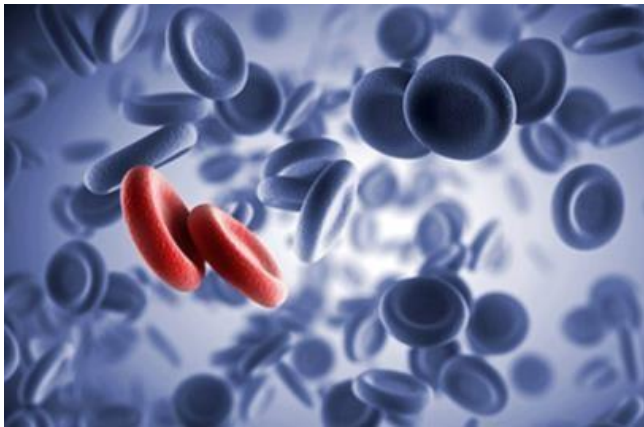


## Измерение вязкости цельной крови

Области применения: Медицинские исследования, анализы крови, клинические лаборатории

Повышенная вязкость крови связана со всеми известными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний, включая высокое артериальное давление, холестерин, диабет и побочные эффекты от курения. Микровискозиметр Lovis 2000 M/ME позволяет проводить комплексное измерение вязкости крови. Небольшой объем образца, встроенное программное обеспечение, соответствующее GMP и 21 CFR часть 11, а также опционально доступные квалификационные пакеты документации для фарм-индустрии дополняют преимущества.



### 1 Введение

Вязкость крови – это прямой показатель способности крови перемещаться по артериям и венам. Она определяет какую силу трения вызывает кровь в сосудах, насколько сильно должно работать сердце, перекачивая кровь по телу и сколько кислорода поставляется органам и тканям.

Вязкость крови связана со всеми известными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Повышенная вязкость является сильным независимым показателем предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям.

Хотя измерения вязкости сыворотки или плазмы крови играют важную роль в клиническом лечении пациентов, предрасположенных к синдрому сгущения крови, эти тесты не учитывают гематокрит, деформируемость клеток крови или факторы, увеличивающие агрегацию эритроцитов (красных кровяных тел).

Цельная кровь - неньютоновская жидкость. Её вязкость зависит от приложенного напряжения сдвига. С каждым сердечным циклом вязкость растёт и падает от одного предельного значения к

другому, по аналогии с давлением крови. Поэтому столь важный анализ вязкости крови требует более одного измерения: систолическая вязкость крови (высокая скорость сдвига), на которую влияет гематокрит, вязкость плазмы и диастолическая вязкость (низкая скорость сдвига), на которую влияет несколько факторов, такие как: липкость тромбоцитов, иммунные комплексы, увеличивающие агрегацию эритроцитов, триглицериды, холестерин и многое другое. Подробную информацию о вязкости крови можно найти в следующем разделе.

#### 1.1 Справочная информация по вязкости крови

Более высокий процент красных кровяных тел (эритроцитов) приводит к повышению вязкости.

Гематокрит составляет около 50% разницы между нормальной и высокой вязкостью крови.

#### 1.1.2 Деформируемость эритроцитов («толщина крови»)

Деформируемость эритроцитов указывает на их способность удлиниться при «сильном сдвиге» и изгибаться, складываться в процессе течения по узким капиллярам. Деформируемость красных кровяных тел связана с вязкостью крови, это означает, что чем более деформируемы эритроциты, тем меньше вязкость крови. Молодые эритроциты более деформируемы, чем старые. После гематокрита деформируемость эритроцитов является вторым наиболее важным фактором, определяющим вязкость крови.

### 1.1.3 Вязкость плазмы

Вязкость плазмы связана с толщиной жидкой фазы крови. Вязкость плазмы сильно зависит от гидратации и белков плазмы (например, иммуноглобулина и фибриногена). Исследования показали, что обезвоживание значительно повышает вязкость крови.

### 1.1.4 Агрегация эритроцитов («липкость» крови)

Агрегация отражает склонность эритроцитов притягиваться друг к другу и слипаться. Несколько факторов могут увеличивать седиментацию и агрегацию. Вязкость крови напрямую связана и с агрегацией красных кровяных тел, и с вязкостью плазмы.

### 1.1.5 Клинические изменения проявления вязкости крови

Кровь течёт через сосуды в режиме ламинарного потока - она образует слои, которые легко скользят друг относительно друга. Чем быстрее кровь течет в центральных слоях, тем медленнее она движется во внешних слоях вблизи стенок сосудов.

Высоко вязкая кровь скользит не так гладко, как менее вязкая, что приводит к турбулентности, способной повредить тонкие части кровеносных сосудов. Турбулентность также возникает на изгибах и развилках кровеносных сосудов, особенно в крупных сосудах около сердца, которые подвержены значительным скачкам давления при каждом сокращении сердца. Последствия гипервязкой крови - это, прежде всего, повреждения кровеносных сосудов, переутомление сердца и сокращение кислорода, поставляемого в ткани. Растущее количество исследований указывает на важную роль вязкости крови при сердечно-сосудистых заболеваниях - вязкость крови является важным прогностическим фактором сердечно-сосудистых осложнений у взрослого населения.

## 2 Пробоподготовка

- Образец крови 9 мл был взят врачом компании Anton Paar у одного человека.
- Образец стабилизировался ЭДТК во избежание коагуляции.
- 6 мл образца поместили в холодильник на ночь. Измерения вязкости были выполнены на следующий день.
- 3 мл образца использовали для измерения величины гематокрита врачом компании.

## 3 Оборудование

### 3.1 Плотномер DMA™ M плюс микровискозиметр Lovis 2000 ME

Микровискозиметр Lovis 2000 M/ME измеряет время качения шарика через наклонённый капилляр. Встроенное программное обеспечение автоматически вычисляет кинематическую и динамическую вязкость (при условии, что известна плотность образца). Для одновременного измерения плотности рекомендуется использовать комбинацию модуля Lovis 2000 ME с плотномером DMA™ M.



Рисунок 1: Плотномер DMA™ с модулем микровискозиметра Lovis 2000 ME

Изменяемые углы наклона капилляра позволяют проводить измерения при разных скоростях сдвига. Контроль температуры с помощью элементов Пельтье чрезвычайно быстрый и очень точный. Капилляры с объемом заполнения всего 100 мкл подходят для образцов, объём которых ограничен.

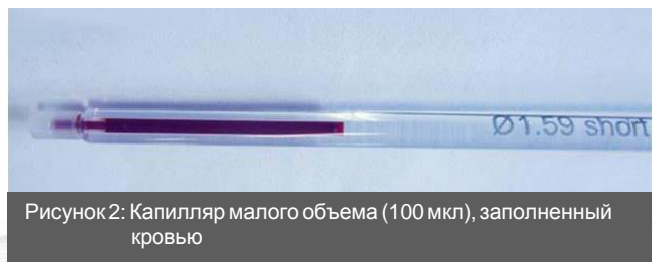


Рисунок 2: Капилляр малого объема (100 мкл), заполненный кровью

### 3.2 Параметры измерения

- Раздельное заполнение измерительной ячейки DMA™ и Lovis. Объем заполнения ячейки плотности: приблизительно 1 мл
- Короткий капилляр Lovis 1.59: объем заполнения 100 мкл

- Перед измерением капилляр был откалиброван сертифицированным стандартом воды при 37 °С в диапазоне углов от 20° до 70°.
- Параметры температуры для множественных измерений вязкости при разных углах:
  - Температура измерения: 37 °С
  - Время установления равновесной температуры: 20с

*Специальные настройки Lovis:*

- Циклов измерения: 3 (на каждое определение)
- Угол наклона для множественных измерений вязкости: 60°
- Сканирование угла: От 70° до 30°, с шагом 10°
- Заданный коэффициент вариации: 0,3%

Совет: Используйте микро шприц с полый иглой для точного заполнения капилляра малого объема.

Рекомендуемые чистящие жидкости:

1<sup>я</sup> ступень – дистиллированная вода

2<sup>ая</sup> ступень – этанол (для быстрой сушки)

Для тщательной стерилизации капилляр можно поместить в автоклав. Внешнюю часть прибора можно продезинфицировать протиранием этанолом.

## 4 Результаты

- Гематокрит: 41.3%  
(не определяется с помощью DMA™ + Lovis)
- Плотность при 37 °С: 1.04737 г/см<sup>3</sup>

### 4.1 Множественные измерения вязкости

Динамическая вязкость	Коэффициент вариации	Скорость сдвига [с <sup>-1</sup> ]
2,716	0,23	222,2
2,675	0,10	225,6
2,659	0,07	227,0
2,661	0,21	226,8
2,661	0,14	226,7
2,661	0,14	226,7
2,664	0,29	226,5
2,651	0,27	227,6
2,660	0,03	226,8
2,659	0,14	226,9

Таблица 1: 10 измерений вязкости при 37 °С и наклоне 60°



Рисунок 3: 10 измерений вязкости при 37 °С и наклоне 60°

### 4.2 Сканирование по углу (разные скорости сдвига)

Угол измерения [°]	Скорость сдвига [с <sup>-1</sup> ]	Дин. Вязкость [мПа·с]	Коэффициент вариации
70	263,1	2,4652	0,17
60	238,0	2,5359	0,04
50	205,9	2,5974	0,19
40	165,9	2,7066	0,25
30*	117,9*	2,9648*	0,53*

Таблица 2: Lovis сканирование по углу при 37 °С

\*При этой низкой скорости сдвига образец крови начинает разделяться на две фазы.

## 5 Выводы

Микровязкозиметр Lovis 2000 M/ME идеально подходит для тестирования образца цельной крови:

- Из-за небольшого размера капилляра, необходим минимальный объем образца (100 мкл). Для ячейки плотности требуется примерно 1 мл пробы.
- Закрытая система позволяет избежать загрязнения. Только три части контактируют с измеряемой средой: внутренняя поверхность стеклянного капилляра, стальной шарик и заглушка. Пробка и шар являются одноразовыми, поэтому единственной частью, требующей очистки является стеклянный капилляр.
- Встроенные элементы Пельтье обеспечивают высоко точный контроль температуры
- Программное обеспечение Lovis 2000 M/ME имеет несколько режимов измерения, например, сканирование по времени и сканирование по углу наклона, которые позволяют пользователям получить максимум информации от одного- единственного образца крови.
- Lovis и DMA™ соответствуют 21 CFR часть  
Дополнительно Антон Паар может предложить пакеты документации для квалификации в фарм-индустрии.

## 6 Упоминание

1. Mag. Dorudi Susanne, «Динамологический реологический университет, Erythorzytendispersionen», Naturwissenschaftliche Fakultät der Karl-Franzens-Universität Graz, 1996
2. Robert Rosencranz, BSEE, IE, ME и Стивен А. Боген, доктор медицины, доктор философии, «Клиническое лабораторное измерение сыворотки, плазмы и вязкости крови», Американское общество клинической патологии, 2006

### Контакты Anton Paar GmbH

paar@avroora-lab.com support-  
ldc@anton-paar.com

