

**ДВИЖЕНИЕ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ
В СТОЛБЕ ЖИДКОСТИ, СОВЕРШАЮЩЕМ
КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ**

Машеренков В.М.

*Читинский государственный университет,
Чита*

В работе [1] описано наблюдавшееся в эксперименте разделение твёрдых частиц в вертикальном столбе жидкости, совершающем крутильные колебания. Отмечено, что частицы, имевшие меньшие размеры и большую плотность, собирались у стенки сосуда, совершавшего крутильные колебания и передававшего их жидкости, а частицы, имевшие большие размеры и меньшую плотность, концентрировались в центральной, осевой части сосуда. При стационарном вращении столба жидкости разделения частиц не наблюдалось, все они собирались у стенки сосуда.

Для раскрытия механизма разделения твёрдых частиц в столбе жидкости, совершающем крутильные колебания, рассмотрим особенности динамики твёрдых частиц, находящихся под действием нестационарных центробежных сил.

В рассматриваемой ситуации на находящиеся в жидкости твёрдые частицы в радиальном, горизонтальном направлении действуют следующие силы:

1) направленная по радиусу от оси вращения центробежная сила инерции:

$$F_{цб} = m_c \cdot \omega_c^2 \cdot R, \quad (1)$$

где m_c – масса частицы; ω_c – угловая скорость частицы; R – радиус вращения частицы;

2) направленная по радиусу к оси вращения центробежная архимедова сила

$$F_{ца} = m_{жс} \cdot \omega_{жс}^2 \cdot R, \quad (2)$$

где $m_{жс}$ – масса жидкости, вытесненной частицей;

$\omega_{жс}$ – угловая скорость слоев жидкости;

3) направленная по радиусу против скорости радиального перемещения v_r частицы сила вязкого сопротивления, которая в силу малости размеров частиц определяется законом Стокса:

$$F_{вр} = k \cdot v_c, \quad (3)$$

где k – коэффициент сопротивления движению частицы, зависящий от вязких свойств жидкости, размеров и формы частицы.

Уравнение динамики радиального движения частицы запишется в виде:

$$m_c a_c = F_{цб} - F_{ца} - F_{вр}, \quad (4)$$

где a_c – ускорение радиального движения частицы.

Из уравнения (4) получаем

$$a_c = \left(\omega_c^2 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_c} \cdot \omega_{жс}^2 \right) \cdot R - \frac{k}{m_c} \cdot v_c, \quad (5)$$

где $\rho_{жс}$ – плотность жидкости, а ρ_c – плотность частицы.

Из уравнения (5) вытекает, что в начальный момент времени, когда $v_r = 0$ при

$\left(\omega_c^2 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_c} \cdot \omega_{жс}^2 \right) > 0$ ускорение частицы направлено от оси сосуда к его стенке, а при

$\left(\omega_c^2 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_c} \cdot \omega_{жс}^2 \right) < 0$ ускорение частицы направлено к оси сосуда.

Значит, при $\omega_c > \omega_{жс} \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{\rho_c}}$ твёрдая частица должна двигаться к стенке сосуда, а при

$\omega_c < \omega_{жс} \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{\rho_c}}$ – к оси сосуда.

Связь между угловыми скоростями частицы ω_c и слоёв жидкости $\omega_{жс}$ найдём исходя из закона сохранения механической энергии, приняв, что кинетическая энергия колебательного движения твёрдых частиц приобретает ими за счёт работы вязких сил, действующих на них со стороны жидкости.

Пусть $\omega_{жс}$ меняется со временем по закону:

$$\omega_{жс} = \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t), \quad (6)$$

где α – угловая амплитуда колебаний, f – линейная частота колебаний, t – текущее время

Тогда полученное из закона сохранения энергии дифференциальное уравнение для нахождения ω_c будет иметь вид:

$$\frac{d\omega_c}{dt} + \frac{k}{m_c} \cdot \omega_c = \frac{k \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{m_c} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t), \quad (7)$$

а его решение, согласно [2], для установившихся колебаний

$$\omega_c \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \alpha}{\sqrt{1 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot m_c^2}{k^2}}}. \quad (8)$$

$$\cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t - \arctg\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot m_c}{k}\right)\right)$$

Из уравнения (8) следует, что угловая скорость твёрдой частицы будет меняться со временем по тому же гармоническому закону, что и угловая скорость частиц жидкости, но с некоторым отставанием по фазе. При этом амплитудное значение угловой скорости твёрдой частицы будет всегда меньше амплитудного значения угловой скорости частиц жидкости.

Разница между амплитудными значениями скоростей слоев жидкости и твердых частиц и разность фаз их колебаний будет определяться соотношением между массовыми и вязкими силами, действующими на твердые частицы, они тем больше, чем сильнее влияние массовых сил.

Частицы, испытывающие преимущественное действие вязких сил, устойчиво движутся от оси вращения, а частицы, для которых более существенно

действие массовых сил, движутся с ускорением, направленным к этой оси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатьянов А.В., Машеренков В.М., Никитина Л.Г. Прогнозирование эффективности разделения минеральных частиц в нестационарном центробежном поле. Пятая междунар. конф.: Новые идеи в науках о Земле. Материалы конф. Часть II.-М., 2001.

2. Э. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М., 1976. -576 с.

СОСТОЯНИЕ ТРОМБОЦИТАРНЫХ ФУНКЦИЙ У БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ С МЕДИЦИНСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ

Медведев И.Н., Наумов М.М., Павлов М.Н.

*Курский институт социального образования (филиал) РГСУ,
Курская государственная с/х академия,
Курский НИИ Агропроизводства,
Курск*

Первичный гемостаз выполняет ряд функций, важнейшей из которых является адгезия и агрегация кровяных пластинок к поврежденному участку сосуда с последующей остановкой кровотечения. От активности тромбоцитов во многом зависит скорость нормального протекания всего первичного гемостаза и возможность развития патологических процессов – атеросклероза, ишемии внутренних органов, тромбозов различных локализаций, состояния микроциркуляции и др. Агрегационная способность тромбоцитов (АТ) под действием различных индукторов и их внутрисосудистая активность (ВАТ) может зависеть от многих условий, в т.ч. от особенностей региона проживания. Проведение исследований тромбоцитарного гемостаза у различных групп живых существ с медицинских и биологических позиций требует определения нормативных показателей тромбоцитарного гемостаза у здоровых жителей г. Курска и новорожденных телят.

Цель работы: определить некоторые параметры тромбоцитарного гемостаза у здоровых людей и новорожденных телят.

С учетом цели работы обследовано в летне-осенний период 21 здоровый человек и 23 новорожденных теленка. На момент осмотра не выявлено отклонений в объективном статусе людей и животных. В анамнезе существенных заболеваний не отмечено. Лабораторные и инструментальные методы исследования не выявили отклонений от общепринятой нормы.

Оценивали следующие параметры. Активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) плазмы определяли по содержанию ТБК-активных продуктов набором фирмы ООО «Агат-Мед», ацилгидроперекисей (АГП) [2] и антиокислительному потенциалу жидкой части крови [1]. Внутротромбоцитарное ПОЛ оценили по концентрации базального и стимулированного тромбином уровня малонового диальдегида (МДА) в

реакции восстановления тиобарбитуровой кислоты [9], в модификации [2]. Внутротромбоцитарную антиоксидантную систему характеризовали активность каталазы и супероксиддисмутазы (СОД) по [7]. Для косвенной оценки обмена арахидоновой кислоты в тромбоцитах, а также выявления уровня активности в них циклооксигеназы и тромбоксансинтетазы использованы 3 пробы переноса по методу Ермолаевой Т.А. и соавт. (1992) с регистрацией агрегации тромбоцитов (АТ) на ФЕКе [5]. Производили подсчет количества тромбоцитов в капиллярной крови в камере Горяева. Агрегационная способность тромбоцитов исследовалась визуальным микрометодом [3] по Шитиковой А.С. (1999) с использованием в качестве индукторов АДФ ($0,5 \times 10^{-4}$ М.), коллагена (разведение 1:2 основной суспензии), тромбина ($0,125$ ед/мл.), ристомидина ($0,8$ мг/мл.), адреналина (5×10^{-6} М.) и перекиси водорода ($7,3 \times 10^{-3}$ М.). Внутрисосудистую активность тромбоцитов (ВАТ) оценивали с фазовым контрастом по Шитиковой А.С. (1997). Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием t-критерия Стьюдента.

Концентрация ТБК-активных продуктов в плазме здоровых людей составила $3,50 \pm 0,03$ мкмоль/л., у телят – $3,92 \pm 0,06$ мкмоль/л. Уровень МДА в тромбоцитах составлял у людей $0,66 \pm 0,003$ нмоль/ 10^9 тр., у телят – $0,89 \pm 0,02$ нмоль/ 10^9 тр. Уровень стимулированного тромбином МДА тромбоцитов у людей составлял $6,38 \pm 0,04$ нмоль/ 10^9 тр. и его выделение $5,79 \pm 0,05$ нмоль/ 10^9 тр. были ниже аналогичных показателей у животных ($8,01 \pm 0,02$ нмоль/ 10^9 тр. и $7,12 \pm 0,05$ нмоль/ 10^9 тр., соответственно). Содержание АГП в плазме людей составило $1,44 \pm 0,006$ Д₂₃₃/1 мл., у животных $1,92 \pm 0,02$ Д₂₃₃/1 мл. В тромбоцитах телят содержание АГП $2,87 \pm 0,04$ Д₂₃₃/1 тр. также достоверно превышало аналогичный показатель у людей $2,13 \pm 0,01$ Д₂₃₃/1 тр.

Уровень обмена в тромбоцитах арахидоновой кислоты определял состояние тромбоксанообразования. В простой пробе переноса косвенно оценивался уровень тромбоксана в кровяных пластинках, составляющий у людей – $35,7 \pm 0,13\%$, у животных $39,2 \pm 0,02\%$. Активность циклооксигеназы, выявленной по восстановлению АТ в коллаген-аспириновой пробе, у животных составляла $78,4 \pm 0,19\%$ и тромбоксансинтетазы, определенной по восстановлению АТ в коллаген-имидазольной пробе – $63,8 \pm 0,17\%$. У здоровых лиц аналогичные показатели составили $67,9 \pm 0,13$ и $57,4 \pm 0,17\%$, соответственно. Количество тромбоцитов в крови у людей и животных было в пределах нормы.

Наиболее активным индуктором при исследовании АТ на стекле у здоровых лиц оказался коллаген ($33,0 \pm 0,13$ с.). За ним следовали АДФ ($42,0 \pm 0,40$ с.), ристомидин ($45,0 \pm 0,30$ с.) и H_2O_2 ($47,0 \pm 0,35$ с.). Поздняя АТ отмечена под действием тромбина ($55,0 \pm 0,40$ с.) и адреналина ($94,0 \pm 0,37$ с.).

Содержание интактных форм тромбоцитов - дискоцитов составило $84,0 \pm 0,10\%$. Количество тромбоцитов, находящихся в начальной фазе активации – диско-эхиноцитов достигало $11,4 \pm 0,10\%$. Число сфероцитов, сферо-эхиноцитов и входящих в рефрактерное состояние биполярных форм тромбоцитов равня-