

Цель. Оценить взаимосвязь гемореологического профиля пациентов с наличием атеросклероза коронарных артерий.

Материал и методы. В исследование было включено 303 пациента, которым выполнялась плановая коронарография (КАГ). Средний возраст составил $65,5 \pm 9,5$ года, 55% были мужчины. Основную группу составили 44 пациента (14,5%) без ангиографических признаков атеросклероза. Группу сравнения составили 259 пациентов (85,5%) с выявленными атеросклеротическими поражениями по данным ангиографии. Вязкость артериальной крови, забранной непосредственно из интродьюсера до проведения КАГ, измеряли с использованием ротационного вискозиметра Brookfield DV2TLV (США) в одинаковых стабильных температурных условиях. Измерения проводились при скоростях сдвига 1, 5, 10, 22,5, 45, 90 и 225 c^{-1} . Коэффициенты жесткости и неньютоновости рассчитывались из степенного закона вязкости жидкостей. Для оценки взаимосвязи между вязкостью крови, скоростью сдвига и наличием атеросклеротического поражения коронарных артерий применяли смешанную линейную модель. Вязкость крови рассматривалась как зависимая переменная. Для моделирования корреляции использовали пространственную степенную ковариационную структуру с логарифмом скорости сдвига в качестве координаты. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$

Результаты. Коэффициент консистенции k у пациентов без атеросклеротического поражения коронарных артерий был выше, но не показал должного уровня статистической значимости (24,74 [16,51; 31,02] против 20,56 [15,20; 26,74], $p = 0,09$). Коэффициент неньютоновости n был статистически значимо ниже по сравнению с группой с наличием коронарного атеросклероза (0,66 [0,63; 0,78] против 0,75 [0,66; 0,78], $p = 0,019$). По данным смешанной линейной модели при скорости сдвига 1 c^{-1} у пациентов с атеросклерозом значение вязкости крови ассоциировалось со снижением на 3,57 единицы по сравнению с пациентами с чистыми артериями ($\beta = -3,57$; 95% ДИ $-6,13 - -1,01$; $p = 0,006$). При этом выявлено значимое взаимодействие между наличием атеросклероза и логарифмом скорости сдвига ($\beta = 0,855$; 95% ДИ 0,249–1,460; $p = 0,006$)



а) $\eta = \tau / \dot{\gamma}$

б) $\tau = k * \dot{\gamma}^n$

η – вязкость крови (мПа·с)
 τ – напряжение сдвига (мПа)
 $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига (c^{-1})
 k – коэффициент консистенции
 n – коэффициент неньютоновости

Рисунок 2. Формульное выражение вязкости крови (а) и степенного закона вязкости жидкостей (б)

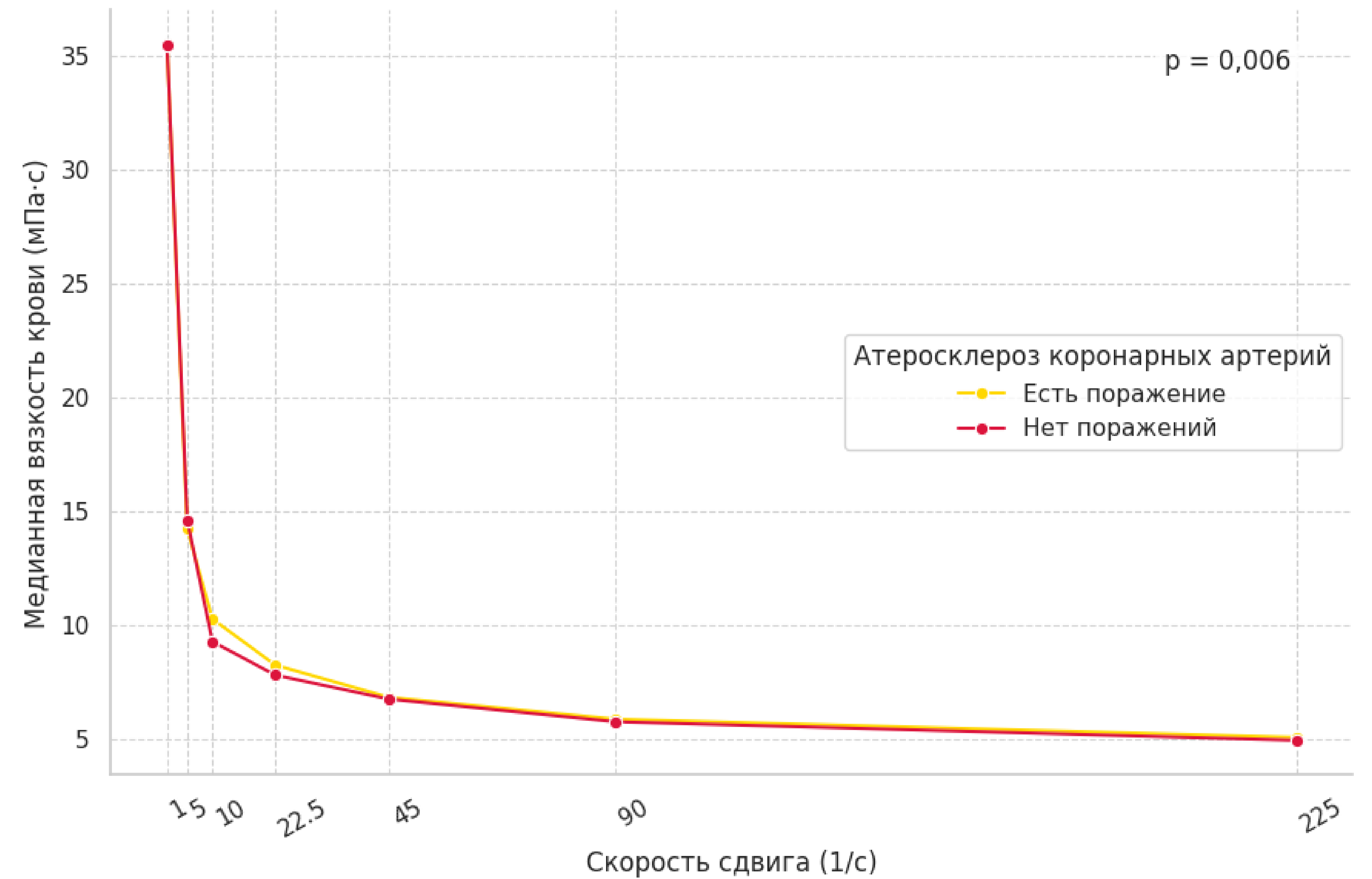


Рисунок 4. Медианные значения вязкости крови по группам с наличием/отсутствием атеросклеротических поражений коронарных артерий при установленных скоростях сдвига

Рисунок 1. Вискозиметр Brookfield DV2TLV

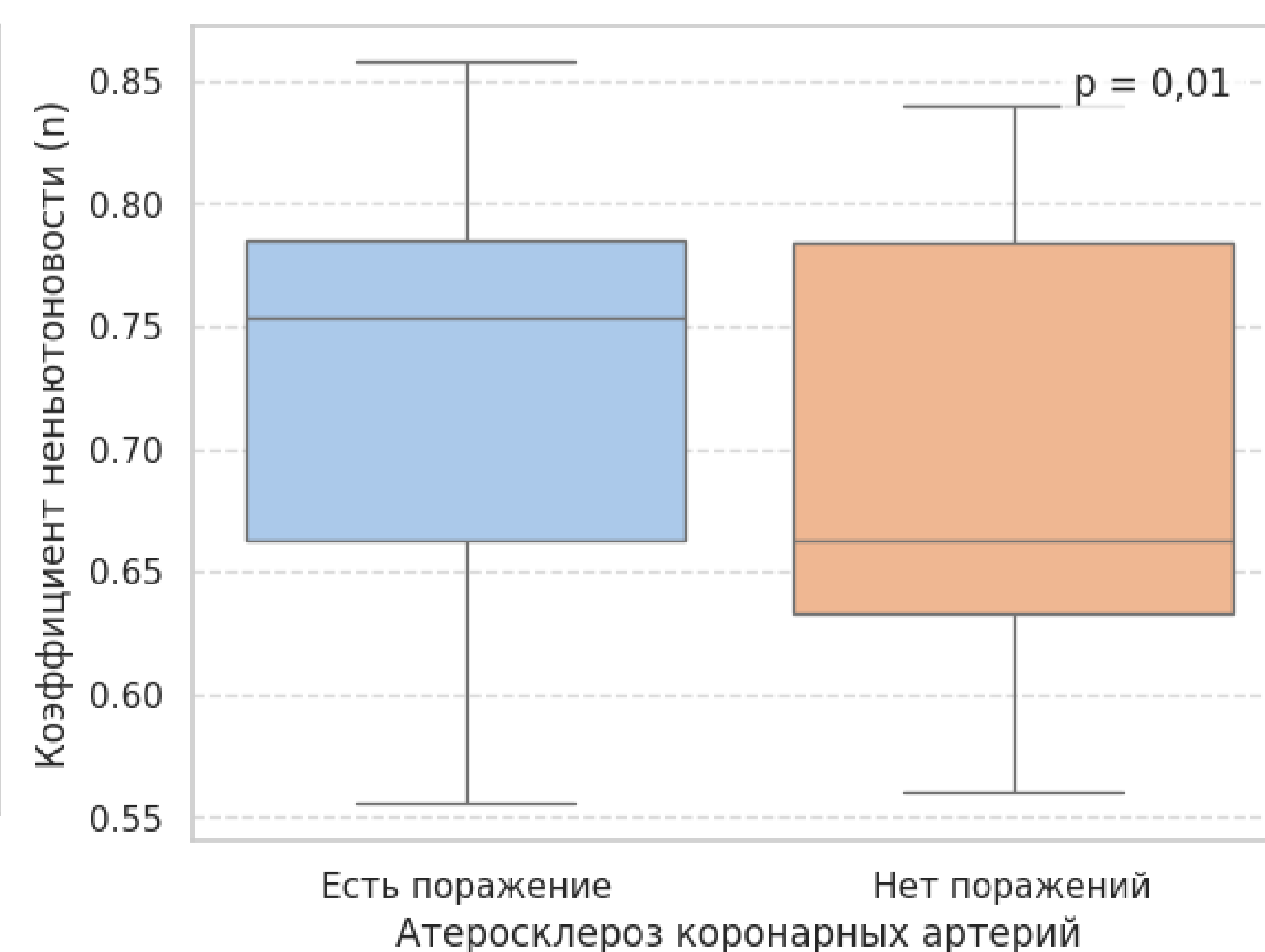
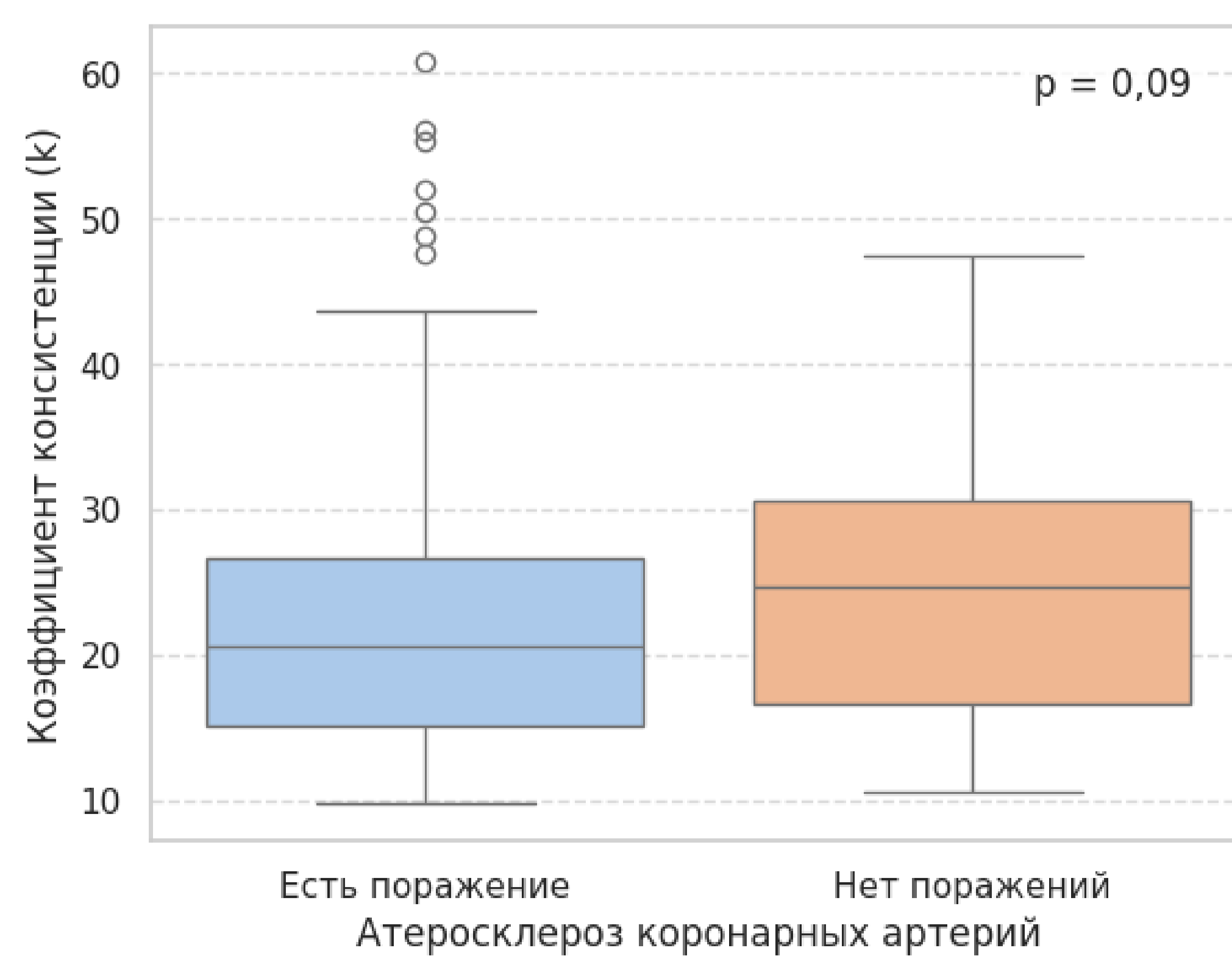


Рисунок 3. Анализ коэффициентов консистенции (k) и неньютоновости (n) в зависимости от наличия/отсутствия поражения коронарных артерий

Заключение. По данным исследования в смешанной линейной модели, учитывающей повторные измерения вязкости крови при различных скоростях сдвига, установлены значимые различия профиля вязкости между пациентами с наличием и отсутствием коронарного атеросклероза, что указывает на различие наклона зависимости вязкости крови от скорости сдвига между группами. У пациентов без атеросклеротических поражений коронарных артерий снижение вязкости крови по мере увеличения скорости сдвига было более выраженным, тогда как в группе с атеросклерозом эта зависимость была менее заметной. Полученные данные позволяют предположить, что более ньютоновское поведение крови (менее выраженное снижение вязкости при повышении скорости сдвига) может оказывать влияние на усиление атеросклеротического процесса в коронарных артериях.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование: авторы заявляют об отсутствии финансовой поддержки при проведении данного исследования