

ТРАНСТОРАКАЛЬНЫЙ КАРДИОГРАФИЧЕСКИЙ СИМУЛЯТОР: ДОПУСТИМЫЕ И НЕДОПУСТИМЫЕ АСПЕКТЫ

Робина Матьял, Рума Боуз, Хайдер Варраих, Саид Шахул, Стефан Рэтклиф и др.
Медицинская Школа Гарварда, Бостон, Массачусетс, США

TRANSTHORACIC ECHOCARDIOGRAPHIC SIMULATOR: NORMAL AND THE ABNORMAL

Robina Matyal, MD, Ruma Bose, MD, Haider Warraich, MD, Sajid Shahul, MD, Stephen Ratcliff, MD, et al.
Harvard Medical School, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, MA

The Vimedix TTE/TEE simulator is an innovative teaching tool and, by introducing echocardiographic abnormalities, has introduced another dimension to echocardiography training. Although many other models are currently in development, at the time of writing, it is one of the most advanced echocardiographic teaching tools available and with enhancements such as color-flow and pulse-wave Doppler enables trainees to practice and fine-tune their echocardiography skills before an actual echocardiographic examination. However, technology seems to have outpaced validation and evaluative studies,²⁷ which only necessitates further study into objectifying the transfer of simulator training to better technical skills that eventually result in better patient outcomes.

Использование ультразвука при местной анестезии для доступа к сосудам и при трансторакальной эхокардиографии (ТТЭ) постепенно приводит к изменению общепринятых принципов анестезии¹. Эффективность (ценность) и реализуемость (возможность осуществления) сфокусированного ультразвукового исследования была подтверждена в ходе экстракардиальных операций¹. Было организовано несколько новых курсов обучения по использованию ТТЭ для принятия решений на месте в операционном зале или за его пределами²⁻⁴. Благодаря тому, что ТТЭ является непроникающим методом исследования, а также позволяет осуществить динамический мониторинг сердечной деятельности, это значительно упрощает операции с высоким риском не на сердце пациента⁵.

Несмотря на то что анестезиологи широко используют чреспищеводную эхокардиографию (ЧПЭ) и знакомы с принципами ультразвукового исследования сердца и сосудов, периоперационное использование ТТЭ не распространено. Принимая во внимание доступность и сравнительно невысокую стоимость портативных ультразвуковых систем в настоящий момент, наблюдается рост заинтересованности в использовании полного потенциала таких приборов. Другая причина неактивного использования ТТЭ - недостаток структурированного обучения анестезиологов. Национальный совет эхокардиографии предъявляет следующие требования для сертификации: самостоятельное выполнение как минимум 150 ультразвуковых исследований, а также

300 интерпретаций в присутствии и под контролем инструктора. Однако, недостаток обученного персонала и другие проблемы в области кадров являются причинами, вследствие которых ТТЭ не используется регулярно и своевременно для определения рисков перед операцией.

ТТЭ – это техника, которая требует высоких компетенций в области УЗИ и анализа ультразвуковых изображений под руководством инструктора. Традиционно для получения ультразвуковых изображений кардиологи обращаются к обученным специалистам, в то время как реаниматологи должны уметь самостоятельно выполнить ТТЭ. Крупнейшие национальные профессиональные объединения (американское общество анестезиологов, общество сердечно-сосудистых анестезиологов, общество реаниматологов) начали проводить обучения для своих членов в области эхокардиографии. Однако на сегодняшний день не предусмотрено официальных структурированных программ обучения анестезиологов ТТЭ.

В результате и без того существенная нехватка специалистов, владеющих техникой ТТЭ, усугубляется ограниченностью возможностей обучения, вследствие чего возникает необходимость использования альтернативных методов обучения ТТЭ. Использование симуляторов дает уникальную возможность создать виртуальную среду обучения и снизить длительность обучения.

Эхокардиография и использование симуляторов

Анестезиологи всегда были в авангарде, когда речь шла о предложении инноваций в использовании симуляторов и были пионерами внедрения этой техники во врачебную практику. История использования симуляторов и фантомов при обучении врачей началась с двух анестезиологов: доктора Питера Сафара и доктора Бьорна Линда, которые в 1950 годах разработали первый в мире манекен Resusci-Annie для тренировки восстановления проходимости дыхательных путей и реанимационных мероприятий⁶. В настоящий момент симуляторы используются во всех направлениях анестезии⁷, особенно в терапии сердечно-сосудистых патологий.

Симуляторы также успешно используются во многих областях в качестве инструмента обучения: например, в педиатрии⁹, в хирургии¹⁰, инвазивной радиологии¹¹, педиатрической кардиологии¹², неонатологии¹³, акушерстве и гинекологии¹⁴, онкологии¹⁵, урологии¹⁶, ортопедии¹⁷, нефрологии¹⁸, реаниматологии¹⁹.

Недавно опубликованное исследование о роли и ценности использования симуляторов в обучении врачей выявило положительный эффект симуляторов на тренировку основных клинических навыков и знаний, а также навыков выполнения специфичных процедур²⁰. Преимущества симуляторов перед другими методами обучения были подтверждены различными исследованиями²¹.

Ранее проводились исследования о целесообразности использования симуляторов ТТЭ при обучении врачей-терапевтов²². Симулятор ТТЭ Heartworks (производитель - Inventive Medical Ltd, Лондон, Великобритания) представляет собой автоматически управляемую, плотную, трехмерную модель сердца человека. Патологии, выявляемые при эхографическом исследовании (например, патологии движения стенок), а также недостаточность клапанов пока не были включены в данную модель. Поэтому этот симулятор предназначен только для обучения нормальной процедуре ТТЭ.

Компания EchoCom (Лейпциг, Германия) также разработала симуляторы ТТЭ и ЧПЭ, основанные на «расширенной реальности», которая сочетает виртуальную модель сердца с эхографическими данными, полученными от реальных пациентов^{23, 24}. Однако вследствие недостаточных возможностей компьютера изображение и модель сердца имеют низкое разрешение по сравнению с другими симуляторами. Кроме того, кардиологические патологии еще не включены в этот симулятор.

Компания Blue Phantom (Сиэтл, штат Вашингтон) также разработала эхокардиографический симулятор, который представляет собой манекен с встроенной неподвижной моделью сердца. Модель сердца можно визуализировать с помощью поверхностного трансортального зонда. Такая модель из-за отличий от реальной физиологической модели не может обеспечить имитацию реальных физиологических характеристик. Тем не менее, в условиях ограниченности средств и возможностей обучения курсантов-анестезиологов потребность в эхографических симуляторах возрастает. Роль симуляторов в настоящее время уже не ограничивается обучением: симуляторы могут использоваться также при оценке в анестезиологии.²⁶

Самая последняя модель симуляторов ТТЭ и ЧПЭ, доступная на рынке, была разработана компанией Vimedix (CEA Healthcare Inc, Монреаль, Канада) и основана на анатомически правильной твердой трехмерной модели сердца. Этот симулятор состоит из манекена, компьютера, монитора с высоким разрешением, датчика ТТЭ (см. иллюстрации на следующей странице).

Датчик ТТЭ используется на манекене для выполнения полного обследования ТТЭ. Монитор предусматривает возможность двойного экрана, что позволяет одновременное изображение трехмерного сечения модели сердца и изображения ТТЭ. Движения датчика показываются на мониторе, пользователь имеет возможность просматривать модель сердца с разных точек и под разным углом



Рис. 1
Трансторакальный вариант симулятора



Рис.2
Чрезпищеводный вариант симулятора

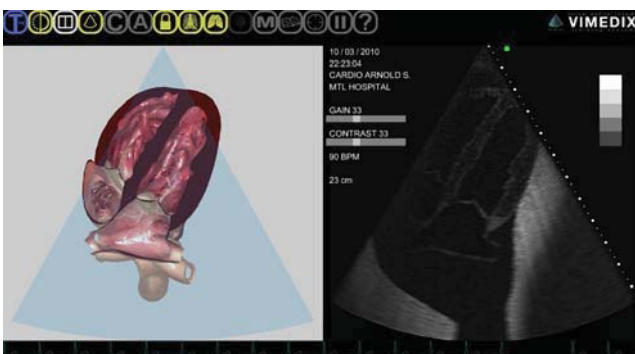


Рис. 3
Двойной экран: трехмерная виртуальная модель сердца в реальном времени в сочетании с имитацией УЗ-изображения

Технические спецификации

Технические спецификации на программное обеспечение защищены правами собственности компании Vimedix (CEA Healthcare Inc, Монреаль, Канада), но для общего пользования доступна следующая информация: манекен с прощупываемыми ребрами и животом, который можно сжимать, операционная система и программное обеспечение, различные учебные материалы и компоненты компьютера.

Изображения

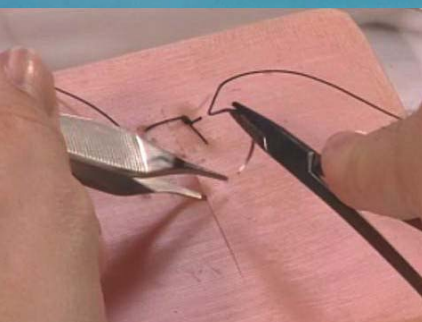
Экран симулятора имеет несколько опций, которые способствуют обучению пользователя. На экране может показываться эхокардиографическое изображение, анатомическая модель или оба эти изображения (рис.3). Операции с моделью сердца можно выполнять в разных плоскостях и с разных сторон. Симулятор предусматривает возможность блокировки трансдюсера, позволяет передвигать модель сердца, таким образом, повышая возможности обучения и улучшая понимание соответствия анатомической модели и эхокардиографических изображений.

Учебные средства

Симулятор предусматривает следующие средства обучения:

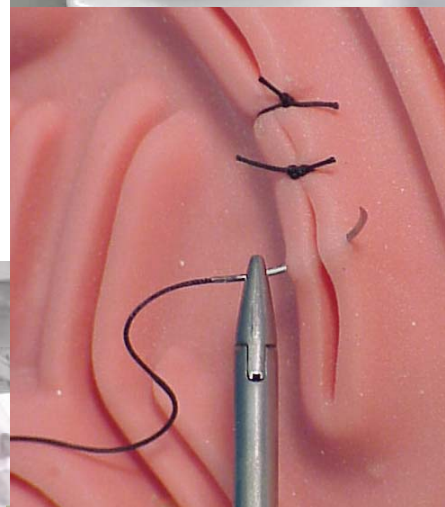
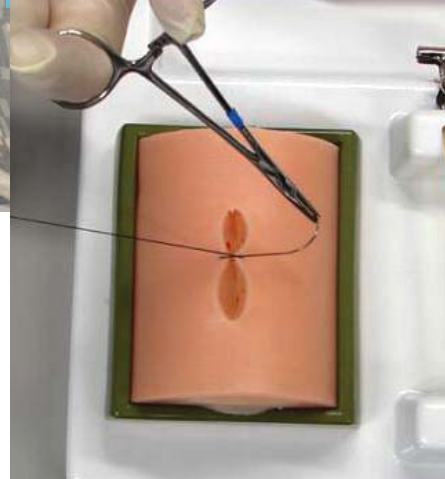
1. Изображения в режиме М: построение М-изображений на любом участке сердца (рис. 4). М-изображение можно «заморозить» и снять соответствующие измерения.
2. Цветное доплеровское картирование кровотока: эта опция еще не доступна, но ожидается в следующей версии программного обеспечения.
3. ТТЭ и ЧПЭ: симулятор позволяет выполнить ТТЭ и ЧПЭ на твердой платформе с использованием одной и той же модели сердца с одинаковым программным обеспечением. В момент создания данной инструкции это единственная опция с двойными возможностями.

ВСЕ ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ТРЕНИНГА: МУЛЯЖИ, ФАНТОМЫ, ТРЕНАЖЕРЫ, СИМУЛЯТОРЫ



Компания ВИРТУМЕД предлагает широкий спектр учебно-методических материалов и обучающих изделий для практической подготовки хирургов, гинекологов, урологов и иных специалистов хирургического профиля:

- Базовые хирургические навыки
- Общая хирургия
- Неотложная хирургическая помощь
- Терапия жизнеугрожающих состояний
- Лапароскопическая хирургия
- Эндоскопия



ООО ВИРТУМЕД. Тел.: (495) 988-26-12, (910) 790-6789
Эл. почта: post@virtumed.ru Сайт: www.virtumed.ru

4. Манекен: манекен симулятора приспособлен для выполнения ТТЭ и ЧПЭ и имеет прощупываемые ребра и грудную кость, живот манекена можно сжимать (нажимать на него), верхний пищеварительный тракт позволяет отработать ввод зонда.

5. Ввод чреспищеводного эхокардиографического датчика: симулятор позволяет курсанту обрабатывать ввод датчика ЧПЭ. Ввод датчика ЧПЭ является важной процедурой, поскольку основные осложнения при ЧПЭ возникают именно на этом этапе.

6. Реалистичное сканирование: симулятор имитирует не только сердце, но и прилежащие структуры: печень, ребра, грудную кость, нижнюю полую вену, верхнюю полую вену, аорту, легкие, позвонки. Благодаря этому обеспечивается реалистичное сканирование. Можно удалить ткани с изображения в цифровом формате, чтобы облегчить создание изображения.

7. Расписание обучения: в комплект программного обеспечения входит сетевое расписание обучения.

Допустимые и недопустимые аспекты Эхокардиографическое обследование

Одной из характеристик симулятора является способность имитировать патологии сердца. Симулятор должен имитировать не только нормальное исследование, но также патологии сердца (видео 1-3) (плевральный выпот, бивентрикулярная дисфункция, множественные патологии движения стенки). Кроме патологий миокарда, ТТЭ можно сделать более сложной при изменении модели сердца таким образом, чтобы имитировать эмфизематозную грудную клетку с возможностью включения теней от ребер.

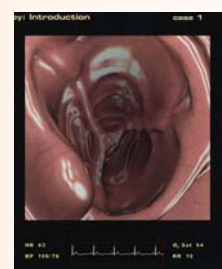
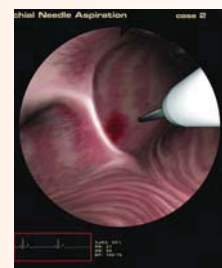
Симулятор ТТЭ и ЧПЭ, разработанный компанией Vimedix, включает все эти характеристики. Этот симулятор предоставляет возможность практического обучения эхокардиографии в различных клинических ситуациях. Условия получения изображений можно определить как условия стандартного обследования, а также как очень сложные условия для выполнения эхокардиографии

ЭндоВР [ЭндоВиАр] Виртуальная эндоскопия

Роботизированное патентованное устройство обеспечивает реалистичную тактильную чувствительность с обратной связью и имитацией сопротивления тканей.



- Рутинная бронхоскопия
- Эндосонография
- Бронхоальвеолярный лаваж и взятие биопсии
- Трудные педиатрические дыхательные пути
- Гастродуоденоскопия
- Кровотечение в желудке
- Ретроградная Холангиопанкреатография (ЭРХПГ)
- Колоноскопия
- Сигмоидоскопия
- Полипэктомия и биопсия



Альтамедика

Тел/факс +7 (495) 332-33-56

Эл.почта: office@altamedica.ru

Сайт www.altamedica.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА



ЛапВР

Виртуальный симулятор
лапароскопии



ЦЕЗАРЬ

Имитатор пациента



ЭндоВР

Виртуальный симулятор
эндоскопии



ВАЙМЕДИКС

Виртуальный симулятор УЗИ



КатЛабВР

Виртуальный симулятор
ангиографии



ОУЛ

Система менеджмента
учебного центра

При этом создается уникальная возможность не только обучать врачей, но также тестировать и оценивать их. Библиотека эхокардиологических патологий, вероятно, расширится.

Получение целевого изображения

Важная инновация этого симулятора – возможность дублировать движения и угловые расположения трансдьюсера, которые выполняет опытный эхокардиограф. Программа сохраняет стандартное изображение, которое генерирует эксперт-экзаменатор, на экране показывается соответствующая секция и лучи ультразвука. Затем курсант может осуществлять манипуляции с полученным изображением, все эти манипуляции будут видны на этом изображении. Это позволяет оценить навыки курсанта по получению изображений.

Целевые изображения, полученные экспертами, могут быть сохранены и использованы несколько раз для обучения. Дисплей изображения сердца с соответствующим сечением и одновременно показывающееся эхографическое изображение – эффективные инструменты обучения, уникальные для этого симулятора.

Линейные расчеты, измерение зон

Симулятор позволяет произвести линейные расчеты и измерение зоны на эхокардиографическом изображении. Возможность синхронизировать эти измерения с дисплеем эхокардиограммы позволяет отследить цикл деятельности сердца с достаточной степенью точности. Включение импульсно-волнового доплера в дальнейшем позволит осуществлять гемодинамические расчеты (объемная скорость кровотока сердца, расчеты зоны клапана, расчеты внутрисердечного давления). Возможность осуществлять различные расчеты и измерения в различных патологических состояниях при различной динамике кровообращения способствовала тому, что это стало осуществляться на практике.

Ограничения

Хотя симулятор ТТЭ / ЧПЭ является эффективным инструментом обучения, он дорогостоящий и, возможно, будет использоваться только в крупных академических медицинских центрах. Использование симуляторов в эхокардиографии только дополняет, но не может заменить практические занятия в больнице, которые необходимы для закрепления навыков. Поэтому симуляторы для отработки навыков эхокардиографии, вероятнее всего, будут использоваться в крупных медицинских центрах, где также существуют возможности обучения на практике с участием реальных пациентов и в реальных условиях. Нет оптимизации изображения. Поэтому базовое обучение навыкам работы на этом оборудовании (что является важным компонентом эхографического обучения) пока не доступно для этого симулятора. Аппарат не предусматривает возможности создания профиля нового обучения путем ввода идентификационных данных пациента, не позволяет сохранять записи выполнения упражнений, а затем проигрывать и оценивать их. Однако, можно регулировать яркость и четкость изображения. При добавлении вышеперечисленных опций возможности обучения будут расширены.

Заключение

Симулятор ВАЙМЕДИКС – это современный и инновационный инструмент обучения, новый шаг в обучении навыкам эхокардиографии. Многие другие модели подобного оборудования находятся в разработке, но на момент написания данной статьи симулятор Vimedix для отработки навыков ТТЭ / ЧПЭ – самый технологически продвинутый инструмент обучения эхокардиографии, который, благодаря таким функциям, как цветное доплеровское картирование потоков и импульсно-волновой доплер, позволяет курсантам оттачивать навыки эхокардиографического исследования до выполнения такого исследования на практике. Развитие технологии опередило оценку своей эффективности, поэтому требуются дальнейшие исследования по оценке переноса навыков, полученных в симуляционном тренинге в клинику.

Литература

1. Cowie B: Focused cardiovascular ultrasound performed by anesthesiologists in the perioperative period: Feasible and alters patient management. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:450-456, 2009
2. Beaulieu Y: Specific skill set and goals of focused echocardiography for critical care clinicians. *Crit Care Med* 35:S144-S149, 2007
3. Cholley BP, Vieillard-Baron A, Mebazaa A: Echocardiography in the ICU: Time for widespread use! *Intensive Care Med* 32:9-10, 2006
4. Mayron R, Gaudio FE, Plummer D, et al: Echocardiography performed by emergency physicians: Impact on diagnosis and therapy. *Ann Emerg Med* 17:150-154, 1988
5. Manecke GR Jr, Vezina DP: Perioperative transthoracic echocardiography: "Universal acid"? *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:447-449, 2009
6. Grenvik A, Schaefer J: From Resusci-Annie to SimMan: The evolution of simulators in medicine. *Crit Care Med* 32:S56-S57, 2004
7. Morgan PJ, Cleave-Hogg D: A worldwide survey of the use of simulation in anesthesia. *Can J Anaesth* 49:659-662, 2002
8. Sinz E: Simulation-based education for cardiac, thoracic, and vascular anesthesiology. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 9:291-307, 2005
9. Weinberg ER, Auerbach MA, Shah NB. The use of simulation for pediatric training and assessment. *Curr Opin Pediatr* 21:282-287, 2009
10. Tavakol M, Mohagheghi MA, Dennick R: Assessing the skills of surgical residents using simulation. *J Surg Educ* 65:77-83, 2008
11. Gould D: Using simulation for interventional radiology training. *Br J Radiol* 83:546-553, 2010
12. Weidenbach M, Razek V, Wild F, et al: Simulation of congenital heart defects: A novel way of training in echocardiography. *Heart* 95:636-641, 2009
13. Halamek LP, Kaegi DM, Gaba DM, et al: Time for a new paradigm in pediatric medical education: Teaching neonatal resuscitation in a simulated delivery room environment. *Pediatrics* 106:E45, 2000
14. Bastos LF, Lobo MF, van Meurs WL, et al: An intrauterine pressure generator for educational simulation of labour and delivery. *Med Eng Phys* 32:740-745, 2010
15. Keshtgar MR, Chicken DW, Waddington WA, et al: A training simulator for sentinel node biopsy in breast cancer: A new standard. *Eur J Surg Oncol* 31:134-140, 2005
16. Kommu SS, Rane A: Devices for laparoendoscopic single-site surgery in urology. *Expert Rev Med Devices* 6:95-103, 2009
17. Tuijthof GJ, Herder JL, van Dijk CN: Experimental approach to study arthroscopic irrigation. *Med Eng Phys* 30:1071-1078, 2008
18. Rock BG, Leonard AP, Freeman SJ: A training simulator for ultrasound-guided percutaneous nephrostomy insertion. *Br J Radiol* 83:612-614, 2010
19. McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG, et al: Simulation in graduate medical education 2008: A review for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 15:1117-1129, 2008
20. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S Jr, et al: The utility of simulation in medical education: What is the evidence? *Mt Sinai J Med* 76:330-343, 2009
21. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, et al: A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg* 248:166-179, 2008
22. Bose R, Matyal R, Panzica P, et al: Transesophageal echocardiography simulator: A new learning tool. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:544-548, 2009
23. Weidenbach M, Drachsler H, Wild F, et al: EchoComTEE—A simulator for transoesophageal echocardiography. *Anaesthesia* 62:347-353, 2007
24. Weidenbach M, Wild F, Scheer K, et al: Computer-based training in two-dimensional echocardiography using an echocardiography simulator. *J Am Soc Echocardiogr* 18:362-366, 2005
25. Castanelli DJ: The rise of simulation in technical skills teaching and the implications for training novices in anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 37:903-910, 2009
26. Murray DJ, Boulet JR, Avidan M, et al: Performance of residents and anesthesiologists in a simulation-based skill assessment. *Anesthesiology* 107:705-713, 2007
27. Hammond J: Simulation in critical care and trauma education and training. *Curr Opin Crit Care* 10:325-329, 2004