

Симуляционное обучение в сердечно-сосудистой хирургии

Программа симуляционного курса представлена в книге – Симуляционное обучение в медицине /под ред. Проф. Свистунова А.А./ составитель Горшков М.Д. –М., Изд.: Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2013 – 288 стр., ил. – Симуляционное обучение в сердечно-сосудистой хирургии. Авторы: Караськов А.М., Эфендиев В.У., Кузнецова Т.А., Бойцова И.В., Назаров В.М., Архипов А.Н. стр. 218-237

Цели и задачи симуляционного тренинга в сердечно-сосудистой хирургии

Разработанная программа симуляционных занятий в сердечно-сосудистой хирургии **направлена на** развитие практических навыков и хирургического мышления.

Учитывая то, что уровень кардиохирургических клиник, а также объем и спектр, выполняемых ими вмешательств, в России достаточно разный, и уровень подготовки специалистов неодинаков. Специалист в ННИИПК имеет возможность ознакомиться со всеми видами кардиохирургических операций.

Отработка практических навыков происходит с использованием симуляции в обучении, предусматривающим **отработку** навыков на манекенах, роботах, искусственных тканях, лабораторных животных.

Актуальным является вопрос выработки единых критериев для оценки практических навыков.

Программа включает теоретическую подготовку в объеме лекционного материала по теме симуляционного занятия и самоподготовку с практическими занятиями (занятия на симуляторе, dry-lab, wet-lab).¹

Практическое занятие на симуляторах **позволяет** сердечно-сосудистым хирургам понять и самостоятельно отработать все возможные особенности операции, развить алгоритм действий, способствующий точному выполнению хирургического вмешательства без излишних действий и ошибок, которые неприемлемы при лечении пациентов.

Программа включает в себя блок занятий по топографической анатомии органов средостения и магистральных сосудов, специфику применения хирургического материала в сердечно-сосудистой хирургии, общехирургическую технику операции, отработку хирургических швов, особенности работы с разными видами тканей в кардиохирургии. Слушатель проходит обучение по трем тематическим направлениям: 1) коронарная хирургия и хирургия магистральных сосудов, 2) хирургия приобретенных пороков сердца, 3) хирургия врожденных пороков сердца.

Учебная программа составлена в определенной последовательности **с учетом развития** хирургических навыков.

Dry-lab и wet-lab – два основных метода симуляции в сердечно-сосудистой хирургии, каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Dry-lab более прост в организации, однако менее реалистичен. Wet-lab требует более серьезной подготовки, желательно наличие экспериментальной операционной или лаборатории. Несомненными преимуществами wet-lab являются: максимально реалистичная картина

¹Программа апробирована на 44 обучающихся по специальности «сердечно-сосудистая хирургия» в ординатуре ФГБУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России - ведущим кардиохирургическим центром России, выполняющим ежегодно более 12 тысяч операций высочайшей категории сложности. Образовательный процесс рассматривается в ННИИПК как один из основных, наряду с научной и лечебной деятельностью. Ежегодно в Учебном центре Института обучается более 2 тысяч специалистов.

расположения сердца животного в грудной клетке, полноценная визуализация объекта операции в связи с отсутствием кровотечения (чистые ткани сердца), гарантия выполнения полного этапа хирургического вмешательства, податливость ткани – полная релаксация миокарда. Недостатки wet-lab: снижение реалистичности в связи с отсутствием кровоснабжения тканей, трудности в распознавании анатомических структур и небольшие размеры сердца животного.

В качестве преподавателей симуляционного занятия привлекаются ведущие специалисты учреждения по направлениям (врожденные и приобретенные пороки сердца, хирургия аорты, коронарных и периферических артерий, аритмология), практикующие хирурги (гарантирует постоянное самосовершенствование в ногу с развитием технологий в медицине) с ученой степенью (позволяет обеспечить фундаментальный подход в теоретической подготовке).

Руководитель симуляционного курса – к.м.н. Архипов А.Н.

№	Название темы	Необходимое оборудование и расходный материал	Приобретаемый навык
1	Анатомия сердца. Техника операций. Подготовка операционного поля. Позиционирование сердца. Мобилизация магистральных сосудов	Демонстрационный стол, комплекс сердце-легкое свиньи/симулятор грудной клетки человека Инструменты: анатомический пинцет – 2, препаровочные ножницы – 1	Понимание топографической анатомии сердца и легких
2	Топографическая анатомия сердца в комплексе органов грудной клетки. Мобилизация и препарирование магистральных сосудов сердца в полости перикарда при кардиохирургической операции у взрослых (wet-lab)	Комплекс сердце-легкое свиньи Инструменты: сосудистый пинцет – 2, препаровочные ножницы – 1, иглодержатель сосудистый Де Бейки - 1	Особенности подготовки сердца и магистральных сосудов к кардиохирургической операции. Доступы к полостям сердца
3	История развития шовных материалов	Демонстрационный шовный материал и демонстрационные иглы, применяемые в сердечно-сосудистой хирургии	Понимание необходимости выбора шовного материала и иглы в зависимости от шва и тканей в сердечно-сосудистой хирургии
4	Обзор шовных материалов, используемых в хирургической практике		
5	Техника наложения швов. Выбор шовного материала и иглы		
6	Техника вязания узлов	Станция для вязания узлов, шнурки	Быстрое и правильное выполнение хирургического узла в зависимости от ситуации
7	Наложение кожного шва	Препаровочный стол, ножка свиньи с копытцем, шовный материал для кожного шва.	Наложение шва кожи

		Инструменты: иглодержатель Мотье – 1, хирургический пинцет – 2, анатомический пинцет – 2, ножницы Купера – 1, препаровочные ножницы - 1	
8	Техника шва мягких тканей, мышц, апоневроза. Требования к шовному материалу, оценка состоятельности данного шва. Требование к остеосинтезу	Брюшная стенка свиньи (wet lab), симулятор грудной стенки человека, шовный материал для мягких тканей и шва грудины. Инструменты: иглодержатель Мотье – 1, хирургический пинцет – 2, анатомический пинцет – 2, ножницы Купера – 1, препаровочные ножницы - 1	Выполнение различных видов швов мягких тканей и кожи. Имobilизации грудины при остеосинтезе
9	Техника наложения сосудистого шва, виды сосудистых швов. Требования к сосудистому шву		
10	Практические навыки наложения сосудистого шва (dry-lab)	Имитатор грудной клетки (деревянный бокс с регулируемой площадкой под углом 45-180° для коронарного анастомоза), силиконовые трубки с внутренним просветом 3 мм. Монофиламентная нить 6/0 и 7/0. Инструменты: иглодержатель сосудистый Кастроверджи с держателем 7 мм. – 1, пинцет сосудистый с насечкой Де Бэйки – 2, ножницы сосудистые с режущей частью 7 мм под углом 45° - 1, ножницы сосудистые с режущей частью 7 мм под углом 60° - 1	Наложение сосудистого шва; Формирование коронарного, сосудистого анастомоза
11	Практические навыки наложения сосудистого шва (wet-lab)	Препаровочный стол, брюшная аорта свиньи с бифуркацией, сосудистый протез, нити для анастомоза монофиламентные 4/0 и 5/0. Инструменты: иглодержатель сосудистый Де Бэйки – 1, пинцет сосудистый – 2, препаровочные ножницы – 1, сосудистые ножницы - 1	
12	Хирургия аортального и митрального клапана. Техника протезирования биологическим и механическим клапаном		
13	Протезирование аортального клапана сердца	Имитатор грудной клетки (картонный бокс с механизмом фиксации сердца спицей), сердце свиньи, плетеные нити фторэкс 2 цветов с иглой 2/0. Инструменты: иглодержатель Мотье – 1, сосудистый пинцет – 2, анатомический пинцет – 2, ножницы Купера – 1, препаровочные ножницы - 1	Протезирование аортального клапана

14	Протезирование митрального клапана сердца	Имитатор грудной клетки (картонный бокс с механизмом фиксации сердца спицей), сердце свиньи, плетеные нити фторэкс 2 цветов с иглой 2/0 Инструменты: иглодержатель Мотье – 1, сосудистый пинцет – 2, анатомический пинцет – 2, ножницы Купера – 1, препаровочные ножницы - 1	Протезирование митрального клапана
15	Протезирование восходящей аорты и корня аорты	Картонный бокс (имитация грудной клетки) с фиксацией препарата (сердце свиньи с магистральными сосудами) спицами. Сосудистый иглодержатель-1, сосудистые пинцеты – 2, ножницы сосудистые -1, нить монофиломентная 5/0-8 шт.	Протезирование восходящей аорты и корня аорты
16	Имплантация моностворки в выходной отдел правого желудочка	Сердце свиное, сосудистый иглодержатель-1, сосудистые пинцеты – 2, ножницы сосудистые -1, нить монофиломентная 5/0-4 шт.	Имплантация моностворки в позицию легочного клапана
17	Формирование аорто-легочных анастомозов подключично-легочным анастомозом (с помощью сосудов «Гортекс»)	Сердце свиное, иглодержатель Кастроверджи, сосудистый пинцет – 2, нить монофиломентная 5/0-6/0 8 шт., протез «Гортекс» 4 мм/ 6 мм	Формирование межсосудистого анастомоза
18	Имплантация легочного аутографта в позицию аортального клапана и устьев коронарных артерий в аутографт	Сердце свиное, сосудистый иглодержатель-1, сосудистые пинцеты – 2, ножницы сосудистые -1, нить монофиломентная 5/0-4 шт.	Протезирование аортального клапана. Имплантация устьев коронарных артерий в аутографт
19	Имплантация легочного гомографта в позицию аортального клапана и устьев коронарных артерий в аутографт	Сердце свиное. Иглодержатель Кастроверджи, сосудистый пинцет – 2, нить монофиломентная 5/0-6/0 8 шт., протез «Гортекс» 4 мм/ 6 мм	Протезирование аортального клапана. Имплантация устьев коронарных артерий в гомографт
20	Современные возможности эндоваскулярной хирургии		
21	Коронарная ангиопластика и ангиопластика периферических артерий	Симулятор (например, «Simbionix» или «Cathlab» и др., расходный материал к симулятору	Стентирование коронарных и периферических артерий
22	Техника подключения вспомогательных систем кровообращения: внутриаортальной баллонной контрпульсации, экстракорпоральной мембранной оксигенации	Манекен для пункционной установки бедренных канюль для ЭКМО	Подключение ЭКМО, ВАБК
23	Основы программирования имплантированных устройств у пациентов с различными нарушениями ритма	Программаторы	Программирование имплантируемых устройств

24	Торакоскопические технологии в кардиохирургии (в коронарной хирургии, хирургии врожденных и приобретенных пороков сердца)		
25	Торакоскопия: доступы к сердцу, выбор доступа при разных видах нозологии. Компоненты эндоскопической стойки. Работа с эндоскопическим инструментарием (wet-lab или dry-lab с использованием эндоскопической стойки). Роботассистированная кардиохирургия	Эндоскопическая стойка Эндоскопический инструментарий Сердце свиньи в закрытом боксе с троакарными отверстиями	
	Всего:		

Примеры клинических сценариев

I. Наложение основных видов швов и формирование хирургического узла

На симуляционном занятии хирурги выполняют наложение основных видов швов и отрабатывают технику формирования узлов. Это занятие проводится на симуляторе для вязания узлов, силиконовой площадке имитирующей ткани человека и свиной голени. Для занятия используется шовный материал из плетеных и монофиламентных нитей, набор общехирургического инструментария:

- иглодержатель Мотье;
- хирургический пинцет;
- анатомический пинцет;
- ножницы Купера;
- препаровочные ножницы.

Практическое занятие начинается с правильного формирования узлов на симуляторе. Далее обучающийся выполняет упражнения правильного захвата инструмента и движения в руке. В течение двух часов хирурги отрабатывают технику формирования узлов и захват инструмента, манипуляцию с иглой при помощи иглодержателя Мотье и пинцета. После тренировки с инструментом и узлами обучающиеся переходят к упражнению на силиконовой площадке, которая имитирует ткань человека. На силиконовой площадке отрабатываются как поверхностные швы (кожные швы), так и глубокие (швы мягких тканей) узловые и обвивные. Заключительным этапом занятия является выполнение обучающимся хирургических швов на коже свиной ножки. Оценка усвоенного проводится на основании разработанной анкеты по 8 критериям, каждый из критериев – по 5 балльной шкале.

II. Симуляция выполнения операции коронарного шунтирования

Чтобы ординатор чувствовал себя уверенно при выполнении операции коронарного шунтирования, симуляционное занятие проводится на свином сердце, которое имеет анатомически наибольшее сходство с сердцем человека. Ординатор сердечно-сосудистый хирург второго года обучения, прослушав лекции о технике коронарного шунтирования и особенностях выполнения этой процедуры на свином сердце, выполняет коронарный анастомоз в симуляционном классе. Для выполнения процедуры коронарного шунтирования, которая очень деликатна, и требует точности движений, необходимо владеть навыками правильного движения руками. Отработка необходимых навыков в рамках симуляционного блока по сосудистому шву проводится в классе, оборудованном специальными тренировочными столами с телескопическими ножками под рост хирурга и тренировочными боксами для коронарного анастомоза. Ординаторы самостоятельно выполняют коронарный анастомоз на специально подготовленной площадке с силиконовой трубкой, закрепленной под необходимым углом. После лекции по сосудистым швам, разбившись на пары (хирург - ассистент), молодые хирурги поочередно выполняют наложение коронарного анастомоза конец-в-бок. Занятие проводится в определенной последовательности: усвоив материал лекции в классе, оснащенном в соответствии с темой проводимого занятия, ординатор знакомится с инструментарием для данной операции, затем отрабатывает движение рук с инструментом и иглой. Когда типичные движения для выполнения коронарного анастомоза становятся естественными для хирурга, он может приступить к выполнению самого анастомоза из двух силиконовых трубочек с диаметром просвета 3 мм, и толщиной стенки 1 мм, что является оптимальным и наиболее приближенным к реальным условиям.

Применяется следующий набор инструментов: Иглодержатель сосудистый Кастроверджи с фиксирующей частью длиной 7 мм – 1, пинцет сосудистый шириной 2 мм с насечкой Де Бэйки – 2, ножницы сосудистые с режущей частью длиной 7 мм под углом 45° - 1, ножницы сосудистые с режущей частью длиной 7 мм под углом 60° - 1

Первый анастомоз выполняется в боксе на горизонтальной площадке параллельно полу. Два хирурга в паре поочередно выполняют анастомоз, после этого меняют угол наклона площадки в боксе для имитации интраоперационной позиции другой артерии, создавая модель шунтирования всех коронарных артерий. После выполнения 2х-3х коронарных анастомозов преподавателем проводится оценка усвоенного материала и хирургической техники по шкале критериев. В оценке учитывается правильность управления инструментом, захват иглы, расстояние между стежками, позиция рук, протягивание нити и так далее. Такое подробное анкетирование позволяет детально понять молодому хирургу над чем работать самостоятельно, и какой этап операции получается лучше на взгляд опытного сердечно-сосудистого хирурга. Такая оценка, на наш взгляд, наиболее эффективна и по той причине, что все преподаватели тематического занятия - практикующие хирурги с большим опытом проведения подобных операций, выполняющие около 300 операций аортокоронарного шунтирования ежегодно.

III. Симуляция выполнения операции протезирования клапана сердца

На занятии используется шовный материал из плетеных и монофиламентных нитей. Для имплантации клапана необходима плетеная нить, а для герметизации предсердий и аорты необходима монофиламентная нить и набор общехирургического инструментария: иглодержатель Мотье, хирургический и анатомический пинцеты, скальпель, препаровочные ножницы и ножницы Купера.

Первым этапом данного тренинга является - проведение теоретической части, где подробно рассказывается об анатомии митрального, аортального и трикуспидального клапанов, об оперативной технике, применяемой при имплантации искусственных клапанов сердца. Подробно

обосновывается необходимость применения плетеного шовного материала при имплантации клапана сердца, применение игл разного размера и кривизны, в соответствии с анатомическими особенностями фиброзных колец митрального, аортального и трикуспидального клапанов, размеров предсердий и аорты. Большое внимание в лекционном материале уделено видам и моделям механических и биологических клапанов, а также методам имплантации искусственных клапанов, основным ошибкам и осложнениям, встречающимся на этапах выполнения протезирования клапанов сердца.

Вторая часть тренинга - это практическая часть, в которой, разбившись на пары, группа хирургов познает технику имплантации искусственных клапанов на изолированных нативных тканях сердца животного. Для удобства и создания условий операции максимально приближенных к реальным, на симуляционном занятии «хирургии клапанов сердца» используется специальный картонный бокс, в котором сердце крепится в нужной позиции спицами, а верхняя стенка его представлена крышкой с округлым отверстием, что создает имитацию грудной клетки при стернотомном доступе к сердцу. Важным этапом операции является правильное выполнение доступа к клапану, поэтому на этом преподаватель делает большой акцент. Технология иссечения патологического клапана в основном озвучивается преподавателем теоретически, так как симуляция операции проводится на интактном клапане, но с подробным описанием возможных вариантов патологических изменений клапана и необходимых манипуляций при тех или иных процессах на клапане. На завершающем этапе проводится контроль правильной ориентации искусственных клапанов сердца по отношению к анатомическим структурам в той или иной позициях, герметизация аорты и предсердий. Молодой хирург самостоятельно проводит каждый этап операции в сопровождении подробного инструктажа старшего хирурга. В классе создается серьезная атмосфера, и молодой хирург лучше запоминает все этапы технологии, что в дальнейшем поможет ему правильно проводить операцию при самоподготовке.

К концу практической части тренинга для оценки освоения технологии и усвоения теоретического материала преподавателем на каждого хирурга заполняется оценочный лист, в котором указано десять критериев оценки по пятибалльной шкале.

Дебрифинг и критерии оценки симуляционного тренинга

Процедура дебрифинга (*от англ. debrief – производить опрос после выполнения задания*) по сути дела представляет собой практику «разбора полетов» после проведения тренингов. Строгое соблюдение процедуры проведения дебрифинга - это наиболее эффективный способ минимизации возможных ошибок, допущенных слушателем при симуляции операции.

Задачи дебрифинга:

1. коллективная наработка кардиохирургического опыта посредством обсуждения технологии основных видов кардиохирургических операций;
2. уменьшение индивидуального и группового напряжения при работе в команде вследствие осознания общей цели, стоящей перед командой – успешного лечения пациента;
3. детальное обсуждение проблем, возникших при выполнении симуляционного сценария и пути их успешного решения каждым членом команды.

Условно процесс проведения дебрифинга можно разделить на две части. На первой части, сразу же после окончания тренинга, вся группа обучающихся совместно с преподавателями проходит в аудиторию для проведения дебрифинга (помещение, в котором присутствуют атрибуты,

способствующие формированию атмосферы диалога между участниками, например, круглый стол). Преподаватели и обучающиеся в свободном режиме обмениваются впечатлениями о проведенном тренинге. Далее преподаватели представляют обучающимся анализ проведенной работы, акцентируя внимание на более сложных аспектах данного тренинга. Вторая часть – индивидуальная работа с каждым обучающимся. На основании оценочного листа проводится беседа преподавателя с обучающимся, где подробно объясняется, какое количество баллов получено обучающимся и почему, делается анализ допущенных ошибок, даются рекомендации, какие навыки и каким образом следует отработать самостоятельно. В случае если обучающий показал низкий результат, назначаются повторные индивидуальные занятия с обязательным присутствием преподавателя. Во второй части дебрифинга преподавателю очень важно соблюдать принципы академизма, интеллигентности суждений и деликатности, чтобы не сформировать у молодого хирурга негативное отношение к процессу оценки и обсуждению результатов практических занятий.

Таким образом, дебрифинг кардиохирургического тренинга включает в себя подробное обсуждение ошибок, допущенных слушателями во время проведения тренинга. Ведущий и его ассистенты синтезируют информацию о работе каждого слушателя, осуществляют планирование дальнейшей работы и исправление ошибок, допущенных ранее.

Важной составляющей проведения дебрифинга являются критерии, по которым производится оценка каждого участника тренинга. В ННИИПК критерии оценки симуляционного тренинга проводятся с учетом заранее подготовленных бальных таблиц, разработанных профессором Полем Сержантом, бывшим президентом Европейской Ассоциации кардиоторакальных хирургов (г. Лёвен, Бельгия).

Таблица включает в себя десять критериев, каждый из которых оценивается по пятибалльной шкале:

1. Артериотомия;
2. Ориентация графта или клапана сердца;
3. Постоянство и соответствие вкол-выкол;
4. Соответствие промежутков между стежками;
5. Манипуляция с иглодержателем;
6. Использование пинцета;
7. Углы захвата иглы;
8. Наложение шва/натяжение;
9. Завязывание узла.

Опыт проведения тренингов показывает, что практически всем обучающимся было сложно разобраться в анатомии сердца животного, но ординаторы умело выполняли аорто- и атриотомию, а затем резекцию створок аортального и митрального клапанов (средняя оценка - 4,2). Выполнение практические навыков (постоянство и соответствие вкол-выкол, соответствие промежутков между стежками, натяжение шва и завязывание узла) зависит зачастую от уровня подготовки и заинтересованности ординатора в совершенствовании этих хирургических манипуляций. Оценивая их работу можно выставить общий бал -4,5. Оценка работы инструментами (иглодержателем и пинцетом) выглядит зачастую лучше, практически все ординаторы умело обращаются и правильно держат инструмент в руках (общий бал 4,6).

Рекомендуемая литература

1. Carpenter AJ, Yang SC, Uhlig PN, Colson YL. Envisioning simulation in the future of thoracic surgical education. J ThoracCardiovascSurg 2008;135:477-484.
2. Fann JI, Caffarelli AD, Georgette G, Howard SK, Gaba DM, Youngblood P, et al. Improvement in coronary anastomosis with cardiac surgery simulation. J ThoracCardiovascSurg 2008;136:1486-1491.
3. Fann JI, Calhoon JH, Carpenter AJ, Merrill WH, Brown JW, Poston RS, et al. Simulation in coronary artery anastomosis early in cardiothoracic surgical residency training: the Boot Camp experience. J ThoracCardiovascSurg 2010;139:1275-1281.
4. Feins RH. Expert commentary: cardiothoracic surgical simulation. J ThoracCardiovascSurg 2008;135:485-486.
5. Hicks Jr. GL, Gangemi J, Angona Jr. RE, Ramphal PS, Feins RH, Fann JI. Cardiopulmonary bypass simulation at the Boot Camp. J ThoracCardiovascSurg 2011;141:284-292.
6. Tesche LJ, Feins RH, Dedmon MM, Newton KN, Egan TM, Haithcock BE, et al. Simulation experience enhances medical students' interest in cardiothoracic surgery. Ann ThoracSurg 2010;90:1967-1974.
7. Ramphal PS, Coore DN, Craven MP, Forbes NF, Newman SM, Coye AA, et al. A high fidelity tissue-based cardiac surgical simulator. Eur J CardiothoracSurg 2005;27:910-916.
8. Carter YM, Marshall MB. Open lobectomy simulator is an effective tool for teaching thoracic surgical skills. Ann ThoracSurg 2009;87:1546-1550.
9. Joyce DL, Dhillon TS, Caffarelli AD, Joyce DD, Tsirigotis DN, Burdon TA, et al. Simulation and skills training in mitral valve surgery. J ThoracCardiovascSurg 2011;141:107-112.
10. Lodge D, Grantcharov T. Training and assessment of technical skills and competency in cardiac surgery. Eur J CardiothoracSurg 2011;39:287-293.
11. Solomon B, Bizekis C, Dellis SL, Donington JS, Olikier A, Balsam LB, et al. Simulating video-assisted thoracoscopic lobectomy: a virtual reality cognitive task simulation. J ThoracCardiovascSurg 2011;141:249-255.
12. Hicks Jr. GL, Brown JW, Calhoon JH, Merrill WH. You never know unless you try. J ThoracCardiovascSurg 2008;136:814-815.
13. Palter VN, Grantcharov T, Harvey A, Macrae HM. Ex vivo technical skills training transfers to the operating room and enhances cognitive learning: a randomized controlled trial. Ann Surg 2011;253:886-889.
14. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills—changes in the wind. N Engl J Med 2006;355:2664-2669.
15. Reznick R, Regehr G, MacRae H, Martin J, McCulloch W. Testing technical skill via an innovative "bench station" examination. Am J Surg 1996;172:226-230.
16. Beard JD, Jolly BC, Newbie DI, Thomas WEG, Donnelly TJ, Southgate LJ. Assessing the technical skills of surgical trainees. Br J Surg 2005;92:778-782.

17. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg* 1997;84:273-278.
18. Schiralli MP, Hicks GL, Angona RE, Gangemi JJ. An inexpensive cardiac bypass cannulation simulator: facing challenges of modern training. *Ann ThoracSurg* 2010;89:2056-2057.
19. Grober ED, Hamstra SJ, Wanzel KR, Reznick RK, Matsumoto ED, Sidhu RS, et al. The educational impact of bench model fidelity on the acquisition of technical skill. *Ann Surg* 2004;240:374-381.
20. Sidhu RS, Park J, Brydges R, MacRae HM, Dubrowski A. Laboratory-based vascular anastomosis training: a randomized controlled trial evaluating the effects of bench model fidelity and level of training on skill acquisition. *J VascSurg* 2007;45:343-349.
21. Anastakis DJ, Regehr G, Reznick RK, Cusimano M, Murnaghan J, Brown M, et al. Assessment of technical skills transfer from the bench training model to the human model. *Am J Surg* 1999;177:167-170.
22. Datta V, Bann S, Beard J, Mandalia M, Darzi A. Comparison of bench test evaluations of surgical skill with live operating performance assessments. *J Am CollSurg* 2004;199:603-606.
23. Grantcharov TP, Kristiansen VB, Bendix J, Bardram L, Rosenberg J, Funch-Jensen R. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg* 2004;91:146-150.
24. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance. *Ann Surg* 2002;236:458-464.
25. Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Romer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev* 1993;100:363-406.
26. Moulton CA, Dubrowski A, MacRae H, Graham B, Grober E, Reznick R. Teaching surgical skills: what kind of practice makes perfect?. *Ann Surg* 2006;244:400-409.
27. Donovan JJ, Radosevich DJ. A meta-analytic review of the distribution of practice effect: now you see it, now you don't. *J ApplPsychol* 1999;84:795-805.
28. Verrier ED. Joint Council on Thoracic Surgical Education: an investment in our future. *J ThoracCardiovascSurg* 2011;141:318-321.