

# ТРОМБОЭЛАСТОМЕТРИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАРУШЕНИЙ ГЕМОСТАЗА В ПОСТПЕРФУЗИОННОМ ПЕРИОДЕ ВО ВРЕМЯ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Аксельрод Б. А.<sup>\*</sup>, Дымова О. В., Гуськов Д. А., Гончарова А. В., Гладышева В. Г., Толстова И. А., Линник Д. В.

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», 119435, Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Оценка состояния системы гемостаза в кардиоанестезиологии осуществляется как клинически, так и с помощью тромбоэластографии (ТЭГ), ротационной тромбоэластометрии (РОТЭМ), или их комбинации. ТЭГ и РОТЭМ предназначены для выявления нарушений в системе гемостаза в режиме реального времени.

**Цель** — оценить информативность РОТЭМ, выполняемой на этапе искусственного кровообращения (ИК) до нейтрализации гепарина протамином, и изучить прогностическое значение данного исследования в оценке риска развития послеоперационного кровотечения во время кардиохирургических вмешательств высокого риска развития кровотечения.

**Материалы и методы.** Оценка диагностической значимости исследований РОТЭМ на этапе ИК основана на наблюдении за 31 больным, оперированным с июля по октябрь 2018 г. Медиана возраста больных составила 55 лет (31–72 года). Критерии включения больных в исследование — выполнение плановых кардиохирургических вмешательств с высоким риском развития кровотечений: операции на аорте, сочетанные операции (коронарное шунтирование и/или операция на клапане (клапанах), многоклапанная коррекция), в том числе повторные операции. Для оценки диагностических и прогностических возможностей исследования РОТЭМ во время ИК на фоне высоких доз гепарина использовали методы описательной статистики, корреляционного и сравнительного анализов, ROC-анализ.

**Результаты.** Отмечена статистически достоверная линейная корреляция между показателями A5 и MCF в тестах EXTEM, FIBTEM и PLTEM, выполненных как во время, так и после ИК. Полученные результаты свидетельствуют, что определение причины кровотечения и принятие решения о выборе терапии возможно существенно раньше, чем будет определен показатель MCF, а именно через 5 мин после начала свертывания крови при исследовании РОТЭМ. Показана информативность исследований РОТЭМ, выполненных во время ИК, однако при интерпретации результатов необходимо ориентироваться не только на референсные интервалы, но и на полученные уровни отсечения для параметров РОТЭМ во время ИК для раннего выявления гипофибриногенемии или тромбоцитопении после ИК.

**Заключение.** РОТЭМ, выполняемая при применении высоких доз гепарина во время ИК, является информативным методом для выбора патогенетически обоснованной терапии возможных кровотечений.

**Ключевые слова:** кардиохирургия, кровотечение, гемостаз, искусственное кровообращение, ротационная тромбоэластография

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Аксельрод Б.А., Дымова О.В., Гуськов Д.А., Гончарова А.В., Гладышева В.Г., Толстова И.А., Линник Д.В. Тромбоэластометрия для прогнозирования нарушений гемостаза в постперфузионном периоде во время кардиохирургических операций. Гематология и трансфузиология. 2023; 68(1): 50–61. <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2023-68-1-50-61>

# THROMBOELASTOMETRY FOR PREDICTING HEMOSTASIS DISORDERS AFTER CARDIOPULMONARY BYPASS DURING CARDIAC SURGERY

Akselrod B. A.<sup>\*</sup>, Dymova O. V., Guskov D. A., Goncharova A. V., Gladysheva V. G., Tolstova I. A., Linnik D. V.  
Petrovsky National Research Centre of Surgery, 119435, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**Introduction.** Assessment of the state of the hemostasis system in cardioanesthesiology is carried out both clinically and using standard laboratory tests — thromboelastography (TEG), rotational thromboelastometry (ROTEM), or a combination of both. Both TEG and ROTEM are designed to detect disorders in the hemostasis system in real time.

**Aim** — to evaluate the informativeness of ROTEM performed at the stage of cardiopulmonary bypass (CPB) before neutralization of heparin with protamine and to study the prognostic value of this study in assessing the risk of postoperative bleeding during cardiac surgery with a high risk of bleeding.

**Materials and methods.** The assessment of the diagnostic significance of ROTEM studies at the CPB stage is based on the observation of 31 patients operated on from July to October 2018. The median age of these patients was 55 years (31–72 years). The criteria for inclusion of patients in the study were the performance of planned cardiac surgery with a high risk of bleeding: operations on the aorta, combined operations (coronary bypass surgery and/or surgery on the valve(s), multivalve correction), including repeated. Methods of descriptive statistics, correlation and comparative analyses, and ROC-analysis were used to assess the diagnostic and prognostic capabilities of ROTEM research during CPB against the background of high doses of heparin.

**Results.** A statistically significant linear correlation was noted between A5 and MCF indicators in EXTEM, FIBTEM and PLTEM tests performed both during and after CPB. The results obtained indicate that determining the cause of bleeding and deciding on the choice of therapy is possible significantly earlier than the MCF indicator is determined, namely 5 minutes after the start of blood clotting in the ROTEM study. The informative value of ROTEM studies performed during CPB is shown, however, when interpreting the results, it is necessary to focus not only on the reference intervals, but also on the obtained cut-off levels for ROTEM parameters during CPB for early detection of hypofibrinogenemia or thrombocytopenia after CPB.

**Conclusion.** ROTEM performed with the use of high doses of heparin during CPB is informative for the choice of pathogenetically justified therapy for possible bleeding.

**Keywords:** cardiac surgery, bleeding, hemostasis, cardiopulmonary bypass, rotational thromboelastography

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** the study had no sponsorship.

**For citation:** Akselrod B.A., Dymova O.V., Guskov D.A., Goncharova A.V., Gladysheva V.G., Tolstova I.A., Linnik D.V. Thromboelastometry for predicting hemostasis disorders after cardiopulmonary bypass during cardiac surgery. *Gematologiya i transfuziologiya*. 2023; 68(1): 50–61 (in Russian). <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2023-68-1-50-61>

## Введение

Выполнение кардиохирургических операций сопряжено с высокими риском развития интра- и послеоперационных кровотечений, которые требуют массивного переливания крови или экстренного повторного оперативного вмешательства в 10 % случаев

[1, 2]. Массивная кровопотеря, воздействие искусственного кровообращения (ИК), необходимость применения гепарина в высоких дозах, последующая нейтрализация его протамином — это неполный список причин развития периоперационной коагулопатии.

Кроме того, во время перфузии развивается гемодилюция, которая, в свою очередь, приводит к снижению концентрации факторов свертывания в крови, прямо пропорциональное длительности ИК и степени гипотермии [3]. Вместе с тем возможное снижение коагуляционной способности системы гемостаза в анамнезе (гипофибриногенемия, тромбоцитопения, наследственные коагулопатии, антиагрегантная, антикоагулянтная терапия) повышает риск развития послеоперационных кровотечений и увеличивает время пребывания больного в отделении реанимации и интенсивной терапии [4]. Лечение нарушений гемостаза требует быстрого принятия правильных решений, что невозможно без точной и своевременной диагностики.

Оценка состояния системы гемостаза в кардиоанестезиологии осуществляется как клинически, так и с помощью стандартных лабораторных тестов, тромбозластографии (ТЭГ), ротационной тромбозластометрии (РОТЭМ) или их комбинации [5].

ТЭГ и РОТЭМ предназначены для выявления нарушений в системе гемостаза в режиме реального времени [5]. С помощью РОТЭМ производится глобальная и динамическая оценка системы гемостаза как результата взаимодействия клеточных белков и белков плазмы на этапах инициации, образования и лизиса кровяного сгустка [6]. Правильная трактовка результатов этих тестов позволяет выявить нарушенные звенья в системе гемостаза и выбрать оптимальный путь их коррекции.

**Цель** работы — оценить информативность тромбозластометрии, выполняемой на этапе ИК (до нейтрализации гепарина протамином), и изучить прогностическое значение данного исследования в оценке риска развития послеоперационного кровотечения во время кардиохирургических вмешательств высокого риска развития кровотечений.

## Материал и методы

**Дизайн исследования.** Проспективное, одноцентровое, наблюдательное исследование состояло из двух этапов. На первом этапе определяли информативность исследований РОТЭМ во время ИК на фоне использования гепарина. На втором — оценивали прогностическую роль данных исследований в плане ранней диагностики нарушений гемостаза для применения более эффективной патогенетически обоснованной гемостатической терапии сразу после отключения от ИК.

В исследование были включены больные ( $n = 31$ ), оперированные на сердце и магистральных сосудах с июля по октябрь 2018 г. в ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Медиана возраста больных составила 55 лет (31–72 года,  $Q_{25}$ – $Q_{75}$ : 44–65 лет). Клиническая характеристика больных представлена в таблице 1.

Критериями включения больных в исследование служило выполнение плановых кардиохирургических вмешательств с высоким риском развития кровотечений: операции на аорте, сочетанные операции (коронарное шунтирование и/или операция на клапане/клапанах), многоклапанная коррекция, в том числе повторные оперативные вмешательства.

Согласно используемому протоколу, во время ИК для оценки адекватности гепаринизации анализировали активированное время свертывания (АВС) каждые 30 мин, целевое значение АВС составляло более 480 сек. Нейтрализацию гепарина осуществляли протамин сульфатом, адекватность нейтрализации оценивали по величине АВС.

На этапе ИК гемоцитометрию выполняли на автоматическом гематологическом анализаторе НМХ (Beckman Coulter, США) и РОТЭМ — на анализаторе «ROTEM® Delta» (The Tem Innovations GmbH, Германия). Выполняли следующие тесты:

**Таблица 1.** Клиническая характеристика больных, включенных в исследование  
**Table 1.** Clinical characteristics of patients included in the study

Количество больных / Number of patients		31
Возраст, годы / Age, years		54,2 ± 12,2
Пол (м/ж) / Sex (male/female)		24/7
Масса тела, кг / Body mass, kg		82,9 ± 15,6
Рост, см / Height, cm		173,3 ± 9,1
Длительность искусственного кровообращения, мин Duration of cardiopulmonary bypass, min	Медиана / Median	124
	25–75-й перцентили / 25th–75th percentile	95–142
	минимум-максимум / minimum-maximum	34–614
Длительность ишемии миокарда, мин Duration of myocardial ischemia, min	Медиана / Median	84
	25–75-й перцентили / 25th–75th percentile	61,5–105,5
	минимум-максимум / minimum-maximum	22–482

- ЕХТЕМ (с активацией свертывания по «внешнему пути» тканевым фактором и инактивацией гепарина полибреном),

- FIBТЕМ (с активацией свертывания по «внешнему пути» тканевым фактором и инактивацией гепарина полибреном, с добавлением цитохалазина D, инактивирующего тромбоциты, для функциональной оценки фибриногена и процесса полимеризации фибрина).

Через 15 мин после отключения от ИК и адекватной нейтрализации гепарина (согласно результатам АВС) оценивали систему гемостаза, для чего:

- использовали стандартные (так называемые «локальные») коагулологические тесты (протромбиновое время, международное нормализованное отношение (МНО), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), концентрацию фибриногена по методу Клаусса, тромбиновое время);

- исследовали количество и функцию тромбоцитов (гемоцитометрия на автоматическом гематологическом анализаторе и агрегация тромбоцитов с АДФ по методу Борна);

- проводили повторное исследование тромбоэластометрии: тесты ЕХТЕМ, FIBТЕМ, INТЕМ (с активацией свертывания по «внутреннему пути») и НЕРТЕМ (с активацией свертывания по «внутреннему пути» с добавлением гепариназы для подтверждения или исключения наличия гепарина в крови).

В тестах тромбоэластометрии анализировали следующие показатели:

- СТ (clotting time) — время от начала измерения до начала образования сгустка;
- СFT (clot formation time) — время от начала свертывания до достижения плотности сгустка 20 мм на тромбоэластограмме;
- MCF (maximum clot firmness) — максимальная плотность сгустка;

- Alpha — угол альфа на тромбоэластограмме;
- A5, A10, A15 — амплитуда (в мм) тромбоэластограммы (плотность сгустка) через 5, 10 и 15 минут от начала свертывания.

Дополнительно для оценки функции тромбоцитов была проанализирована расчетная величина PLТЕМ 5/10/15, которая была получена путем вычитания показателей A5/10/15 теста FIBТЕМ из показателей A5/10/15 теста ЕХТЕМ. Данные расчетные величины анализировались на этапе ИК и после ИК.

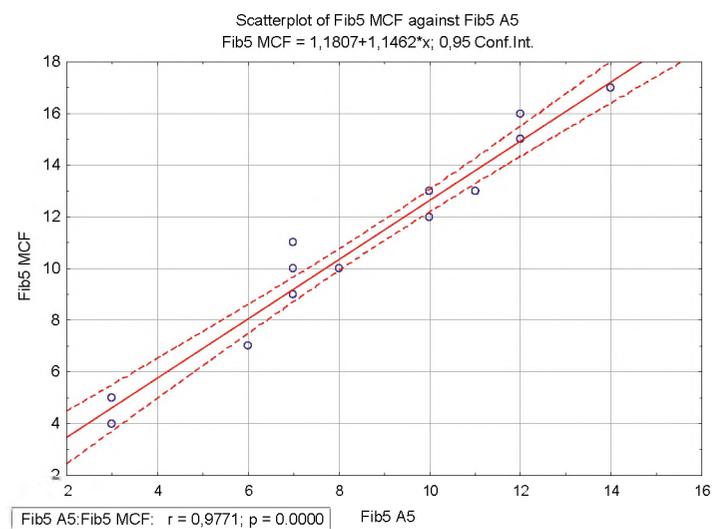
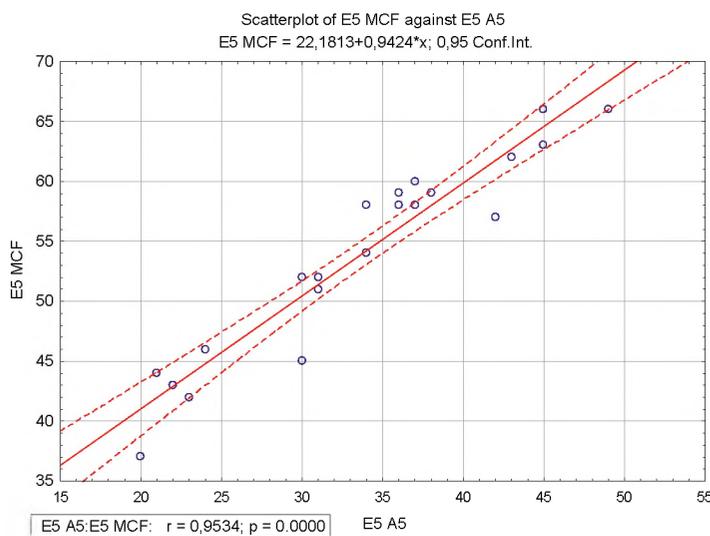
*Статистический анализ.* Для оценки диагностических и прогностических возможностей исследования РОТЭМ во время ИК на фоне высоких доз гепарина использовали методы описательной статистики, корреляционного и сравнительного анализов, ROC-анализ. Количественные величины представлены в виде среднего ± стандартного отклонения или медианы, межквартильного интервала (25-й, 75-й перцентиль), минимума и максимума в зависимости от результатов предшествующей проверки на нормальность распределения. Статистическую обработку материала осуществляли с помощью статистических пакетов Statistica (v. 10) for Windows (StatSoft Inc., США) и IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp., США).

## Результаты

Результаты лабораторных исследований, выполненных на этапах во время и после ИК, представлены в таблице 2 в виде медианы и межквартильного интервала.

Отмечена статистически достоверная линейная корреляция между показателями A5 и MCF в тестах ЕХТЕМ, FIBТЕМ и PLТЕМ, выполненных как во время ИК, так и после ИК (табл. 3, рис. 1–3).

Полученные результаты свидетельствовали, что определение причины нарушений коагуляции



**Рисунок 1.** Корреляция в виде точечной диаграммы между плотностью сгустка через 5 мин от начала свертывания (A5) и максимальной плотностью сгустка (MCF) во время искусственного кровообращения в тестах ЕХТЕМ и FIBТЕМ

**Figure 1.** Dot plot correlation between clot density at 5 min from the onset of clotting (A5) and maximum clot firmness (MCF) during cardiopulmonary bypass in EXTEM and FIBTEM tests

**Таблица 2.** Результаты ROTEM, выполненной во время ИК и после нейтрализации гепарина, Me (Q25; Q75)  
**Table 2.** Results of ROTEM performed during CPB and after heparin neutralization, Me (Q25; Q75)

Исследование / Test	Параметр / Parameter	Время выполнения / Execution time	
		Во время ИК / During CPB	После ИК / After CPB
EXTEM	CT	99 (86–116)	85 (78–99)
	A5	36 (30–42)	38 (34–41)
	A10	47 (40–51)	48 (42–52)
	A15	51 (45–53)	53 (47–56,5)
	CFT	108 (91–157)	105 (94–129)
	MCF	57,5 (46–59)	58 (55–61)
	Alpha	69 (61–73)	69 (65–72)
FIBTEM	A5	10 (7–10,5)	10 (8–12)
	A10	11 (8,5–12)	11 (9–15)
	A15	11 (9–12)	12 (9–14)
	MCF	12 (10–13)	11,5 (9–16)
PLTEM	A5	26 (20–30)	28 (23–30)
	A10	35 (28–39)	37 (32–39)
	A15	40 (34–43)	41 (37–43)
	MCF	45 (40,5–47,5)	46 (40–48)
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Platelets, $\times 10^9/\text{L}$		120 (85–160)	106 (88–135)
Фибриноген (по Клауссу), г/л / Clauss Fibrinogen, g/L		не исследовали из-за высокого содержания гепарина в плазме not studied due to high plasma heparin content	2,5 (2,1–3,0)

**Примечание.** ИК — искусственное кровообращение; CT — время от начала измерения до начала образования сгустка; A5, A10, A15 — амплитуда (в мм) тромбоэластограммы (плотность сгустка) через 5, 10 и 15 минут от начала свертывания; CFT — время от начала свертывания до достижения плотности сгустка 20 мм на тромбоэластограмме; MCF — максимальная плотность сгустка; Alpha — угол альфа на тромбоэластограмме.

Note. CPB — cardiopulmonary bypass; CT — clotting time; A5, A10, A15 — amplitude (mm) of thromboelastogram (clot density) after 5, 10 and 15 minutes from the onset of coagulation; CFT — clot formation time; MCF — maximum clot firmness; Alpha — alpha angle on thromboelastogram.

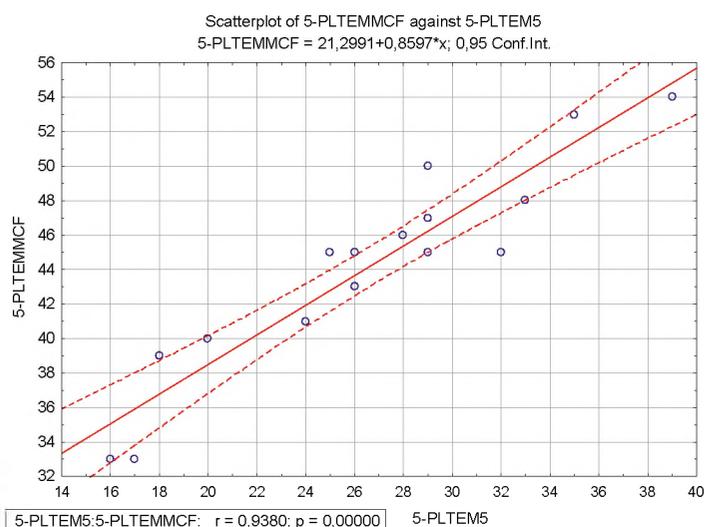
и принятие решения о выборе терапии возможно существенно раньше, чем будет определен показатель MCF, а именно через 5 мин после начала свертывания крови при исследовании тромбоэластометрии.

Отмечена статистически достоверная корреляция между показателем A5 в тестах EXTEM, FIBTEM и PLTEM, выполненных во время ИК, и показателем A5 в аналогичных тестах, записанных после ИК. Аналогичные корреляционные зависимости выявлены для показателей A10, A15, CFT (для теста EXTEM), MCF (табл. 4).

Полученные результаты свидетельствуют об информативности исследований тромбоэластометрии, выполненных во время ИК. При этом в результате гепаринизации во время ИК большинство «локальных тестов» оказались неприменимыми из-за наличия гепарина в пробе.

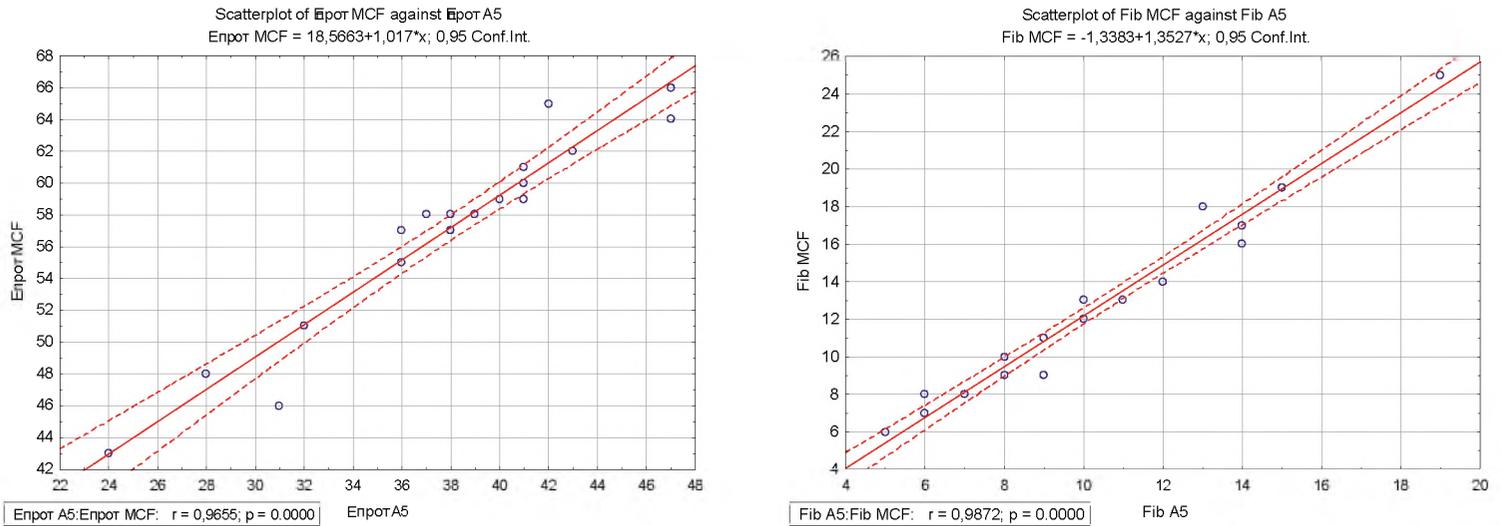
Показатели A5 и MCF в тестах EXTEM и PLTEM статистически достоверно коррелировали с количеством тромбоцитов как во время ИК ( $r = 0,54, p = 0,002$  и  $r = 0,64, p = 0,003$  — для теста EXTEM;  $r = 0,58, p = 0,001$  и  $r = 0,59, p = 0,002$  — для теста PLTEM), так и после ИК ( $r = 0,56, p = 0,003$  и  $r = 0,53, p = 0,02$  — для теста EXTEM;  $r = 0,46, p = 0,01$  и  $r = 0,55, p = 0,02$  — для теста PLTEM).

В пробе после ИК показатель A5 в тесте EXTEM статистически достоверно коррелировал с концентрацией фибриногена ( $r = 0,60, p = 0,0006$ ). В тесте FIBTEM отмечена статистически достоверная корреляционная зависимость между концентрацией фибриногена и показателями A5 ( $r = 0,64, p = 0,0001$ ) и MCF ( $r = 0,68, p = 0,0008$ ).



**Рисунок 2.** Корреляция в виде точечной диаграммы между плотностью сгустка через 5 мин от начала свертывания (A5) и максимальной плотностью сгустка (MCF) во время искусственного кровообращения в тесте PLTEM

**Figure 2.** Dot plot correlation between clot density at 5 min, from the onset of clotting (A5) and maximum clot firmness (MCF) during cardiopulmonary bypass in the PLTEM test



**Рисунок 3.** Корреляция в виде точечной диаграммы между плотностью сгустка через 5 минут от начала свертывания (A5) и максимальной плотностью сгустка (MCF) после искусственного кровообращения в тестах EXTEM и FIBTEM

**Figure 3.** Dot plot correlation between clot density at 5 minutes from the onset of clotting (A5) and maximum clot firmness (MCF) during cardiopulmonary bypass in EXTEM and FIBTEM tests

**Таблица 3.** Зависимости между плотностью сгустка через 5 минут от начала свертывания (A5) и максимальной плотностью сгустка (MCF) в различных тестах РОТЭМ

**Table 3.** Relationships between clot density at 5 minutes from the onset of clotting (A5) and maximum clot firmness (MCF) in various ROTEM tests

Исследование / Test	Коэффициент корреляции Correlation coefficient	p	Уравнение регрессии Regression equation
EXTEM во время ИК / EXTEM during CPB	0,95	< 0,00001	MCF = 22,18 + 0,94 × A5
FIBTEM во время ИК / FIBTEM during CPB	0,98	< 0,00001	MCF = 1,18 + 1,15 × A5
PLTEM во время ИК / PLTEM during CPB	0,94	< 0,00001	MCF = 21,30 + 0,86 × A5
EXTEM после ИК / EXTEM after CPB	0,97	< 0,00001	MCF = 18,57 + 1,02 × A5
FIBTEM после ИК / FIBTEM after CPB	0,99	< 0,00001	MCF = -1,34 + 1,35 × A5
PLTEM после ИК / PLTEM after CPB	0,91	< 0,00001	MCF = 18,60 + 0,93 × A5

**Примечание.** ИК — искусственное кровообращение; MCF — максимальная плотность сгустка; A5 — амплитуда (в мм) тромбоэластограммы (плотность сгустка) через 5 минут от начала свертывания.

Note. CPB — cardiopulmonary bypass; MCF — maximum clot firmness; A5 — amplitude (mm) of thromboelastogram (clot density) after 5 minutes from the onset of coagulation.

**Таблица 4.** Корреляция между параметрами РОТЭМ, выполненной во время искусственного кровообращения и после нейтрализации гепарина

**Table 4.** Correlation between ROTEM parameters performed during cardiopulmonary bypass and after heparin neutralization

Исследование / Test	Параметр / Parameter	Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	p
EXTEM	A5	0,77	0,00001
	A10	0,77	< 0,00001
	A15	0,77	0,00002
	CFT	0,78	< 0,00001
	MCF	0,83	0,0001
FIBTEM	A5	0,80	< 0,00001
	A10	0,81	< 0,00001
	A15	0,68	0,0006
	MCF	0,76	0,0024
PLTEM	A5	0,60	0,001
	A10	0,65	0,0003
	A15	0,69	0,0004
	MCF	0,76	0,0038

**Примечание.** A5, A10, A15 — амплитуда (в мм) тромбоэластограммы (плотность сгустка) через 5, 10 и 15 минут от начала свертывания соответственно; MCF — максимальная плотность сгустка.

Note. A5, A10, A15 — amplitude (mm) of thromboelastogram (clot density) after 5, 10 and 15 minutes from the onset of coagulation, respectively; MCF — maximum clot firmness.

Таким образом, тромбоэластометрия, выполненная даже при применении высоких доз гепарина во время ИК, явилась информативной при выборе патогенетически обоснованной терапии возможных кровотечений.

Для оценки связи между показателями тромбоэластометрии во время ИК и снижением концентрации фибриногена (менее 2,0 г/л) или тромбоцитопенией (менее  $100 \times 10^9/\text{л}$ ) после ИК использовали ROC-анализ (табл. 5).

Из полученных результатов следует, что при интерпретации результатов исследований тромбоэластометрии, выполненных во время ИК, для большинства параметров можно использовать референсные показате-

тели, определенные производителем. Однако это не относилось к показателю CFT, так как уровень принятия решения (cut-off) относительно прогноза развития гипофибриногенемии или тромбоцитопении после ИК существенно меньше верхней границы референсного интервала для данного показателя.

## Обсуждение

Периоперационные кровотечения являются одним из наиболее опасных и распространенных осложнений в кардиохирургии [7]. Выбор правильной тактики лечения невозможен без быстрой и точной диагности-

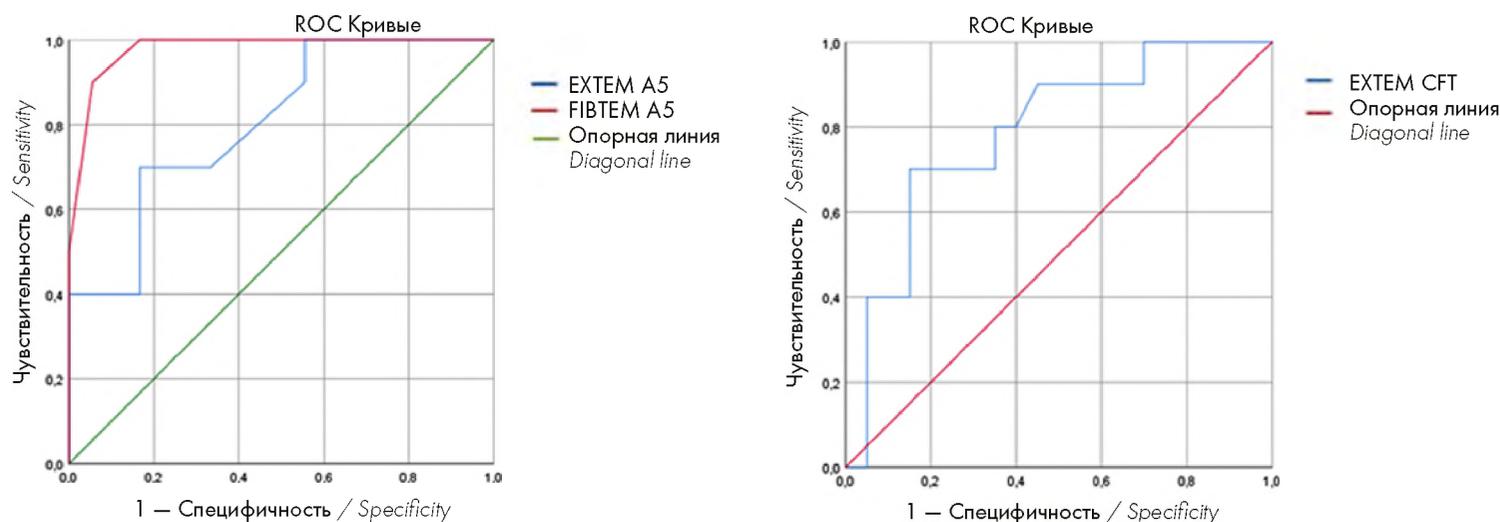
**Таблица 5.** Величины «отсечения» для параметров РОТЭМ во время искусственного кровообращения для выявления гипофибриногенемии или тромбоцитопении после искусственного кровообращения

**Table 5.** Cut-off values for ROTEM parameters during cardiopulmonary bypass to detect hypofibrinogenemia or thrombocytopenia after cardiopulmonary bypass

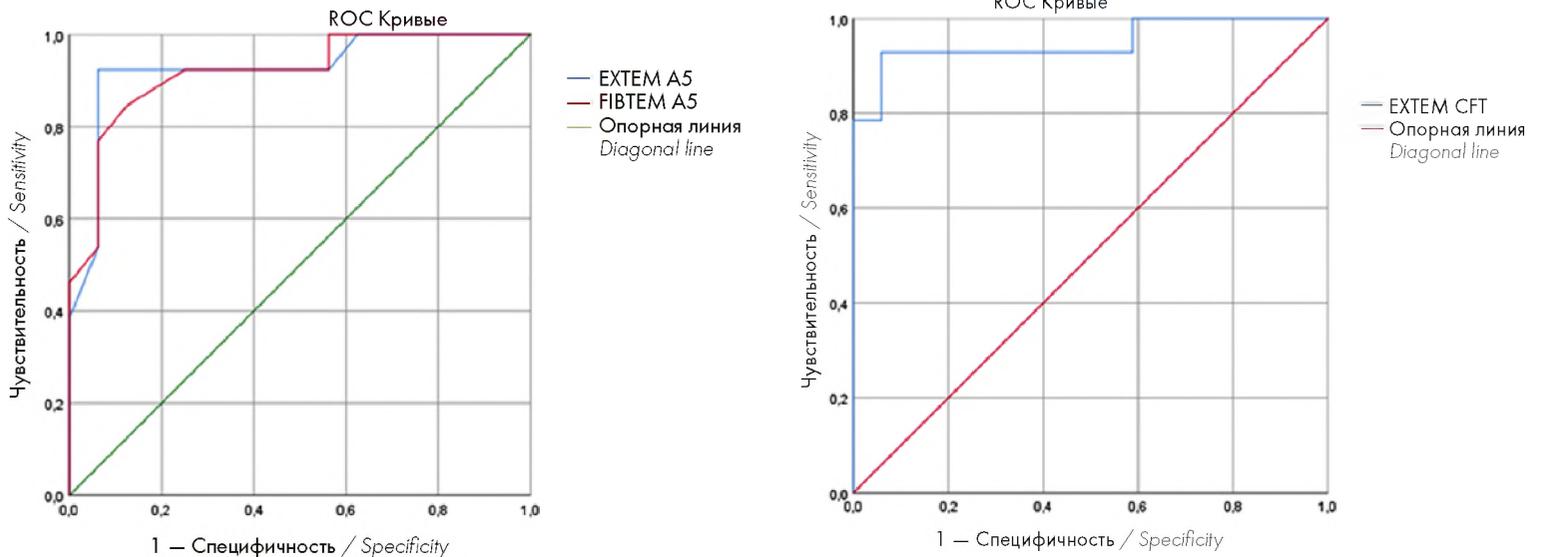
Условия / Settings	Показатель / Parameter	Референсный интервал Reference interval	Cut-off	Чувствительность/ Специфичность Sensitivity/Specificity	AUC	95% ДИ 95% CI
Гипофибриногенемия, < 2,0 г/л Hypofibrinogenemia < 2 g/L	EXTEM A5, мм / mm	34–55	< 32,5	0,800/0,700	0,760	0,583–0,937
	EXTEM CFT, сек / s	<b>34–159</b>	<b>&gt; 107</b>	0,800/0,650	0,788	0,615–0,960
	EXTEM MCF, мм / mm	50–72	< 51,5	0,929/0,714	0,872	0,679–1,000
	FIBTEM A5, мм / mm	8–17	< 7,5 < 9	0,944/0,900 0,833/1,000	0,978	0,933–1,000
	FIBTEM MCF, мм / mm	12–25	< 10,5	1,000/1,000	1,000	1,000–1,000
Тромбоцитопения < $100 \times 10^9/\text{л}$ Platelets < $100 \times 10^9/\text{л}$	EXTEM A5, мм / mm	34–55	< 35	0,941/0,929	0,931	0,831–1,000
	EXTEM CFT, сек / s	34–159	> 119,5	0,929/0,941	0,950	0,865–1,000
	EXTEM MCF, мм / mm	50–72	< 55,5	0,917/0,900	0,933	0,825–1,000
	PLTEM A5, мм / mm	НД / ND	< 24,5	0,938/0,769	0,918	0,814–1,000
	PLTEM MCF, мм / mm	НД / ND	< 42	1,000/0,833	0,958	0,861–1,000

**Примечание.** A5 — амплитуда (в мм) тромбоэластограммы (плотность сгустка) через 5 минут от начала свертывания; CFT — время от начала свертывания до достижения плотности сгустка 20 мм на тромбоэластограмме; MCF — максимальная плотность сгустка; 95% ДИ — 95%-ный доверительный интервал; НД — нет данных.

Note A5 — amplitude (mm) of thromboelastogram (clot density) after 5 minutes from the onset of coagulation, CFT — clot formation time, MCF — maximum clot firmness, 95% CI — 95% confidence interval, ND — no data.



**Рисунок 4.** ROC-анализ связи показателей A5 в пробах EXTEM, FIBTEM и CFT в пробе EXTEM с гипофибриногенемией (менее 2,0 г/л) после искусственного кровообращения  
**Figure 4.** ROC-analysis of the relationship of A5 indicator in EXTEM and FIBTEM tests and CFT indicator in EXTEM test with hypofibrinogenemia (less than 2.0 g/l) after cardiopulmonary bypass



**Рисунок 5.** ROC-анализ связи показателей A5 в пробах EXTEM, PLTEM и CFT — в пробе EXTEM с тромбоцитопенией ( $< 100 \times 10^9/\text{л}$ )  
**Figure 5.** ROC-analysis of the relationship of A5 indicator in the EXTEM and PLTEM tests, and CFT indicator — in the EXTEM test with thrombocytopenia ( $< 100 \times 10^9/\text{L}$ )

ки нарушений гемостаза. Однако, учитывая время, необходимое для доставки трансфузионной среды в операционную и ее подготовки к переливанию, прогноз вероятности развития нарушений гемостаза в постперфузионном периоде и определение конкретных звеньев, требующих коррекции, должны быть выполнены как можно раньше.

Основным методом коррекции кровотечений, помимо хирургического гемостаза, является переливание аллогенных трансфузионных сред [8]. В США 10–15 % всех переливаемых компонентов крови применяют во время кардиоторакальных операций [9]. Бесконтрольные и необоснованные гемотрансфузии приводят к развитию послеоперационных осложнений (почечная недостаточность, острое повреждение легких, гиперволемиа, аллергические реакции, внутрибольничные инфекции) [10].

Традиционные лабораторные тесты не подходят для прогнозирования рисков кровотечения и проведения цель-ориентированной терапии во время хирургических операций [11]. Наиболее часто определяемые лабораторно показатели (МНО, АЧТВ, протромбиновое время и концентрация фибриногена) имеют ограниченную ценность в качестве предикторов развития кровотечений в кардиохирургии [11]. Кроме того, согласно исследованиям Т. Наас и соавт. [12], среднее время выполнения стандартной коагулограммы составляет 53 мин, в то же время показатель A10 теста РОТЭМ доступен уже через 23 мин после взятия пробы.

ТЭГ и РОТЭМ представляют собой вязкоэластичные тест-системы, предназначенные для выявления нарушений в системе гемостаза в режиме реального времени, производимые по месту лечения (так называемые «point of care») [13]. В настоящее время накоплен большой объем данных, подтверждающих, что определение тактики лечения нарушений гемостаза на основе

РОТЭМ приводит к уменьшению количества осложнений, связанных с необоснованной трансфузией препаратов крови [13], и улучшает результаты хирургического лечения [14]. Выполнение РОТЭМ в периоперационных условиях позволяет выявить больных с высоким риском кровотечения и предсказать общую кровопотерю [14].

Р. Whiting и соавт. [15] сообщили об экономической выгоде и большей эффективности выполнения ТЭГ/РОТЭМ, по сравнению с традиционной коагулограммой. В проведенном метаанализе А.С. Дерре и соавт. [16] изучили 9 рандомизированных и 8 наблюдательных исследований и установили, что благодаря терапии под контролем РОТЭМ/ТЕГ потребность в переливании крови снижается, но объем кровопотери по дренажам, частота инсультов и смертность не изменяются. Позднее была выполнена оценка эффективности проведения трансфузионной терапии под контролем ТЭГ и РОТЭМ в кардиохирургии в обновленном Кокрановском отчете [17]. Благодаря использованию вязкоэластичных тестов в периоперационном периоде количество больных, которым была проведена трансфузионная терапия, существенно уменьшилось. При этом частота развития кровотечений, повторных оперативных вмешательств и частота гемотрансфузий не претерпели существенных изменений. Напротив, в исследовании К. Karkouti и соавт. [18] было показано, что внедрение алгоритма гемотрансфузионной терапии на основе РОТЭМ у кардиохирургических больных позволило снизить количество переливаемых компонентов крови на 16 % (основную долю составили эритроцитная масса и концентраты тромбоцитов) и уменьшить частоту развития массивных кровотечений. При этом влияния на количество использования свежезамороженной плазмы и частоту послеоперационных осложнений не было обнаружено.

В рекомендациях Европейской ассоциации кардиоторакальных анестезиологов и Британского общества гематологов рекомендуется проведение РОТЭМ для диагностики нарушений гемостаза у кардиохирургических больных. Однако при этом указывается, что рутинное проведение РОТЭМ для прогнозирования нарушений гемостаза не рекомендовано ввиду отсутствия в настоящее время достаточного объема данных, подтверждающих эту возможность [19, 20]. В то же время в отдельных работах, в том числе в работе W. Gozdzik и соавт. [21] было показано, что отклонение от нормальных показателей РОТЭМ в предоперационном периоде ассоциировано с увеличением отделяемого по дренажам после операции. Сходные результаты были получены в исследовании A. Dimberg и соавт. [22], которыми была продемонстрирована слабая корреляция между данными предоперационной РОТЭМ и объемом кровопотери во время операции. В исследовании Y. Kawahara и соавт. [23] также была выявлена отрицательная корреляция между концентрацией в крови факторов свертывания II, IX, XI и 2-антиплазмина перед операцией и положительная корреляция между концентрацией тромбин-антиромбинового комплекса и объемом послеоперационной кровопотери. Авторы заключили, что предоперационные лабораторные параметры коагуляции связаны с объемом кровотечения во время сердечно-сосудистых операций, и исходное определение характера коагулопатии потенциально может помочь в проведении трансфузий во время сердечно-сосудистых операций.

РОТЭМ в описанных исследованиях проводили в предоперационном, предперфузионном или постперфузионном этапах. В литературе не удалось обнаружить исследований, посвященных оценке прогностической значимости тромбоэластометрии, выполненной во время ИК. В настоящей работе установлена сильная корреляция между показателями A5 и MCF в тестах EXTEM, FIBTEM и PLTEM, выявленных во время ИК и после него, что позволило заключить, что выполнение этих тестов на данном этапе не менее информативно, чем их проведение в постперфузионном периоде после нейтрализации гепарина. В ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» прибор РОТЭМ расположен в предоперационной, что дает возможность анестезиологу получить и оценить результаты в кратчайшие сроки. В итоге это позволяет сэкономить значительное время, которое требуется на отключение больного от ИК, хирургический гемостаз, введение протамина и ожидание проявления его эффекта. Благодаря заблаговременному получению информации о нарушениях гемостаза анестезиолог может подготовить и начать терапию сразу после отключения от ИК и достижения хирургического гемостаза.

Обнаруженная корреляция показателей A5 и MCF с количеством тромбоцитов во время ИК и после ИК, к сожалению, не указывает на возможность оценки функции тромбоцитов, так как вязкоупругие методы

не способны определять влияние антитромбоцитарных препаратов на функцию тромбоцитов. В метаанализе S. Corredor и соавт. [24] указывается на ограниченные возможности РОТЭМ для прогнозирования кровопотери и потребности в переливании крови после операции на сердце. Тем не менее модификации ТЭГ, такие как картирование тромбоцитов, пытаются преодолеть эти ограничения, демонстрируя улучшенную прогностическую способность в отношении кровопотери и потребности в переливании крови у больных, получавших дезагрегантную терапию.

В литературе до сих пор не достигнут консенсус в отношении референтных диапазонов, характеризующих коагулопатию [25]. В большинстве исследований, исходя из полученных при помощи метода РОТЭМ значений, наличие нарушений в системе гемостаза оценивали либо на основе опыта автора, либо на основе мнения экспертов или рекомендаций производителя. Пороговые или триггерные значения (например, используемые в алгоритмах ТЕМ) для руководства принятием клинических решений определяются в наблюдательных исследованиях для конкретных условий с помощью анализа кривой рабочих характеристик приемника (ROC) или многомерного регрессионного анализа. Целевые значения показателей для алгоритмов лечения на основе РОТЭМ были исследованы в различных клинических ситуациях для того, чтобы оценить, приводит ли выбранный алгоритм к достижению гемостаза, снижению потребности в переливании крови и/или улучшению результатов лечения больных [26, 27].

В настоящей работе установлено, что при интерпретации результатов исследований РОТЭМ, выполненных во время ИК, для большинства параметров можно использовать референсные показатели, определенные производителем. Однако это не относится к показателю CFT, так как величина (cut-off), по достижению которой необходимо искать пути решения в отношении вероятного развития гипофибриногенемии или тромбоцитопении после ИК, существенно ниже верхней границы референсного значения для данного показателя. Это открывает широкое поле для дальнейших исследований, которые, возможно, приведут к пересмотру референсных значений данного показателя у больных в постперфузионном периоде.

Таким образом, данные РОТЭМ, выполненной во время ИК на 5-й минуте после снятия зажима с аорты, позволяют прогнозировать развитие в постперфузионном периоде дефицита плазменных факторов свертывания, гипофибриногенемии и тромбоцитопении. Это, в свою очередь, дает возможность заранее подготовить препараты, необходимые для точечной коррекции нарушенных звеньев гемостаза. Тромбоэластометрия, выполненная при применении высоких доз гепарина, позволяет получить объективную информацию о состоянии системы гемостаза. Наличие надежного прогноза дает возможность заранее начинать подготовку к коррекции гемостаза.

## Литература

1. Ichikawa J., Marubuchi T., Nishiyama K., et al. Introduction of thromboelastometry-guided administration of fresh-frozen plasma is associated with decreased allogeneic blood transfusions and post-operative blood loss in cardiopulmonary-bypass surgery. *Blood Transfus.* 2018; 16(3):244-252. DOI:10.2450/2017.0265-16.
2. Yu G., Kim Y.J., Kim J.S., et al. Prognostic value of repeated thromboelastography measurement for favorable neurologic outcome during targeted temperature management in out-of-hospital cardiac arrest survivors. *Resuscitation.* 2020;155:65-73. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.07.019.
3. Redfern R.E., Fleming K., March R.L., et al. Thrombelastography-Directed Transfusion in Cardiac Surgery: Impact on Postoperative Outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2019; 107(5):1313-1318. DOI:10.1016/j.athoracsur.2019.01.018.
4. Datta S.S., De D. The Impact of Thromboelastography on Blood Transfusion Policy in Adult Cardiac Surgery-A Retrospective Observational Study from Eastern India. *Indian J Hematol Blood Transfus.* 2021; 37(1):147-151. DOI:10.1007/s12288-020-01310-y.
5. Cannata G., Mariotti Zani E., Argentiero A., et al. TEG® and ROTEM® Traces: Clinical Applications of Viscoelastic Coagulation Monitoring in Neonatal Intensive Care Unit. *Diagnostics (Basel).* 2021; 11(9):1642. DOI: 10.3390/diagnostics11091642.
6. Sarode K., Hussain S.S., Tyroch A., Mukherjee D. A Review of the Current Role of Blood Clotting Analyzers in Clinical Practice. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets.* 2017; 17(3):167-179. DOI: 10.2174/1871529X17666171030120851.
7. Lee G.C., Kicza A.M., Liu K.Y., et al. Does rotational thromboelastometry (ROTEM) improve prediction of bleeding after cardiac surgery? *Anesth Analg.* 2012; 115(3):499-506. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31825e7c39.
8. Weber C.F., Görlinger K., Meininger D., et al. Point-of-care testing: a prospective, randomized clinical trial of efficacy in coagulopathic cardiac surgery patients. *Anesthesiology.* 2012; 117(3):531-547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318264c644.
9. Галстян Г.М., Полеводова О.А., Яковлева Е.В., Щекина А.Е. Применение ротационной тромбоэластометрии для диагностики дефицита факторов свертывания и контроля гемостатической терапии у больных наследственными коагулопатиями. *Гематология и трансфузиология.* 2019; 64(3):297-316. DOI: 10.35754/0234-5730-2019-64-3-297-316
10. Johansson P.I., Sølbeck S., Genet G., et al. Coagulopathy and hemostatic monitoring in cardiac surgery: an update. *Scand Cardiovasc J.* 2012; 46(4):194-202. DOI: 10.3109/14017431.2012.671487.
11. Meco M., Montisci A., Giustiniano E., et al. Viscoelastic Blood Tests Use in Adult Cardiac Surgery: Meta-Analysis, Meta-Regression, and Trial Sequential Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020; 34(1):119-127. DOI:10.1053/j.jvca.2019.06.030.
12. Haas T., Spielmann N., Mauch J., et al. Comparison of thromboelastometry (ROTEM®) with standard plasmatic coagulation testing in paediatric surgery. *Br J Anaesth.* 2012; 108(1):36-41. DOI: 10.1093/bja/aer342.
13. Bolliger D., Tanaka K.A. Roles of thrombelastography and thromboelastometry for patient blood management in cardiac surgery. *Transfus Med Rev.* 2013; 27(4):213-220. DOI: 10.1016/j.tmr.2013.08.004.
14. Ghavidel A.A., Toutounchi Z., Shahandashti F.J., Mirmesdagh Y. Rotational thromboelastometry in prediction of bleeding after cardiac surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2015; 23(5):525-529. DOI: 10.1177/0218492314566330.
15. Whiting P., Al M., Westwood M., et al. Viscoelastic point-of-care testing to assist with the diagnosis, management and monitoring of haemostasis: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess.* 2015; 19(58):1-228. DOI: 10.3310/hta19580.

## References

1. Ichikawa J., Marubuchi T., Nishiyama K., et al. Introduction of thromboelastometry-guided administration of fresh-frozen plasma is associated with decreased allogeneic blood transfusions and post-operative blood loss in cardiopulmonary-bypass surgery. *Blood Transfus.* 2018; 16(3):244-252. DOI:10.2450/2017.0265-16.
2. Yu G., Kim Y.J., Kim J.S., et al. Prognostic value of repeated thromboelastography measurement for favorable neurologic outcome during targeted temperature management in out-of-hospital cardiac arrest survivors. *Resuscitation.* 2020;155:65-73. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.07.019.
3. Redfern R.E., Fleming K., March R.L., et al. Thrombelastography-Directed Transfusion in Cardiac Surgery: Impact on Postoperative Outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2019; 107(5):1313-1318. DOI:10.1016/j.athoracsur.2019.01.018.
4. Datta S.S., De D. The Impact of Thromboelastography on Blood Transfusion Policy in Adult Cardiac Surgery-A Retrospective Observational Study from Eastern India. *Indian J Hematol Blood Transfus.* 2021; 37(1):147-151. DOI:10.1007/s12288-020-01310-y.
5. Cannata G., Mariotti Zani E., Argentiero A., et al. TEG® and ROTEM® Traces: Clinical Applications of Viscoelastic Coagulation Monitoring in Neonatal Intensive Care Unit. *Diagnostics (Basel).* 2021; 11(9):1642. DOI: 10.3390/diagnostics11091642.
6. Sarode K., Hussain S.S., Tyroch A., Mukherjee D. A Review of the Current Role of Blood Clotting Analyzers in Clinical Practice. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets.* 2017; 17(3):167-179. DOI: 10.2174/1871529X17666171030120851.
7. Lee G.C., Kicza A.M., Liu K.Y., et al. Does rotational thromboelastometry (ROTEM) improve prediction of bleeding after cardiac surgery? *Anesth Analg.* 2012; 115(3):499-506. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31825e7c39.
8. Weber C.F., Görlinger K., Meininger D., et al. Point-of-care testing: a prospective, randomized clinical trial of efficacy in coagulopathic cardiac surgery patients. *Anesthesiology.* 2012; 117(3):531-547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318264c644.
9. Galstyan G. M., Polevodova O. A., Yakovleva E. V., Shchekina A. E. Rotation thromboelastometry for the diagnosis of factor deficiency and management of the hemostatic therapy in patients with inherited coagulation disorders. *Gematologiya I Transfusiologiya.* 2019; 64(3):297-316. DOI: 10.35754/0234-5730-2019-64-3-297-316 (In Russian).
10. Johansson P.I., Sølbeck S., Genet G., et al. Coagulopathy and hemostatic monitoring in cardiac surgery: an update. *Scand Cardiovasc J.* 2012; 46(4):194-202. DOI: 10.3109/14017431.2012.671487.
11. Meco M., Montisci A., Giustiniano E., et al. Viscoelastic Blood Tests Use in Adult Cardiac Surgery: Meta-Analysis, Meta-Regression, and Trial Sequential Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020; 34(1):119-127. DOI:10.1053/j.jvca.2019.06.030.
12. Haas T., Spielmann N., Mauch J., et al. Comparison of thromboelastometry (ROTEM®) with standard plasmatic coagulation testing in paediatric surgery. *Br J Anaesth.* 2012; 108(1):36-41. DOI: 10.1093/bja/aer342.
13. Bolliger D., Tanaka K.A. Roles of thrombelastography and thromboelastometry for patient blood management in cardiac surgery. *Transfus Med Rev.* 2013; 27(4):213-220. DOI: 10.1016/j.tmr.2013.08.004.
14. Ghavidel A.A., Toutounchi Z., Shahandashti F.J., Mirmesdagh Y. Rotational thromboelastometry in prediction of bleeding after cardiac surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2015; 23(5):525-529. DOI: 10.1177/0218492314566330.
15. Whiting P., Al M., Westwood M., et al. Viscoelastic point-of-care testing to assist with the diagnosis, management and monitoring of haemostasis: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess.* 2015; 19(58):1-228. DOI: 10.3310/hta19580.

16. Deppe A.C., Weber C., Zimmermann J., et al. Point-of-care thromboelastography/thromboelastometry-based coagulation management in cardiac surgery: a meta-analysis of 8332 patients. *J Surg Res.* 2016; 203(2):424-433. DOI:10.1016/j.jss.2016.03.008.
17. Wikkelso A., Wetterslev J., Møller A.M., Afshari A. Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016; 2016(8):CD007871. DOI: 10.1002/14651858.CD007871.pub3.
18. Karkouti K., Callum J., Wijeysondera D.N., et al. TACS Investigators. Point-of-Care Hemostatic Testing in Cardiac Surgery: A Stepped-Wedge Clustered Randomized Controlled Trial. *Circulation.* 2016; 134(16):1152-1162. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023956.
19. Boer C., Meesters M.I., Milojevic M., et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32 (1):88-120. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.06.026.
20. Curry N.S., Davenport R., Pavord S., et al. The use of viscoelastic haemostatic assays in the management of major bleeding: A British Society for Haematology Guideline. *Br J Haematol.* 2018; 182(6):789-806. DOI: 10.1111/bjh.15524.
21. Gozdzik W., Adamik B., Wysoczanski G., et al. Preoperative thromboelastometry for the prediction of increased chest tube output in cardiac surgery: A retrospective study. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96(30):e7669. DOI: 10.1097/MD.0000000000007669.
22. Dimberg A., Alström U., Ståhle E., Christersson C. Higher Preoperative Plasma Thrombin Potential in Patients Undergoing Surgery for Aortic Stenosis Compared to Surgery for Stable Coronary Artery Disease. *Clin Appl Thromb Hemost.* 2018; 24(8):1282-1290. DOI: 10.1177/1076029618776374.
23. Kawahara Y., Ohtsuka K., Tanaka K., et al. Use of laboratory testing for prediction of postoperative bleeding volume in cardiovascular surgery. *Thromb J.* 2021; 19(1):70. DOI: 10.1186/s12959-021-00324-4.
24. Corredor C., Wasowicz M., Karkouti K., Sharma V. The role of point-of-care platelet function testing in predicting postoperative bleeding following cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2015; 70(6):715-731. DOI: 10.1111/anae.13083.
25. Serraino G.F., Murphy G.J. Routine use of viscoelastic blood tests for diagnosis and treatment of coagulopathic bleeding in cardiac surgery: updated systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2017; 118(6):823-833. DOI: 10.1093/bja/aex100.
26. Nakayama Y., Nakajima Y., Tanaka K.A., et al. Thromboelastometry-guided intraoperative haemostatic management reduces bleeding and red cell transfusion after paediatric cardiac surgery. *Br J Anaesth.* 2015; 114(1):91-102. DOI: 10.1093/bja/aeu339.
27. Görlinger K., Pérez-Ferrer A., Dirkmann D., et al. The role of evidence-based algorithms for rotational thromboelastometry-guided bleeding management. *Korean J Anesthesiol.* 2019; 72(4):297-322. DOI: 10.4097/kja.19169.
16. Deppe A.C., Weber C., Zimmermann J., et al. Point-of-care thromboelastography/thromboelastometry-based coagulation management in cardiac surgery: a meta-analysis of 8332 patients. *J Surg Res.* 2016; 203(2):424-433. DOI:10.1016/j.jss.2016.03.008.
17. Wikkelso A., Wetterslev J., Møller A.M., Afshari A. Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016; 2016(8):CD007871. DOI: 10.1002/14651858.CD007871.pub3.
18. Karkouti K., Callum J., Wijeysondera D.N., et al. TACS Investigators. Point-of-Care Hemostatic Testing in Cardiac Surgery: A Stepped-Wedge Clustered Randomized Controlled Trial. *Circulation.* 2016; 134(16):1152-1162. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023956.
19. Boer C., Meesters M.I., Milojevic M., et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32 (1):88-120. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.06.026.
20. Curry N.S., Davenport R., Pavord S., et al. The use of viscoelastic haemostatic assays in the management of major bleeding: A British Society for Haematology Guideline. *Br J Haematol.* 2018; 182(6):789-806. DOI: 10.1111/bjh.15524.
21. Gozdzik W., Adamik B., Wysoczanski G., et al. Preoperative thromboelastometry for the prediction of increased chest tube output in cardiac surgery: A retrospective study. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96(30):e7669. DOI: 10.1097/MD.0000000000007669.
22. Dimberg A., Alström U., Ståhle E., Christersson C. Higher Preoperative Plasma Thrombin Potential in Patients Undergoing Surgery for Aortic Stenosis Compared to Surgery for Stable Coronary Artery Disease. *Clin Appl Thromb Hemost.* 2018; 24(8):1282-1290. DOI: 10.1177/1076029618776374.
23. Kawahara Y., Ohtsuka K., Tanaka K., et al. Use of laboratory testing for prediction of postoperative bleeding volume in cardiovascular surgery. *Thromb J.* 2021; 19(1):70. DOI: 10.1186/s12959-021-00324-4.
24. Corredor C., Wasowicz M., Karkouti K., Sharma V. The role of point-of-care platelet function testing in predicting postoperative bleeding following cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2015; 70(6):715-731. DOI: 10.1111/anae.13083.
25. Serraino G.F., Murphy G.J. Routine use of viscoelastic blood tests for diagnosis and treatment of coagulopathic bleeding in cardiac surgery: updated systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2017; 118(6):823-833. DOI: 10.1093/bja/aex100.
26. Nakayama Y., Nakajima Y., Tanaka K.A., et al. Thromboelastometry-guided intraoperative haemostatic management reduces bleeding and red cell transfusion after paediatric cardiac surgery. *Br J Anaesth.* 2015; 114(1):91-102. DOI: 10.1093/bja/aeu339.
27. Görlinger K., Pérez-Ferrer A., Dirkmann D., et al. The role of evidence-based algorithms for rotational thromboelastometry-guided bleeding management. *Korean J Anesthesiol.* 2019; 72(4):297-322. DOI: 10.4097/kja.19169.

**Информация об авторах**

**Аксельрод Борис Альбертович\***, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением анестезиологии-реанимации II (кардиоанестезиологии и реанимации), ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: 7403797@mail.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4434-3123>

**Дымова Ольга Викторовна**, кандидат медицинских наук, заведующая научно-клинической лабораторией, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: dimovaolga@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2008-6350>

**Гусков Денис Александрович**, кандидат медицинских наук, доцент группы профессорско-преподавательского состава отдела научных программ и подготовки кадров, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации II (кардиоанестезиологии и реанимации), ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: levismen@yandex.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6974-8402>

**Гончарова Алевтина Викторовна**, врач клинико-диагностической лаборатории, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: mamasha-alya@yandex.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1414-8500>

**Гладышева Вера Геннадьевна**, врач клинико-диагностической лаборатории, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: veglad@rambler.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3703-0911>

**Толстова Ирина Александровна**, кандидат медицинских наук, доцент группы профессорско-преподавательского состава отдела научных программ и подготовки кадров, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации II (кардиоанестезиологии и реанимации), ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: 7135198@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5333-3026>

**Линник Дарья Викторовна**, врач-ординатор отделения анестезиологии-реанимации II (кардиоанестезиологии и реанимации), ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,  
e-mail: linnikdaria1998@gmail.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8714-7432>

\* Автор, ответственный за переписку

Поступила: 26.12.2022

Принята в печать: 20.03.2023

**Information about the authors**

**Boris A. Akselrod\***, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care II, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: 7403797@mail.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4434-3123>

**Olga V. Dymova**, Cand. Sci. (Med.), Head of Clinical Diagnostic Laboratory, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: dimovaolga@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2008-6350>

**Denis A. Guskov**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Teaching Staff Group of the Department of Scientific Programs and Personnel Training, Anesthesiologist in the Department of Anesthesiology and Intensive Care II, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: levismen@yandex.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6974-8402>

**Alevtina V. Goncharova**, Physician at the Clinical Diagnostic Laboratory, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: mamasha-alya@yandex.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1414-8500>

**Vera G. Gladysheva**, Physician at the Clinical Diagnostic Laboratory, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: veglad@rambler.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3703-0911>

**Irina A. Tolstova**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Teaching Staff Group of the Department of Scientific Programs and Personnel Training, Anesthesiologist in the Department of Anesthesiology and Intensive Care II, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: 7135198@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5333-3026>

**Daria V. Linnik**, Resident in the Department of Anesthesiology and Intensive Care II, Petrovsky National Research Centre of Surgery,  
e-mail: linnikdaria1998@gmail.ru  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8714-7432>

\* Corresponding author

Received 26.12.2022

Accepted 20.03.2023