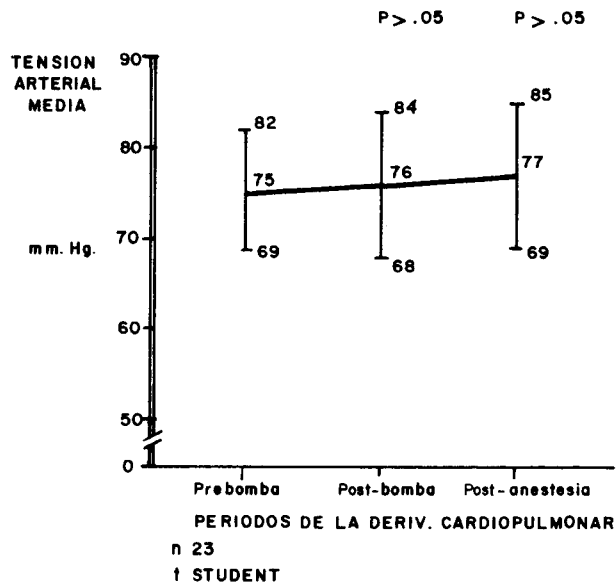


Figura 2. Análisis estadístico de la tensión arterial media en los diferentes periodos de derivación cardiopulmonar.

Figura 3. Infusión de atracurium (\bar{X}) en 23 pacientes sometidos a derivación cardiopulmonar con hipotermia inducida con respuesta simple del músculo aductor del pulgar.

0.0003 mg/kg/min con un rango de 0.0023 a 0.0098 mg/kg/min lográndose una relajación de entre 90-95% aprox. con control de estímulo único cada 5 min. además de la respuesta quirúrgica. Un paciente requirió una dosis de infusión mínima prebomba debido a un estado general caquético.

Durante los primeros minutos de la circulación extracorpórea fueron mínimos los cambios en la dosificación de infusión, conforme iba descendiendo la temperatura corporal se observó una disminución en la respuesta neuromuscular y esto llevó a una disminución en la velocidad de infusión. Estas observaciones se analizaron estadísticamente de tal manera que el promedio de infusión fue de 0.0037 ± 0.0003 mg/kg/min con un rango que osciló 0.0012 a 0.0069 mg/kg/min.; este promedio aritmético se comparó con el promedio aritmético de infusión de prebomba observándose una disminución de 0.0021 mg/kg/min que al ser analizado estadísticamente mediante prueba "t" de student se observó una $P < 0.05$ con significancia estadística, su análisis estadístico se aprecia en el cuadro IV y figura 3. Esto nos mostró que se logró un 36.29% de descenso de la dosis promedio de prebomba. En el periodo de transbomba no se evaluaron los cambios hemodinámicos, sin embargo la temperatura corporal tuvo un descenso hasta de 26°C.

Durante la fase de postbomba y en normotermia, encontramos mayor respuesta neuromuscular teniendo que aumentar la velocidad de infusión; el promedio aritmético de infusión de atracurio fue de 0.0056 ± 0.0003 mg/kg/min con un rango de 0.0017 a 0.0081 mg/kg/min. Estos valores fueron comparados mediante

CUADRO IV
INFUSION MEDIA DE ATRACURIO EN 23 PACIENTES SOMETIDOS A DERIVACION CARDIOPULMONAR CON RESPUESTA SIMPLE DEL MUSCULO ADDUCTOR DEL PULGAR

| | Prebomba | Bomba | Postbomba |
|---------------------|----------|-----------|-----------|
| Promedio aritmético | 0.0058 | 0.0037 | 0.0056 |
| Desviación estándar | 0.0017 | 0.0014 | 0.0016 |
| Error estándar | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 |
| Probabilidad | | $P < .05$ | $P < .05$ |
| | | nsc | |

CUADRO V
ANALISIS ESTADISTICO DE LA TEMPERATURA (\bar{X}) ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS

| | Prebomba | Bomba | Postbomba |
|---------------------|----------|-----------|-----------|
| Promedio aritmético | 36.08 | 28.6 | 37.05 |
| Desviación estándar | 0.4774 | 1.3687 | 0.4792 |
| Error estándar | 0.0996 | 0.2857 | 0.0100 |
| Probabilidad | | $P < .05$ | $P < .05$ |
| | | $P < .05$ | |

prueba "T" con los de la fase de prebomba, los cuales no tuvieron significancia estadística $P > 0.05$. El tiempo de recuperación de la función neuromuscular después de suspendida la infusión 30 min. antes de término (recuperación del 60-70%) mostró un promedio aritmético de 31.6 ± 1.2 min. La temperatura corporal se recuperó con promedio de 37.5°C .

Hemodinámicamente los cambios más importantes fueron los siguientes al comparar la frecuencia cardíaca basal con los periodos de prebomba y postbomba se observó un incremento de los latidos cardíacos hasta de 12.9 latidos por min., lo cual mediante prueba "t" de student manifestó una $P < 0.05$, esto es influenciado

por la administración de drogas simpaticomiméticas del tipo de la dopamina, calcio, que se llegaron a utilizar al destete de la bomba, estos cambios se aprecian en el cuadro III, fig. 1, la tensión arterial media no tuvo variaciones significativas en los diferentes periodos, su análisis estadístico se observa en el cuadro III y fig. 2.

Durante los tres periodos de la cirugía se tomaron muestras para la evaluación de los cambios en los gases arteriales y lo electrolitos sodio y potasio. Las variaciones se observan en los cuadros VI, VII y en las figs. 6, 7, 8. Al analizar el pH no encontramos significancia estadística entre los periodos prebomba y postbomba, sin embargo durante el periodo transbomba se desvió

CUADRO VI
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS GASES ARTERIALES (\bar{X})
ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS
PH

| | Prebomba | Bomba | Postbomba |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Promedio aritmético | 7.42 | 7.54 | 7.40 |
| Desviación estándar | 0.0545 | 0.0768 | 0.0436 |
| Error estándar | ± 0.0113 | ± 0.0160 | ± 0.0091 |
| Probabilidad | P < .05 | | P < .05 |
| | nse | | |

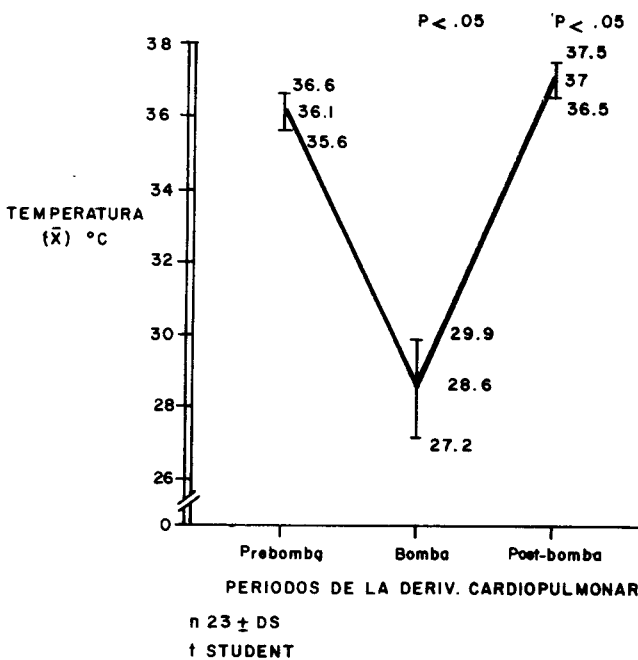


Figura 4. Análisis estadístico de la temperatura (\bar{X}) en los diferentes periodos de derivación cardiopulmonar.

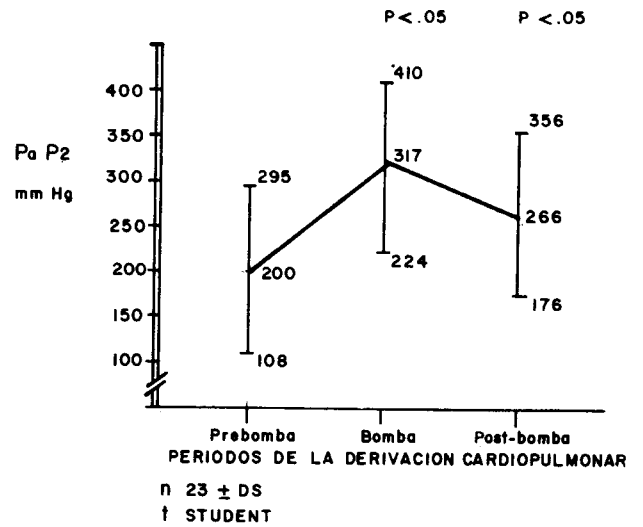


Figura 5. Análisis estadístico de los gases arteriales en los diferentes periodos de derivación cardiopulmonar.

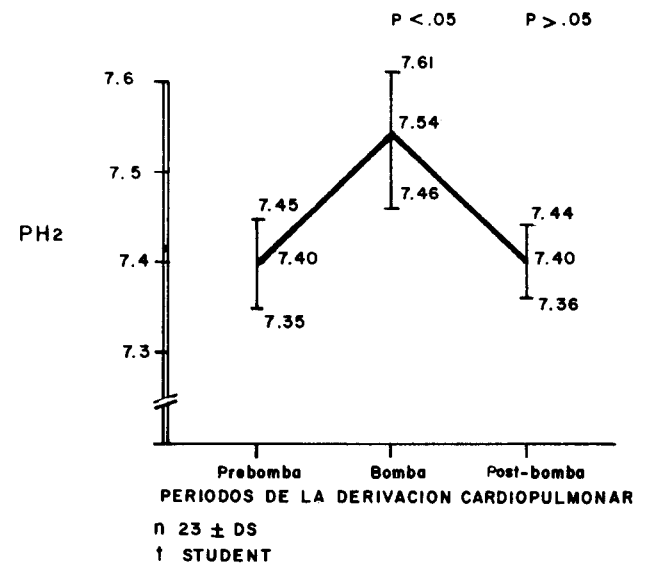


Figura 6. Análisis estadístico de los gases arteriales (\bar{X}) en los diferentes periodos de derivación cardiopulmonar.

hacia la alcalosis hasta 7.54 ± 0.077 con significancia estadística. De la misma forma la PaCO₂ tuvo un detrimento en el periodo transbomba hasta de 10 mmHg también con significancia estadística, estas alteraciones metabólicas están influidas por la hipotermia y el manejo del CO₂ de la bomba. Mientras que el exceso de base es el único dato interesante que manejar durante el periodo postbomba mostrando un incremento total de -3.53 ± 0.40 que tuvo significancia estadística con el valor de prebomba. Las variaciones de los electrolitos no tuvieron significancia estadística y fueron debidas al manejo de la bomba según se observa en el cuadro IX.

DISCUSION

El paciente cardiópata cursa con una serie de alteraciones en sus funciones cardiovasculares, respiratorias y renales principalmente, y al someterse a un procedimiento anestésico-quirúrgico el riesgo se incrementa por el efecto de la cirugía y de los agentes anestésicos, así como de su respuesta particular. En las últimas décadas se han logrado grandes avances al perfeccionar las técnicas quirúrgicas, la circulación extracorpórea, la apli-

cación de la hipotermia y de nuevas drogas que protegen y disminuyen los efectos adversos depresores hemodinámicos.

Con el descenso de la temperatura, se ha logrado disminuir el daño celular, manteniendo a la célula en un estado hipometabólico durante el periodo de isquemia varias horas, abatiendo el índice de mortalidad durante el transanestésico por aparición de infartos al miocardio.¹²

La circulación extracorpórea además de actuar como bomba mecánica, tiene otra finalidad, llevar al organismo a la hipotermia, conjuntamente a un estado

CUADRO VII
ANALISIS ESTADISTICO DE LOS GASES ARTERIALES (\bar{X})
ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS
PaCO₂

| | Prebomba | Bomba | Postbomba |
|---------------------|----------|--------|-----------|
| Promedio aritmético | 32.53 | 22.28 | 32.24 |
| Desviación estándar | 5.1987 | 4.4879 | 5.2184 |
| Error estándar | 1.0853 | 0.9369 | 1.0894 |
| Probabilidad | P < .05 | | P < .05 |
| | nse | | |

CUADRO VIII
ANALISIS ESTADISTICO DE LOS GASES ARTERIALES ANTES,
DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS
EB/DB

| | Prebomba | Bomba | Postbomba |
|---------------------|----------|--------|-----------|
| Promedio aritmético | -2.3 | -1.3 | -3.53 |
| Desviación estándar | 2.6483 | 2.7240 | 1.8852 |
| Error estándar | 0.5528 | 0.5686 | 0.3935 |
| Probabilidad | nse | | P < .05 |
| | P < .05 | | |

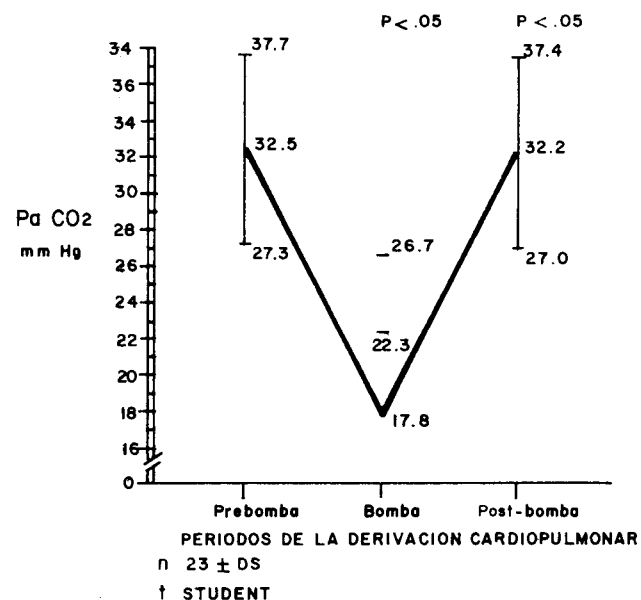


Figura 7. Análisis estadístico de los gases arteriales (\bar{X}) en los diferentes periodos de derivación cardiopulmonar.

CUADRO IX
ANALISIS ESTADISTICO DE LOS ELECTROLITOS SERICOS (\bar{X})
SODIO Y POTASIO ANTES, DURANTE Y DESPUES DEL BY PASS

| | Na + K + Prebomba | Na + K + Bomba | Na + K + Postbomba |
|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Promedio aritmético | 131.3 3.7 | 137.5 4.2 | 139.6 3.6 |
| Desviación estándar | 3.166 0.536 | 2.065 0.679 | 3.146 0.449 |
| Error estándar | 0.818 0.114 | 0.487 0.152 | 0.657 0.103 |
| Probabilidad | P < .05 | | P < .05 |
| | P < .05 | | |
| | P < .05 | P < .05 | |
| | nse | | |

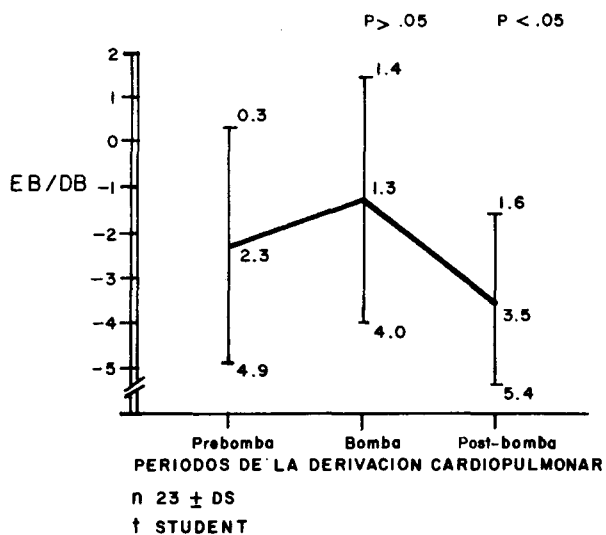


Figura 8. Análisis estadístico de los gases arteriales (\bar{X}) antes durante y después del by-pass.

de cardioplegia mediante la administración de sangre y/o soluciones frías.¹⁵

Por lo que respecta a agentes anestésicos, se han ido abandonando la administración de drogas que deprimen el sistema cardiovascular involucrando al miocardio, centros vasomotores, baroreceptores y el sistema neurovegetativo. En la actualidad, el uso de morfínicos han ofrecido grandes ventajas en la anestesia del paciente cardíaca,¹⁴ hay mejor estabilidad con mínimas fluctuaciones en la dinámica cardiovascular, por otra parte disminuye los requerimientos de otras drogas, y mantener analgesia postanestésica durante la recuperación inmediata.¹⁵

Otras sustancias utilizadas en estos pacientes que han evolucionado son los relajantes neuromusculares. Ya Shanks y Scott^{16, 17} mencionaban las alteraciones que producía la d-tubocurarina por su farmacocinética con altos efectos histaminógenos y depresores cardiovasculares, además, la prolongación de su efecto por la hipotermia; ésto es debido a una disminución del aclaramiento renal y hepático a la droga (Ham y col. 1987).¹⁸ Los relajantes neuromusculares no despolarizantes del grupo de los esteroides fueron utilizados ampliamente durante los últimos años, sin embargo, aumentan el tono simpático y provocan la liberación de catecolaminas, este efecto se ha logrado antagonizar con la administra-

ción de altas dosis de narcóticos, de este modo el bromuro de pancuronio se ha mantenido como un miorelajante en el paciente cardíaca.^{19, 20, 21}

Con la aparición de nuevos relajantes neuromusculares de acción intermedia (bromuro de vecuronio, besilato de atracurio)²² con mínima repercusión hemodinámica, metabolismo extrahepático y renal: en la actualidad se han incorporado a pacientes sometidos a cirugía cardiovascular. El besilato de atracurio ha sido administrado inicialmente en bolos por diferentes autores demostrando que con dosis de 0.4-0.6 mg/kg de peso corporal^{23, 24} se logra un estado de relajación satisfactorio para intubación endotraqueal.

En un estudio previo demostramos que con una dosis de 0.5 mg/kg logramos los mismos efectos que los autores antes mencionados. Mientras que para el mantenimiento de la anestesia es suficiente 0.3 mg/kg cada 30 a 35 min. Con ésto Eager, Flynn y Hughes en 1984⁶ emplean el atracurio en infusión en pacientes para cirugía prolongada, más tarde ellos demuestran en pacientes operados de corazón abierto^{25, 26} que la dosis de infusión prebomba era similar al grupo previo, nosotros obtuvimos una dosis de infusión media de 0.0058 mg/kg-min., que al ser comparado con las dosis de ellos 0.0068 mg/kg-min. ambas dosis no tienen significancia estadística. Encontramos resultados semejantes durante el tiempo de bomba con hipotermia inducida con una reducción de la dosis hasta de 36.29%, mientras que Flynn y cols. lograron un 45.55%; esta reducción tuvo amplia significancia estadística. El efecto de la hipotermia sobre la prolongación de la acción también lo describen Park y MacNamara en 1979.¹⁹

El hecho de que los efectos hemodinámicos se incrementaran durante los diferentes tiempos de circulación extracorpórea son debidos a la administración de fármacos tanto inotrópicos como vasodilatadores para la prevención del síndrome de bajo gasto cardíaco como lo han demostrado varios autores.^{27, 28, 29}

Finalmente queda demostrado que en el periodo de postbomba se vuelven a normalizar los valores de infusión como los registrados en prebomba ya con un paciente prácticamente normotérmico; ante esta evidencia se demuestra la influencia de la hipotermia en la prolongación de la acción del atracurio y disminución del consumo de la droga. Por lo tanto consideramos que el atracurio en infusión para cirugía de corazón brinda una adecuada relajación neuromuscular y estabilidad hemodinámica.

REFERENCIAS

1. BASTA S, ALI H, SAVARESE J. *Clinical pharmacology of atracurium besylate (BW33A): a new nondespoliarizant muscle relaxant.* Anesth Analg 1982; 61:723-729.
2. LOZANO R, MORENO M A, MANCILLA F. *Efectos hemodinámicos de la inyección en bolo de atracurio en pacientes con enfermedad cardíaca.* Rev Mex Anest 1987; 10:21-27.

3. STELAKE R, WAIGH J, URWIN. *Atracurium: Conception and Inception*. Br J Anaesth 1983; 55/supp: 3-10.
4. CHAPPLE J, CLARK J. *Pharmacological action of breakdown products of atracurium and related substances*. Br J Anaesth 1983; 55/supp: 11-15s.
5. MADDEN A, HUGHES R, PAYNE J. *Recovery from neuromuscular blockade after infusion of atracurium*. Br J Anaesth 1982; 54: 226-230.
6. EAGER B, FLYNN P, HUGHES R. *Infusion of atracurium for long surgical procedures*. Br J Anaesth 1984; 56:447-451.
7. PAYNE J, HUGHES R. *Evaluation of atracurium in anesthetized man*. Br J Anaesth 1981; 53:45-51.
8. EBERT D, PROCTOR J. *Dynamics of atracurium infusion*. Anesthesiology 1984; 61 (3A): A 292.
9. GARGARIAN M, BASTA S, SAVARESE J. *The efficacy of atracurium by continuous infusion*. Anesthesiology 1984; 61 (3A): A 291.
10. MERRETT R, THOMPSON C, WEBB F. *In vitro degradation of atracurium in human plasma*. Br J Anaesth 1983; 55:61.
11. MERRET T, THOMPSON. *Temperature change and neuromuscular blockade by d-tubocurarine or pancuronium in man*. Anesthesiology 1979; 50:161.
12. FELDMAN S. *Hypothermia and neuromuscular blockade*. Anesthesiology 1979; 51:369-375.
13. FOLLOH D, MULDER D. *Advantages of blood cardioplegia, over continuous coronary perfusion or intermittent ischemia*. J Thorac Cardiovasc Surg 1978; 76:604-619.
14. BAILEY P, WILBRINK, ZWANIKEN P. *Anesthetic induction with fentanyl*. Anesth Analg 1985; 64:48-53.
15. LUNA P. *Avances en anestesia cardiovascular*. Rev Mex Anest 1986; 9:1-2.
16. SHANKS C, WALKER J. *Cardiopulmonary by pass alters d-tubocurarine pharmacokinetic*. Anesthesiology 1982; 57: A 279.
17. SCOTT R, SAVARESE J, ALI H. *Atracurium: clinical strategies for preventing histamine release and attenuating the hemodynamic response*. Anesthesiology 1984; 61: A 287.
18. HAM J, MILLER R, BENET L. *Pharmacokinetics and pharmacodynamics of d-tubocurarine during hypothermia in the cat*. Anesthesiology 1978; 49:324-330.
19. PARK W, MACNAMARA T. *Temperature changes and neuromuscular blockade by d-tubocurarine or pancuronium in man*. Anesthesiology 1979; 50:161-166.
20. GRAMSTAD L, LILIERASEN, MINSAAAS B. *Comparative study of atracurium, vecuronium (ORNC 45) and pancuronium*. Br J Anaesth 1983; 55:955-965.
21. ROMERO E, HURTADO R, LUNA P. *Cambios hemodinámicos durante la anestesia analgésica en cirugía cardíaca*. Rev Mex Anest 1986; 9:81-86.
22. HUNTER J, JONES R, UTTING J. *Comparison of vecuronium, atracurium and tubocurarine in normal patients and in patients with no renal function*. Br J Anaesth 1984; 56:941-951.
23. RUPP S, FAHEY M, MILLER R. *Neuromuscular and cardiovascular effects of atracurium during, nitrous oxide-fentanyl and nitrous oxide-isoflurane anaesthesia*. Br J Anaesth 1983; 55:675-705.
24. MADDEN A, HUGHES R, PAYNE J. *Recovery from neuromuscular blockade after infusion of atracurium*. Br J Anaesth 1982; 54:226-230.
25. FLYNN P, HUGHES R, WALTON R. *Use of atracurium infusion for general surgical procedures including cardiac surgery with induced hypothermia*. Br J Anaesth 1983; 55:135-138.
26. FLYNN P, HUGHES R, WALTON B. *Use of atracurium in cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass with hypothermia*. Br J Anaesth 1984; 56:967-972.
27. MOLINA M, LUNA P, BLANCO M, HURTADO R. *Uso de inotrópicos y vasodilatadores en el síndrome de bajo gasto cardíaco postcirculación extracorpórea*. Rev Mex Anest 1986; 9:23-27.
28. ALARCON R, LUNA P, PARATZ M. *Hemodinámica del paciente coronario con betabloqueadores durante la anestesia para revascularización*. Rev Mex Anest 1984; 7:13-19.
29. MILLER R, NAJAM A, JUYE A. *Combined dopamine and nitroprusside therapy in congestive heart failure*. Circulation 1977; 55:881-884.