

М. А. Теренин¹, И. З. Ялонецкий², О. Т. Прасмыцкий², А. Д. Титова²

СИНДРОМ ИМПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО ЦЕМЕНТА КАК МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРОБЛЕМА С ПОЗИЦИИ ВРАЧА-АНЕСТЕЗИОЛОГА

УЗ «6-я ГКБ г. Минска»¹

УО «Белорусский государственный медицинский университет»²

Количество ортопедических операций с применением костного цемента ежегодно растет во всем мире, в связи с этим неизбежно будет увеличиваться число пациентов с синдромом имплантации костного цемента. Осведомленность о факторах риска, патофизиологии, клинических проявлениях, своевременной диагностике, лечении и профилактике данной патологии как со стороны травматолога-ортопеда, так и анестезиологической и операционной бригад, поможет оптимизировать результаты лечения пациентов, нуждающихся в ортопедических операциях. Проблема синдрома имплантации костного цемента остается недостаточно изученной. В статье на основе обзора ряда научных публикаций в системе Pubmed, eLibrary (до июня 2020 года) рассмотрены вопросы этиологии, патогенеза и принципов оказания неотложной медицинской помощи при данном осложнении ряда ортопедических оперативных вмешательств.

Ключевые слова: синдром имплантации костного цемента, СИКЦ, костный цемент, артропластика, эндопротезирование, тазобедренный сустав, коленный сустав, метилметакрилат, интрамедуллярное давление, правый желудочек, легочная вазоконстрикция, сердечный выброс, легочная эмболия, факторы риска, сердечно-сосудистый коллапс.

M. A. Terenin, I. Z. Yalonetskii, O. T. Prasmytskii, A. D. Titova

BONE CEMENT IMPLANTATION SYNDROME AS A MULTIDISCIPLINARY PROBLEM FROM THE POSITION OF AN ANESTHESIOLOGIST

The number of orthopedic operations using bone cement is growing every year around the world, and therefore the number of patients with bone cement implantation syndrome will inevitably increase. Awareness of risk factors, pathophysiology, clinical manifestations, timely diagnosis, treatment and prevention of this pathology, both on the part of the orthopedic traumatologist and the anesthetic and operating teams, will help to optimize the results of treatment of patients requiring orthopedic operations. The problem of bone cement implantation syndrome remains poorly understood. Based on a review of a number of scientific publications in the Pubmed, eLibrary system (up to June 2020), the article discusses the etiology, pathogenesis and principles of providing emergency medical care for this complication of a number of orthopedic surgical interventions.

Key words: bone cement implantation syndrome, BCIS, bone cement, arthroplasty, endoprosthesis, hip, knee, methyl methacrylate, intramedullary pressure, right ventricle, pulmonary vasoconstriction, cardiac output, pulmonary embolism, risk factors, cardiovascular collapse.

Актуальность. Ежегодно количество операций по эндопротезированию (ЭП) коленного и тазобедренного суставов (КС и ТС) во всем мире неуклонно растёт [1, 2]. На сегодняшний день ежегодно в мире производится не менее миллиона операций по замене только тазобедренного сустава [3]. В то же время, увеличивается возраст и процент тяжелой сопутствующей патологии у данной категории пациентов [1, 2]. Травматологи-ортопеды предпочитают использовать в таких операциях костный цемент по ряду

причин (снижает частоту повторных операций из-за асептического расшатывания и др.) [4].

По результатам регистра артропластики РНИИТО им. Р. Р. Вредена (Россия) на 2016 год при полной замене ТС превалировал бесцементный метод фиксации (59,3%), который в подавляющем большинстве применялся у пациентов до 60 лет, в остальных случаях применялся костный цемент (т. е. полная цементная или гибридная фиксация). Напротив, цементная фиксация применялась у 76,2% пациентов

самой старшей возрастной группы и не превышала 22,5% у более молодых пациентов. Доля гибридных имплантатов (бесцементный вертлужный компонент и цементируемый бедренный и, наоборот) в общей структуре составляет 6,4% у пациентов моложе 21 года, но постепенно нарастает, достигая 44,1% и 47,3% в возрастных группах 71–80 и 81–90 лет соответственно [3]. По данным того же регистра на 2013 год, преобладала цементная фиксация компонентов эндопротеза при замене КС [5].

Традиции в технике хирургического вмешательства значительно различаются в разных странах. Например, цементные конструкции эндопротезов традиционно более распространены в Норвегии и Швеции, где составляют 79% и 89% соответственно. В Дании такие конструкции используются только в 46% случаев, а в Австралии отмечается значительное увеличение доли бесцементных имплантатов с 51,3% в 2003 г. до 63,2% в 2014 г., главным образом за счет отказа от цементной фиксации, которая сократилась с 13,9% до 4,4%. При этом доля гибридной фиксации уменьшилась лишь с 34,8% до 32,4% [3].

На сегодняшний день в большинстве стран, предпочтение травматологов-ортопедов отдаётся бесцементным методикам ЭП ТС, хотя удельный вес цементной фиксации всё ещё остаётся достаточно высоким [6].

По прогнозам приблизительно 11 миллионов жителей США к 2030 году подвергнутся замене ТС или КС [7]. При сохранении такого уровня использования цементной фиксации в ортопедических операциях распространенность синдрома имплантации костного цемента (СИКЦ) будет на достаточно высоком уровне [8].

Целью статьи является предоставление врачу-анестезиологу-реаниматологу, травматологу-ортопеду актуальной информации о синдроме имплантации костного цемента, как потенциально фатальном осложнении ортопедической хирургии с использованием костного цемента.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии какого-либо конфликта интересов при подготовке данной статьи.

Источники финансирования. Представленная работа не имела никаких источников финансирования, не представляет скрытые, либо явные коммерческие, конъюнктурные, интересы, не несет никакой рекламной информации, в том числе со стороны медицинских и фармакологических компаний в Республике Беларусь, Российской Федерации и других странах.

Терминология. Синдром имплантации костного цемента является хорошо описанным и потенциально фатальным осложнением ортопедической хирургии с использованием костного цемента под давлением. Данная патология описана преимущественно при цементном ЭП тазобедренного (в том числе при однополюсном) и коленного суставов, а также при не-

которых операциях на позвоночнике с использованием цемента и замене плечевого сустава [8–10].

Синдром имплантации костного цемента (англ. «Bone cement implantation syndrome – BCIS») – это интраоперационное неотложное состояние, которое характеризуется гипоксией и/или артериальной гипотензией (с потенциальной потерей сознания), возникающей во время введения цемента в кость [11, 12]. Встречаемость данного осложнения по данным ряда публикаций составляет до 28% [13, 14]. Уровень летальности зависит от степени тяжести синдрома и будет рассмотрен ниже.

Костный цемент как профессиональная опасность. Метилметакрилат (ММА) представляет собой метиловый эфир метакриловой кислоты. В полимеризованной форме ММА (ПММА) используется в качестве цемента или раствора в стоматологии и ортопедии [8]. В ортопедии цемент чаще всего используется для фиксации имплантата, вертебропластики и иногда в качестве спейсера [8, 9].

Ранее были опробованы различные варианты цемента с добавками (антибиотики, рентгеноконтрастные вещества, серебро и витамин Е), однако большинство из них практически не повлияло на качество цемента или частоту возникновения СИКЦ. Например, было показано, что дозы антибиотиков, превышающие 2 грамма, ослабляют некоторые механические свойства цемента [8].

Костный цемент представляет потенциальную опасность для пациентов и является известным профессиональным риском для медицинских работников во время смешивания и непосредственного использования цемента. Существует 4 основных проблемных направления, связанных с ММА: цементные пары, поражения кожи, нервной и репродуктивной систем [8].

Следует ограничить содержание паров ММА в воздухе от 120 до 125 частей на миллион. Правильная вентиляция операционной имеет важное значение. Вакуумные системы смешивания не только уменьшают пористость цемента и возможность воздушной эмболии для пациента, но также уменьшают испарение мономера в помещение и воздействие на персонал. Пары могут вызывать раздражение дыхательных путей и глаз. Лица, носящие контактные линзы, не должны участвовать в смешивании цемента [8].

Прямой контакт с «жидким» цементом может вызвать зуд, жжение, покраснение, отек и потрескивание кожи. Во время полимеризации экзотермическая реакция костного цемента выделяет тепло, которое может повредить кости и ткани пациента или хирургического персонала. Повторный контакт с кожей может вызвать дерматит и аллергическую реакцию. Длительный контакт с кожей может вызвать покалывание, онемение и отбеливание пальцев. Метилметакрилат легко проникает через одежду, а также через хирургические перчатки. В случае контакта жидкого компонента цемента с хирургическими перчатками,

последние могут раствориться, что может привести к повреждению тканей. Ношение двух пар перчаток и строгое следование инструкциям производителя по смешиванию цемента могут уменьшить воздействие на кожу. Готовый цемент «не должен касаться руки в перчатке, пока цемент не приобретет консистенцию теста» [8].

предупреждает, что жидкий мономер является очень летучим и легко воспламеняющимся [8].

Патофизиология. На сегодняшний день этиология и патогенез СИКЦ до конца не изучены. В истории изучения данного синдрома были выдвинуты определенные теории патогенеза, представленные ниже (таблица 1).

Таблица 1. Теории патогенеза синдрома имплантации костного цемента [8, 11, 12, 15, 16]

Теории патогенеза	Характеристика
Мономер-опосредованная	Самая старая теория. Исследователи полагали, что циркулирующие в крови мономеры ММА могут вызывать вазодилатацию. Тем не менее, последующие исследования на животных показали, что концентрации ММА в плазме крови, наблюдаемые при цементном эндопротезировании ТС, были недостаточны для объяснения тяжести и скорости событий, наблюдаемых при СИКЦ.
Эмболическая	Наиболее популярная теория. При цементации и установке протеза происходит повышение интрамедуллярного давления (> 300 мм рт. ст.) в результате чего и образуются эмболы. При таком уровне давления цемент достигает большего проникновения в кость, улучшает взаимодействие между костью и цементом и увеличивает долговечность протеза. Экзотермическая реакция, которая происходит, когда цемент затвердевает, расширяет пространство между протезом и костью, захватывая и затем выталкивая воздух и осколки кости в кровеносное русло. Сформированные эмболы могут достигать лёгких, сердца и/или коронарных артерий. Предполагается, что легочная эмболия является причиной характерной гипоксии и дисфункции правого желудочка (ПЖ) при СИКЦ, что приводит к гипотензии. Предполагается, что эти множественные эмболии оказывают как механическое, так и медиаторное воздействие на тонус сосудов, особенно на тонус легочных сосудов.
Высвобождение гистамина и гиперчувствительность	Анафилаксия и СИКЦ имеют многочисленные клинические сходства, в частности, значительное увеличение концентрации гистамина в плазме крови. Последнее было зарегистрировано у пациентов с артериальной гипотензией, перенесших цементное ЭП ТС. Нет исследований, подтверждающих причину высвобождения гистамина: прямой эффект ММА или через процесс, опосредованный IgE. Высокий уровень гистамина приводит к периферической вазодилатации и легочной вазоконстрикции, объясняя гипотензию.
Активация комплемента	Анафилатоксины C3a и C5a являются мощными медиаторами вазоконстрикции и бронхokonстрикции. При СИКЦ, в результате реакции гиперчувствительности или прямого воздействия цемента, повышенные уровни C3a и C5a приводят к сокращению гладких миоцитов, высвобождению гистамина и повышенной проницаемости сосудов. Клинически это проявляется в виде легочной вазоконстрикции, десатурации и артериальной гипотензии.
Мультимодальная	Комбинация вышеперечисленных теорий в сочетании с индивидуальным физиологическим ответом является наиболее вероятным объяснением СИКЦ. Сопутствующие заболевания, хирургическая техника и сама предполагаемая операция также могут изменить реакцию пациента на костный цемент.

Передержка готового ПММА может привести к симптомам поражения центральной нервной системы, за счет вдыхания паров цемента. Сообщаемые симптомы включают: головную боль, сонливость, тошноту, слабость, усталость, раздражительность, головокружение и потерю аппетита [8].

В исследованиях на животных было показано, что воздействие высоких концентраций паров ММА может приводить к возникновению врожденных дефектов у потомства. Поэтому Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) рекомендует беременным женщинам избегать передержек в приготовлении цемента, поскольку «безопасность костного цемента у беременных женщин или у детей не была установлена. Костный цемент может отрицательно повлиять на рост костей и здоровье плода». Кроме того, FDA

Теорию эмболизации подтверждают данные аутопсии пациентов с СИКЦ и интраоперационная чреспищеводная эхокардиография (ЧП Эхо-КГ). При последнем методе регистрируются множественные маленькие эмболы (т. н. «снежные ливни» или «эмболические дожди») в сердце [8, 12, 15]. Это наиболее выражено при обработке, как бедренной кости, так и вертлужной впадины, а также во время введения протеза и сгибании сустава на конечных этапах операции (рисунок 1) [8].

Хоть и эмболическая модель патогенеза является ведущей, эмболизация не всегда связана с гемодинамическими изменениями и степень эмболизации плохо коррелирует со степенью гипотензии или гипоксемии [8, 12, 15]. Поэтому на сегодняшний день больше склоняются к мультимодальной теории патогенеза [8, 12, 15].

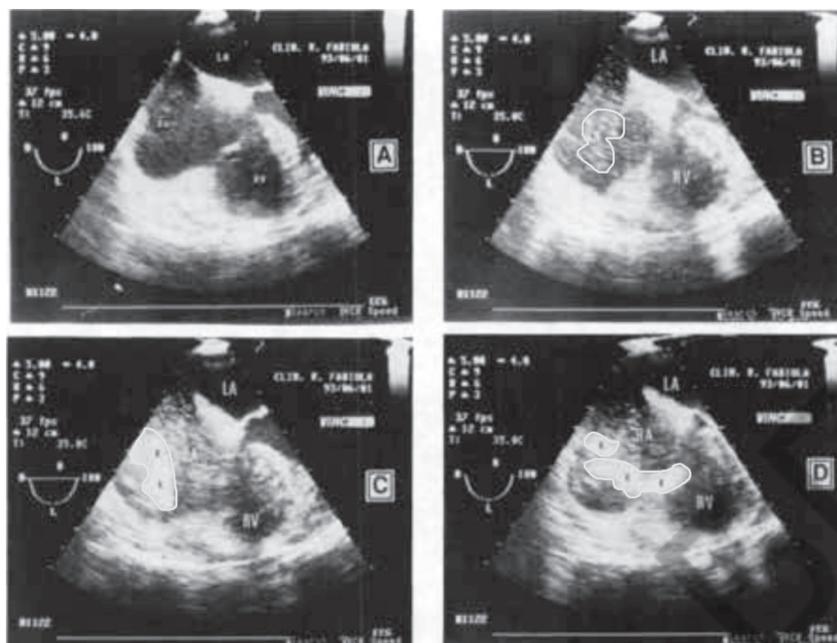


Рис. 1. Изображения, полученные при ЧП Эхо-КГ, демонстрируют эмболию (выделены цветом) во время тотального ЭП тазобедренного сустава: (А) контрольное изображение, (В) «снежные ливни» в правом предсердии, (С) малые и крупные эмболы в правом предсердии, (D) крупные эмболы в правом предсердии с задержкой прохождения через трикуспидальный клапан [8]

Независимо от теории патогенеза, дальнейшие патогенетические процессы при СИКЦ одинаковые. Легочная вазоконстрикция или закупорка легочных сосудов, приводит к увеличению постнагрузки ПЖ (тонкостенный правый желудочек (2–3 мм) плохо переносит, в отличие от левого, острое увеличение постнагрузки). Это приводит к снижению фракции выброса последнего с последующим его расширением. В результате происходит уменьшение кровенаполнения левого желудочка, и, следовательно, снижение сердечного выброса (рисунок 2). Также это ухудшает коронарный кровоток и ишемизирует миокард [8, 15, 17, 18].

В некоторых научных публикациях было продемонстрировано самопроизвольное исчезновение эмболов при СИКЦ. В отличие от «хронических» эмболов, которые могут быть плотными и трудноразрушаемыми, «свежие» эмболы при данном синдроме образуются очень быстро и, как следствие, могут также легко разрушаться. Кроме того, «хронические» эмболы обычно однородные, состоящие из агрегатов тромбоцитов и фибрина. При СИКЦ эмбол состоит из смешанных компонентов – жир, костный мозг, частицы цемента, воздух и костные частицы, тромбоциты, фибрин. Есть предположения, что такие гетерогенные эмболы могут разрушаться быстрее [8, 19].

Эти эмболические частицы различаются по размеру и количеству, при этом одно исследование продемонстрировало, что эмболы более 10 мм встречаются у 1/3 пациентов [12].

Факторы риска. В литературе выделяют определенные факторы, повышающие вероятность возникновения СИКЦ [8, 9, 12, 14, 18]:

- Класс по ASA 3 или 4;
- Пожилой возраст;
- Мужской пол;
- Предшествующее использование диуретиков;
- Предшествующее использование варфарина;
- Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ);
- Застойная сердечная недостаточность (СН) и другие тяжелые заболевания сердца;
- Легочная гипертензия;
- Остеопороз;
- Костные метастазы;
- Злокачественное новообразование;
- Имеющийся перелом бедра (особенно патологические переломы);
- Пациенты с большими бедренными каналами (≥ 21 мм);
- Ревизионные операции;
- Операции на бедренной кости;
- Планируемое использование протеза с длинной ножкой;
- Создание избыточного давления при цементировании.

Предшествующее использование варфарина и диуретиков у пациентов с СН и фибрилляцией предсердий, что ряд авторов объясняет возможной легочной гипертензией у данной категории пациентов [12, 14].

Отдельно стоит отметить вклад в вероятность возникновения СИК наличия у пациента костных метастазов или злокачественного новообразования. Костные метастазы и патологические переломы, вызванные ими, могут способствовать формированию

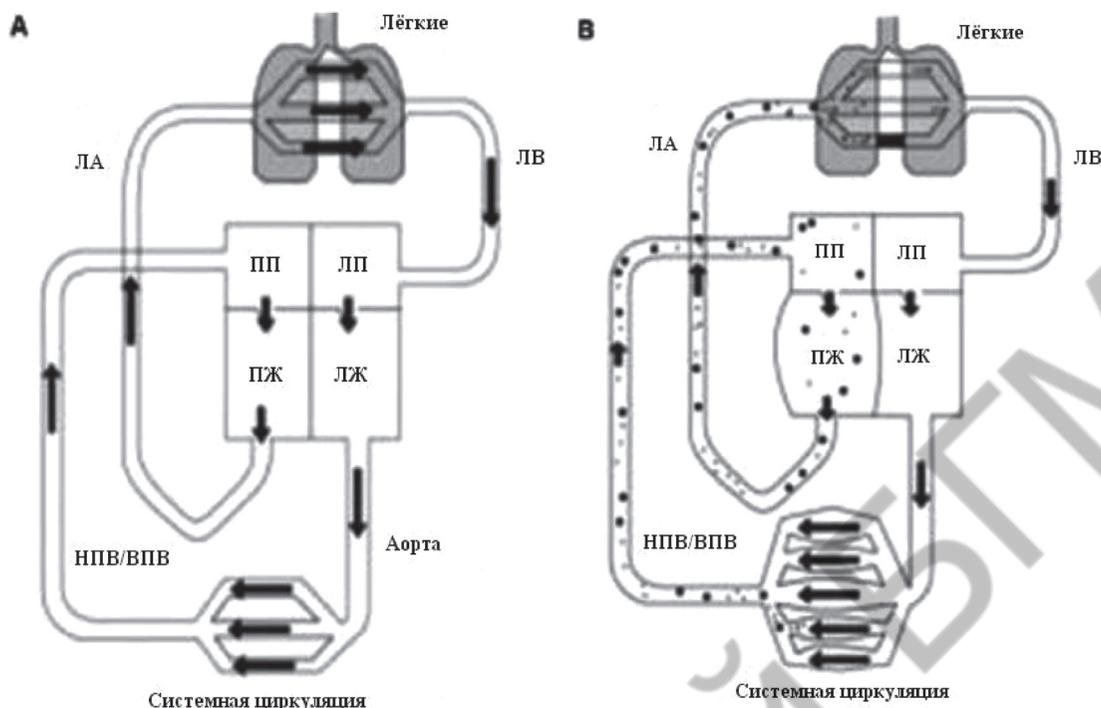


Рис. 2. Результирующая схема патогенеза СИКЦ. Нормальное кровообращение (А). Мультимодальная модель патогенеза (В): периферическая вазодилатация, сниженный венозный возврат, повышенное сопротивление легочных сосудов и легочная эмболия, сниженный сердечный выброс, сниженное системное сосудистое сопротивление (допускается некоторое увеличение сердечного выброса вследствие снижения постнагрузки) и гипоксия как из-за эмболии, так и за счет эффекта гистамина (НПВ – нижняя полая вена, ВПВ – верхняя полая вена, ПП – правое предсердие, ПЖ – правый желудочек, ЛА – легочные артерии, ЛВ – легочные вены, ЛП – левое предсердие, ЛЖ – левый желудочек) [8]

гетерогенных эмболов, в состав которых будут входить опухолевые клетки. Злокачественная опухоль создает состояние гиперкоагуляции, и опухолевые клетки высвобождают прокоагулянты, такие как фибриноген, которые независимо увеличивают риск тромбоэмболии [18].

Следует отметить, что продолжительность операции и объем кровопотери не связаны с СИКЦ, тем самым гиповолемия не связана с развитием данной патологии [18].

Выбор методики фиксации. Исходя из вышеперечисленного, костный цемент занимает особое положение в патогенезе СИКЦ. Имеется большое количество научных публикаций, демонстрирующих увеличение послеоперационной летальности (особенно в первые 7 суток после операции), изменение интраоперационной гемодинамики пациента (увеличение постнагрузки на ПЖ, легочной гипертензии и развитие системной гипотензии) и повышенный риск развития СИКЦ при цементной артропластике, в отличие от бесцементного метода лечения [16–18, 20–23].

В одном из последних исследований, опубликованном Olsen с соавторами, продемонстрировано, что использование костного цемента в однополюсном ЭП при переломах шейки бедренной кости является независимым фактором риска послеоперационной летальности в течение 1-го года [16].

Бесцементная фиксация протеза может показаться вероятным выбором, чтобы избежать СИКЦ. Однако, когда исследователи сравнивали бесцементное и цементное эндопротезирование при переломах бедренной кости, последний метод фиксации приводил к уменьшению остаточной боли, лучшей подвижности и уменьшению потребности в ревизиях [24]. Показано, что периоперационная смертность значительно выше при цементном однополюсном ЭП бедренной кости, по сравнению с нецементированной техникой. Тем не менее, через 1 год показатели смертности изменились на противоположные с более благоприятной выживаемостью для пациентов с цементной фиксацией [8].

Стоит упомянуть, что бесцементный метод ЭП имеет такие преимущества, как более короткое время операции и меньший объем интраоперационной кровопотери [20].

Поэтому использование цемента при фиксации следует рассматривать индивидуально [18].

Клинические проявления и классификация. СИКЦ проявляется следующими симптомами [8, 11, 12, 15]:

- Гипоксия;
- Артериальная гипотензия;
- Необъяснимая потеря сознания;
- Острое падение концентрации углекислого газа на выдохе (EtCO_2);

- Нарушение ритма сердца;
- Признаки легочной гипертензии;
- Отек легких;
- Бронхоспазм;
- Тромбоцитопения;
- Гипотермия;
- Остановка сердца.

В 2009 году Donaldson с соавторами была предложена трехступенчатая классификация тяжести СИКЦ, основанная на выраженности симптомов, связанных с гипоксией (по сатурации периферической крови (SpO_2)), артериальной гипотензией (по систолическому артериальному давлению (САД)) и потерей сознания (таблица 2) [11].

Таблица 2. Классификация СИКЦ по степени тяжести [11]

Класс СИКЦ	Гипоксия	Артериальная гипотензия	Потеря сознания
1	умеренная гипоксия ($SpO_2 < 94\%$)	падение САД $\geq 20\%$	–
2	тяжелая гипоксия ($SpO_2 < 88\%$)	падение САД $\geq 40\%$	неожиданная потеря сознания
3	сердечно-сосудистый коллапс, требующий сердечно-легочной реанимации.		

Примечание: класс тяжести определяется по наличию хотя бы одного симптома, характерного для конкретного класса.

Исследование Olsen с соавторами показало значительно более высокую летальность у пациентов с 2 и 3 классом СИКЦ, чем с 1-м классом. Более подробные результаты представлены в таблице 3 [14].

Таблица 3. Заболеваемость СИКЦ при цементном однополюсном эндопротезировании и показатели летальности [14]

Класс СИКЦ	Частота	30-дневная летальность	1-летняя летальность
0 (нету СИКЦ)	72,2%	5,2%	25,2%
1	21%	9,3%	29,9%
2	5,1%	35%	48,1%
3	1,7%	88%	94,1%

Диагностика и лечение. В настоящее время отсутствуют клинические испытания, в которых сравниваются различные лечебные подходы СИКЦ, поэтому современные рекомендации носят эмпирический характер и основываются на клинических случаях, а также на основных физиологических принципах [8, 12].

При общей анестезии значительное падение САД может предшествовать сердечно-сосудистому коллапсу, в то время как внезапное снижение $EtCO_2$ может указывать на недостаточность ПЖ, приводящую к катастрофическому снижению сердечного выброса. У бодрствующего пациента под регионарной анестезией ранние признаки СИКЦ могут включать одышку и/или потерю сознания, а также жалобы на изменение самочувствия [12].

При интраоперационном возникновении симптомов СИКЦ врачу-анестезиологу будет полезно выполнение ЧП Эхо-КГ для верификации причин и проведения дифференциальной диагностики у пациентов. Это предпочтительнее, чем трансторакальная Эхо-КГ, потому что она может быть выполнена без прерывания компрессии грудной клетки (особенно при классе 3 СИКЦ) и может быть получена лучшая визуализация сердца. Причины остановки сердца (острый инфаркт миокарда, тампонада сердца, легочная эмболия, расслоение аорты, разрыв папиллярных мышц и нарушение сердечного ритма) могут быть правильно диагностированы с помощью ЧП Эхо-КГ у 90% пациентов [19].

Ассоциация анестезиологов Великобритании и Ирландии (AAGBI) опубликовала в 2011 году следующие рекомендации по терапии СИКЦ [25]:

- Подача 100% кислорода;
- Инфузионная терапия;
- Вазопрессорная/инотропная поддержка.

Следует помнить, что раннее обнаружение СИКЦ имеет решающее значение для выживания пациента [8, 12]. Быстрое начало агрессивной поддерживающей терапии является ключом к оптимизации результатов лечения пациентов. Если есть подозрение на СИКЦ, начальная терапия включает в себя обеспечение проходимости верхних дыхательных путей (если не была выполнена ранее), увеличение концентрации вдыхаемого кислорода (FiO_2) до 100% и точный мониторинг $EtCO_2$ [8, 12, 15, 25].

При необходимости должна быть начата сердечно-легочная реанимация. Если интраоперационно используется инфузия пропофола, следует уменьшить или прекратить его использование, пока пациент не станет гемодинамически стабильным. Легочные вазодилататоры (вдыхаемый оксид азота или простагландин E_1) могут быть необходимы для снижения легочного сосудистого сопротивления в случае ухудшения гипоксемии и дисфункции ПЖ [8, 12, 15, 25].

Инфузионная терапия должна быть направлена на поддержание нормоволемии и проводится под контролем параметров центральной гемодинамики (центрального венозного давления, сердечного выброса и др.). При необходимости можно выполнить гемотрансфузию с целью ликвидации сопутствующей интраоперационной анемии (особенно при артропластике бедренной и плечевой кости) и улучшения доставки кислорода органам и тканям [8, 12, 25].

Сердечно-сосудистый коллапс следует рассматривать как недостаточность ПЖ и периферическую вазодилатацию. Вазопрессоры (адреналин, норадреналин) в первую очередь вызывают сужение периферических сосудов, повышают артериальное давление в аорте, что, в свою очередь, поддерживает коронарное кровоснабжение и, таким образом, улучшает перфузию и сократимость миокарда. Следует соблюдать осторожность, назначая любые симпатомиметики, не контролируя уровень легочной гипертензии, поскольку

ку это может привести к быстрому увеличению преднагрузки ПЖ (особенно в условиях увеличенной постнагрузки на ПЖ) и усугублению ситуации [8, 12, 15].

Препаратом выбора из инотропной поддержки считается добутамин назначаемый с целью поддержания сократимости ПЖ. Использование вазопрессорной и инотропной поддержки должно быть продолжено в послеоперационном периоде по мере необходимости [8, 12].

Следует рассмотреть введение Ондансетрона с целью блокирования индуцированной серотонином легочной вазоконстрикции [8, 26]. Аналогично, в литературе упоминается применение блокаторов гистаминовых рецепторов H₁ и/или H₂ (Клемастин и Циметидин) с целью блокирования прямого воздействия цемента на высвобождение гистамина или для блокирования, опосредованного IgE процесса гиперчувствительности (анафилаксии) [8, 11].

Также можно использовать глюкокортикостероиды (ГКС) в качестве препарата выбора (как в пред-, так и в интраоперационном периоде) для купирования и профилактики аллергических реакций при СИКЦ. Особое внимание следует обратить на пациентов, имеющих в анамнезе проявления анафилаксии, им может потребоваться профилактическое назначение ГКС [8, 27, 28].

СИКЦ – это ограниченное во времени явление. Исследования на людях и животных убедительно свидетельствуют о том, что давление в легочной артерии нормализуется в течение 24 часов. Даже при массивной эмболии «здоровые» сердца могут восста-

в отделении интенсивной терапии и реанимации (ОИТР) в течение, по крайней мере, первых 24 часов после операции [8, 12].

Профилактика. Есть 4 важных аспекта, которые следует учитывать для профилактики и минимизации последствий СИКЦ, – пациент, травматолог-ортопед, анестезиолог и операционная бригада, участвующая в операции [8, 29]. Эти составляющие должны максимально контактировать между собой и согласовывать действия друг друга.

Особое положение в профилактике СИКЦ отводится лечащему врачу пациента, травматологу-ортопеду. Хирург должен решить, какой метод фиксации является оптимальным для пациента в каждом случае индивидуально. Лечащий врач, должен учитывать общее состояние пациента, его сопутствующие заболевания, прежде чем решить, какой метод лечения выбрать (цементный или бесцементный метод артропластики). Должна быть хорошая взаимосвязь между травматологом-ортопедом и анестезиологом с позиции выбора способа фиксации протеза [8, 12, 29].

В руководстве AAGBI 2015 года представлен трехэтапный протокол для минимизации заболеваемости и ведения случаев СИКЦ [30]:

1. Выявление пациентов с высоким риском развития СИКЦ.
2. Подготовка всех участников операции (анестезиологической, хирургической и операционной бригад) и определение ролей в случае возникновения критической ситуации.
3. Интраоперационные действия (таблица 4).

Таблица 4. Действия анестезиологических и хирургических бригад во время операций с использованием цемента при профилактике и ведении случаев СИКЦ [12, 30]

Анестезиологическая бригада	Хирургическая бригада
Обеспечить оптимизацию гемодинамики до- и во время операции	Сообщить анестезиологу и операционной бригаде, когда планируется применение цемента
Сохранять бдительность в отношении симптомов СИКЦ	Вымыть, используя систему промывания под давлением, вычистить и высушить костномозговой канал
Если у пациента высокий риск развития СИКЦ рассмотреть вопрос инвазивного мониторинга АД	Имплантировать цемент ретроградным способом, используя пистолет с всасывающим катетером и интрамедуллярную пробку
Поддерживать САД в пределах 20% от значения до начала анестезии	Избегать чрезмерного повышения давления при введении цемента и установке протеза
Быть готовым применить вазопрессоры	Использовать вакуумно-костный метод (смешивание цемента в вакууме и ретроградное введение цемента)
-	Помогать во время сердечно-легочной реанимации пациента

новиться за считанные секунды или минуты [8, 12]. Основной механизм – острая легочная гипертензия и вторичная правожелудочковая недостаточность. Эти факторы должны рассматриваться как обратимые [8, 12, 15]. Агрессивная стабилизация и поддерживающая терапия являются краеугольными камнями в интенсивной терапии СИКЦ [12].

Пациенты, которые не соответствовали критериям тяжелого СИКЦ, но у которых есть подозрительная клиническая картина, должны мониторироваться

В некоторых зарубежных клиниках был разработан и внедрен новый протокол «Цементный командантский час», в котором участвуют все члены команды операционного зала, выполняющие определенные роли и сосредотачивающиеся на времени цементации и установке протеза [12, 31].

На сегодняшний день, в литературе не была продемонстрирована разница между общей и регионарной анестезией и выбором анестетика на частоту развития и показатели смертности при СИКЦ. Отсут-

ствие доказательств в руководствах по проведению анестезии предполагает необходимость дополнительных исследований для определения наилучшей анестезиологической техники для пациентов, подвергающихся цементной фиксации протеза [15].

Выводы. Костный цемент используется в самых разнообразных операциях, включая плановое эндопротезирование ТС и КС, вертебропластику и замену плечевого сустава.

Синдром имплантации костного цемента является потенциально фатальным осложнением ортопедических операций, в которых используется цемент для стабилизации имплантата. Информированность

об этой проблеме должна быть среди травматологов-ортопедов, анестезиологов-реаниматологов и операционной бригады.

Хирургическая и анестезиологическая бригады должны тесно сотрудничать в выявлении пациентов с высоким риском развития данной патологии, подготовке их перед операцией с использованием костного цемента.

В любой возникающей ситуации ключом к оптимизации результатов лечения пациентов при СИКЦ является быстрое распознавание этого состояния и активное участие всей периоперационной команды.

Литература

1. *Learmonth, I. D.* The operation of the century: total hip replacement / I. D. Learmonth, C. Young, C. Rorabeck // *Lancet*. – 2007. – Vol. 370. – P. 1508–1519.
2. *Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030* / S. Kurtz [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2007. – Vol. 89. – P. 780–785.
3. *Шубняков, И. И.* Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. П. П. Вредена / И. И. Шубняков [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2017. – Том 23. – № 2. – С. 81–101.
4. *Failure rates of stemmed metal-on-metal hip replacements: analysis of data from the National Joint Registry of England and Wales* / A. J. Smith [et al.] // *Lancet*. – 2012. – Vol. 379. – P. 1199–1204.
5. *Корнилов, Н. Н.* Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. П. П. Вредена за 2011–2013 годы / Н. Н. Корнилов [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2015. – № 1. – С. 136–151.
6. *Лоскутов, А. Е.* Костный цемент в эндопротезировании тазобедренного сустава (обзор литературы) / А. Е. Лоскутов, Е. В. Василенко // *Літопис травматології та ортопедії*. – 2013. – № 1–2 (25–26). – С. 188–193.
7. *Prevalence of total hip and knee replacement in the United States* / Kremers H. Maradit [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2015. – Vol. 97. – P. 1386–1397.
8. *Hines, C. B.* Understanding Bone Cement Implantation Syndrome / C. B. Hines // *AANA Journal*. – 2018. – Vol. 86. – P. 433–441.
9. *Catastrophic cement reaction following cementation for megaprosthesis for proximal femoral fracture* / M. N. Baig [et al.] // *BMJ Case Rep.* – 2017. – Vol. 2017. – P. 1–4.
10. *Bone Cement Implantation Syndrome: A Report of Four Cases* / P. Govil [et al.] // *Indian J. Anaesth.* – 2009. – Vol. 53 (2). – P. 214–218.
11. *Bone cement implantation syndrome* / A. J. Donaldson [et al.] // *Br. J. Anaesth.* – 2009. – Vol. 102. – P. 12–22.
12. *WFSA* [Electronic resource]: Bone Cement Implantation Syndrome, 2017. – Mode of access: https://www.wfsahq.org/components/com_virtual_library/media/55a90aa8c686c3ce95c3e2baa72109bd-ATOTW-351-BCIS.pdf. – Date of access: 29.08.2020.
13. *National Hip Fracture Database* [Electronic resource]: Anaesthesia Sprint Audit of Practice (ASAP), 2014. – Mode of access: [https://www.nhfd.co.uk/20/hipfractureR.nsf/vwContent/asapReport/\\$file/onlineASAP.pdf](https://www.nhfd.co.uk/20/hipfractureR.nsf/vwContent/asapReport/$file/onlineASAP.pdf). – Date of access: 07.09.2020.
14. *Bone cement implantation syndrome in cemented hemiarthroplasty for femoral neck fracture: incidence, risk factors, and effect on outcome* / F. Olsen [et al.] // *Br. J. Anaesth.* – 2014. – Vol. 113. – P. 800–806.
15. *Hines, C. B.* Bone Cement Implantation Syndrome: Key Concepts for Perioperative Nurses shunting / C. B. Hines, A. Collins-Yoder // *AORN J.* – 2019. – Vol. 109. – P. 202–216.
16. *The role of bone cement for the development of intraoperative hypotension and hypoxia and its impact on mortality in hemiarthroplasty for femoral neck fractures* / F. Olsen [et al.] // *Acta Orthopaedica*. – 2020. – Vol. 91. – P. 293–298.
17. *Pulmonary Haemodynamics and Right Ventricular Function in Cemented vs Uncemented Total Hip arthroplasty – A Randomized Trial* / M. H. af Segerstad [et al.] // *Acta Anaesthesiol Scand.* – 2019. – Vol. 63. – P. 298–305.
18. *Occurrence, risk factors, and outcomes of bone cement implantation syndrome after hemi and total hip arthroplasty in cancer patients* / E. Schwarzkopf [et al.] // *J. Surg Oncol.* – 2019. – Vol. 120 (6). – P. 1008–1015.
19. *Massive Mass Embolism Detected by Transesophageal Echocardiography in Bone Cement Implantation Syndrome: A Case Report* / Y. Izumi [et al.] // *JA Clin. Rep.* – 2019. – Vol. 5 (1): 5. – P. 1–3.
20. *The effects of cement fixation on survival in elderly patients with hip hemiarthroplasty: a nationwide cohort study* / Ming-Che Tsai [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2019. – Vol. 20 (1): 628. – P. 1–8.
21. *Cardiac output during hemiarthroplasty of the hip: a prospective, controlled trial of cemented and uncemented prostheses* / D. Clark [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 2001. – Vol. 83. – P. 414–418.
22. *Right ventricular function during revision total hip arthroplasty* / M. K. Urban [et al.] // *Anesth Analgesia*. – 1996. – Vol. 82. – P. 1225–1229.
23. *Cemented versus noncemented total hip arthroplasty – embolism, hemodynamics, and intrapulmonary shunting* / M. H. Ereth [et al.] // *Mayo Clin Proc.* – 1992. – Vol. 67. – P. 1066–1074.
24. *National Institute for Health and Care Excellence (NICE)* [Electronic resource]: Clinical guideline «Hip fracture: management», 2011 (updated 2017). – Mode of access: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg124/resources/hip-fracture-management-pdf-35109449902789>. – Date of access: 07.09.2020.
25. *Management of Proximal Femoral Fractures 2011: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland* / R. Griffiths [et al.] // *Anaesthesia*. – 2012. – Vol. 67. – P. 85–98.
26. *Torres, B. A.* 5-HT₃ receptor antagonism following suspected bone cement implantation syndrome [case report] / B. A. Torres // *Int. Student J. Nurse Anesth.* – 2013. – Vol. 12 (2). – P. 18–22.
27. *Bone cement implantation syndrome: a dreaded complication during arthroplasty* [case report] / J. K. Nagpal [et al.] // *Med J. Dr. D. Y. Patil Univ.* – 2015. – Vol. 8 (4). – P. 569–571.

28. *ten Hagen, A.* Anaphylactic shock during cement implantation of total hip arthroplasty in a patient with underlying mastocytosis: case report of a rare intraoperative complication / A. ten Hagen, P. Doldersum, T. van Raaij // *Patient Safe Surg.* – 2016. – Vol. 10 (25). – P. 1–4.

29. *Griffiths, R.* Bone cement implantation syndrome and proximal femoral fracture / R. Griffiths, M. Parker // *Br. J. Anaesth.* – 2015. – Vol. 114. – P. 6–7.

References

1. *Learmonth, I. D.* The operation of the century: total hip replacement / I. D. Learmonth, C. Young, C. Rorabeck // *Lancet.* – 2007. – Vol. 370. – P. 1508–1519.

2. *Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am.* – 2007. – Vol. 89. – P. 780–785.

3. *Shubnyakov, I. I.* Epidemiologiya pervichnogo endoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava na osnovanii dannyh registra artroplastiki RNIITO im. R. R. Vredena / I. I. Shubnyakov [i dr.] // *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* – 2017. – Tom 23. – № 2. – S. 81–101.

4. *Failure rates of stemmed metal-on-metal hip replacements: analysis of data from the National Joint Registry of England and Wales / A. J. Smith [et al.] // Lancet.* – 2012. – Vol. 379. – P. 1199–1204.

5. *Kornilov, N. N.* Dannie registra endoprotezirovaniya kolennogo sustava RNIITO im. R. R. Vredena za 2011–2013 gody / N. N. Kornilov [i dr.] // *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* – 2015. – №1. – S. 136–151.

6. *Loskutov, A. E.* Kostnyj cement v endoprotezirovanii tazobedrennogo sustava (obzor literatury) / A. E. Loskutov, E. V. Vasil'chenko // *Litopis travmatologii i ortopedii.* – 2013. – № 1–2 (25–26). – S. 188–193.

7. *Prevalence of total hip and knee replacement in the United States / Kremers H. Maradit [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am.* – 2015. – Vol. 97. – P. 1386–1397.

8. *Hines, C. B.* Understanding Bone Cement Implantation Syndrome / C. B. Hines // *AANA Journal.* – 2018. – Vol. 86. – P. 433–441.

9. *Catastrophic cement reaction following cementation for megaprosthesis for proximal femoral fracture / M. N. Baig [et al.] // BMJ Case Rep.* – 2017. – Vol. 2017. – P. 1–4.

10. *Bone Cement Implantation Syndrome: A Report of Four Cases / P. Govil [et al.] // Indian J. Anaesth.* – 2009. – Vol. 53 (2). – P. 214–218.

11. *Bone cement implantation syndrome / A. J. Donaldson [et al.] // Br. J. Anaesth.* – 2009. – Vol. 102. – P. 12–22.

12. *WFSA [Electronic resource]: Bone Cement Implantation Syndrome, 2017.* – Mode of access: https://www.wfsahq.org/components/com_virtual_library/media/55a90aa8c686c3ce95c3e2baa72109bd-ATOTW-351-BCIS.pdf. – Date of access: 29.08.2020.

13. *National Hip Fracture Database [Electronic resource]: Anaesthesia Sprint Audit of Practice (ASAP), 2014.* – Mode of access: [https://www.nhfd.co.uk/20/hipfractureR.nsf/vwContent/asapReport/\\$file/onlineASAP.pdf](https://www.nhfd.co.uk/20/hipfractureR.nsf/vwContent/asapReport/$file/onlineASAP.pdf). – Date of access: 07.09.2020.

14. *Bone cement implantation syndrome in cemented hemiarthroplasty for femoral neck fracture: incidence, risk factors, and effect on outcome / F. Olsen [et al.] // Br. J. Anaesth.* – 2014. – Vol. 113. – P. 800–806.

15. *Hines, C. B.* Bone Cement Implantation Syndrome: Key Concepts for Perioperative Nurses shunting / C. B. Hines, A. Collins-Yoder // *AORN J.* – 2019. – Vol. 109. – P. 202–216.

16. *The role of bone cement for the development of intraoperative hypotension and hypoxia and its impact on mortality in hemiarthroplasty for femoral neck fractures / F. Olsen [et al.] // Acta Orthopaedica.* – 2020. – Vol. 91. – P. 293–298.

30. *Safety Guideline: Reducing the Risk From Cemented Hemiarthroplasty for Hip Fracture 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland British Orthopaedic Association British Geriatric Society / R. Griffiths [et al.] // Anaesthesia.* – 2015. – Vol. 70. – P. 623–626.

31. *Scraser, A.* Coventry «Cement Curfew»: team training for crisis / A. Scraser, G. Horwood, S. Sandys // *Anaesthesia News.* – 2014. – Vol. 327. – P. 8–9.

17. *Pulmonary Haemodynamics and Right Ventricular Function in Cemented vs Uncemented Total Hip arthroplasty – A Randomized Trial / M. H. af Segerstad [et al.] // Acta Anaesthesiol Scand.* – 2019. – Vol. 63. – P. 298–305.

18. *Occurrence, risk factors, and outcomes of bone cement implantation syndrome after hemi and total hip arthroplasty in cancer patients / E. Schwarzkopf [et al.] // J. Surg Oncol.* – 2019. – Vol. 120 (6). – P. 1008–1015.

19. *Massive Mass Embolism Detected by Transesophageal Echocardiography in Bone Cement Implantation Syndrome: A Case Report / Y. Izumi [et al.] // JA Clin. Rep.* – 2019. – Vol. 5 (1): 5. – P. 1–3.

20. *The effects of cement fixation on survival in elderly patients with hip hemiarthroplasty: a nationwide cohort study / Ming-Che Tsai [et al.] // BMC Musculoskelet Disord.* – 2019. – Vol. 20 (1): 628. – P. 1–8.

21. *Cardiac output during hemiarthroplasty of the hip: a prospective, controlled trial of cemented and uncemented prostheses / D. Clark [et al.] // J Bone Joint Surg.* – 2001. – Vol. 83. – P. 414–418.

22. *Right ventricular function during revision total hip arthroplasty / M. K. Urban [et al.] // Anesth Analgesia.* – 1996. – Vol. 82. – P. 1225–1229.

23. *Cemented versus noncemented total hip arthroplasty – embolism, hemodynamics, and intrapulmonary shunting / M. H. Erth [et al.] // Mayo Clin Proc.* – 1992. – Vol. 67. – P. 1066–1074.

24. *National Institute for Health and Care Excellence (NICE) [Electronic resource]: Clinical guideline «Hip fracture: management», 2011 (updated 2017).* – Mode of access: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg124/resources/hip-fracture-management-pdf-35109449902789>. – Date of access: 07.09.2020.

25. *Management of Proximal Femoral Fractures 2011: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland / R. Griffiths [et al.] // Anaesthesia.* – 2012. – Vol. 67. – P. 85–98.

26. *Torres, B. A.* 5-HT3 receptor antagonism following suspected bone cement implantation syndrome [case report] / B. A. Torres // *Int. Student J. Nurse Anesth.* – 2013. – Vol. 12 (2). – P. 18–22.

27. *Bone cement implantation syndrome: a dreaded complication during arthroplasty [case report] / J. K. Nagpal [et al.] // Med J. Dr. D. Y. Patil Univ.* – 2015. – Vol. 8 (4). – P. 569–571.

28. *ten Hagen, A.* Anaphylactic shock during cement implantation of total hip arthroplasty in a patient with underlying mastocytosis: case report of a rare intraoperative complication / A. ten Hagen, P. Doldersum, T. van Raaij // *Patient Safe Surg.* – 2016. – Vol. 10 (25). – P. 1–4.

29. *Griffiths, R.* Bone cement implantation syndrome and proximal femoral fracture / R. Griffiths, M. Parker // *Br. J. Anaesth.* – 2015. – Vol. 114. – P. 6–7.

30. *Safety Guideline: Reducing the Risk From Cemented Hemiarthroplasty for Hip Fracture 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland British Orthopaedic Association British Geriatric Society / R. Griffiths [et al.] // Anaesthesia.* – 2015. – Vol. 70. – P. 623–626.

31. *Scraser, A.* Coventry «Cement Curfew»: team training for crisis / A. Scraser, G. Horwood, S. Sandys // *Anaesthesia News.* – 2014. – Vol. 327. – P. 8–9.

Поступила 07.06.2021 г.