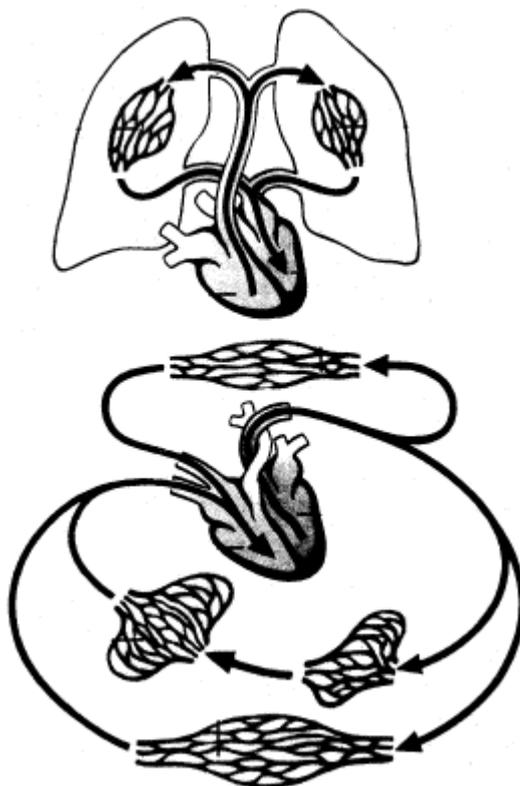


Я ИДУ НА УРОК

О.В. ПАНФЕРОВА,
учитель биологии, г. Калуга

Структурный анализ движущейся крови

Интегрированный урок биологии и физики



Данный урок рекомендуется проводить в специализированных (биолого-химических или медицинских) классах после прохождения тем «Кровь» и «Кровообращение» по биологии и «Движение жидкостей и газов» и «Уравнение Бернулли» по физике.

Цели урока: познакомить учащихся со структурным анализом движущейся крови, дать представление о тромбогемморрагическом синдроме.

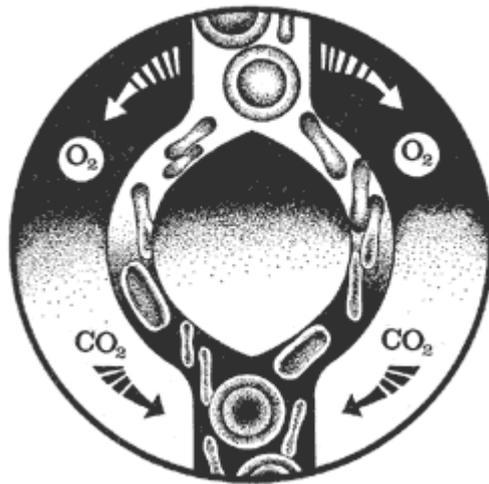
Оборудование и материалы: плакаты «Схема динамики кровотока и кинематики эритроцитов», «Схема поступательного и вращательного движения радиально-кольцевых систем эритроцитов в кровотоке», «Схема движения эритроцитов («монетных столбиков») в артериальном сосуде»; одна из модификаций электроэффлювиальной люстры А.Л. Чижевского. (Возможна замена плакатов на пленки и кодоскоп, а вместо электроэффлювиальной люстры можно продемонстрировать ее фотографию.)

ХОД УРОКА

Учитель биологии. Сегодня мы с вами познакомимся со структурным анализом движущейся крови. Но сначала вспомним, что нам известно о системе кровообращения. Для этого вам надо ответить на следующие вопросы.

1. Какие форменные элементы крови вы знаете?
2. Какими свойствами обладают эритроциты человека?
3. Какова взаимосвязь крови, лимфы и тканевой жидкости?
4. Что вы знаете о значении кровообращения?
5. Каковы строение и функции органов системы кровообращения?
6. Как происходит движение крови по сосудам?

Давно было известно, что эритроциты в образцах крови склонны слипаться и образовывать структуры, напоминающие столбики монет. Такие «монетные столбики» образуют одинаковые по размерам эритроциты. Считалось, что эритроциты образуют «монетные столбики» только вне кровеносных сосудов (например, на предметном стекле, в капле крови, в растворе) под влиянием встряхивания, изменения температуры, при длительном хранении и т.п.



Эритроциты отдают тканям кислород, а из тканей в кровь поступает углекислота

Однако в 1951 г. выдающийся российский ученый Александр Леонидович Чижевский экспериментально доказал, что «монетные столбики» эритроцитов образуются и в движущейся по сосудам крови здоровых людей и животных (рис. 1). Проведенные им математические расчеты подтвердили, что такие структуры образуются вполне закономерно. Это свойство эритроцитов называется «феноменом Чижевского».

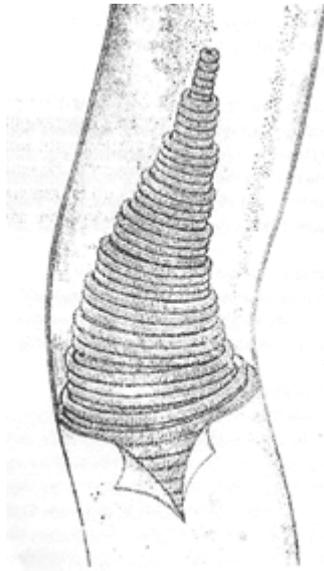


Рис. 1. Схема динамики кровотока и кинематики эритроцитов

Оказалось, что ориентация «монетных столбиков» и скорость их движения зависят от строения и свойств сосудов, а также от состояния организма. «Монетные столбики» из эритроцитов малого диаметра быстро движутся в потоке крови вблизи оси сосуда, а столбики из крупных эритроцитов располагаются ближе к стенкам сосуда и перемещаются гораздо медленнее. Схема поступательного и вращательного движения радиально-кольцевых систем эритроцитов в кровотоке представлена на рис. 2.

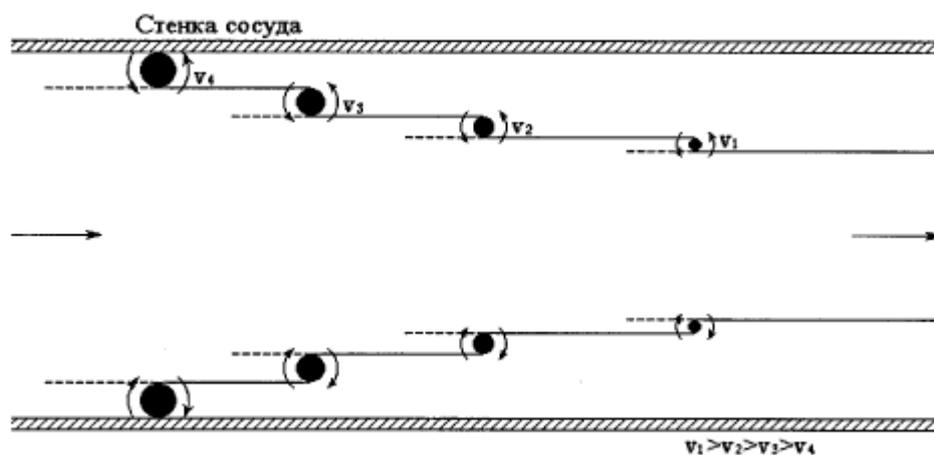


Рис. 2. Схема поступательного и вращательного движения радиально-кольцевых систем эритроцитов в кровотоке

Учитель физики. Для того чтобы в движущейся крови эритроциты могли образовать структуры в виде «монетных столбиков», нужно, чтобы эритроциты были одного диаметра, чтобы между ними возникали силы, сближающие их друг с другом вогнутыми сторонами, и чтобы эритроциты в столбиках фиксировались на всем протяжении «монетного столбика» по его геометрической оси. Образованию «монетных столбиков» способствует также отрицательный заряд на поверхности эритроцитов, который создает между ними равномерное электростатическое отталкивание.

Для того, чтобы разобраться в физической природе образования структур из эритроцитов, надо вспомнить некоторые физические законы и явления. Ответьте, пожалуйста, на следующие вопросы.

1. Как зависит скорость течения жидкости в трубе от площади ее поперечного сечения?

2. В чем состоит закон Бернулли?

3. Каковы особенности движения вращающегося цилиндра или мяча?

В токе крови эритроциты движутся не только поступательно, но и вращаются вокруг собственной оси. Поскольку эритроциты несут некоторый заряд, то это порождает конвекционные токи и ведет к появлению магнитных полей. Кроме сил электрического и магнитного взаимодействия в потоке крови действуют гидродинамические силы, которые описываются законом Бернулли. Скорость кровотока падает от центра сосуда к его стенкам, поэтому между точками, удаленными от оси течения на разные расстояния, возникает перепад давлений, причем силы направлены от периферии к оси. Таким образом, феномен Чижевского можно отнести к области электрогемодинамики.

В крупных сосудах А.Л. Чижевский допускал разнообразие пространственного положения «монетных столбиков». При переходе в менее крупные сосуды движение «монетных столбиков» упорядочивается, систематизируется и приобретает строго закономерный характер. Чижевский предложил три схемы движения эритроцитов по кровеносному сосуду (рис. 3, а–в).

Согласно первой схеме (а) каждый эритроцит в потоке плазмы движется своей плоской стороной перпендикулярно к направлению движения потока плазмы. Согласно второй схеме (б) эритроцит расположен по касательной к слоям плазмы, движущимся с разными скоростями вдоль кровеносного русла. Согласно третьей схеме (в) эритроцит расположен своей торцевой стороной перпендикулярно к слоям плазмы, образуя радиально-кольцевую систему.

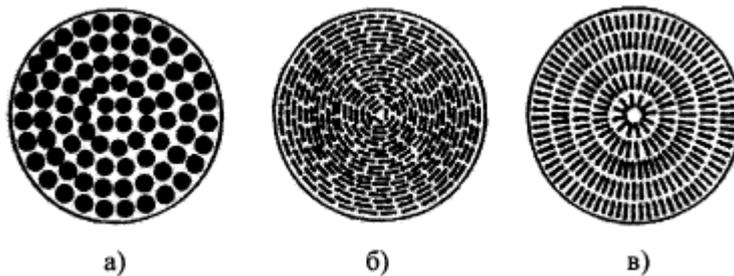


Рис. 3. Схема движения («монетных столбиков») эритроцитов в артериальном сосуде

Учитель биологии. В истории гематологии открытию структуры движущейся крови придается огромное значение.

Чижевский полагал, что при заболеваниях пространственная структура движущейся крови нарушается, т.к. изменение заряда эритроцитов и их количества в крови немедленно отражается на их расположении в кровотоке.

В 1962–1988 гг. группа врачей под руководством М.С. Мачабели, используя идеи А.Л. Чижевского в области электрогемодинамики, разработала теорию тромбгеморрагического синдрома (ТГС), являющегося одним из ярких примеров нарушения пространственной структуры движущейся крови. Авторы этой теории в 1990 г. были удостоены Государственной премии Грузии.

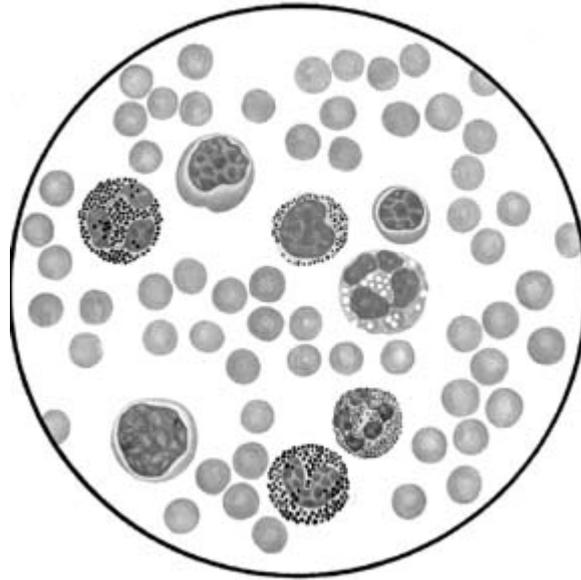
ТГС – это комплекс симптомов, сопровождающий патологию и экстремальные воздействия, обусловленный универсальным и неспецифическим свойством крови, лимфы, тканевой жидкости обратимо и необратимо сгущаться и расслаиваться на компоненты различного агрегатного состояния.

При различных болезнях, хирургическом вмешательстве или экстремальных воздействиях (облучении, ожогах, отравлениях, сдавлениях тканей и др.) клетки поврежденных тканей теряют отрицательные заряды. Это является «спусковым механизмом» для целой серии процессов как в самих клетках, так и на уровне тканей, органов и всего организма. Нарушается перенос (транспорт) ионов в клетках, питание тканей, изменяется структура крови, развивается кислородное голодание.

Из поврежденных клеток высвобождаются так называемые коагуляционно-литические вещества, воздействующие на межтканевую жидкость, лимфу, кровь, другие клетки. Кровь расслаивается на жидкие и густые части. Микросгустки фибрина в густой части крови могут образовывать тромбы в сосудах и приводить к множественным тромбозам. Более жидкая часть крови, лишенная фибрина, теряет способность к свертыванию, поэтому одновременно с тромбозами могут возникать и множественные кровотечения – геморрагии. Далее развиваются тяжелая дисфункция и дистрофия органов, в плазме крови снижается содержание факторов свертывания крови, наблюдается интоксикация продуктами белкового распада.

Как же можно воспрепятствовать развитию ТГС? Для этого надо восстановить отрицательный заряд на поверхностях поврежденных клеток. Восстановлению отрицательного заряда способствуют различные

доноры электронов: высокомолекулярный гепарин, витамин С, отрицательно заряженные аэроионы. Отрицательные аэроионы позволяют получать электроэффлювиальная люстра А.Л. Чижевского (См. «Биология», № 17/2003).



Вопросы по уроку

1. Что такое «феномен Чижевского»?
2. От чего зависят ориентация и скорость движения «монетных столбиков» эритроцитов?
3. Как образуются «монетные столбики» эритроцитов?
4. Как располагаются «монетные столбики» в сосудах разных диаметров?
5. Какие вы знаете схемы движения эритроцитов по кровеносному сосуду?
6. Что такое ТГС?
7. Как предотвратить развитие ТГС?

Литература

Баркаган З.С. Тромбогемморагический синдром // БМЭ, 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 29.

Мачабели М.С. Чижевского феномен // БМЭ, 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. Т. 27.

Чижевский А.Л. Структурный анализ движущейся крови. – М.: Изд-во АН СССР, 1959.