

Ecocardiograma transesofágico pediátrico: revisión de la literatura y diagrama de flujo para su realización

Andrés González-Ortiz
Fabiola Pérez-Juárez 
Moisés Mier-Martínez 
Héctor Antonio Sánchez-López
Jair Rafael Osorio-Ugarte

Correspondencia

Andrés González Ortiz
andresgoor@gmail.com

¹Departamento de Cardiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

²Departamento de Radiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

Recibido: 15/12/2022

Aceptado: 30/07/2023

Publicado: 30/08/2023

Citar como: González-Ortiz A, Pérez-Juárez F, Mier-Martínez M, Sánchez-López HA, Osorio-Ugarte JR. Ecocardiograma transesofágico pediátrico: revisión de la literatura y diagrama de flujo para su realización. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Ago; 6(2): 11-15. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n2a3>.

Cite this as: González-Ortiz A, Pérez-Juárez F, Mier-Martínez M, Sánchez-López HA, Osorio-Ugarte JR. *Transesophageal echocardiography in pediatrics: a literature review and flow diagram for its performance*. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Aug; 6(2): 11-15. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n2a3>.

Palabras clave

- ▷ Ecocardiografía transesofágica.
- ▷ Ecocardiograma pediátrico.

Keywords

- ▷ *Transesophageal echocardiography.*
- ▷ *Pediatric echocardiography.*

RESUMEN

El ecocardiograma transesofágico se ha convertido en una herramienta de gran importancia en la cardiología pediátrica. Hacemos una revisión de su historia, aplicaciones y aspectos técnicos. Así mismo, con base en la guía más reciente de la Sociedad Americana de Ecocardiografía para la realización de un ecocardiograma transesofágico en niños y pacientes con cardiopatías congénitas elaboramos un diagrama de flujo para facilitar la obtención de las diferentes vistas. Consideramos que este diagrama facilita la realización del estudio y puede ser de gran utilidad tanto en la enseñanza como en el manejo perioperatorio de las cardiopatías congénitas

ABSTRACT

Transesophageal echocardiography has become an important tool in pediatric cardiology. We review its history, applications and technical aspects. Likewise, based on the most recent guidelines of the American Society of Echocardiography for the performance of a transesophageal echocardiogram in children and patients with congenital heart disease, we elaborated a diagram that we consider facilitates its performance and can be useful in the teaching process and perioperative management of congenital heart disease.

Introducción

En 1971 comenzaron los estudios experimentales de ecocardiografía transesofágica con el trabajo de Side y Goslin, quienes considerando la proximidad del arco aórtico con el esófago desarrollaron una sonda esofágica para obtener registros del flujo cardíaco en el arco aórtico⁽¹⁾.

La realización del primer ecocardiograma transesofágico (ETE) fue reportado en 1976 por Franzin y cols., quienes debido a la dificultad para evaluar a ciertos pacientes adultos (que padecían enfermedad pulmonar obstructiva crónica, tórax en tonel y obesidad) desarrollaron un transductor esofágico de un solo elemento para obtener imágenes en modo M, demostrando que el eco reflejado de las estructuras cardíacas era más claro y con mejor detalle en comparación con distintos transductores externos⁽²⁾.

En 1980, Hisanaga y cols., publicaron la realización de ecocardiografía transesofágica colocando un transductor bidimensional en un endoscopio⁽³⁾.

Posteriormente Hanrath y cols., colocaron un transductor con arreglo de fase en la punta de un gastroscopio flexible con lo que la ecocardiografía transesofágica entró en su era moderna⁽⁴⁾, con diversos trabajos demostrando la posibilidad de ajustar la posición y orientación del transductor con un control externo de movimiento vertical, rotación y angulación, siendo bien tolerado por los pacientes y obteniendo imágenes cardíacas de alta calidad^(5,6).

Inicialmente el uso del ETE estuvo limitado en la población pediátrica debido al tamaño de la sonda. En 1989 Cyran y cols., al colocar un transductor en la punta de un gastroscopio flexible, demostraron que es factible realizarlo en niños de 7,5 a 16 años sometidos a cirugía cardíaca congénita sin tener efectos adversos importantes⁽⁷⁾.

Los primeros estudios en pediatría se limitaron a sondas monoplanares, sin embargo, rápidamente comenzó a describirse el uso de planos ortogonales; con el desarrollo subsecuente de sondas miniaturizadas se generaron numerosos estudios demostrando su utilidad y seguridad en la población pediátrica⁽⁸⁻¹¹⁾.

Aplicaciones

El uso de la ecocardiografía en la sala de operaciones se describió desde 1972 con la ecocardiografía epicárdica en modo M para cirugías de la válvula mitral y posteriormente en el perioperatorio de cirugía cardíaca congénita para la planeación quirúrgica y detección de resultados subóptimos⁽¹²⁻¹⁴⁾, sin embargo, por las distintas limitaciones inherentes a la técnica se limitó su uso y la ecocardiografía intraoperatoria se volvió más rutinaria hasta después del uso generalizado del ETE y la incorporación del *Doppler* color^(12,15).

Comenzaron a surgir estudios que demostraron la utilidad del ETE intraoperatorio en pacientes adultos y posteriormente en la población pediátrica con el desarrollo de sondas más pequeñas^(5,7,16-19).

En 1980, Matsumoto y cols., utilizaron el ETE en modo M en paciente adultos para evaluar la función ventricular durante cirugía cardíaca de manera exitosa⁽¹⁶⁾.

A principios de los años 90, Stümper y cols., publicaron el uso del ETE en niños de 1 a 14,8 años sometidos a cateterismo o cirugía cardíaca demostrando su utilidad para definir de manera más adecuada la morfología de las cardiopatías congénitas, principalmente los retornos venosos sistémicos y pulmonares, las aurículas, los túneles intraauriculares, las válvulas auriculoventriculares y el tracto de salida del ventrículo izquierdo, así como en la monitorización de la función y volumen ventricular, y el resultado de la reparación quirúrgica⁽¹⁷⁾. Desde entonces, el impacto del ETE en el manejo intraoperatorio de las cardiopatías congénitas se ha documentado en diversas publicaciones^(15,18,20,21), de manera preoperatoria al añadir información adicional o modificar diagnósticos ya establecidos, lo cual puede generar un cambio en el procedimiento quirúrgico planeado, y en el transoperatorio identificando problemas residuales o secuelas que en ocasiones llevan a la necesidad de revisión de la reparación inicial. En relación con este último punto, el porcentaje de reintervención se ha reportado entre 3,7 % y 8,7 % con el uso del ETE^(15,21-23), y diversos estudios de costo-efectividad han demostrado el beneficio del uso rutinario del ETE intraoperatorio en los pacientes con cardiopatías congénitas^(20,24).

Actualmente el ETE es una herramienta valiosa como método diagnóstico en situaciones especiales, en el manejo perioperatorio de cardiopatías congénitas, en intervenciones por cateterismo, en la unidad de terapia intensiva y para monitorización hemodinámica en cirugías no cardíacas^(21,25).

Desarrollo de Guías

Debido a la generalización del uso del ETE en diversos escenarios, en 1992 la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE) publicó las guías para el entrenamiento médico en la correcta realización e interpretación del ETE⁽²⁶⁾. Con el desarrollo de sondas más pequeñas, y considerando las diferencias entre los niños y los adultos, surgieron en ese mismo año las recomendaciones específicas para el entrenamiento y la realización del ETE pediátrico⁽²⁷⁾. Posteriormente se publicaron recomendaciones adicionales respecto al uso de ETE perioperatorio tanto en adultos^(28,29) como en niños⁽³⁰⁾.

En 1999 la ASE publicó las guías para la realización de ecocardiografía transesofágica intraoperatoria multiplano, incluyendo una serie de 20 vistas de imágenes multiplanares y la nomenclatura que constituye un ETE intraoperatorio⁽³¹⁾.

Considerando el enfoque previo al área intraoperatoria, en 2013 se actualizaron dichas guías describiendo un examen ecocardiográfico transesofágico completo agregando ocho vistas adicionales a las 20 imágenes previas para incluir múltiples vistas en eje largo y eje corto de las cuatro válvulas, las cuatro cámaras

cardíacas y los grandes vasos, recomendando la realización de un examen ecocardiográfico transesofágico completo siempre que sea posible⁽³²⁾.

Debido a los aspectos singulares y las aplicaciones crecientes del ETE en el paciente pediátrico con enfermedad cardiovascular adquirida o congénita, en 2005 se actualizaron las recomendaciones de 1992, abordando las indicaciones, contraindicaciones, aspectos de seguridad y pautas de capacitación para el ETE en el paciente pediátrico con cardiopatía congénita⁽³³⁾. Posteriormente, en 2019 se publicó un nuevo documento proporcionando indicaciones para el uso del ETE y recomendaciones para vistas y técnicas estandarizadas para ser utilizadas en la evaluación de niños o de cualquier paciente con enfermedades cardíacas congénitas. Dicho documento procura ser consistente y mantener las mismas vistas y nomenclatura utilizadas en las guías de la población adulta, haciendo algunas modificaciones pertinentes para la población pediátrica o con cardiopatías congénitas⁽²⁵⁾.

Aspectos técnicos

La selección de la sonda a utilizar depende principalmente de dos factores: el peso del paciente y el tamaño de la sonda. Se recomienda que se utilice la sonda micro-multiplanar en pacientes mayores de 2,5 kg y la sonda mini-multiplanar en pacientes mayores de 3,0 a 3,5 kg. La sonda multiplanar bidimensional de adultos debe considerarse en pacientes mayores de 25 kg mientras que las sondas transesofágicas tridimensionales deben considerarse en pacientes mayores de 30 kg⁽²⁵⁾.

El ETE en niños se considera un procedimiento seguro si se realiza de manera adecuada y se han descrito complicaciones con una incidencia de 1 a 3 %⁽³³⁾. La mayoría de los problemas se han descrito en neonatos y lactantes menores en relación con compromiso respiratorio o compresión vascular. También se ha reportado estimulación vagal que produce bradicardia y alteraciones del ritmo durante la colocación de la sonda. La incidencia de disfagia orofaríngea se ha estimado en 18 % de los niños sometidos a cirugía cardíaca. En los pacientes con conexión anómala total de venas pulmonares puede producirse compromiso hemodinámico por compresión de la confluencia venosa pulmonar y se recomienda introducir la sonda transesofágica después de la apertura del tórax⁽²⁵⁾.

Diagrama de Flujo

Basado en las guías de la ASE para la realización de un ETE en niños y pacientes con cardiopatías congénitas⁽²⁵⁾, elaboramos un diagrama de flujo para facilitar la realización y obtención de las diferentes vistas ecográficas (**Figura 1**). Consideramos que es de utilidad contar con un protocolo que facilite la realización del estudio, principalmente en hospitales escuela, donde el residente en formación puede no estar familiarizado o puede confundirse fácilmente. Además, permite visualizar de manera rápida los movimientos o pasos a seguir para obtener una imagen precisa que en ocasiones se requiere en momentos críticos en quirófano.

El presente diagrama no pretende describir vistas nuevas, simplemente es una herramienta basada en las guías ya mencionadas que, en nuestra experiencia, ha permitido hablar el mismo lenguaje y tener instrucciones precisas para la obtención de la imagen deseada y la manipulación de la sonda.

A continuación, describimos los aspectos más relevantes para la manipulación del equipo y la aplicación del protocolo^(25,32). La ecocardiografía transesofágica se realiza en cuatro posiciones primarias dentro del tracto gastrointestinal: medioesofágica, transgástrica, transgástrica profunda y esofágica alta, recomen-

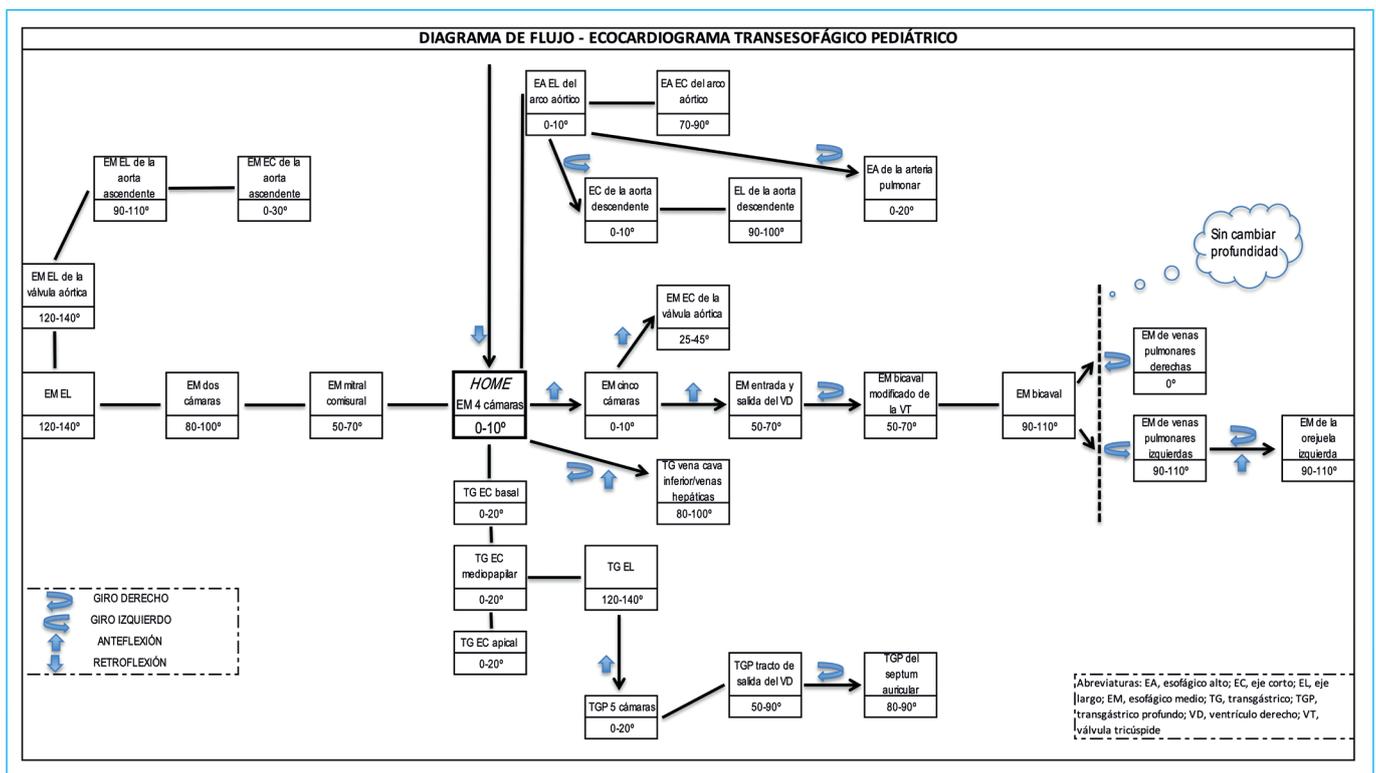


Figura 1. Diagrama de flujo.

do invertir las vistas transgástricas profundas para que el corazón se visualice de una manera anatómicamente correcta. La sonda puede manipularse en distintas direcciones y la terminología se basa asumiendo que el paciente está en posición supina con el plano de la imagen dirigido anteriormente desde el esófago hacia el corazón. La nomenclatura en referencia al corazón considera las siguientes posiciones: superior (hacia la cabeza), inferior (hacia los pies), posterior (hacia la columna) y anterior (hacia el esternón). Los términos derecha e izquierda del paciente hacen referencia a su lado derecho e izquierdo, respectivamente. La sonda se puede avanzar (introducir) o retirar (sacar) y puede girarse a la derecha (horario) o a la izquierda (anti-horario). Los controles del mango de la sonda permiten el movimiento (flexión) de la punta de la sonda. En la sonda multiplano para adultos, un control (la rueda más grande) permite la anteflexión (flexión anterior) o la retroflexión (flexión posterior) y el otro control (rueda más pequeña) proporciona la flexión derecha o izquierda. Las sondas pediátricas permiten la anteflexión y retroflexión, pero generalmente carecen del control de flexión derecha-izquierda, lo que limita los planos de imagen disponibles. La punta de la sonda multiplano permite que el plano de la imagen rote desde 0° hasta 180° (rotación hacia adelante) y desde 180° hacia 0° (rotación hacia atrás).

En el presente diagrama, las vistas localizadas más superior implican retiro de la sonda y las más inferiores implican avance de ésta (intentando representar la posición de la sonda en el esófago y estómago). Con flechas se identifican los distintos movimientos de la sonda (giro derecho e izquierdo). En cada vista se señala la rotación en grados sugerida para su obtención. La línea punteada indica la misma profundidad en el esófago. Como punto de partida se encuentra la vista medioesofágica de cuatro cámaras, la cual se obtiene fácilmente al insertar la sonda y a partir de la cual se puede obtener la vista deseada a través de movimientos secuenciales.

Por último, cabe mencionar que existen cuatro vistas ecocardiográficas que se mencionan en las guías para población adulta que no están incluidas en el diagrama que presentamos y que podrían ser de utilidad en algún momento, a saber: 1) transgástrico basal del ventrículo derecho (a 0-20° con anteflexión y giro a la derecha), 2) transgástrico de entrada y salida del ventrículo derecho

(a 0-20° con flexión a la derecha), 3) transgástrico dos cámaras (a 90-110°), y 4) transgástrico entrada del ventrículo derecho (90-110° con giro a la derecha)⁽³²⁾.

Conclusiones

El ETE se ha convertido en una herramienta invaluable para la evaluación diagnóstica y el manejo de la población pediátrica con cardiopatías congénitas. Parte de la formación de un ecocardiografista pediatra incluye conocer y poder realizar un ETE adecuadamente. En este contexto, consideramos que este diagrama es de ayuda en la enseñanza y en la práctica habitual de la ecocardiografía transesofágica.

Ideas para recordar

- El ecocardiograma transesofágico es de gran utilidad en la cardiología pediátrica incluyendo el manejo perioperatorio de cardiopatías congénitas.
- Es indispensable que los médicos en formación en cardiología y ecocardiografía pediátricas dominen esta técnica de imagen.

Fuente de Financiación

Los autores declaran que no existió ningún tipo de financiamiento.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen relaciones de interés comercial o personal dentro del marco de la investigación que condujo a la producción del artículo.

Bibliografía

1. Ayres NA, Miller-Hance W, Fyfe DA, Stevenson JG, Sahn DJ, Young LT, Minich LL, Kimball TR, Geva T, Smith FC, Rychik J; Pediatric Council of the American Society of the Echocardiography. Indications and guidelines for performance of transesophageal echocardiography in the patient with pediatric acquired or congenital heart disease: report from the task force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005 Jan;18(1):91-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2004.11.004> PMID: 15637497.
2. Cyran SE, Kimball TR, Meyer AM, Bailey WW, Lowe E, Balisteri WF, Kaplan S. Efficacy of intraoperative transesophageal echocardiography in children with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 63:594-598, 1989. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(89\)90905-3](https://doi.org/10.1016/0002-9149(89)90905-3)
3. Frazin L, Talano JV, Stephanides L, Loeb HS, Kopel L, Gunnar RM. Esophageal Echocardiography. *Circulation* 54(1):102-8, 1976. doi: <https://doi.org/10.1161/01.cir.54.1.102>
4. Fyfe, D. A., Ritter, S. B., Snider, A. R., Silverman, N. H., Stevenson, J. G., Sorensen, G., Ensing, G., Ludomirsky, A., Sahn, D. J., Murphy, D., Hagler, D., & Marx, G. R. (1992). Guidelines for Transesophageal Echocardiography in Children. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 5(6), 640-644. [https://doi.org/10.1016/S0894-7317\(14\)80332-5](https://doi.org/10.1016/S0894-7317(14)80332-5)
5. Gentles TL, Rosenfeld HM, Sanders SP, Laussen PC, Burke RP, van der Velde ME. Pediatric biplane transesophageal echocardiography- Preliminary experience. *Am Heart J*, 1994; 128: 1225-33. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(94\)90755-2](https://doi.org/10.1016/0002-8703(94)90755-2)
6. Gowda RM, Khan IA, Vasavada BC, Sacchi TJ, Patel R. History of the evolution of echocardiography. *Int J Cardiol.* 2004 Oct;97(1):1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.07.018>
7. Gussenhoven EJ, van Herwerden LA, Roelandt J, Ligtoet KM, Bos E, Witsenburg M. Intraoperative two-dimensional echocardiography in congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol.* 1987 Mar;9(3):565-72. doi: [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(87\)80049-9](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(87)80049-9)
8. Guzeltas A, Ozyilmaz I, Tanidir C, Odemis E, Tola HT, Ergul Y, Bilici M, Haydin S, Ereke E, Bakir I. The significance of transesophageal echocardiography in assessing congenital heart disease: our experience. *Congenit Heart Dis.* 2014 Jul-Aug;9(4):300-6. doi: <https://doi.org/10.1111/chd.12139>
9. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, Reeves ST, Shanewise JS, Siu SC, Stewart W, Picard MH. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013 Sep;26(9):921-64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.07.009> PMID: 23998692
10. Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Ichie Y. Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am Heart J.* 1980 Nov;100(5):605-9. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(80\)90223-9](https://doi.org/10.1016/0002-8703(80)90223-9)
11. Jijeh AM, Omran AS, Najm HK, Abu-Sulaiman RM. Role of intraoperative transesophageal echocardiography in pediatric cardiac surgery. *J Saudi Heart Assoc.* 2016 Apr;28(2):89-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsha.2015.06.005>
12. Lam J, Neirotti RA, Lubbers WJ, Naeff MS, Blom-Muilwijk CM, Schuller JL, Macartney FJ, Visser CA. Usefulness of biplane transesophageal echocardiography in neonates, infants and children with congenital heart disease. *Am J Cardiol.* 1993 Sep 15;72(9):699-706. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(93\)90888-j](https://doi.org/10.1016/0002-9149(93)90888-j) Erratum in: *Am J Cardiol* 1994 Mar 15;73(8):625. PMID: 8249848.
13. Ma XJ, Huang GY, Liang XC, Chen ZG, Jia B, Li X, Ye M. Transoesophageal echocardiography in monitoring, guiding, and evaluating surgical repair of congenital cardiac malformations in children. *Cardiol Young.* 2007 Jun;17(3):301-6. doi: <https://doi.org/10.1017/S1047951107000303>
14. Maleki M, Esmaeilzadeh M. The Evolutionary Development of Echocardiography. *Iran J Med Sci.* 2012;37(4): 222-232.
15. Matsumoto M, Oka Y, Strom J, Frishman W, Kadish A, Becker RM, Frater RWM, Sonnenblick EH. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am J Cardiol* 1980; 46:95-105. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(80\)90611-6](https://doi.org/10.1016/0002-9149(80)90611-6)
16. Muhiudeen Russell IA, Miller-Hance WC, Silverman NH. Intraoperative transesophageal echocardiography for pediatric patients with congenital heart disease. *Anesth Analg.* 1998 Nov;87(5):1058-76. doi: <https://doi.org/10.1097/0000539-199811000-00017>
17. O'Leary PW, Hagler DJ, Seward JB, Tajik AJ, Schaff HV, Puga FJ, Danielson GK. Biplane intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart disease. *Mayo Clin Proc* 1995; 70:317-326. doi: <https://doi.org/10.4065/70.4.317>
18. Pearlman AS, Gardin JM, Martin RP, MD, Parisi AF, Popp RL, Quinones MA, Stevenson JG, Schiller NB, Seward JB, Stewart WJ. Guidelines for Physician Training in Transesophageal Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography.* Vol 5, No 2, 1992, 187-194. doi: [https://doi.org/10.1016/s0894-7317\(14\)80552-x](https://doi.org/10.1016/s0894-7317(14)80552-x)
19. Practice Guidelines for Perioperative Transesophageal Echocardiography: A Report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 1996; 84:986-1006. doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181c51e90>
20. Puchalski MD, Lui GK, Miller-Hance WC, Brook MM, Young LT, Bhat A, Roberson DA, Mercer-Rosa L, Miller OI, Parra DA, Burch T, Carron HD, Wong PC. Guidelines for Performing a Comprehensive Transesophageal Echocardiographic Examination in Children and All Patients with Congenital Heart Disease: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019 Feb;32(2):173-215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.08.016> Epub 2018 Dec 25. Erratum in: *J Am Soc Echocardiogr.* 2019 May;32(5):681. Erratum in: *J Am Soc Echocardiogr.* 2019 Oct;32(10):1373-1378.
21. Randolph GR, Hagler DJ, Connolly HM, Dearani JA, Puga FJ, Danielson GK, Abel MD, Pankratz VS, O'Leary PW. Intraoperative transesophageal echocardiography during surgery for congenital heart defects. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Dec;124(6):1176-82. doi: <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.125816> PMID: 12447184.
22. Ritter SB. Transesophageal real-time echocardiography in infants and children with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1991;18(2):569-80. doi: [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(91\)90616-h](https://doi.org/10.1016/0735-1097(91)90616-h)
23. Schlüter M, Hinrichs A, Their W, Kremer P, Schröder S, Cahalan MK, Hanrath P. Transesophageal two-dimensional echocardiography- Comparison of ultrasonic and anatomic sections. *Am J Cardiol.* 1984 Apr 1;53(8):1173-8. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(84\)90657-x](https://doi.org/10.1016/0002-9149(84)90657-x)
24. Schlüter M, Langestein BA, Polster J, Kremer P, Souquet J, Engel S, Hanrath P. Transoesophageal cross-sectional echocardiography with a phased array transducer system Technique and initial clinical results. *Br Heart J.* 1982;48:67-72. doi: <https://doi.org/10.1136/hrt.48.1.67>
25. Shah PM, Stewart III S, Calalang CC, Alexon C. Transesophageal Echocardiography and the Intraoperative Management of Pediatric Congenital Heart Disease: Initial Experience With a Pediatric Esophageal 2D Color Flow Echocardiographic Probe. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 6, No 1 (February), 1992; pp 8-14. doi: [https://doi.org/10.1016/1053-0770\(91\)90036-s](https://doi.org/10.1016/1053-0770(91)90036-s)
26. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, Savage RM, Sears-Rogan P, Mathew JP, Quiñones MA, Cahalan MK, Savino JS. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocar-

- diography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *Anesth Analg*. 1999 Oct;89(4):870-84. doi: <https://doi.org/10.1097/0000539-199910000-00010> PMID: 10512257.
27. Side CD, Gosling RG. Non-surgical assessment of cardiac function. *Nature* 232, 335-336(1971). doi: <https://doi.org/10.1038/232335a0>
28. Souquet J, Hanrath P, Zitelli L, Kremer P, Langenstein BA, Schluter M. Transesophageal Phased Array for Imaging the Heart. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. BME-29, no. 10, pp. 707-712, Oct. 1982. doi: <https://doi.org/10.1109/TBME.1982.324864>
29. Stevenson JG. Role of intraoperative transesophageal echocardiography during repair of congenital cardiac defects. *Acta Paediatr Suppl*. 1995 Aug;410:23-33. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1995.tb13841.x>
30. Stümper OFW, Elzenga NJ, Hess J, Sutherland GR. Transesophageal echocardiography in children with congenital heart disease: an initial experience. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:433-41. doi: [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(90\)90598-j](https://doi.org/10.1016/0735-1097(90)90598-j)
31. Ungerleider, R. Decision making in pediatric cardiac surgery using intraoperative echo. *Int J Cardiac Imag*4, 33-35 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF01795117>