



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA

**“EXTUBACIÓN PRECOZ EN UN PROGRAMA PEDIATRICO DE CIRUGIA
CARDÍACA SITUADO A GRAN ALTURA”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

ESPECIALISTA EN

CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA:

DR. EDGAR OMAR HERNÁNDEZ BELTRÁN

TUTOR: MOISÉS MIER MARTÍNEZ



CIUDAD DE MEXICO.

2021



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.

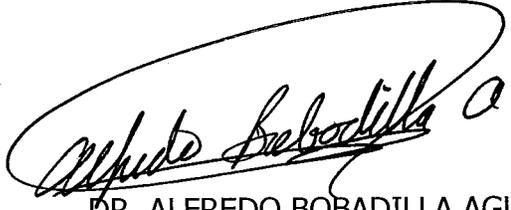
**EXTUBACIÓN PRECOZ EN UN PROGRAMA PEDIATRICO DE CIRUGIA
CARDÍACA SITUADO A GRAN ALTURA**



DR. JOSÉ N. REYNES MANZUR
DIRECTOR DE ENSEÑANZA



DR. MANUEL ENRIQUE FLORES LANDERO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO



DR. ALFREDO BOBADILLA AGUIRRE
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA



DR. MOISÉS MIER MARTÍNEZ
TUTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE

Por haberme dado el ser, amor y confianza.
Por haber estado siempre a pesar de las adversidades,
Porque se lo que soportaste y los momentos difíciles que viviste,
Pero no por ello me retiraste tu apoyo y cariño, cuando más los necesite. TE AMO MAMA.

A MI PADRE

Que siempre estuvo conmigo.
Que a pesar de que no comprendí en su momento,
Siempre me dedico tiempo y me enseñó el camino.
¡¡¡Incluso sin darme cuenta de ello, Te extraño abuelo!!!
Un abrazo hasta el cielo.

AL DR. ORLANDO TAMARIZ CRUZ

Por su apoyo incondicional y por los conocimientos transmitidos
Por su confianza, apoyo profesional y dedicación.
Por ser un MAESTRO, en toda la extensión de la palabra y ser un gran ejemplo por seguir.

AL DR MOISES MIER

Por el apoyo y enseñanzas impartidas durante el trayecto de la subespecialidad.

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir.
Por ayudarme a ser instrumento de salud para mis pacientes.
Gracias por siempre caminar junto a mí y guiar mis pasos.

AL INP

Por tener la oportunidad de pertenecer a tan maravillosa institución.
Por ayudarme a superarme día a día.
Siempre tratare de dejar su nombre en alto.

A MATEO

Que en este momento eres la luz de mi vida,
Gracias por darme la dicha de ser tu padre.
Te amo hijo gracias por enseñarme a luchar.

A MARIA FERNANDA

Por su cariño, y aunque no lo sepa, por ella lucho día a día.

Y FINALMENTE A TI REGINA

Que hiciste que fuera una mejor persona.
Que le diste un giro a mi vida.
Por tu apoyo y amor incondicional.
Porque sé que cambiaste el rumbo de tu vida por estar a mi lado.
TE AMO REGINA, ESPERO PODER ESTAR A TU LADO TODA LA VIDA.

A todas las personas que de una u otra manera apoyaron a que cumpliera todas mis metas.

Gracias

ÍNDICE

	Página
1. Resumen_____	5
2. Introducción _____	6
3. Planteamiento del problema_____	9
4. Justificación_____	10
5. Material y Métodos_____	11
6. Análisis estadístico_____	12
7. Resultados_____	13
8. Comentario_____	15
9. Discusión _____	18
10. Conclusiones_____	21
11. Bibliografía_____	22
12. Anexos_____	28

RESUMEN

Antecedentes: La extubación precoz se realiza en el quirófano o en la unidad de cuidados intensivos cardiovasculares durante las primeras 24 horas postoperatorias; sin embargo, la altitud podría afectar al proceso. El objetivo de este estudio es la evaluación de la viabilidad de la extubación precoz en pacientes sometidos a cirugía cardíaca congénita en un centro situado a 2.691 m de altitud.

Material y métodos: Los pacientes sometidos a cirugía cardíaca congénita, desde agosto de 2012 hasta diciembre de 2018, fueron considerados para la extubación temprana. Se registraron las siguientes variables: peso, lactato sérico, presencia o no de síndrome de Down, oxigenación óptima y estado ácido-base según la condición fisiológica individual (biventricular o univentricular), edad, tiempo de bypass y función ventricular. Se utilizó un manejo anestésico estandarizado con dexmedetomidina-fentanilo-rocuronio y sevoflurano. Si se consideraba la posibilidad de extubación en el quirófano, se inyectaron 0,08mL/kg de ropivacaína al 0,5% en los espacios intercostales paraesternal bilateralmente antes de cerrar el esternón.

Resultados: Se operaron 478 pacientes y el 81% fueron extubados precozmente. La media de SaO₂ pre y postoperatoria fue del 92% y el 98%; la SaO₂ postoperatoria de los pacientes sometidos a procedimientos de Glenn y Fontan fue del 82% y el 91%, respectivamente. El 73% de los pacientes sometidos a un procedimiento de Glenn, el 89% de los sometidos a un procedimiento de Fontan (todos no fenestrados) y el 85% con síndrome de Down fueron extubados en el quirófano. La tasa de reintubación en los pacientes extubados precozmente fue del 3,6%.

Conclusiones: La extubación temprana es factible, con bajas tasas de reintubación, a 2.691 m de altitud, incluso en pacientes con fisiología de ventrículo único.

INTRODUCCION

Los primeros reportes exitosos sobre el manejo posoperatorio en pacientes sometidos a cirugía cardíaca se establecieron con los beneficios de la ventilación mecánica con presión positiva intermitente posterior a la cirugía. Así Lefamine y Harken en 1966 y Damman en 1967 mostraron que con la ventilación con presión positiva se disminuía la frecuencia de hipoxia, acidosis, hipercapnia, hipotensión y atelectasias.¹ Sin embargo en 1969 Peters demostró un incremento considerable en el trabajo respiratorio llevando a sugerir que la traquea podía ser extubada en las primeras horas del posoperatorio.

En 1977 Prakash reportó buenos resultados en 123 pacientes que fueron extubados en forma temprana después de cirugía cardíaca (80% de éxito en pacientes con defectos septales ventriculares, 100% en defectos septales auriculares, 63% en canal A-V incompleto, 50% en tetralogía de Fallot), las complicaciones asociadas en este estudio fueron la formación de tapones mucosos, atelectasias, trauma laríngeo, infecciones, falla renal, coagulopatía y/o sepsis.²

En 1974 y 1979 Mannersh y Schulier reportaron una disminución en la mortalidad de 26% y 53% respectivamente en pacientes operados con defectos ventriculares septales o tetralogía de Fallot que fueron extubados 4 horas después de la cirugía y reducción de 65% en aquellos cuya extubación se realizó 12 horas después de la cirugía, con una reducción global del 15% en cuanto a la duración de la necesidad de mecánica ventilatoria. Se encontraron adicionalmente 4 pacientes que se reintubaron por dificultad respiratoria y una paciente con edema cerebral a las 2 horas de extubados.²⁻⁴

En 1975 y 1976 Peter L y Kiimberg estudiaron a 72 pacientes que se extubaron tempranamente en las 5 primeras horas postoperatorias a la admisión a la unidad de cuidados intensivos con éxito y una disminución en los días de estancia en UCI menor a 4 días, complicaciones encontradas hemotórax, dolor torácico, tos, sangrado postoperatorio, efectos residuales de los anestésicos en un 62.5%.⁵

En 1978 y 1979 Schulier y Sebel sugirieron que la extubación temprana contribuye positivamente en los cuidados del paciente y reduce las complicaciones causadas por incremento de la presión venosa.¹ Paul Barash en 1979 reportó a 142 pacientes con extubación temprana encontrando de estos 8 pacientes con problemas respiratorios, 10 con mecánica ventilatoria prolongada y 5 se volvieron a intubar.⁶

En 1980 Lichtenthal reportó 100 pacientes posoperados de cirugía cardíaca, 40 de los cuales se pudieron extubar a los 90 minutos después de la cirugía, mientras que el resto requirieron ventilación mecánica por un tiempo promedio de 7.6 horas. Las complicaciones encontradas fueron estridor, bronquitis, neumonías y derrame pleural en el 6% de los pacientes contra un 14% en los que fueron extubados tardíamente.⁷ Reportes históricos por London MJ en 1980 refuerzan el concepto de la extubación temprana en pacientes posoperados de cirugía cardíaca, facilitado por el uso de dosis bajas de anestésicos.⁸

En 1983, Quasha y colaboradores realizaron un estudio de extubación temprana (Primeras 8 horas postoperatorias), en 38 pacientes postoperados de bypass coronario. En forma aleatoria asignaron 18 pacientes a extubación temprana y 20 pacientes a extubación tardía, teniendo como criterios para extubación: a) Respuesta adecuada a los estímulos, b) Fuerza inspiratoria máxima mayor de 20 cm H₂O, c) Capacidad vital mayor de 8ml/kg y d) Diferencia en la tensión oxígeno. Alveolo-arterial menor 400 con FiO₂ 1.0. En el grupo de extubación

tardía, 3 pacientes desarrollaron infarto al miocardio, 6 arritmias severas, 2 colapso pulmonar lobar, uno hemiplejia y un caso de tamponade cardíaco necesitó reoperación. En el grupo de extubación temprana, 4 pacientes desarrollaron arritmias severas y 1 se reintubo por presentar un ph menor 7.27, encontrándose una morbilidad de 65% en grupo de extubación tardía contra 22% en el grupo de extubación temprana.⁷

En 1985 Gene y colaboradores realizaron un estudio en 220 niños postoperados de cirugía cardíaca, lográndose un éxito de extubación a las 6 horas posteriores a la cirugía en el 67%, observándose una disminución global de la incidencia de complicaciones tales como atelectasias, trauma laríngeo y traqueal, infecciones, neumotórax, inestabilidad cardiovascular, falla cardíaca congestiva, hipertensión, choque hemorrágico, arritmias y muerte en un 77%.²

Krohn en 1986 estudió a 240 pacientes del Departamento de Veteranos extubados 2-3 horas postoperatorias observó una disminución en la estancia en la unidad de cuidados intensivos menos de 4 días, más rápida movilización, restricción de líquidos y esteroides, mortalidad del 2% y readmisión a los 6 meses del 2.5%.⁸ En 1990 Krohn presenta datos de 240 pacientes postoperados en el Departamento de veteranos extubados a las 2-3 horas, demostrando menor morbimortalidad e incidencia de neumonías hospitalarias.⁶⁻⁸

En 1993 Kit, demostró en un grupo de 645 pacientes que la extubación temprana disminuye la estancia posoperatoria en la unidad de cuidados intensivos, así como la utilización de recursos en promedio de 6,000 dólares anuales.^{9,10} En 1998 Chon, Molina y Luna en el Instituto Nacional de Cardiología, revisaron 30 pacientes extubados durante las primeras 5 horas postoperatorias encontrando solo 8 días de estancia intrahospitalaria, disminuyendo costos y recursos y algunos factores fisiológicos.¹¹

La cirugía cardíaca pediátrica tiene ciertas peculiaridades, y es necesaria una cuidadosa planificación en el periodo perioperatorio para que sea segura y eficiente. Desde 1995, Turley et al¹² propusieron "rutas críticas" para reducir la morbilidad y la mortalidad en los programas de cirugía cardíaca pediátrica de todo el mundo; una de ellas fue la institución de protocolos de extubación temprana (ET).

Como ya lo vimos anteriormente, varias publicaciones han informado de su viabilidad, con beneficios como la reducción de las infecciones pulmonares postoperatorias y de la duración de la estancia en el hospital y en la unidad de cuidados intensivos.¹³⁻¹⁵ En 2019, Rooney et al analizaron la relación entre las tasas de fracaso de la extubación (FE) y la duración de la ventilación mecánica postoperatoria y descubrieron que estas dos métricas no están relacionadas de forma inversa como algunos han realizado la hipótesis.¹⁶

En otro estudio reciente, Murin et al concluyeron que "la duración de la ventilación mecánica constituye, junto con la duración de estancia en la unidad de cuidados intensivos, el mejor sustituto de la morbilidad tras la cirugía cardíaca congénita pediátrica y que, por lo tanto, debe fomentarse la estrategia de extubación precoz (definida como la realizada antes de las 24 horas postoperatorias en su comunicación) para mejorar la calidad".¹⁷

Ambas observaciones no han sido analizadas con pacientes sometidos a cirugía en altura. La gran altitud, denominada arbitrariamente y con frecuencia como elevaciones superiores a los 2.000m sobre el nivel del mar, se ha considerado convencionalmente un obstáculo para la ET en los programas de cirugía cardíaca congénita (CC) en lugares por encima de los 2.000m debido a su menor PO₂ y a la posible alta resistencia vascular pulmonar (RVP)

asociada, pero no hay suficientes datos que respalden esta suposición.^{18,19} El objetivo de este trabajo es analizar la experiencia con un protocolo de ET para pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca de congénitos en un centro situado a 2.691m sobre el nivel del mar.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A principios de la década de los 80s varios investigadores se dieron a la tarea de estudiar la posibilidad de extubar de forma temprana a aquellos niños sometidos a cirugía cardiaca abierta.^{20,21,23} Desde entonces, se han realizado diversos estudios que permitieron establecer que este es un procedimiento seguro y fácil de realizar, incluso en pacientes pequeños, muy enfermos y con defectos anatómicos complejos.²⁴⁻³¹

La extubación temprana podría definirse como aquella que se lleva a cabo entre la primera y la sexta hora del postoperatorio³² y ofrece como principales ventajas una mayor satisfacción del paciente y la familia y una significativa reducción de costos, como consecuencia de una menor duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos y de la estancia hospitalaria postoperatoria total.^{28,33} La menor dependencia de la ventilación mecánica reduce la incidencia de complicaciones, sobre todo pulmonares.^{21,34-36} Con todos estos beneficios, la extubación temprana se ha convertido en un procedimiento cada vez más estudiado y practicado en todo el mundo. La extubación en salas de cirugía es un paso más allá en esta corriente de cirugía cardiaca fast-track, que se ha logrado realizar tanto en adultos como en niños tras cirugía cardiaca abierta, sin mayores incrementos en la morbilidad y la mortalidad.^{25,31,37,40,41}

Las ventajas de la extubación en salas de cirugía sobre la extubación en la unidad de cuidado intensivo no se han establecido aún en la población pediátrica sometida a cirugía cardiaca.²⁵ Por medio de series de casos, se ha observado que la duración de la estancia en la unidad de cuidado intensivo y los costos generales pueden reducirse en aproximadamente un 50 y un 30%, respectivamente, en aquellos niños extubados de forma temprana. Aún son necesarios estudios prospectivos que permitan confirmar estos hallazgos y brinden un mayor nivel de evidencia⁴² En México, la práctica de la extubación en el quirófano, tras cirugía cardiaca pediátrica no es habitual, a pesar de las altas tasas de éxito alcanzadas en los distintos estudios sobre el tema.^{24,25,29,43} Con este trabajo se pretende determinar de forma prospectiva si, en nuestro medio, la ET ofrece algún beneficio adicional a estos niños. Por un lado, esto llenaría un vacío de conocimiento en la investigación sobre ET en niños en nuestro país y, por otro lado, se le brindaría a la comunidad científica un mayor nivel de evidencia sobre la pertinencia y efectividad de implementar de forma rutinaria la extubación en salas en el contexto de la cirugía cardiaca pediátrica.

JUSTIFICACION.

Si se logra establecer que la extubación en quirófano, de los niños sometidos a CC abierta ofrece la ventaja de menores tiempos de estancia en la UCICVP y menores tiempos de estancia hospitalaria, se podría implementar de forma rutinaria esta conducta en las sala de cirugía cardiovascular de nuestra institución, con el fin de brindarle al paciente una serie de importantes beneficios: mayor satisfacción de la familia, reducción en los costos de hospitalización y en la incidencia de complicaciones pulmonares como resultado de una menor dependencia de la ventilación mecánica y un menor tiempo de exposición a microorganismos patógenos.

Existen estudios que demuestran una reducción de costos de alrededor del 30% cuando se implementa la extubación temprana en el contexto de la cirugía cardiaca pediátrica.²⁸

La duración de la estancia en la UCICVP y la duración de la estancia hospitalaria postoperatoria total han sido utilizadas por múltiples investigadores como una herramienta para medir la eficacia y eficiencia de la extubación temprana tras cirugía cardiaca pediátrica por su fácil cuantificación.^{28,37-39} Los trabajos de investigación que han estudiado la anestesia fast-track en cirugía cardiaca pediátrica, se han centrado en la extubación temprana y han permitido establecer, por medio de análisis retrospectivos, que esta conducta permite reducir costos. Se ha señalado ahora la extubación en salas de cirugía como una técnica igualmente fácil de realizar, que implicaría beneficios adicionales en los aspectos ya mencionados.^{25,26} Sin embargo, no existe en la literatura médica, un estudio prospectivo que sustente esto.^{25,42}

La finalidad es informar a la literatura médica, la experiencia de nuestro equipo y afirmar que este es un estudio fácil de realizar desde los puntos de vista metodológico, ético y económico, que aportará información valiosa sobre el manejo de la vía aérea en la población pediátrica sometida a cirugía cardiaca abierta.

La revisión bibliográfica para soportar nuestro estudio se realizó mediante la identificación de los estudios pertinentes publicados en revistas indexadas. La búsqueda realizada en la base de datos de Pubmed permitió identificar 34 trabajos, los cuales se registran al final del trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Con el permiso del consejo de revisión institucional del Centro Médico ABC, se incluyeron en el estudio todos los pacientes que fueron sometidos a una intervención quirúrgica por cardiopatía congénita en el campus Santa Fe, ubicado a 2,691 m sobre el nivel del mar, de agosto de 2012 a diciembre de 2018. Todos los casos sometidos a cirugía con bomba de circulación extracorpórea (BCE) se realizaron con una bomba de rodillo (Terumo Advanced Perfusion System 1, Terumo Cardiovascular Systems Corporation) con técnica de alto flujo/baja resistencia. La profundidad de la hipotermia varió en función del procedimiento, oscilando entre 18°C y 34°C, con niveles de hematocrito que oscilaban entre el 32% y el 36% y, en el caso de los neonatos, lo más cercano posible al 40%. En todos los casos se utilizó ultrafiltración continua y monitorización de la oxigenación cerebral con espectroscopia bilateral de infrarrojo cercano (Medtronic). Desde el inicio de nuestro programa (2012), se diseñó un manejo anestésico estándar. Este consistía, en los casos en los que se utilizaba BCE, midazolam (0,1-0,2mg/kg), fentanilo (5mg/kg) y rocuronio (1mg/kg) para la inducción, y sevoflurano, con una infusión continua de dexmedetomidina (0,5mg/kg/h) y fentanilo (5-7mg/kg/h) para el mantenimiento, hasta el recalentamiento, con destete progresivo a partir de entonces. En los casos sin BCE, se utilizaron bolos de sevoflurano y fentanilo con una infusión continua de dexmedetomidina a la velocidad descrita durante todo el procedimiento. La reversión del bloqueo neuromuscular (sugammadex) se utilizó a discreción del anesthesiólogo. Si se consideraba la ET, al final de la cirugía y antes de cerrar el esternón, se inyectaban 0,08mL/kg de ropivacaína al 0,5% bilateralmente en los espacios intercostales paraesternal segundo a sexto. En el período postoperatorio, se continuó con una infusión de dexmedetomidina a una tasa de 0,5 a 0,9 mg/kg/h, y con una infusión de fentanilo a una tasa de 1 a 1,5 mg/kg/h, con reducciones progresivas realizadas en la unidad de cuidados intensivos cardiovasculares (UCICV).

Considerando el momento de la extubación, se establecieron las siguientes definiciones: Extubación en el quirófano (EOR): Realizada en la sala de operaciones (OR) antes de trasladar al paciente a la UCICV. Extubación temprana: Realizada en el quirófano o en la UCICV antes de las primeras 24 horas postoperatorias. Extubación tardía (ETa): Realizada después de las primeras 24 horas postoperatorias. Reintubación (RI) o FE: Nueva intubación requerida en cualquier momento después de la extubación.

Los criterios contemplados para lograr la ET fueron:

1. Peso >10 kg.
2. Lactato <3 mmol/L.
3. Sin síndrome de Down (SD).
4. Oxigenación óptima y estado ácido-base. Se determinaron según el estado fisiológico individual (biventricular o univentricular), mediante gasometría y pulsioximetría. Los valores de SaO₂ preoperatorios y postoperatorios, mediante pulsioximetría, fueron los medidos a la llegada al quirófano y a la UCICV, respectivamente.
5. Sin disfunción ventricular significativa (evaluada por ecocardiografía transesofágica).

6. Edad >30 días.

7. Tiempo de derivación <90 minutos. En los pacientes con siete criterios, se realizó la EOR. Cuando se daban seis criterios, la EOR se realizaba si se llegaba a un acuerdo entre el cirujano y el anestesiólogo para proceder a ella; en caso contrario, los pacientes eran trasladados a la UCICV y se intentaba la extubación en un plazo de 24 horas; todos los demás pacientes eran trasladados a la UCICV intubados, y la extubación se realizaba tan pronto como las condiciones del paciente lo permitían. Los criterios de ET se basaron en los datos comunicados en estudios de ET anteriores y en metaanálisis.⁴⁴⁻⁴⁶

ANALISIS ESTADISTICO

Este estudio retrospectivo se ha realizado a partir de nuestra base de datos recogida desde 2012 en formato Excel (Microsoft Office 2016) como parte del programa IQIC (International Quality Improvement Collaborative).⁴⁷

Para el análisis de los datos se utilizó STATA 13.0 (StataCorp).

Las variables cualitativas se informaron como frecuencias y proporciones, mientras que las cuantitativas se informaron como media y mediana en función de la distribución de cada variable. Se utilizó la prueba de Chisquare para buscar asociaciones entre variables dicotómicas. Las asociaciones entre la ET y los posibles factores de resultado, como la muerte, la infección o la reintervención por hemorragia, se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher.

Se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar los rangos de los días de estancia hospitalaria. Las correlaciones con un valor P de 0,05 se consideraron estadísticamente significativas. Por último, se calculó la odds ratio de las variables asociadas al fracaso en ET mediante regresión logística, donde se consideró el primer grupo como referencia. También se obtuvo un IC del 95% para cada odds ratio.

RESULTADOS.

De agosto de 2012 a diciembre de 2018, se realizaron 478 cirugías en el Centro Médico ABC campus Santa Fe. Doscientos cincuenta y cinco pacientes (53,3%) fueron mujeres y 223 (46,7%) hombres, con una edad media de tres años (rango intercuartil [IQR]: 1,2-6,3; Tabla 1).

En la tabla 2 se detallan los tiempos de extubación, los procedimientos quirúrgicos y las condiciones anatómicas. 69 pacientes, es decir, el 66% fueron extubados en el quirófano o dentro de las primeras seis horas postoperatorias (3%), y un 12% adicional antes de las primeras 24 horas postoperatorias, para un total de ET del 81%.

Los pacientes de fisiología biventricular con mayores tasas de ET fueron la reparación de la estenosis de la válvula subaórtica en un 100%, la reparación de la comunicación interauricular en un 98%, la reparación de la comunicación interventricular en un 97% y el cierre del conducto arterioso persistente en un 96%.

Considerando los pacientes de fisiología univentricular, el 93% (n=14) de los que se sometieron a Glenn y el 89% (n=25) de los procedimientos de Fontan no fenestrados fueron extubados de forma precoz.

Los pacientes no extubados en el quirófano (163) tuvieron una mediana de soporte ventilatorio mecánico de 32 horas, con 25% extubados a las 12 horas y 75% a las 96 horas.

Para el conjunto de la población, la media de la SaO₂ preoperatoria fue del 92% (IQR: 85-94), y la SaO₂ postoperatoria del 98% (IQR: 89-100). La saturación arterial de oxígeno de los pacientes sometidos a bandaje de arterial pulmonar (BAP), fistula de Blalock-Taussig modificada (STMB) y procedimientos de Glenn o Fontan también se muestra en la tabla 3. La media de la SaO₂ preoperatoria de los pacientes sometidos al procedimiento de Glenn fue del 75% (IQR: 71-85) y en el período postoperatorio del 82% (IQR: 78-84). En el caso de los pacientes sometidos a la intervención de Fontan (todos ellos no fenestrados), el nivel medio preoperatorio de SaO₂ fue del 77% (IQR: 73-79), y en el periodo postoperatorio, del 91% (IQR: 89-94).

Las consideraciones sobre la extubación de los pacientes clasificados según la puntuación del Ajuste de Riesgo para la Cirugía Cardíaca Congénita 1 (RACHS-1),⁴⁷ la puntuación de Aristóteles ajustada,⁴⁸ y la puntuación de la Sociedad de Cirujanos Torácicos-Asociación Europea de Cirugía Cardio-Torácica (STS-EACTS)⁴⁹ se muestran en la Tabla 4. La tasa de extubación en el quirófano o dentro de las primeras seis horas postoperatorias de los pacientes en la categoría de puntuación de Aristóteles 1 fue del 95%. Un 3% más fueron extubados antes de las 24 horas postoperatorias, para un valor total de ET del 98%. Los pacientes clasificados en la categoría de puntuación de Aristóteles 3 tuvieron un valor de extubación en el quirófano o dentro de las primeras seis horas postoperatorias del 56%. Un 21% adicional fue extubado antes de las 24 horas postoperatorias, para un valor total de ET del 77%.

Se analizaron algunos de los factores previamente conocidos asociados al fracaso de la ET para obtener sus *odds ratio* predictivas a nuestra altura (Tabla 5). Tras el análisis de regresión logística, los elementos con mayor *odds ratio* para no lograr la ET fueron la edad menor de 30 días, el peso menor de 5kg y el tiempo de CEC mayor de 140 minutos; sin embargo, los pacientes con SD tendieron a ser extubados con éxito en las primeras 24 horas postoperatorias con una *odds ratio* no significativa para la extubación fallida. El porcentaje de extubación en el quirófano para los pacientes con SD fue del 56,8% (46/81) y la extubación antes de las 24 horas postoperatorias del 28,4% (23/81), para un porcentaje total de ET del 85,2% (69/81).

Los resultados a mediano plazo y las correlaciones del tiempo de extubación se muestran en la tabla 6. La reintubación fue necesaria en el 6,9% de los casos en la población global. La tasa de reintubación para los pacientes extubados precozmente fue del 3,6% (14/387), para los pacientes con SD del 4,9% (4/81) y para los procedimientos de Fontan y Glenn no fenestrados, del 7,1% (2/28) y del 20% (3/15), respectivamente. Las condiciones asociadas más comunes de los pacientes que requirieron RI fueron cualquier anomalía cromosómica importante (no SD) 36,5%, ventilación mecánica preoperatoria 33,7%, edad <1 año 27,1% y cirugía aórtica de cualquier tipo 25,4%. La tasa de mortalidad operatoria global fue del 2,7% (13/478), sin que se observaran muertes en el grupo de pacientes extubados precozmente (0/387) y del 11% (10/88) en el grupo de LE ($P < 0,001$).

Se excluyeron tres pacientes del análisis de mortalidad por grupo, ya que fallecieron en la UCICV entre 10 y 12 horas después de su llegada, y la extubación nunca estuvo prevista. Las infecciones y la estancia (tanto en el hospital como en la UCICV) fueron significativamente mayores en los pacientes que fueron extubados tardíamente.

Se observó una tendencia a la reintervención por hemorragia postoperatoria en los pacientes extubados precozmente, pero este evento no mostró significación estadística en comparación con los pacientes extubados tardíamente.

COMENTARIO

No existe una definición precisa de la ET y varía según las publicaciones. Algunos la consideran como la que se realiza en el quirófano o dentro de las primeras seis u ocho horas postoperatorias, pero otros la definen como la que se realiza dentro de las primeras 24 horas postoperatorias horas.^{17,44,46,50} Aunque en nuestro estudio se utilizó este último, los datos considerando las primeras seis horas postoperatorias también fueron analizadas (Tablas 2 y 4). En nuestra experiencia, el 81% de los pacientes fueron extubados precozmente, y la media de SaO₂ pre y postoperatoria fue del 92% y 98%, respectivamente. También se incluyeron en el análisis los pacientes univentriculares, y en este grupo, el 73% de los pacientes que se sometieron al procedimiento de Glenn, y el 89% de los que se sometieron al procedimiento de Fontan (todos ellos no fenestrados) fueron extubados precozmente. Dado que la ET tiene el beneficio potencial de mejorar los resultados al acortar la estancia en la UCIV y en el hospital y disminuir las tasas de complicaciones asociadas a la ventilación mecánica prolongada, también puede fracasar, al describir la ET también es importante analizar las tasas de reintubación, que en nuestra serie fue del 3,6%.

El manejo anestésico utilizado en este estudio se basó en midazolam, fentanilo, dexmedetomidina, sevoflurano y el uso de relajantes musculares reversibles, seguido de la inyección de anestésicos locales paraesternal. Se han descrito diferentes estrategias para extubar de forma precoz a los pacientes sometidos a cirugía cardíaca pediátrica, pero ninguna ha demostrado ser claramente superior.^{51,52} Creemos que es importante diseñar un manejo del plan anestésico individualizado, cuidadoso y uniforme para lograr una ET exitosa, pero se necesitan más estudios prospectivos para validar esta observación.

Los criterios utilizados para realizar o evitar la ET se derivaron de datos anteriores publicados de programas situados en altitudes geográficas bajas. Dado que todavía existe controversia sobre los efectos reales que la gran altitud puede tener en los resultados de los pacientes sometidos a CEC, creemos que era necesario realizar un análisis separado de esos criterios teniendo en cuenta la peculiaridad de nuestra ubicación. En nuestra experiencia, la edad inferior a 30 días, el peso inferior a 5 kg y el tiempo de CEC superior a 140 minutos fueron condiciones que se asociaron significativamente con el fracaso de la EOR o antes de las 24 horas postoperatorias; sin embargo, no se encontró que el SD fuera un factor de riesgo y, de hecho, el 85,2% de estos pacientes fueron extubados precozmente. Es más, en nuestra población, los pacientes con SD tuvieron una baja tasa de RI (4,9%). Estos datos difieren de otros estudios que informan de que los pacientes con SD se asocian a una mayor tasa de ET fallida o necesidad de RI.^{53,54} No pudimos discriminar el efecto de cada condición de las siete consideradas para el éxito de la ET, por lo que cualquier posible asociación podría ser objeto de futuros análisis.

Los niveles de SaO₂ pre y postoperatorios de nuestros pacientes biventriculares se muestran en la tabla 3, y no son muy diferentes de los comunicados en altitudes inferiores.^{55,56} Para las patologías univentriculares incluidas en el estudio, la SaO₂ postoperatoria fue del 82% y el 91% para los pacientes con procedimientos de Glenn y Fontan, respectivamente, y para los pacientes con MBTS y PAB del 81% y el 85%, respectivamente. Estos resultados, así como la baja tasa de reintubación, similar a la reportada en altitudes bajas, nos llevan a considerar que la ET segura en pacientes con cirugía cardíaca es factible, al menos a 2.691 m (8.828 pies) sobre el nivel del mar.

En términos de riesgo perioperatorio, el comportamiento de nuestra cohorte fue similar al reportado en otros estudios que lograron una ET exitosa en pacientes con clasificaciones RACHS-1, Aristóteles o STS-EACTS más bajas a bajas altitudes^{57,58} es relevante el hecho de que la tasa de ET observada en pacientes con categoría de puntuación 3 de Aristóteles en nuestra altitud fue del 77%. Estos datos sugieren que los pacientes de riesgo perioperatorio bajo e intermedio en nuestra ubicación geográfica pueden ser extubados precozmente con éxito. De nuevo, se necesitan más estudios prospectivos para aclarar estas observaciones.

En 2014, Harris et al comunicaron sus resultados de EE en un programa de cirugía cardíaca a nivel del mar (Vancouver, Canadá), afirmando que "la implementación de una estrategia de ET para niños con cardiopatías congénitas es segura, factible y se asocia con buenos resultados y un bajo uso de recursos".⁵⁰ Nuestros resultados, obtenidos en pacientes operados a 2.691m sobre el nivel del mar, son similares a los comunicados por Harris et al en cuanto a las tasas de RI en la población general (6% en el estudio de Harris y 6,9% en el presente informe).

Centrándonos en los pacientes con fisiología univentricular, se ha sugerido que las cirugías de Fontan y Glenn podrían ser procedimientos de mayor riesgo y menos susceptibles de ET cuando se realizan a gran altura, debido a los efectos directos de la baja PO₂ en la SaO₂ y a sus posibles efectos secundarios en el aumento de las RVP.^{59,60} Sin embargo, la ET (si es posible en el quirófano) en pacientes con anatomía cardíaca univentricular sometidos a procedimientos de Glenn o Fontan es deseable debido a los efectos hemodinámicos positivos para esta fisiología particular.⁶¹⁻⁶⁴

Recientemente, hemos informado de los resultados de los pacientes sometidos a un procedimiento de Fontan no fenestrado a gran altitud.⁶⁵ En este estudio, la presión media pre y postoperatoria de la arteria pulmonar (AP) (y, por tanto, probablemente también la RVP) en los pacientes sometidos a la intervención de Fontan a altitudes de 2.312m y 2.691m sobre el nivel del mar estaba dentro del rango normal, y la no fenestración tenía, además, el efecto beneficioso de evitar un corto circuito de derecha-izquierda necesaria que podría empeorar la saturación a estas grandes altitudes. En general, los resultados inmediatos fueron similares a los de otro estudio de Fontan no fenestrado realizado a baja altitud.⁶¹ La media de SaO₂ postoperatoria fue del 90%, como se esperaba a gran altitud debido a la menor PO₂, y el 79% de los pacientes fueron extubados en el quirófano. En nuestra experiencia, la resistencia vascular pulmonar, al menos a estas altitudes, no parece afectar a la estrategia de EE en pacientes con Fontan no fenestrado.

Dado que los criterios de extubación en este estudio incluían una oxigenación óptima según cada fisiología particular, la disminución de la SaO₂ que podría observarse a gran altura podría, teóricamente, interferir con las estrategias de ET. Sin embargo, las medias de SaO₂ postextubación inmediata con un 60% de oxígeno suplementario utilizando una mascarilla respiratoria fueron para las reparaciones biventriculares, del 100%; para los pacientes de fisiología ventricular única con circulación paralela que se espera que esté desaturada después de la cirugía (BTS y bandas PA), del 85%; para los pacientes de fisiología ventricular única después del procedimiento de Glenn, del 82%; y para los pacientes de fisiología ventricular única, que se espera que esté cerca de la normalidad, del procedimiento de Fontan, del 91%. En ninguna de estas circunstancias, los niveles de SaO₂

impedían seguir una estrategia de ET basada en criterios aceptados y descritos previamente.

Un estudio de ET realizado a una altitud moderada (1.370m o 4.494 pies) en pacientes con fisiología univentricular mostró tasas de extubación similares a las alcanzadas a nivel del mar,⁶⁶ y los autores sugirieron que la ET podría quizás realizarse incluso a mayores altitudes, situación respaldada por estudios más recientes.⁶⁷

Basándonos en nuestros resultados, consideramos que la ET puede realizarse con seguridad al menos a 2.691 m, nuestra altitud geográfica, alcanzando los mismos beneficios positivos reportados en otros estudios realizados a altitudes inferiores. La altitud geográfica definitiva a la que podría realizarse esta práctica sería objeto de nuevas investigaciones.

DISCUSION.

Los avances en las técnicas quirúrgicas y anestésicas en cirugía cardíaca pediátrica han tenido un gran impacto en nuestro país, donde la mortalidad quirúrgica cardiovascular acumulada se ha reducido aproximadamente en un 50% en algunos centros especializados.⁶⁸ Observamos que la extubación en el quirófano, tras cirugía cardíaca pediátrica, es un procedimiento seguro, como ya se sugería a principios de los años 80,²⁰⁻²² en pacientes seleccionados adecuadamente.

Muchos estudios sobre extubación temprana en niños tras cirugía cardíaca se realizaron en pacientes con defectos simples o con requisitos mínimos de edad y peso.^{25,29-31} En nuestro trabajo no excluimos a ningún paciente basados en su edad, su peso o categoría de RACHS-1, encontrando que niños de diversos pesos, edades y categoría de RACHS-1, pudieron ser extubados de forma inmediata una vez finalizado el acto quirúrgico. Se necesitan, sin embargo, estudios con un mayor nivel de evidencia, que establezcan de forma concluyente el impacto de estas variables sobre la extubación temprana.

Entre las principales causas y los factores de riesgo asociados a extubación temprana fallida en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca se han identificado comorbilidades como la disfunción cardíaca postoperatoria, la enfermedad pulmonar preoperatoria, el edema de la vía aérea, la hipertensión pulmonar preoperatoria (HTP preoperatoria), la presencia de algún síndrome congénito, la presencia de malformación mayor no cardíaca, la utilización de paro circulatorio hipotérmico profundo, el antecedente de Prematuridad y el requerimiento de reintervención quirúrgica.^{24,26,28,35} Sin embargo, se estudió de manera individual a cada uno de los pacientes, para valorar si la presencia de alguna de estas condiciones podría ser tomada como criterio de exclusión para el ingreso al estudio. Entidades como la HTP preoperatoria fueron obviadas de estos criterios, sustentados en el trabajo de varios autores, que sugerían que la HTP no contraindicaba por sí misma la extubación temprana.²⁹

Los resultados del presente trabajo sugieren que podría haber una reducción en la duración de la estancia en la UCIP, cuando los pacientes son extubados en sala de quirófano inmediatamente después de finalizado el procedimiento, en comparación con aquellos pacientes extubados, siguiendo el enfoque tradicional, varias horas después de ingresar a la UCIP.

Diversos estudios sugieren que, en el periodo postoperatorio, la morbimortalidad de los pacientes de cirugía cardíaca puede verse influenciada por la severidad de la enfermedad, el estado físico del paciente, el tipo de técnica quirúrgica, manejo anestésico, así como por la duración del bypass coronario y el pinzamiento aórtico.⁶⁹ En condiciones normales, tras la cirugía con apoyo de CEC, puede observarse taquipnea y disfunción pulmonar leve debido a la fuga capilar de líquidos en el espacio pulmonar. A pesar de estos cambios, los pacientes pueden ser extubados en el posoperatorio inmediato. Los pacientes de cirugías no complicadas como valvuloplastia aórtica, reparación de comunicación interventricular o colocación de parche en el tracto de salida del ventrículo derecho pueden ser extubados hacia las 2-6 horas, en el supuesto de que no existan complicaciones activas como hemorragias, insuficiencia pulmonar, arritmias o disfunción neurológica.⁷⁰

De acuerdo a algunos estudios, los criterios para extubación temprana después de reparaciones complejas incluyen: a) Capacidad para conservar la oxigenación durante la ventilación espontánea; b) Coordinación de los componentes torácico y abdominal de la respiración; c) Radiografía de tórax sin atelectasia, derrames o infiltrados importantes; d) Función cardiovascular y hemodinámica estable.⁷¹ También en estudios previos, se ha propuesto que la edad menor de 1 año, la presencia de hipertensión arterial pulmonar, hemorragia, inestabilidad hemodinámica, arritmias, insuficiencia cardíaca, paro cardíaco, tiempo prolongado de CEC (Mas de 90 min.) y, los problemas neurológicos residuales son contraindicaciones para una extubación temprana.⁷⁰

En 1973 y 1976 Kiimberg establecía que el manejo ventilatorio favorecía la extubación dentro de las primeras 5 horas en un 65% y en un 50% a las 24 horas de la llegada a unidad de cuidados intensivos. En 1977 Prakash realizó ET sin necesidad de reintubación. Quasha en 1980 comparo 38 pacientes con extubación temprana contra 38 con extubación tardía, encontrando una disminución del 30-80% en el uso de narcótico, problemas cardiopulmonares, infarto al miocardio, arritmias, accidente vascular cerebral o sangrado postoperatorio.⁷²

La ET disminuye las complicaciones pulmonares que son causantes de hasta un 40% en la mortalidad durante periodo postoperatorio.⁷³ La mecánica ventilatoria después de la cirugía aumenta la capacidad residual funcional, la complianza pulmonar, el contenido arterial de oxígeno así como el trabajo respiratorio, produciendo en forma concomitante una disminución en la saturación venosa de oxígeno, con la consecuente hipercapnia, hipotensión, atelectasias y falla respiratoria. Adicionalmente el uso de la ventilación mecánica prolongada disminuye el ritmo cardíaco, la perfusión miocárdica y renal, promoviendo la presencia del tubo endotraqueal la formación de moco que contribuye a colapso pulmonar.⁷⁴ En la actualidad la ET es factible dado el desarrollo de técnicas anestésicas y avances quirúrgicos, protección al miocardio, hemostasis postoperatoria, etc.⁷⁵

En un estudio realizado en 1990 por Jeffre, Heinie y Díaz en recién nacidos y lactantes menores con reparación de defectos cardíacos como ventrículo único, tetralogía de Fallot, transposición de grandes arterias, coartación aórtica, comunicación interventricular, conexión anómala total de venas pulmonares, se identificó que 56 (28%) pacientes se extubaron 3 horas posterior al ingreso a la UCICV, contra 28 pacientes con ventilación mecánica por 3-4 días más, encontrando entre los pacientes con ET, 2 reintubaciones por disfunción pulmonar, 1 por sangrado que requirió de reintervención quirúrgica, 2 muertes por trombos intracardiacos en pacientes con diagnóstico de atresia tricúspidea. En los pacientes que se extubaron tardíamente se observó la presencia de trauma laringotraqueal, 11 tapones mucosos, torcedura del tubo endotraqueal, infecciones y extubación accidental.⁷⁶

En la actualidad, la reciente tendencia en cirugía cardíaca pediátrica es la ET durante el postoperatorio inmediato, siendo vital para este el manejo de dolor como lo sugiere en un estudio Chaney y Siogioff con la morfina intratecal que pude producir intensa analgesia en el postoperatorio inmediato para mayor éxito.^{77,78}

Krohn en 1984 reportó un estudio con 240 pacientes con extubación en el postoperatorio inmediato encontrando más rápida movilización, restricción de líquidos, menos de 4 días de hospitalización, mortalidad de 2%, readmisión a los 6 meses del 2.5%.⁷⁹

En el Hospital de niños de Boston en los años 1992-1994 se efectuó un estudio de extubación temprana (2 a 6 horas después de la cirugía), posterior a la reparación de comunicación interventricular con 102 casos, encontrando una tasa de éxito similar al 65%. La complicación observada fue laringoespasma en un paciente que se reintubó sin más complicaciones.⁸⁰

CONCLUSION

Si es posible realizar una ET, obtendremos una disminución en los días de estancia hospitalaria y en la unidad de cuidados intensivos, rápida movilización del paciente, menor grado de estrés, mejor manejo del dolor postoperatorio, mayor confort familiar, menor incidencia de complicaciones pulmonares y esto a su vez impacta en una disminución en costos y recursos

El momento apropiado para realizar ET en el paciente postoperado de cirugía cardiovascular en pediatría, dependen del procedimiento realizado, la evolución de la anestesia, los resultados durante la recuperación con estabilidad de los signos vitales en la fase intensiva.

Durante el perioperatorio anestésico se ha propuesto facilitar la extubación traqueal dentro de las primeras 24 horas posteriores a la cirugía; los factores que determinan y condicionan a la ET son el grado de complejidad de la malformación congénita, la fisiopatología remanente tras la paliación o corrección y el grado de estrés anestésico quirúrgico. Es necesario el conocimiento integral de la alteración anatómica de la malformación congénita y la consecuente fisiopatología de la misma, por lo que se deberá protocolizar la técnica anestésica de acuerdo al proceso mórbido, seleccionando adecuadamente los anestésicos para satisfacer necesidades propias de cada paciente. Si el procedimiento se prolonga y el comportamiento farmacocinético de los anestésicos se altera y existe inestabilidad de los signos vitales, será necesario diferir la extubación.

Finalmente, aunque la elevada altitud puede afectar a las saturaciones arteriales, no parece tener un impacto clínico significativo en la ET a 2.691 m sobre el nivel del mar. La edad inferior a 30 días, el peso inferior a 5 kg y la CEC superior a 140 minutos, pero no el SD, son factores que probablemente deberían excluir la ET y son similares a los aceptados como factores de riesgo en altitudes inferiores.

REFERENCIAS

1. J.L.Schuller;P.S.Sebeii; J.G.Bovill. Early extubation after fontan operation. Br J Anaesth 1980;52: 999-1003.
2. Gene G Heard; Jhon Lamberti; Sung Min Park. Early extubation after surgical repair of congenital Herat disease. Critical Care Med 1985; 13: 830-832.
3. J.M.Manners; J.L.Monro; J.C.Edwards. Corrective cardiac surgery in infants. Anesthesia 1980;35: 1149-56.
4. J.L.Schuller; J.G.Boviii; A. Nijveld. Earl y extubation of the trachea after open heart surgery for congenital heart disease. Br J Anaesth 1984;56: 1101-1107.
5. Peter L. Klineberg; Ralph T.Geer; Roberta Hirsh. Early extubation after Rcoronary artery bypass graft surgery. Critica ! Care Med 1997;5: 272-274.
6. Paul G. Barash; Trances Lescovich; Jonathan D. Katz. Early extubation followiing pediatric cardiothoracic operation. A viable alternative. Annals of Thor Sur 1980; 29: 228-233.
7. Arthur L. Quasha; Nancy Loeber; Tomas W Feeley: A controlled trial of early and late extubation following coronary-artery bypass · grafting. Anesthesiology 1980;52: 135-141.
8. Martin J. London; Laurie W Shroyer. Fast-Track cardiac surgery in department of veterans affairs patients population. Ann Thorac Surg 1997;64: 134-141.
9. David T. Wong; Davy Cheng; Robert Tibshirani. Risk factors of delayed extubation late length of stay in the intensiva care unit, and mortality in patients undergoing coronary artery bypass graft with fast-track cardiac anesthesia. Anesthesiology 1999;91 :936-944.
10. Kit V. Arom; Robert W. Emery; Rebeca J. Petersen: Cost-effectiveness and predictors of early extubation. Ann Thorac Surg 1995;60: 127-132.
11. 15Th Annual Symposium Clinical Update in Anesthesiology: Early traqueal extubation in patients with atrial septal defect. 1998.
12. Turley K, Tyndall M, Turley K, Woo D, Mohr T. Método radical de resultados. Un nuevo enfoque de las vías críticas en las cardiopatías congénitas. Circulation. 1995;92(suppl): 245-249.
13. Heinle JS, Diaz LK, Fox LS. Extubación temprana después de operaciones cardíacas en neonatos y niños pequeños. J Thorac Cardiovasc Surg. 1997;114(3): 413-418.
14. Barash PG, Lescovich F, Katz JD, Talner NS, Stansel HC. Earlyextubation following pediatric cardiothoracic operation: a viable alternative. Ann Thorac Surg. 1980;29(3): 228-233.
15. Schuller JL, Bovill JG, Nijveld A, Patrick MR, Marcelletti C. Extubación precoz de la tráquea después de una cirugía a corazón abierto por cardiopatía congénita. Una revisión de la experiencia de 3 años. Br J Anaesth. 1984;56(10): 1101-1108.
16. Rooney SR, Donohue JE, Bush LB, et al. Las tasas de extubación después de la cirugía cardíaca pediátrica varían entre los hospitales. Pediatr Crit Care Med. 2019;20(5): 450-456.

17. Murin P, Weixler V, Cho MY, et al. Reembolso tras la cirugía cardíaca congénita en Alemania: impacto de la extubación postoperatoria temprana. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2020;11(5): 557-562.
18. Hasan A. Relationship of high altitude and congenital heart disease. *Indian Heart J.* 2016;68(1): 9-12.
19. Ortiz-Prado E, Dunn JF, Vasconez K, Castillo D, Viscor G. Presión parcial del oxígeno en el cuerpo humano: una revisión general. *Am J Blood Res.* 2019;9(1): 1-14.
20. Barash PG, Lescovich F, Katz JD, et al: Early extubation following pediatric cardiothoracic operation: A viable alternative. *Ann Thorac Surg* 1980; 29: 228–233
21. Schuller JL, Bovill JG, Patrick MR, et al: Early extubation of the trachea after open heart surgery for congenital heart disease. A review of 3 years experience. *Br J Anaesth* 1984; 56: 1101–1108
22. Schuller JL, Sebel PS, Bovill JG, et al: Early extubation after Fontan operation. A clinical report. *Br J Anaesth* 1980; 52:999–1004
23. Welke KF, Shen I, Ungerleider RM. Current assessment of mortality rates in congenital cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 164-170
24. Manrique A, Feingold B, Di Filippo S, et al: Extubation after cardiothoracic surgery in neonates, children, and young adults: One year of institutional experience. *Pediatr Crit Care Med* 2007 Vol. 8, No. 6: 552-555
25. Kloth RL, Baum VC. Very early extubation in children after cardiac surgery. *Crit Care Med* 2002; 30:787–91
26. Vricella LA, Dearani JA, Gundry SR, Razzouk AJ, Brauer SD, Bailey LL. Ultra fast track in elective congenital cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 865–71
27. Marianeschi SM, Seddio F, McElhinney DB, et al. Fast-track congenital heart operations: a less invasive technique and early extubation. *Ann Thorac Surg.* 2000 Mar; 69(3):872-6
28. Heinle JS, Diaz LK, Fox LS: Early extubation after cardiac operations in neonates and young infants. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114:413–418
29. Vida V, Leon-Wyss J, Rojas M, et al. Pulmonary Artery Hypertension: Is It Really a Contraindicating Factor for Early Extubation in Children After Cardiac Surgery? *Ann Thorac Surg* 2006; 81: 1460–1465
30. Burrows FA, Taylor RH, Hillier SC: Early extubation of the trachea after repair of secundum-type atrial septal defects in children. *Can J Anaesth* 1992; 39: 1041–1044
31. Laussen PC, Reid RW, Stene RA, et al: Tracheal extubation of children in the operating room after atrial septal defect repair as part of a clinical practice guideline. *Anesth Analg* 1996; 82: 988–993
32. Cheng DC. Fast-track cardiac surgery: economic implications in postoperative care. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 72–79

33. Neirotti RA, Jones D, Hackbarth, et al: Early extubation in congenital heart surgery. *Heart Lung Circ.* 2002; 11(3):157-61
34. Heard GG, Lamberti JJ, Park SM, et al: Early extubation after repair of congenital heart disease. *Crit Care Med* 1985; 13: 830–832
35. Bandla HP, Hopkins RL, Beckerman RC, et al: Pulmonary risk factors compromising postoperative recovery after surgical repair for congenital heart disease. *Chest* 1999; 116:740–747
36. Fischer JE, Allen P, Fanconi S. Delay of extubation in neonates and children after cardiac surgery: impact of ventilatory-associated pneumonia. *Intens Care Med* 2000; 26: 942–949
37. Montes FR, Sanchez SI, Giraldo JC, et al. The lack of benefit of tracheal extubation in the operating room after coronary artery bypass surgery. *Anesth Analg* 2001; 92:1073-1074
38. London MJ, Shroyer AL, Col JR, et al. Early extubation following cardiac surgery in a veterans population. *Anesthesiology* 1998; 88:1447–1458
39. Butterworth J, James R, Prielipp RC, et al. Do short-acting neuromuscular blocking drugs or opioids associate with reduced intensive care unit or hospital lengths of stay after coronary bypass grafting? *Anesthesiology* 1998; 88: 1437–1446
40. Jindani A, Aps C, Neville E, et al. Postoperative cardiac surgical care: an alternative approach. *Br Heart J* 1993; 69: 59–64
41. Silbert SB, Santamaria JD, O'Brien JL, et al. Early extubation following coronary artery bypass surgery. *Chest* 1998; 113: 1481–1488
42. Davis S, Worley S, Mee R, Harrison M. Factors associated with early extubation after cardiac surgery in young children. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5: 63-68
43. Harrison AM, Cox AC, Davis S: Failed extubation after cardiac surgery in young children: Prevalence, pathogenesis, and risk factors. *Pediatr Crit Care Med* 2002; 3: 148–152
44. Alghamdi A, Singh SK, Hamilton BCS, et al. Early extubation after pediatric cardiac surgery: systematic review, meta-analysis, and evidence-based recommendations. *Card Surg.* 2010;25(5): 586-595.
45. Mittnacht AJC, Hollinger I. Fast-tracking in pediatric cardiac surgery-the current standing. *Ann Card Anaesth.* 2010;13(2): 92-101.
46. Akhtar MI, Hamid M, Minai F, Wali AR, Haq A, Khalid Ahsan K. Perfil de seguridad de la extubación por vía rápida en pacientes de cirugía de cardiopatías congénitas pediátricas en un hospital de atención terciaria de un país en desarrollo: un estudio prospectivo observacional. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2014;30(3): 355-359.
47. Jenkins JK, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Iezzoni LI. Método basado en el consenso para el ajuste del riesgo en la cirugía de las cardiopatías congénitas. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123(1): 110-118.

48. Lacour-Gayet FG, Clerke DR, Jacobs JP, et al. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;25(6): 911-924.
49. O'Brien SM, Clarke DR, Jacobs JP, et al. Una herramienta de base empírica para analizar la mortalidad asociada a la cirugía cardíaca congénita. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;138(5): 1139-1153.
50. Harris CK, Holowachuk S, Pitfield S, et al. ¿Debe ser la extubación temprana el objetivo para los niños después de la cirugía cardíaca congénita? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(6): 2642-2648.
51. Beamer S, Ferns S, Edwards L, Gunther G, Nelson J. Extubación precoz en la cirugía cardíaca pediátrica a lo largo de un espectro de complejidad de casos: impacto en la duración de la estancia hospitalaria y los días de sonda torácica. *Prog Pediatr Cardiol*. 2017;45: 63-68.
52. Joshi RK, Aggarwal N, Agarwal M, Dinand V, Joshi RJ. Evaluación de los factores de riesgo para un programa sostenible de "extubación en sala" en la cirugía cardíaca congénita pediátrica: Experiencia de 5 años. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2016;30(6): 1531-1538.
53. Evans J, Dharmar M, Mierhenry E, Marcin JP, Raff GW. Association between Down syndrome and In-hospital death among children undergoing surgery for congenital heart disease. A US population-based study. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2014;7(3): 445-452.
54. Fudge JC, Shuang LI, Jagggers J, et al. Resultados tras la cirugía cardíaca congénita en pacientes con síndrome de Down: análisis de una base de datos clínicos. *Pediatrics*. 2010;126(2): 315-322.
55. Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC. Estimación de los valores gasométricos a diferentes altitudes en México. *Rev Invest Clin*. 2000; 52(2): 148-155.
56. Gochicoa-Rangel L, Pérez-Padilla R, Rodríguez-Moreno L, et al. Altitud sobre el nivel del mar e índice de masa corporal como determinantes de la saturación de oxígeno en niños: el estudio SON@. *Rev Invest Clin*. 2015;67(6): 366-371.
57. Gaies M, Tabbutt S, Schwartz SM, Bird GL, Alten JA, Shekerdemian LS, et al. Clinical epidemiology of extubation failure in the pediatric cardiac ICU: a report from the pediatric cardiac critical care consortium. *Pediatr Crit Care Med*. 2015;16(9): 837-845.
58. Kin N, Weismann C, Srivastava S, et al. Factores que afectan a la decisión de aplazar la extubación endotraqueal tras la cirugía de una cardiopatía congénita: un estudio observacional prospectivo. *Anesth Analg*. 2011;113(2): 329-335.
59. Ramírez-Marroquín S, Calderón-Colmenero J, Curi-Curi P, et al. Procedimiento de Fontan a 2.240 m sobre el nivel del mar. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2012;3(2): 206-213.
60. Calderón-Colmenero J, Ramírez S, Viesca R, et al. Cirugía de Fontan. Factores de riesgo a corto y mediano plazo. *Arch Cardiol Mex*. 2005;75(4): 425-434.

61. Morales DLS, Carberry KE, Heinle JS, McKenzie ED, Frazer CD Jr, D'iaz LK. Extubación en el quirófano después del procedimiento de Fontan: efecto en la práctica y los resultados. *Ann Thorac Surg.* 2008;86(2): 576-582.
62. Mutsuga M, Quinónez LG, Mackie AS, et al. Extubación por vía rápida tras procedimiento de Fontan modificado. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;144(3): 547-552.
63. Kintrup S, Malec E, Kiski D, et al. Extubación en el quirófano después de la intervención de Fontan: ¿hay alguna diferencia? *Pediatr Cardiol.* 2019;40(3): 468-476.
64. Valencilla C, Khiabani RH, Sandoval N, Fogel M, Bricenó JC, Yoganathan AP. Efecto de la exposición a gran altitud en la hemodinámica de la fisiología bidireccional de Glenn: modelando el incremento de la resistencia vascular pulmonar y la frecuencia cardíaca. *J Biomech.* 2014;47(8): 1846-1852.
65. Palacios-Macedo A, Diliz-Nava H, Tamariz-Cruz O, et al. Resultados del procedimiento de Fontan no fenestrado a gran altura. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2019;10(5): 590-596.
66. Day RW, Orsmond GS, Sturtevant JE, Hawkins JA, Doty DB, McGough CE. Resultados tempranos e intermedios de la intervención de Fontan a una altitud moderada. *Ann Thorac Surg.* 1994;57(1): 170-176.
67. Beng Z, Malhotra SP, Yu X, et al. La altitud moderada no se asocia con resultados postoperatorios adversos en pacientes sometidos a anastomosis cavopulmonar bidireccional y operación de Fontan: un estudio comparativo entre Denver, Edmonton y Toronto. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(5): 1165-1171.
68. Castillo VR, Jaramillo GA, Andrade OH, Montero A, Salazar L, Sanabria J, Durán AF. Mortalidad quirúrgica de la corrección de cardiopatías congénitas en la Fundación Cardiovascular de Colombia 2000-2005. *Rev Col Cardiol* 2006; 13(3): 132-135
69. Dhabhi Cheng: Fast track cardiac surgery pathways. *Anesthesiology* 1998; 88:1 429-33.
70. R. Miller. Anestesia. 2da edición, México, edt. Doyma: Anestesia para cirugía cardíaca pediátrica. 1997: Vol.2; 1503 - 1533.
71. Barash, Cullen. Anestesia clínica; 3era edición, México, edit. McGraw-Hill Interamericana: Anestesia para cirugía de corazón. 1999: Vol 2; 1023- 1065.
72. S.A. Gall; C.O. Olsen; J.G. Reves: Beneficial effects of endotracheal extubation on ventricular performance. *J. Thorac Cardiovasc Surg.* 1988; 95: 819-827.
73. L.C.Steven; R.W. Virgilio; R.M. Peters: Early extubation versus prophylactic ventilation in the high risk patient : A comparison of postoperative management in the prevention of respiratory complications. *Anest Analg* 1981; 60: 76-80.
74. Richard M. Engelman; Jjon Roosou;David W.D Eaton: Fast-track recovery of the coronary bypass patient. *Ann Thorac Surg* 1994;58: 17 42-46.
75. Davy Cheng; J. Karsky; Charles Peniston: Morbidity outcome in early versus conventional tracheal extubation after coronary artery bypass grafting: a prospective randomized controlled trial. *J.Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112: 755-764.

76. J.S.Heinle; L.K.Diaz; L.S.Fox Early extubation after cardiac operations in neonates and young infants. *J.Thorac Cardiovasc Surg.* 1997; 114: 413-418.
77. O.Prakash; B.Jonson; S.Meij. Criteria for early extubation after intracardiac surgery in adults. *Anesth Analg* 1977; 56: 703-708.
78. M. A. Chaney; S. Slogoff. Intrathecal morphine for cardiac surgery and early extubation. *Anesthesiology* 1996; 85: A 158.
79. Wong DT; Cheng DCH; Kustra R. Fast tracking into the new millennium *Anesthesiology* 1999; 91: 936-944.
80. Peter C.Laussen; Robert Reid; Rebeca Stene. Tracheal extubation of children in the operating room after atrial septal defect repair as part of a clinical practice guideline. *Anesth Analg* 1996; 82: 988-993.

ANEXOS.

Tabla 1. Demografía general y estado preoperatorio

	<i>N = 478</i>	<i>Porcentaje o rango intercuartil</i>
Genero (femenino/masculino)	255/223	53.3%/46.7%
Edad del paciente al momento de la cirugía (mediana, años)	3	1.2-6.3
Peso bajo	158	33.10%
Síndrome de Down	81	16.90%
Prematurez	67	14%
Cirugía Cardíaca Previa	58	12.10%
Otra anomalía cromosómica confirmada (Excluyendo Síndrome de Down)	31	6.40%
Ventilación mecánica en el preoperatorio	18	3.70%

Tabla 2. Procedimientos quirúrgicos, tipo de enfermedad y tiempo de extubación.

<i>Procedimientos quirúrgicos y condiciones anatómicas</i>	<i>Número</i>	<i>EOR (%/n)</i>	<i>Extubación <6 horas (%/n)</i>	<i>Extubación >6 pero <24 horas (%/n)</i>	<i>ET (% total/n)</i>
Reparación de comunicación interventricular	128	77% (99)	4% (5)	15% (19)	96% (123)
Reparación de comunicación interauricular	104	97% (101)	1% (1)	0% (0)	98% (102)
Tetralogía de Fallot	46	46% (21)	2% (1)	11% (5)	59% (27)
Procedimiento de Fontan	28	89% (25)	0% (0)	0% (0)	89% (25)
Reparación de arco aórtico	23	9% (2)	0% (0)	39% (9)	48% (11)
Cierre de conducto arterioso persistente	23	83% (19)	9% (2)	4% (1)	96% (22)
Reparación de canal atrioventricular	22	27% (6)	4% (1)	23% (5)	54% (12)
Procedimiento de Glenn	15	73% (11)	0% (0)	20% (3)	93% (14)
Reparación de Conexión Anómala Total de Venas Pulmonares	15	47% (7)	7% (1)	33% (5)	87% (13)
Fístula de Blalock-Taussig	13	15% (2)	0% (0)	8% (1)	23% (3)
Reparación de Estenosis Valvular Subaortica	11	82% (9)	18% (2)	0% (0)	100% (11)
Reparación de Doble Salida de Ventrículo Derecho	10	10% (1)	0% (0)	20% (2)	30% (3)
Switch Arterial	6	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Procedimiento de Norwood	4	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Bandaje de Arteria Pulmonar	2	50% (1)	0% (0)	50% (1)	100% (2)
Otras	28	39% (11)	7% (2)	21% (6)	68% (19)
Total	478	66% (315)	3% (15)	12% (57)	81% (387)

Tabla 3. Porcentaje de SaO2 para la población general y pacientes con fisiología univentricular.^a

<i>Tipo de Fisiología</i>	<i>Periodo Preoperatorio % (IQR)</i>	<i>Periodo Postoperatorio % (IQR)</i>
Población general	92 (85-94)	98 (89-100)
Fisiología Biventricular	92 (88-94)	100 (98-100)
Fisiología Univentricular		
Fistula Modificada BT and Bandaje de Arteria Pulmonar	81 (72-87)	85 (80-85)
Pacientes con procedimiento de Glenn	75 (71-85)	82 (78-84)
Pacientes con procedimiento de Fontan	77 (73-79)	91 (89-94)

^a Se muestran porcentajes de SaO2 del periodo pre y posoperatorio para la población general y para pacientes univentriculares a 2.691 m (8.828 pies) sobre el nivel del mar.

Tabla 4. Escalas de riesgo y tiempo de extubación.

Categoría de riesgo	Escalas	Extubación en quirófano (%)	Extubación 6 horas (%)	Extubación >6 horas, pero <24 horas (%)	Total, de extubación temprana (%)
I	RACHS-1	92	2	3	97
	Aristóteles	94	1	3	98
	STS-EACTS	86	2	7	95
II	RACHS-1	67	4	16	87
	Aristóteles	70	5	14	89
	STS-EACTS	69	5	14	88
III	RACHS-1	45	3	13	61
	Aristóteles	51	5	21	77
	STS-EACTS	10	0	26	36
IV	RACHS-1	12	0	36	48
	Aristóteles	37	0	15	52
	STS-EACTS	33	3	23	59
V-VI	RACHS-1	0	0	0	0
	Aristóteles	0	0	0	0
	STS-EACTS	0	0	0	0

Abreviaturas: OR, sala de operaciones; RACHS-1, Ajuste de Riesgo para Cirugía Cardíaca Congénita 1; STS-EACTS, puntuación de la Sociedad de Cirujanos Torácicos-Asociación Europea de Cirugía Cardio-Torácica

Tabla 5. Predictores de extubación temprana fallida.

		Predictores de extubación fallida en sala de quirófano			Predictores de extubación tardía (>24 horas)		
<i>Predictores</i>	<i>Odds ratio</i>	<i>CI 95%</i>	<i>Valor de P</i>	<i>Odds ratio</i>	<i>CI 95%</i>	<i>Valor de P</i>	
Edad al momento de la cirugía							
> 1 año	0	0	0	0	0	0	
1- 11 meses	6.1	3.5-10.7	<.001	9	4.9-16.5	<.001	
< 30 días	27.2	8-92	<.001	65	21-199	<.001	
Peso							
> 10kg	0	0	0	0	0	0	
5-10kg	3.9	2.5-6	<.001	3.7	2-6.9	<.001	
< 5kg	29	11.7-72	<.001	48.2	20-111	<.001	
Síndrome de Down	1.5	0.98-2.6	0.059	0.6	0.3-1.3	0.262	
Tiempo de CEC							
< 90 minutos	0	0	0	0	0	0	
90-140 minutos	5.7	3.1-10.4	<.001	7.8	3-20.4	<.001	
> 140 minutos	30.5	16.3-56.9	<.001	33.1	13.5-81	<.001	

Tabla 6. Resultados a mediano plazo y tiempo de extubación.

Morbilidad y mortalidad	Extubación Temprana	Extubación Tardía	Valor de P
Mortalidad, n (%)	0 (0%)	10 (11%)	<.001
Reintubación, n (%)	14 (3.6%)	19 (22%)	<.001
Reintervención por sangrado, n (%)	4 (1%)	0 (0%)	0.344
Infecciones, n (%)	20 (5%)	24 (28%)	<.001
Estancia en la UCICV (Días), mediana (IQR)	3 (2-5)	12 (7-23)	<.001
Estancia hospitalaria (Días), mediana (IQR)	6 (5-9)	16 (11-29)	<.001

Abreviaturas: CVICU, Unidad de Cuidados Intensivos Cardiovasculares; IQR, rango intercuartil; LOS, días de estancia.