

Непрерывная внутривенная инфузия инсулина при коронарном шунтировании и ее связь с периоперационными колебаниями гликемии и госпитальными осложнениями

Н.А. Безденежных, д.м.н.

Адрес для переписки: Наталья Александровна Безденежных, n_bez@mail.ru

Для цитирования: Безденежных Н.А. Непрерывная внутривенная инфузия инсулина при коронарном шунтировании и ее связь с периоперационными колебаниями гликемии и госпитальными осложнениями. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (33): 38–45.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-33-38-45

Цель. Сопоставить две тактики инсулиновой поддержки (непрерывная венозная инфузия и прерывистые инъекции) у кардиохирургических пациентов с сахарным диабетом 2 типа в первый день после коронарного шунтирования (КШ).

Материал и методы. В исследование включено 214 пациентов с верифицированным сахарным диабетом 2 типа, оперированных в период с мая 2016 г. по май 2018 г. в одном центре. С помощью метода минимизации сформированы две когорты: с постоянной внутривенной инфузией инсулина ($n = 28$) и с дробным подкожным введением инсулина короткого действия ($n = 186$). Исходно группы были сопоставимы по полу, возрасту, тяжести состояния, объему шунтирования и фоновой фармакотерапии.

Результаты. К 7, 9, 10, 12, 13 и 21-му часам после операции при использовании инфузионного метода отмечены значимо лучший профиль гликемии ($p < 0,05$) и полное отсутствие гипогликемических эпизодов. Хотя частота фатальных осложнений (инфаркт, инсульт, полиорганная недостаточность) была нулевой в группе непрерывной инфузии, достоверных межгрупповых отличий не выявлено. При этом методом количественного анализа подтверждено, что увеличение среднего уровня глюкозы в первые сутки на 1 ммоль/л ассоциировано с повышением шансов развития тяжелых осложнений на 17% (отношение шансов (ОШ) = 1,17), а всех значимых осложнений – на 27,8% (ОШ = 1,278), $p < 0,001$. Максимальные значения при повышении уровня глюкозы в крови также связаны с ухудшением госпитального прогноза: ОШ для значимых осложнений составило 1,115 ($p = 0,005$), для тяжелых – 1,085 ($p = 0,027$).

Заключение. Непрерывная внутривенная инфузия инсулина позволяет чаще достигать целевых значений гликемии в первые сутки после КШ у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и демонстрирует тенденцию к снижению частоты гипогликемий и госпитальных осложнений. Средний и максимальный уровни глюкозы первых послеоперационных суток ассоциированы с частотой госпитальных осложнений КШ.

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа, периоперационное управление гликемией, коронарное шунтирование, послеоперационные осложнения

Введение

Доля пациентов с верифицированным диагнозом сахарного диабета 2 типа (СД 2) среди контингента, подвергаемого кардиохирургической коррекции, колеблется от четверти до 45% от общего числа, при этом сохраняется тенденция к ее увеличению [1]. Очевидно, что наличие диабета существенно отягощает течение послеоперационного периода, приводит к росту затрат на госпитализацию и повышает риск неблагоприятных исходов, включая долгосрочную выживаемость пациентов [1, 2, 3].

Любопытно, что за прошедшие 10 лет рекомендуемые верхние целевые пороги гликемии в периоперационном периоде практически не претерпели изменений (10 ммоль/л), менялись только нижние границы порога [3–5]. В рекомендациях Российской ассоциации эндокринологов 2015 г. и 2026 г. указан диапазон целевого уровня глюкозы в крови, составляющий 6,1–10,0 ммоль/л, отмечено также, что при минимальном риске гипогликемии допускается более жесткий контроль – 6,1–7,8 ммоль/л [4, 5]. Американская ассоциация диабета (American Diabetes Association, ADA) в 2026 г. предлагает



после операции ориентироваться на уровень 5,6–10,0 ммоль/л в течение четырех часов, но честно признает, что убедительных данных в пользу этого диапазона недостаточно [3]. Таким образом, и международные, и российские руководства констатируют: единого «правильного» целевого уровня не существует, но все эндокринологические сообщества однозначно сходятся во мнении о минимизации риска гипогликемий при стремлении достичь целевых уровней гликемии [3, 4].

Важно отметить, что для всех сахароснижающих средств, за исключением инсулина, отсутствуют убедительные данные рандомизированных испытаний применительно к хирургическим вмешательствам [3, 4]. С учетом существующего консенсуса экспертов внутривенное введение инсулина в режиме непрерывной инфузии рассматривается как наиболее физиологичный и управляемый метод коррекции гипергликемии у данной категории больных [3, 4]. Существующие алгоритмы титрации дозы позволяют удерживать гликемию в терапевтическом коридоре, сводя к минимуму вероятность развития опасных для жизни гипогликемических состояний [3, 4]. Тем не менее в рутинной российской клинической практике данный регламентированный подход при коронарном шунтировании (КШ) внедрен недостаточно широко, что подчеркивает высокую потребность в проведении сравнительных исследований, обосновывающих его преимущества в снижении количества осложнений.

Цель данного исследования состоит в оценке и сопоставлении критериев качества контроля гликемии и частоты внутрибольничных неблагоприятных событий двух алгоритмов периоперационного контроля углеводного обмена в первые 24 часа после КШ – непрерывной внутривенной инфузии инсулина (НВИИ) и схемы с внутривенными и подкожными болюсами.

Статья подготовлена по материалам диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора медицинских наук.

Материал и методы

В основе работы лежит анализ данных регистра КШ, развернутого на базе хирургической клиники НИИ КПССЗ. С мая 2016 г. по май 2018 г. в регистр были включены 1372 пациента, перенесших данное вмешательство. Первичный скрининг позволил выделить 1023 случая с задокументированными показателями нарушений углеводного обмена. Последующая фильтрация исключила лиц с СД 1 ($n = 2$), а также пациентов без подтвержденного СД 2 ($n = 736$). Итоговую когорту составили 285 человек с верифицированным СД 2.

Исходно все пациенты в первые сутки после операции при поступлении в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) получали инсулин короткого действия при превышении уровня 10,0 ммоль/л [5]. Способ введения инсулина (внутривенный болюс + подкожно в эквивалентных дозах или непрерывная инфузия) определял лечащий реаниматолог. Часть больных включена в группу НВИИ, остальные – в группу стандартной тактики (болюсно + подкожно). Однако 34 пациента, которым ввиду выраженной гипергликемии после болюсной терапии была назначена НВИИ, были выведены из исследования. Еще 37 случаев, характеризовавшихся неадекватной дозировкой инсулина или отсутствием его введения при высоких цифрах глюкозы, указывали на неудовлетворительный контроль и также исключены. Таким образом, итоговая выборка для статистического анализа составила 214 больных СД 2, которым проведено коронарное шунтирование: 28 – в подгруппе НВИИ, 186 – в подгруппе болюсной терапии. Дизайн исследования представлен на рис. 1.

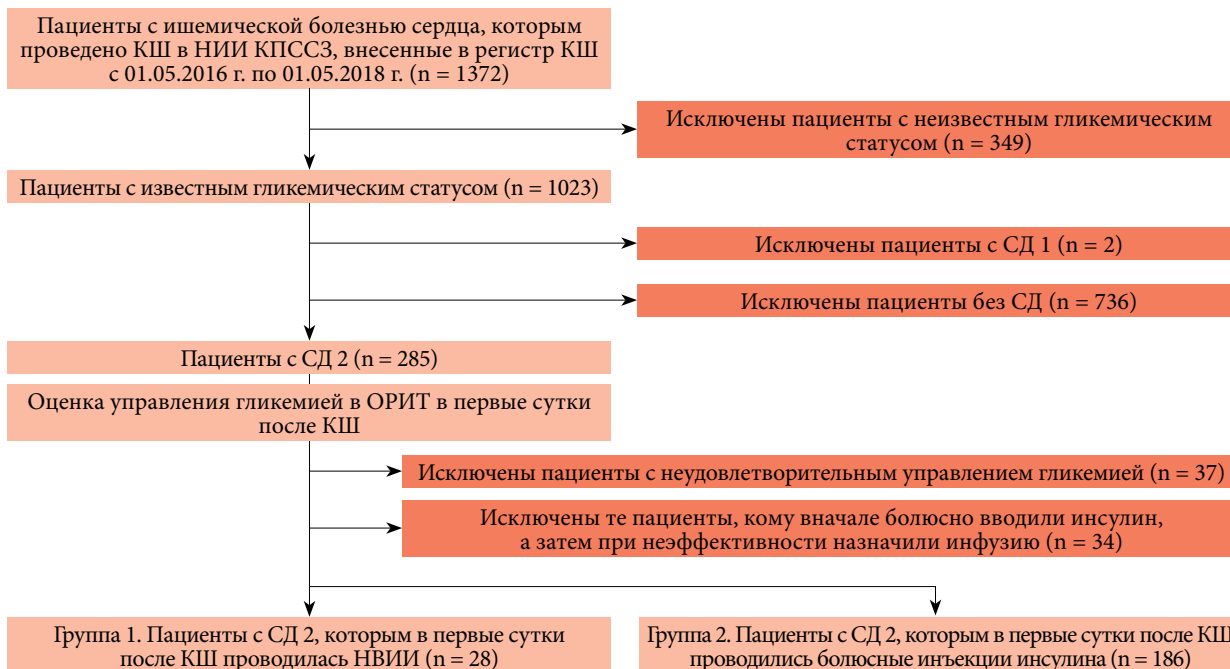


Рис. 1. Дизайн исследования



Сравниваемые группы формировались с применением метода минимизации, что позволило нивелировать различия по ключевым прогностическим факторам (половозрастные характеристики, предоперационная оценка риска по шкале EuroSCORE II, длительность вмешательства, выполнение сочетанных операций, исходный функциональный класс сердечной недостаточности и стенокардии, а также состояние почечной функции). Контроль гликемии в раннем послеоперационном периоде осуществлялся дифференцированно: в основной группе (стандартная тактика) измерение проводилось каждые два часа, а после достижения целевого коридора –

каждые четыре часа. В группе НВИИ мониторинг был более интенсивным: ежечасно с последующим переходом на двухчасовой интервал при стабилизации показателей. Общее число измерений варьировало от 6 до 24 за первые сутки.

Показанием к инициации НВИИ служил подъем гликемии до уровня ≥ 10 ммоль/л; отмена инфузионной поддержки осуществлялась при снижении концентрации глюкозы ниже порога 3,9 ммоль/л. Приготовление рабочего раствора, сама техника инфузионного введения, а также алгоритм титрации скорости подачи препарата соответствовали регламентам, закрепленным в действующих клинических рекомендациях [3].

Таблица 1. Основные клинические характеристики пациентов в группах и предоперационная медикаментозная терапия

Параметр	Основная группа (инфузия инсулина), n = 28	Группа сравнения (болюсная терапия), n = 186	p
<i>Общие сведения и антропометрия</i>			
Представители мужского пола, абс. (%)	16 (57,1)	114 (61,3)	0,448
Представители женского пола, абс. (%)	12 (42,9)	72 (38,7)	0,448
Медиана возраста, Ме (Q ₁ –Q ₃), лет	64,8 (60,3–67,0)	64,2 (59,9–69,0)	0,941
Медиана ИМТ, Ме (Q ₁ –Q ₃), кг/м ²	27,8 (24,7–31,1)	28,7 (25,9–31,7)	0,577
СД 2, впервые установленный при настоящей госпитализации, абс. (%)	5 (17,8)	54 (29,0)	0,217
<i>Терапия, назначенная в предоперационном периоде</i>			
Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента или блокаторы рецепторов ангиотензина, абс. (%)	28 (100,0)	185 (99,5)	0,938
Бета-адреноблокаторы, абс. (%)	25 (89,3)	168 (90,3)	0,765
Антагонисты кальциевых каналов, абс. (%)	19 (67,9)	124 (66,7)	0,806
Ингибиторы ГМГ-КоА-редуктазы, абс. (%)	25 (89,3)	167 (89,8)	0,801
Антагонисты минералокортикоидных рецепторов, абс. (%)	15 (53,7)	102 (54,8)	0,435
Пероральные гипогликемические препараты различных групп (в целом), абс. (%)	22 (78,6)	133 (71,5)	0,296
Метформин (бигуаниды), абс. (%)	14 (50,0)	92 (49,5)	0,765
Производные сульфонилмочевины, абс. (%)	13 (46,4)	84 (45,2)	0,533
Ингибиторы дипептидилпептидазы 4, абс. (%)	2 (7,1)	13 (7,0)	0,939
Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 типа, абс. (%)	1 (3,6)	4 (2,2)	0,836
Агонисты рецепторов глюкагоноподобного пептида 1, абс. (%)	1 (3,6)	3 (1,6)	0,972
Получение инсулина до поступления в стационар, абс. (%)	4 (14,3)	26 (14,0)	0,804
Назначение инсулина в условиях стационара перед оперативным вмешательством, абс. (%)	14 (50,0)	91 (48,9)	0,704
Суммарная доза инсулина в первые 24 ч после КШ, Ме (Q ₁ –Q ₃), ЕД	38 (26,0–61,0)	12,2 (0,0–28,0)	< 0,001
<i>Анамнестические данные о сердечно-сосудистых событиях и вмешательствах</i>			
Острые нарушения мозгового кровообращения, абс. (%)	2 (7,1)	10 (5,4)	0,653
Чрескожные коронарные вмешательства, выполненные ранее, абс. (%)	3 (10,7)	19 (10,2)	0,922
КШ в анамнезе, абс. (%)	0 (0)	1 (0,5)	0,690
Стенокардия напряжения II функционального класса, абс. (%)	18 (64,3)	91 (48,9)	0,345
Стенокардия напряжения III функционального класса, абс. (%)	6 (21,4)	36 (19,4)	0,786
Нестабильное течение стенокардии, абс. (%)	0 (0)	2 (1,1)	0,994
Хроническая сердечная недостаточность II функционального класса по классификации NYHA, абс. (%)	26 (92,9)	166 (89,2)	0,359
Хроническая сердечная недостаточность III функционального класса по классификации NYHA, абс. (%)	2 (7,1)	15 (8,1)	0,313
Активное курение на момент проведения операции, абс. (%)	0 (0)	6 (3,2)	0,717
Отсутствие курения на протяжении всей жизни, абс. (%)	22 (78,6)	148 (79,6)	0,454
Отказ от курения в прошлом, абс. (%)	5 (17,9)	32 (17,2)	0,610

Примечание. ГМГ-КоА-редуктаза – 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А редуктаза; NYHA – New York Heart Association, Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация.



Для инфузионной терапии использовался отдельный перфузор, в который помещался раствор инсулина короткого действия в концентрации 1 ЕД на 1 мл 0,9%-ного раствора хлорида натрия.

Для каждого участника рассчитывали среднеарифметический уровень глюкозы за 24 ч после перевода из операционной, стандартное отклонение как меру вариабельности, а также наибольшую амплитуду гликемических колебаний (разность между максимальным и минимальным значениями глюкозы за сутки) – Largest Amplitude of Glycemic Excursions, LAGE [6].

Тяжелыми госпитальными осложнениями считали: летальные исходы, инфаркты миокарда, нарушения ритма, инсульты, потребность в инотропной поддержке, повторные вмешательства, повторные торакальные и сосудистые операции (включая рестернотомии, чрескожное коронарное вмешательство и реваскуляризацию нижних конечностей), ишемические поражения кишечника, желудочно-кишечные кровотечения, раневые инфекции с необходимостью повторного хирургического вмешательства, полиорганную недостаточность, гемокоррекцию. К категории значимых отнесены все тяжелые осложнения, перечисленные выше, а также транзиторные ишемические атаки, пневмонии, плевральные пункции. Обработка данных выполнена в STATISTICA 10.0. Межгрупповое сравнение базировалось на U-критерии Манна – Уитни

и χ^2 -тесте; для малочисленных подвыборок расчеты дополнялись точным критерием Фишера. Поиск предикторов осуществлялся методом логистической регрессии с пороговым уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты

Что касается исходных клинических характеристик, группы формировались как хорошо сбалансированные. В обеих выборках преобладали мужчины; по возрасту, частоте впервые диагностированного диабета, статусу курения, антропометрическим данным (индекс массы тела (ИМТ)), функциональным классам стенокардии и хронической сердечной недостаточности (ХСН) (табл. 1), распространенности многососудистого поражения по данным коронарографии и стенозам брахиоцефальных артерий существенных расхождений не обнаружено (табл. 2). Характеристики самого хирургического вмешательства (преимущественно на работающем сердце с искусственным кровообращением (ИК)) также были сходными и значимо не различались (табл. 2).

Единственным статистически значимо различавшимся между группами параметром медикаментозной терапии была использованная в течение 24 часов после оперативного вмешательства совокупная доза инсулина: закономерно более высокая при реализации инфузионного протокола, чем при болюсной тактике

Таблица 2. Характеристика операции и данные обследований в группах

Параметр	Основная группа (инфузия инсулина), n = 28	Группа сравнения (болюсная терапия), n = 186	p
Фракция выброса левого желудочка, Ме (Q ₁ –Q ₃), %	64,0 (50,0–67,0)	62,0 (52,0–66,0)	0,304
Многососудистое поражение (≥ 3 магистральных коронарных артерий), абс. (%)	16 (57,1)	94 (50,5)	0,514
Гемодинамически значимый стеноз основного ствола ЛКА, абс. (%)	4 (14,3)	25 (13,4)	0,861
Сопутствующее атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий, абс. (%)	7 (25,0)	46 (24,7)	0,838
Расчетная СКФ (по формуле CKD-EPI), Ме (Q ₁ –Q ₃), мл/мин/1,73 м ²	75,8 (71,6–92,5)	91,9 (76,7–99,0)	0,087
Уровень гликированного гемоглобина до операции, Ме (Q ₁ –Q ₃), %	7,4 (6,2–8,8)	6,9 (6,0–7,7)	0,224
Венозная гликемия натошак при госпитализации перед КШ, Ме (Q ₁ –Q ₃), ммоль/л	6,7 (5,3–7,3)	7,3 (6,1–8,7)	0,331
Доля пациентов с целевыми показателями гликемии (6,1–10,0 ммоль/л) в первые сутки, абс. (%)	11 (39,3)	52 (28,0)	0,154
Эпизоды гипогликемии в первые сутки (< 3,9 ммоль/л), абс. (%)	0 (0)	3 (1,6)	0,676
Умеренная гипергликемия в первые сутки (среднее значение > 10,0 ммоль/л), абс. (%)	17 (60,7)	134 (72,0)	0,157
Выраженная гипергликемия в первые сутки (среднее значение > 13,9 ммоль/л), абс. (%)	2 (7,1)	37 (19,9)	0,078
Глюкоза венозной крови натошак на 7–8-е сут. после КШ, Ме (Q ₁ –Q ₃), ммоль/л	7,3 (5,9–9,6)	7,1 (6,0–8,4)	0,911
Предоперационный хирургический риск (EuroSCORE II), Ме (Q ₁ –Q ₃), %	1,86 (1,04–2,43)	1,69 (1,07–2,17)	0,561
Техника на работающем сердце (Off-pump), абс. (%)	1 (3,6)	13 (7,0)	0,263
Коронарное изолированное шунтирование, абс. (%)	18 (64,3)	134 (72,0)	0,263
Одномоментные сочетанные вмешательства, абс. (%)	10 (35,7)	52 (28,0)	0,383
Время ишемии миокарда (пережатие аорты), Ме (Q ₁ –Q ₃), мин	58,0 (42,0–78,0)	55,0 (44,0–70,0)	0,847
Количество наложенных дистальных анастомозов, Ме (Q ₁ –Q ₃)	2,0 (2,0–3,0)	3,0 (2,0–3,0)	0,215
Минимальная температура перфузии (гипотермия), Ме (Q ₁ –Q ₃), °C	35,7 (35,5–35,7)	35,6 (35,4–35,7)	0,788
Продолжительность искусственного кровообращения, Ме (Q ₁ –Q ₃), мин	80,0 (68,0–117,0)	87,5 (70,5–107,0)	0,618
Общая длительность оперативного пособия, Ме (Q ₁ –Q ₃), ч	3,5 (3,2–4,5)	3,4 (3,2–4,2)	0,250
Продолжительность искусственной вентиляции легких, Ме (Q ₁ –Q ₃), ч	7,0 (5,0–9,0)	6,9 (5,0–10,0)	0,932
Время пребывания в ОРИТ, Ме (Q ₁ –Q ₃), ч	22,0 (21,0–43,0)	21,6 (19,6–33,0)	0,121
Послеоперационные койко-дни в кардиохирургии (от КШ до выписки), Ме (Q ₁ –Q ₃), сут.	13,0 (12,0–14,0)	14,0 (12,0–18,0)	0,133

Примечание. ЛКА – левая коронарная артерия; СКФ – скорость клубочковой фильтрации; CKD-EPI – Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration.



Таблица 3. Мониторинг глюкозы крови в ближайшие 24 ч после завершения оперативного вмешательства

Время, ч	Глюкоза крови, Ме (Q ₁ –Q ₃), ммоль/л		p
	Основная группа (инфузия инсулина), n = 28	Группа сравнения (болюсная терапия), n = 186	
1	11,90 (9,6–14,0)	10,6 (9,0–12,7)	0,155
2	13,1 (10,4–14,3)	11,8 (9,5–13,5)	0,219
3	12,37 (10,0–14,4)	11,1 (9,6–14,5)	0,811
4	13,45 (10,7–15,0)	12,3 (11,5–13,6)	0,396
5	12,3 (10,4–15,9)	12,1 (10,6–14,0)	0,689
6	14,05 (11,2–15,7)	12,2 (10,9–15,0)	0,341
7	11,55 (9,2–12,9)	12,7 (11,8–14,5)	0,013
8	10,55 (9,0–13,7)	13,2 (11,3–15,6)	0,055
9	11,4 (8,15–12,5)	13,0 (10,8–14,9)	0,023
10	9,2 (8,3–10,7)	12,0 (10,0–15,3)	0,003
11	10,2 (7,0–11,4)	11,9 (9,6–13,9)	0,067
12	10,2 (9,8–10,9)	12,75 (10,9–15,2)	0,001
13	9,95 (8,1–10,9)	12,7 (9,5–15,2)	0,047
14	10,5 (9,4–11,0)	12,7 (9,0–14,7)	0,367
15	10,9 (9,4–14,0)	11,4 (10,2–13,1)	0,720
16	9,1 (8,2–12,1)	11,5 (9,0–13,3)	0,202
17	9,7 (9,2–11,9)	10,5 (8,6–14,3)	0,665
18	11,3 (9,6–14,3)	11,6 (10,3–12,3)	0,934
19	11,6 (10,0–14,0)	8,9 (6,6–11,1)	0,167
20	10,3 (8,5–13,7)	11,8 (10,2–14,3)	0,570
21	13,9 (11,5–16,9)	16,5 (12,5–16,9)	0,043
22	11,9 (10,7–13,0)	13,5 (12,9–14,0)	0,698
23	12,3 (9,9–13,0)	12,9 (10,4–14,1)	0,702
24	12,8 (10,8–13,0)	12,7 (10,6–14,6)	0,759

($p < 0,001$, табл. 1). При этом все остальные анализируемые показатели предоперационного периода, касающиеся как базовой кардиальной терапии, так и антигипергликемического сопровождения, оказались хорошо сбалансированы между группами (табл. 1). Например, частота применения метформина, сульфонилмочевины, ингибиторов дипептидилпептидазы 4, ингибиторов натрий-глюкозного котранспортера 2 типа и агонистов рецепторов глюкагоноподобного пептида 1, а также схемы введения инсулина на этапах до поступления и в стационаре не имели значимых расхождений ($p > 0,05$ во всех случаях).

Предоперационные концентрации глюкозы, гликированного гемоглобина и гликемия на седьмые – восьмые послеоперационные сутки были сопоставимы между группами (табл. 2).

Наиболее выраженные межгрупповые различия касались показателей почасового контроля гликемии первых суток. У пациентов, получавших НВИИ, через 7, 9, 10, 12, 13 и 21 час после завершения КШ регистрировались значимо более низкие медианные значения уровня глюкозы при полном отсутствии гипогликемических событий (табл. 3).

Динамика гликемических показателей в раннем послеоперационном периоде отражена на рис. 2. Более интенсивный режим инсулинотерапии

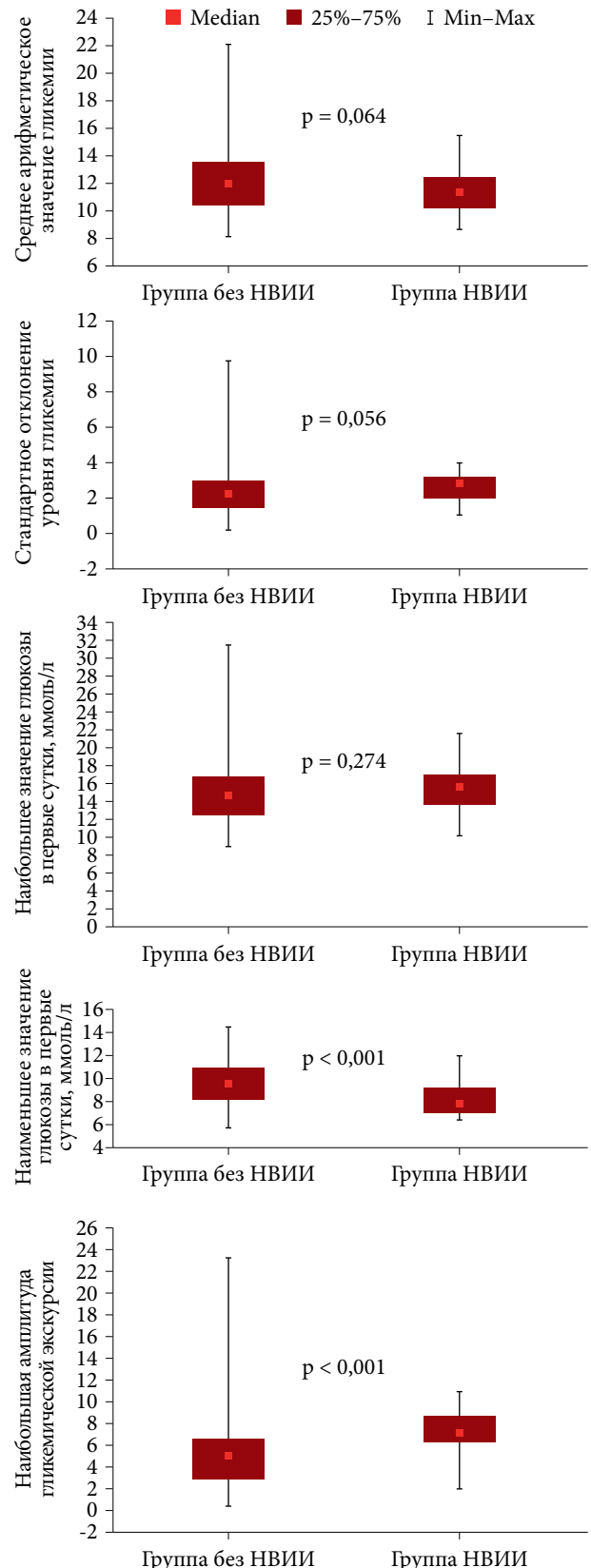


Рис. 2. Характеристика колебаний гликемии первых послеоперационных суток



(в группе НВИИ) парадоксально ассоциировался с большей медианой амплитуды колебаний гликемии в первые сутки ($p < 0,001$), а различие стандартных отклонений приближалось к пороговому уровню ($p = 0,056$). Несмотря на тенденцию к снижению среднесуточной гликемии в первые 24 ч ($p = 0,064$) и меньшему числу наблюдений с выраженной гипергликемией ($> 13,9$ ммоль/л) в группе инфузии, эти различия не достигли уровня значимости.

Пиковые (максимальные) значения сахара крови в обеих когортах были сопоставимы ($p = 0,274$), однако нижняя граница гликемического коридора в группе НВИИ оказалась значимо ниже и ближе к целевому уровню, чем в группе сравнения ($p < 0,001$).

При оценке послеоперационных осложнений и летальности не было зафиксировано значимых межгрупповых отличий. Тем не менее показательным представляется высокий уровень значимых осложнений (50–54%) в обеих группах у больных СД, независимо от способа инсулинотерапии. Важно подчеркнуть, что в когорте НВИИ не встретились такие неблагоприятные события, как смерть, ишемический инсульт, инфаркт, полиорганная недостаточность, проведение экстракорпоральной гемокоррекции, гипогликемия, нагноение или некроз раны (табл. 4).

Ввиду редкости приведенных исходов статистическая мощность оказалась недостаточной для подтверждения значимости различий, однако клинически наблюдаемая картина позволяет говорить о демонстрации безопасности и сопоставимой частоте событий на пилотной выборке при непрерывной инфузии инсулина и более благоприятном течении раннего послеоперационного периода.

В таблице 5 суммированы результаты регрессионного моделирования, позволившего установить, что колебания гликемии в раннем послеоперационном периоде являются независимыми факторами, ассоциированными с госпитальными осложнениями. Скорректированные по полу и возрасту отношения шансов (ОШ) указывают на следующее: прирост в первые сутки уровня глюкозы на один ммоль/л ассоциирован с повышением риска значимых осложнений на 27,8% (ОШ = 1,278; $p < 0,001$), а риска тяжелых – на 17,0% (ОШ = 1,170; $p = 0,012$). Пиковые значения гипергликемии также значимо связаны с прогнозом: ОШ для значимых осложнений составило 1,115 ($p = 0,005$), для тяжелых – 1,085 ($p = 0,027$).

Обсуждение

У пациентов с СД, перенесших КШ, применение постоянной инфузии инсулина в первые сутки, в сравнении с дробным болюсным введением, ассоциируется с более близкими к целевым значениям показателями гликемии через 7, 9, 10, 12, 13 и 21 час. При этом достоверного преимущества инфузионного метода в отношении общего числа осложнений в стационаре не получено. В то же время предикторами

Таблица 4. Госпитальные осложнения после коронарного шунтирования

Осложнение, абс. (%)	Основная группа (инфузия инсулина), n = 28	Группа сравнения (болюсная терапия), n = 186	p
Смерть в стационаре	0 (0)	3 (1,6)	0,486
Нарушения ритма	5 (17,9)	34 (18,3)	0,956
Сердечная недостаточность	4 (14,3)	32 (17,2)	0,700
Инфаркт миокарда	0 (0)	3 (1,6)	0,455
Острое нарушение мозгового кровообращения	0 (0)	2 (1,1)	0,581
Неотложная операция на АНК	0 (0)	1 (0,5)	0,697
Синдром полиорганной недостаточности	0 (0)	6 (3,2)	0,335
Экстракорпоральная гемокоррекция	0 (0)	3 (1,6)	0,498
Желудочно-кишечное кровотечение	0 (0)	3 (1,6)	0,498
Прогрессирование дисфункции почек при ХБП	1 (3,6)	7 (3,8)	0,960
Раневые осложнения	4 (14,3)	48 (25,8)	0,301
▪ Диастаз грудины	0 (0)	4 (2,1)	0,433
▪ Ремедиастинотомия	1 (3,6)	8 (4,3)	0,857
▪ Стерномедиастинит	0 (0)	2 (1,1)	0,581
▪ Некроз краев раны	0 (0)	11 (5,9)	0,171
▪ Гнойные осложнения раны	0 (0)	8 (4,3)	0,272
▪ Вторичное ушивание раны	1 (3,6)	12 (6,4)	0,678
▪ Диастаз мягких тканей	2 (7,1)	16 (8,6)	0,795
Все осложнения стеральной раны	2 (7,1)	31 (16,7)	0,289
Все осложнения раны голени	0 (0)	17 (9,1)	0,140
Все значимые осложнения	14 (50,0)	101 (54,3)	0,670
Все тяжелые осложнения	13 (46,4)	94 (50,5)	0,685
Все сердечно-сосудистые осложнения	3 (10,7)	29 (15,6)	0,499

Примечание. АНК – артерии нижних конечностей; ХБП – хроническая болезнь почек.

Таблица 5. Ассоциированные с колебанием гликемии предикторы значимых и тяжелых госпитальных осложнений коронарного шунтирования

Фактор риска	Госпитальные осложнения		
	ОШ*	95% ДИ	p
Значимые осложнения			
Максимальное значение глюкозы в первые сутки	1,115	1,033–1,204	0,005
Средняя гликемия в первые сутки	1,278	1,117–1,463	< 0,001
Тяжелые осложнения			
Максимальное значение глюкозы в первые сутки	1,085	1,009–1,166	0,027
Средняя гликемия в первые сутки	1,170	1,035–1,323	0,012

* ОШ, 95%-ный доверительный интервал (ДИ) и p рассчитаны с поправкой на пол и возраст.

неблагоприятного госпитального исхода выступали среднесуточный и максимальный уровень гликемии в первые 24 часа, независимо от способа введения инсулина.

Недавно опубликованные данные исследования Н. You и соавт. подтверждают важность такого фактора, как наибольшая амплитуда гликемических колебаний в послеоперационном периоде, определяющего развитие внутрибольничных осложнений [7]. Так, после КШ с использованием аппарата ИК у пациентов с СД при уровне глюкозы $\geq 4,4$ ммоль/л наблюдались значительно более



высокие показатели комбинированной конечной точки и основных сосудистых осложнений [7]. Ранее было показано, что наибольшая амплитуда колебаний уровня глюкозы, наряду со стандартным отклонением ее уровня, может эффективно использоваться для характеристики гликемической variability, связанной с функцией бета-клеток у пациентов с СД 2 [8]. В крупном ретроспективном когортном исследовании ($n = 2943$) было продемонстрировано, что повышенная гликемическая variability последовательно связана с ростом 30-, 90- и 360-дневной смертности после кардиохирургических вмешательств [9]. Авторы подчеркивают, что variability уровня глюкозы может более чувствительно отражать периоперационную метаболическую нестабильность, чем абсолютные уровни гликемии. В нашем исследовании амплитуда колебаний не была ассоциирована с госпитальными осложнениями, что требует дальнейшего наблюдения и анализа.

В систематическом обзоре M. Navaratnarajah и соавт. отмечается, что непрерывная инфузия инсулина в периоперационном периоде ассоциирована со снижением глубоких инфекций грудины и сокращением времени госпитализации, однако авторы подчеркивают необходимость стандартизации протоколов для минимизации рисков гипогликемии и избыточной variability [10]. В ранее проведенных исследованиях неоднократно продемонстрировано преимущество НВИИ в кардиохирургической практике [11–13].

В современном нарративном обзоре Y. Thongsuk и N.C. Hwang (2024) подчеркивается, что для пациентов кардиохирургического профиля предпочтителен умеренный целевой диапазон гликемии – 140–180 мг/дл (7,8–10 ммоль/л), а интенсивный контроль не улучшает исходы и повышает риск гипогликемии и variability [14]. По данным ретроспективного когортного исследования 2026 г., поддержание умеренного целевого диапазона гликемии на уровне 70–180 мг/дл (4–10 ммоль/л) ассоциировалось с меньшей внутрибольничной смертностью, а эпизоды гипергликемии (уровень глюкозы > 180 мг/дл) – с послеоперационными инфекциями [15].

Интересные данные получены в недавнем исследовании, где сравнивалась НВИИ короткого действия отдельно и в комбинации с подкожно вводи-

мым гларгином у пациентов с СД после КШ [16]. Комбинированная стратегия улучшала гликемический контроль и снижала частоту острого повреждения почек и инфекций грудины.

Клиническая значимость полученных результатов заключается в возможности использования параметров variability гликемии в первые сутки после КШ для стратификации риска и индивидуализации подхода к ведению пациентов. Пациенты с высокими показателями variability могут требовать более интенсивного мониторинга и раннего вмешательства для профилактики среднесрочных неблагоприятных исходов. В этом контексте непрерывная инфузионная терапия инсулином представляет собой перспективную стратегию для достижения стабильного гликемического контроля с минимизацией variability и риска гипогликемии.

Ограничения исследования включают одноцентровый дизайн, относительно небольшую выборку в подгруппе НВИИ и отсутствие слепой рандомизации. Тем не менее устойчивость выявленных ассоциаций после поправки на основные демографические характеристики и согласованность с данными литературы подтверждают клиническую значимость полученных результатов. Необходимы крупные рандомизированные исследования для дальнейшего изучения влияния различных стратегий гликемического контроля на среднесрочные и отдаленные исходы после кардиохирургических вмешательств.

Заключение

В данном исследовании продемонстрировано, что непрерывная инфузия инсулина у пациентов с диабетом после КШ, по сравнению с болюсным введением, способствует лучшему контролю гликемии первых суток после операции. Средний и максимальный уровни глюкозы первых суток были независимо ассоциированы с развитием внутрибольничных осложнений. Эти результаты свидетельствуют о необходимости продолжения дальнейших исследований, как многоцентровых, так и рандомизированных. ➤

Финансирование. Исследование выполнено в рамках научной темы № 0419-2026-0005 «Модели оценки, профилактики и коррекции кардиоваскулярного риска на основе изучения психологических факторов и коморбидности соматических патологий у пациентов с болезнями системы кровообращения (№ госрегистрации 126012716074-3 от 27.01.2026).

Литература

1. Vrints C., Andreotti F., Koskinas K.C., et al. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. Eur. Heart J. 2024; 45 (36): 3415–3537.
2. Cosentino F., Grant P., Aboyans V., et al. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD: the Task Force for diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). Eur. Heart J. 2020; 41 (2): 255–323.
3. American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes. 16. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Care in Diabetes-2026. Diabetes Care. 2026; 49 (Suppl. 1): S339–S355.



4. Дедов И.И., Шестакова М.В., Сухарева О.Ю. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. Под ред. И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, О.Ю. Сухаревой. 12-й выпуск (дополненный). Сахарный диабет. 2026; 29 (2S): 1–176.
5. Дедов И.И., Шестакова М.В., Галстян Г.Р. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. Под ред. И.И. Дедова, М.В. Шестаковой (7-й выпуск). Сахарный диабет. 2015; 18 (1S): 1–112.
6. Liu M., Ao L., Hu X., et al. Influence of blood glucose fluctuation, C-peptide level and conventional risk factors on carotid artery intima-media thickness in Chinese Han patients with type 2 diabetes mellitus. Eur. J. Med. Res. 2019; 24 (1): 13.
7. You H., Hou X., Zhang H., et al. Effect of glycemic control and glucose fluctuation on in-hospital adverse outcomes after on-pump coronary artery bypass grafting in patients with diabetes: a retrospective study. Diabetol. Metab. Syndr. 2023; 15 (1): 20.
8. Zhang Y., Dai J., Han X., et al. Glycemic variability indices determined by self-monitoring of blood glucose are associated with β -cell function in Chinese patients with type 2 diabetes. Diabetes Res. Clin. Pract. 2020; 164: 108152.
9. Yao F., Yang F., Chen X., et al. Glycemic variability and postoperative mortality following cardiac surgery: evidence from a real-world ICU cohort. BMC Cardiovasc. Disord. 2025; 25 (1): 787.
10. Navaratnarajah M., Rea R., Evans R., et al. Effect of glycaemic control on complications following cardiac surgery: literature review. J. Cardiothorac. Surg. 2018; 13 (1): 10.
11. Ogawa S., Okawa Y., Sawada K., et al. Continuous postoperative insulin infusion reduces deep sternal wound infection in patients with diabetes undergoing coronary artery bypass grafting using bilateral internal mammary artery grafts: a propensity-matched analysis. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2016; 49 (2): 420–426.
12. Golukhova E.Z., Lifanova L.S., Pugovkina Y.V., et al. Should we monitor glucose and biomarkers in diabetics over heart surgery? J. Clin. Med. 2021; 10 (15): 3399.
13. Sreedharan R., Khanna S., Shaw A. Perioperative glycemic management in adults presenting for elective cardiac and non-cardiac surgery. Perioper. Med. (Lond.). 2023; 12 (1): 13.
14. Thongsuk Y., Hwang N.C. Perioperative glycemic management in cardiac surgery: a narrative review. J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2024; 38 (1): 248–267.
15. E. Silva A.L.A.G.M.D.C., Maia Zica L., Ferreira D.P., et al. Perioperative glycemic control and outcomes in cardiac surgery: a retrospective cohort study. Med. Sci. Monit. 2026; 32: e952210.
16. Rahaman M.S., Shahazadi I., Majumder M.F.N., Barua S. Effects on glycaemic control by continuous intravenous regular insulin with or without subcutaneous glargine basal insulin in patients with diabetes following coronary artery bypass grafting surgery. Cureus. 2026; 18 (1): e101357.

Continuous Intravenous Insulin Infusion in Coronary Artery Bypass Grafting: Association with Perioperative Glycemic Variability and Adverse In-Hospital Outcomes

N.A. Bezdenzhnykh, PhD

Research Institute of Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo

Contact person: Natalia A. Bezdenzhnykh, n_bez@mail.ru

Aim. To compare two insulin management strategies – continuous intravenous infusion versus intermittent subcutaneous injections – in cardiac surgery patients with type 2 diabetes mellitus during the first 24 hours after coronary artery bypass grafting (CABG).

Material and methods. A total of 214 patients with verified type 2 diabetes mellitus who underwent surgery at a single center between May 2016 and May 2018 were enrolled. Using a minimization method, patients were assigned to two cohorts: those receiving continuous intravenous insulin infusion ($n = 28$) and those receiving intermittent subcutaneous bolus injections of short-acting insulin ($n = 186$). The groups were comparable at baseline with respect to sex, age, disease severity, number of grafts, and baseline pharmacotherapy.

Results. At 7, 9, 10, 12, 13 and 21 hours postoperatively, the infusion method demonstrated a significantly superior glycemic profile ($p < 0.05$) and a complete absence of hypoglycemic episodes. Although the incidence of fatal complications (myocardial infarction, stroke, multiple organ failure) was zero in the infusion group, no statistically significant intergroup differences were observed. Quantitative analysis confirmed that a 1 mmol/L increase in average blood glucose during the first postoperative day was associated with a 17% increase in the odds of severe complications (odds ratio (OR) = 1.17) and a 27.8% increase in the odds of all major complications (OR = 1.278; $p < 0.001$). Elevated peak glucose levels also independently predicted worse outcomes: the OR for major complications was 1.115 ($p = 0.005$), and for severe complications, 1.085 ($p = 0.027$).

Conclusion. Continuous intravenous insulin infusion enables more frequent attainment of glycemic targets during the first 24 hours after CABG in patients with type 2 diabetes mellitus and shows a trend toward reduced rates of hypoglycemia and in-hospital complications. The average and maximum glucose levels of the first postoperative day were associated with an incidence of postoperative complications following CABG.

Keywords: type 2 diabetes mellitus, perioperative glycemic management, coronary artery bypass grafting, postoperative complications