

Василів М., Підгірний Я.

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

## Черезстравохідна ехокардіографія і її місце в періопераційному моніторингу (огляд літератури)

**Резюме.** Ехокардіографія (використання ультразвуку для дослідження серця) — це безпечна, потужна, неінвазивна й безболісна техніка. З моменту свого клінічного введення в 80-х роках ХХ ст. інтраопераційна черезстравохідна ехокардіографія (ЧСЕхоКГ) стала одним з найбільших досягнень сучасної анестезіології. Метою статті є всебічний огляд інтраопераційного використання ЧСЕхоКГ у кардіохірургії. Ця напівінвазивна техніка дозволяє здійснювати пряму й швидку візуалізацію структурної анатомії серця й великих судин, а також оцінювати гемодинаміку й функціональний стан серцево-судинної системи. Черезстравохідна ехокардіографія інтраопераційно спочатку застосовувалася для оцінки систолічної функції лівого шлуночка, але за останні два десятиліття клінічне застосування ЧСЕхоКГ значно розширилось і зараз включає: оцінку діастолічної функції, оцінку патології і функції мітрального й аортального клапанів, виявлення залишкових внутрішньосерцевих дефектів і шунтів, виявлення внутрішньосерцевих тромбів і оцінку висхідної аорти. Отже, черезстравохідна ехокардіографія — це безпечне обстеження з низьким рівнем ризику, що використовувалося протягом декількох десятиліть в інтра- й післяопераційному періодах у кардіохірургії. Метод перевершує інші способи серцево-судинного моніторингу завдяки наданню детальної анатомічної й фізіологічної інформації в реальному часі. Черезстравохідна ехокардіографія здатна забезпечити дані, що впливають на хірургічну тактику й анестезію, а також дозволяють виконати негайну оцінку хірургічних результатів. Основні обмеження щодо його повсякденного використання пов'язані з вартістю обладнання й необхідністю професійної підготовки. Анестезіолог розширює свою роль у періопераційній медицині, надаючи життєво необхідну клінічну інформацію для анестезіологічної процедури. З огляду на всі переваги, наведені в статті, і з урахуванням низького ризику автори підтверджують нинішні рекомендації щодо використання інтраопераційної ЧСЕхоКГ у кардіохірургічних пацієнтів.

**Ключові слова:** черезстравохідна ехокардіографія; інтраопераційний моніторинг; огляд

Уперше черезстравохідна ехокардіографія (ЧСЕхоКГ) як діагностичний метод була запропонована в 1976 р. кардіологом L. Frazin як альтернатива трансторакальній ехокардіографії в пацієнтів із хронічним обструктивним захворюванням легень, надмірно розвинутим підшкірно-жировим шаром і вираженою деформацією грудної клітки. L. Frazin модифікував ендоскопічний датчик, що дозволяв отримати зображення тільки в одновимірному М-режимі. У 1980 році Masayuki Matsumoto і Yasu Oka в медичному коледжі Альберта Ейнштейна в Бронксі описали використання М-режиму ЧСЕхоКГ для по-

стійного моніторингу функції лівого шлуночка (ЛШ) у 21 пацієнта під час операції на серці.

У 1982 році P. Kremer, Cahalan, M. Roizen розпочали черезстравохідну ехо-революцію, навівши свої результати моніторингу пацієнтів у галузі серцево-судинної хірургії з новим клінічно придатним гнучким ендоскопом й описавши його корисність в оцінці функції ЛШ.

У 1987 році Cahalan et al. та Fiona Clements і Norbert de Vrijjn з Університету Дюка написали оглядові статті про використання ЧСЕхоКГ в анестезіології.

У 1986 році компанія Hewlett-Packard увела кольорове доплерівське картування в ЧСЕхоКГ, а в 1987 році de Bruijn et al. з Університету Дюка висвітлили свій перший досвід роботи з цією новою технологією. Того ж року до обладнання ЧСЕхоКГ було додано імпульсно-хвильовий доплер. З того часу ультразвукові технології неодноразово удосконалювалися: застосування багаточастотних датчиків, обробка цифрових зображень, а останнім часом — використання тканинного доплерівського й тривимірного (3D) зображення.

В умовах сучасної кардіохірургії широко використовується періопераційна ехокардіографія, оскільки вона надає інформацію, що значною мірою впливає на клінічне й хірургічне лікування та покращує результат лікування пацієнтів, які перенесли операцію на серці. ЧСЕхоКГ надає нову інформацію про серцеву патологію в значній кількості пацієнтів, що, у свою чергу, часто призводить до зміни хірургічної тактики. Крім того, збільшується використання ехокардіографії в умовах невідкладної допомоги для діагностики й лікування. Описано кілька досліджень, що демонструють корисність ЧСЕхоКГ у кардіохірургічній практиці. Дослідники й колеги показали, що в групі з 309 пацієнтів, яким проводилась інтраопераційна ЧСЕхоКГ, лікування змінилося у 26 % пацієнтів [1]. У 6 % хворих змінилась інотропна й інфузійна терапія [3]. Згідно з даними іншого дослідження, у якому ЧСЕхоКГ проводилась під час 587 інтервенцій, дані ЧСЕхоКГ були основним критерієм вибору хірургічної тактики в 17 %, а тактики введення рідини — у 47 %. Порівняно з даними, отриманими при використанні катетера в легеневій артерії, дані ЧСЕхоКГ дозволили щонайменше 4 рази вірогідніше приймати рішення щодо введення рідини [4].

В іншому дослідженні, у якому оцінювали 5016 дорослих пацієнтів, яким виконали операцію з приводу клапанної патології й аортокоронарного шунтування, у 36 % дані ЧСЕхоКГ були визначальними для корекції гемодинамічних порушень, а у 23 % ЧСЕхоКГ була єдиним керівним фактором для вибору хірургічної тактики [5]. Ще в одній публікації показано, що дані ЧСЕхоКГ дали підставу для зміни медикаментозної терапії в 53 % пацієнтів, а в 30 % дані ЧСЕхоКГ впливали на хірургічне рішення [2].

У великому дослідженні, що включало 12 566 пацієнтів, дані ЧСЕхоКГ у 9 % випадків вплинули на вибір хірургічної тактики. Аналіз даних сучасної літератури показує, що ЧСЕхоКГ є безцінним діагностичним і моніторинговим інструментом у пацієнтів, які перенесли кардіохірургічну операцію [6]. А також, згідно з рекомендацією ASA [7], інтраопераційна черезстравохідна ехокардіографія повинна проводитися в кожного дорослого пацієнта, якому виконується операція на відкритому серці й висхідній аорті. Крім того, слід враховувати клінічне застосування ЧСЕхоКГ при операціях реваскуляризації міокарда для підтвердження й уточнення передопераційної діагностики, виявлення нової патології, орієнтування анестезіологічної й хірургічної тактики, а також оцінки хірургічного результату.

Оцінка гемодинаміки за допомогою ехокардіографії є однією з головних переваг методу, вона корисна як для етіологічної діагностики гемодинамічної нестабільності (гіповолемія, депресія міокарда, легенева емболія, тампонада серця), так і для лікувальної тактики (інфузійна терапія, інотропи, вазодилататори тощо). За допомогою ЧСЕхоКГ можна безпосередньо оцінити скоротливість шлуночків [8] і внутрішньопорожнинний об'єм [9, 10], а також інші гемодинамічні параметри, такі як: систолічний тиск у легеневій артерії й правому шлуночку, тиск лівого передсердя, кінцево-діастолічний тиск лівого шлуночка, серцевий викид і фракція викиду.

Для анестезіолога вкрай важливим параметром є визначення серцевого індексу (CI), за допомогою якого можна вирахувати такі визначні параметри для проведення інтенсивної терапії в критичних хворих, як постачання й споживання кисню. Слід зауважити, що на даний час є спроби оцінити серцевий індекс різними шляхами, як інвазивними (катетер Свана — Ганца), так і неінвазивними (технологія Estimated Cardiac Output — esCCO™). Вимірювання CI за допомогою катетера Свана — Ганца є досить інвазивною маніпуляцією, а правдивість результатів, одержаних за технологією esCCO, не було доведено.

Можливості використання трансторакальної сонографії під час операції для оцінки CI обмежені у зв'язку з втягненням в операційне поле зони для субкостального доступу. У таких випадках CI визначають черезстравохідним або супрастернальним доступом (Ultrasonic Cardiac Output Monitor — USCOM). Ще в 1986 році J. Mark порівняв дані черезстравохідної ЕхоКГ з даними, що були отримані за допомогою термодилуції в кардіохірургічних хворих. Дані сонографії відносно діаметра аорти, необхідні для вирахування CI, погано корелювали з даними візуального спостереження хірургів. З іншого боку, час для виконання ЕхоКГ і варіабельність отриманих даних були меншими, ніж при термодилуції. На думку автора, ЕхоКГ показана тим хворим, у яких неможливо застосувати інвазивні методи визначення CI. У 2008 році W. Knirsch порівняв результати, отримані за допомогою препульмонарної термодилуції й супрастернального доплера (USCOM) у кардіохірургічних хворих; порівняння було не на користь сонографії. Проте, на думку Lai-Sze Grace Wong (2008), припустиме застосування USCOM для оцінки CI, особливо в тих випадках, коли важливою є динаміка показників, а не їх абсолютне значення. Недоліком USCOM, безперечно, є неможливість вимірювання тиску в легеневій артерії. Натомість перевагою USCOM є безпечність його застосування порівняно з термодилуцією. Крім того, ультразвукова візуалізація дозволяє визначити масивну емболію в легеневих судинах, наявність утворень у порожнинах серця, ефективність зовнішньої кардіостимуляції. Важливим є те, що ультразвукове дослідження нижньої порожнистої вени дозволяє побічно оцінити пренавантаження й відповідь організму на інфузійне навантаження. Подібним чином можна отримати інформацію при дослідженні

яремної вени, що є важливим у тому випадку, коли доступ до черевної й грудної клітки є обмеженим.

Існують різні алгоритми оцінки стану серцево-судинної системи за допомогою сонографії — FATE, FEEL, FoCUS (Holm J.H. et al., 2012; Breitkreutz R. et al., 2010; Andrus P. et al., 2013). Застосування даних алгоритмів дозволяє швидко отримати комплексну й динамічну оцінку стану серцево-судинної системи.

Виявлення й локалізація змін сегментарної скоротливості ЛШ є метою ехокардіографії при моніторингу ішемії міокарда. Ці зміни спостерігаються одразу (< 1 хвилини) після початку недостатньої перфузії міокарда. Описано, що ЧСЕхоКГ є найбільш чутливим і раннім методом моніторингу при діагностиці інтраопераційної ішемії міокарда [11]. Також дані ЧСЕхоКГ є важливими для виявлення сегментарних змін стінки шлуночків у ранньому післяопераційному періоді для виявлення неповної ревазуляризації.

Cwajg et al. [12] досліджували кінцеву діастолічну ширину стінки шлуночків у 45 пацієнтів, які перенесли ревазуляризацію міокарда. У результаті автори дійшли висновку, що розміри стінки, які дорівнюють або нижчі за 0,6 см, виключають можливість функціонального відновлення.

Метод дуже чутливий щодо анатомічної оцінки клапанів, що дозволяє діагностувати механізми й оцінити ступінь дисфункції, дані, які істотно впливають на прийняття рішення щодо хірургічного лікування. Метод дозволяє також оцінити якість проведеного хірургічного втручання інтраопераційно. Метод ЧСЕхоКГ є важливим для виявлення паравальвулярної регургітації. При оцінці 2076 пацієнтів, яким провели оперативні втручання з приводу патології мітрального клапана, Brown et al. діагностували систолічний потік у 8,4 % випадків [13], а чотири з цих пацієнтів потребували негайної реоперації. Іншим важливим показанням до проведення ЧСЕхоКГ є діагностика дисфункції протеза [14].

ЧСЕхоКГ відіграє важливу роль у виявленні атеросклеротичного ураження аорти і є більш чутливою, ніж пальпація аорти, яку виконує хірург [15, 16].

Точність даних, отриманих за допомогою черезстравохідної ехокардіографії при діагностиці розшарування аорти, прирівнюють до точності даних комп'ютерної й магнітно-резонансної томографії [17]. Це важливий метод для виявлення клаптя інтими, місця входу й повторного входу, диференціації істинного й хибного просвіту й виявлення інтрамурального тромбу [17].

Отже, черезстравохідна ехокардіографія — це безпечне обстеження з низьким рівнем ризику, що використовується протягом декількох десятиліть в інтра- й післяопераційному періодах у кардіохірургії. Метод перевершує інші способи серцево-судинного моніторингу завдяки наданню детальної анатомічної й фізіологічної інформації в реальному часі. Черезстравохідна ехокардіографія здатна забезпечити дані, що впливають на хірургічну тактику й анестезію, а також дозволяють виконати негайну оцінку хірургічних результатів. Основні обмеження щодо

його повсякденного використання пов'язані з вартістю обладнання й необхідністю професійної підготовки. Анестезіолог розширює свою роль у періопераційній медицині, надаючи життєво необхідну клінічну інформацію для анестезіологічної процедури. З огляду на всі переваги, наведені в цій статті, і з урахуванням низького ризику автори підтверджують нинішні рекомендації щодо використання інтраопераційної ЧСЕхоКГ у кардіохірургічних пацієнтів.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

## Список літератури

1. Flachskampf F.A., Decoodt P., Fraser A.G. et al. Guidelines from the working group. Recommendations for performing transeophageal echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2001. 2. 8-21.
2. Couture P., Denault A.Y., McKenty S. et al. Impact of routine use of intraoperative transesophageal echocardiography during cardiac surgery. *Can. J. Anaesth.* 2000. 47. 20-6.
3. Kneeshaw J., Canty D., Roscoe A., Klein A. Peri-operative TOE — does it have an effect on surgical practice. *J. Br. Soc. Echocardiogr.* 2006. 55. 7-8.
4. Bergquist B.D., Bellows W.H., Leung J.M. Transesophageal echocardiography in myocardial revascularization: II. Influence on intraoperative decision making. *Anesth. Analg.* 1996. 82. 1139-45.
5. Mishra M., Chauhan R., Sharma K.K. et al. Real-time intraoperative transesophageal echocardiography — How useful. Experience of 5,016 cases? *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 1998. 12. 625-32.
6. Eltzschig H.K., Rosenberger P., Löffler M., Fox J.A., Aranki S.F., Shernan S.K. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography on surgical decisions in 12,566 patients undergoing cardiac surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2008. 85. 845-52.
7. Thys D.M., Abel M.D., Brooker F.R. et al. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology.* 2010. 112. 1084-1096.
8. London M.J. Assessment of left ventricular global systolic function by transesophageal echocardiography. *Ann. Card. Anaesth.* 2006. 9. 157-163.
9. Hofer C.K., Ganter M.T., Rist A. et al. The accuracy of preload assessment by different transesophageal echocardiographic techniques in patients undergoing cardiac surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2008. 22. 236-242.
10. De Simone R., Wolf I., Mottl-Link S. et al. Intraoperative assessment of right ventricular volume and function. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005. 27. 988-993.
11. Shanewise J.S. How to reliably detect ischemia in the intensive care unit and operating room. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2006. 10. 101-109.
12. Cwajg J.M., Cwajg E., Nagueh S.F. et al. End-diastolic wall thickness as a predictor of recovery of function in myocardial hibernation: relation to rest-redistribution T1-201 tomography and dobutamine stress echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000. 35. 1152-1161.
13. Brown M.L., Abel M.D., Click R.L. et al. Systolic anterior motion after mitral valve repair: is surgical intervention necessary? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007. 133. 136-143.
14. Ionescu A., Fraser A.G., Butchart E.G. et al. Prevalence and clinical significance of incidental paraprosthetic valvar regur-

gitation: a prospective study using transoesophageal echocardiography. *Heart*. 2003. 89. 1316-1321.

15. Suvarna S., Smith A., Stygall J. et al. An intraoperative assessment of the ascending aorta: a comparison of digital palpation, transesophageal echocardiography, and epiaortic ultrasonography. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2007. 21. 805-809.

16. Whitley W.S., Glas K.E. An argument for routine ultrasound screening of the thoracic aorta in the cardiac surgery population. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2008. 12. 290-297.

17. Shiga T., Wajima Z., Apfel C.C. et al. Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography, helical computed tomography, and magnetic resonance imaging for suspected thoracic aortic dissection: systematic review and meta-analysis. *Arch. Intern. Med.* 2006. 166. 1350-1356.

18. Eltzchig H.K., Rosenberger P., Lekowski R.W. Jr et al. Role of transesophageal echocardiography patients with suspected aortic dissection. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2005. 18. 1221.

Отримано 12.02.2019 ■

Василив М., Пидгирний Я.

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого, г. Львов, Украина

### Чреспищеводная эхокардиография и ее место в периоперационном мониторинге (обзор литературы)

**Резюме.** Эхокардиография (использование ультразвука для исследования сердца) — это безопасная, мощная, неинвазивная и безболезненная техника. С момента своего клинического введения в 80-е годы интраоперационная чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ) стала одним из крупнейших достижений современной анестезиологии. Цель статьи — всесторонний обзор интраоперационного использования ЧПЭхоКГ в кардиохирургии. Эта полунинвазивная техника позволяет осуществлять прямую и быструю визуализацию структурной анатомии сердца и крупных сосудов, а также оценивать гемодинамику и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Чреспищеводная эхокардиография сначала применялась интраоперационно для оценки систолической функции левого желудочка, но за последние два десятилетия клиническое применение ЧПЭхоКГ значительно расширилось и сейчас включает: оценку диастолической функции, оценку патологии и функции митрального и аортального клапанов, выявление остаточных внутрисердечных дефектов и шунтов, выявление внутрисердечных тромбов и оценку восходящей аорты. Таким образом, чреспищеводная эхокардиография — это

безопасное обследование с низким уровнем риска, которое использовалось в течение нескольких десятилетий в интра- и послеоперационном периодах в кардиохирургии. Метод превосходит другие способы сердечно-сосудистого мониторинга благодаря предоставлению детальной анатомической и физиологической информации в реальном времени. Чреспищеводная эхокардиография способна обеспечить данные, которые влияют на хирургическую тактику и анестезию, а также позволяют выполнить немедленную оценку хирургических результатов. Основные ограничения по его повседневному использованию связаны со стоимостью оборудования и необходимостью профессиональной подготовки. Анестезиолог расширяет свою роль в периоперационной медицине, предоставляя жизненно необходимую клиническую информацию для анестезиологической процедуры. Исходя из всех преимуществ, представленных в статье, и с учетом низкого риска авторы подтверждают нынешние рекомендации по использованию интраоперационной ЧПЭхоКГ у кардиохирургических пациентов.

**Ключевые слова:** чреспищеводная эхокардиография; интраоперационный мониторинг; обзор

M. Vasylyv, Ya. Pidhirnyy

Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

### Trans-esophageal echocardiography and its place in the perioperative monitoring (literature review)

**Abstract.** Echocardiography (the use of ultrasound to examine the activity of the heart) is a safe, potent, non-invasive and painless technique. Since the time of its introduction into clinical medicine in 1980s, intraoperative trans-esophageal echocardiography (TEEchoCG) has become one of the most important achievements in modern anesthesiology. This semi-invasive technique allows performing direct and quick visualization of structural anatomy of the heart and large vessels. In addition, it promotes hemodynamic and functional evaluation of cardiovascular system. At the beginning, trans-esophageal echocardiography was applied as an intraoperative tool with the aim of systolic function evaluation of the left ventricle, while the clinical application of TEEchoCG has increased significantly for the two past centuries. It includes: evaluation of diastolic function, evaluation of the pathology and function of both mitral and aortic valves, detection of residual intracardiac defects and shunts, detection of intracardiac blood clots and evaluation of the ascending aorta. Thus, trans-esophageal echocardiography is a safe and low-risk examination which has been used for centu-

ries in both intraoperative and postoperative periods in cardiovascular surgery. This method prevails over other techniques of cardiovascular monitoring due to providing detailed anatomic and physiological information in real time. Trans-esophageal echocardiography is able to provide data which influence the surgical approach and anesthesia as well as immediate evaluation of surgical results. Main restrictions concerning its routine application are connected with the cost of equipment and the necessity of professional qualification. Anesthesiology extends the role of TEEchoCG in the postoperative medicine providing vitally important clinical information required for the anesthetic procedure. Taking into account all advantages demonstrated in this paper and low risk of the technique, authors confirm current recommendations on the use of intraoperative TEEchoCG in cardiosurgical patients. This paper aims at performing comprehensive review of intraoperative use of TEEchoCG in cardiovascular surgery.

**Keywords:** trans-esophageal echocardiography; intraoperative monitoring; review