

Лазерная биофотоника проливает свет на биофизические механизмы деформируемости эритроцитов



Доцент А.В. Приезжев



С.н.с. Е.А. Ширшин



Аспирант А.Н. Семенов

Деформируемость красных клеток крови, эритроцитов — это их фундаментальное свойство, обеспечивающее их способность проникать в мельчайшие кровеносные сосуды — капилляры и снабжать кислородом все ткани тела человека. Эритроциты — это клетки максимально высокой специализации. Они осуществляют обмен дыхательных газов, а также транспорт питательных веществ и продуктов межклеточного и тканевого метаболизма. Нарушения газотранспортных процессов приводят к необратимым структурным повреждениям органов и тканей организма. В ходе эволюции для обеспечения наибольшей эффективности газообмена эритроциты лишились многих клеточных подсистем (ядра, митохондрий, цитоплазматического ретикулума), обеспечив тем самым наибольший объем для заполнения молекулами гемоглобина, выполняющими газотранспортную функцию. При циркуляции крови эритроциты вынуждены испытывать значительные механические нагрузки в зависимости от реологических условий кровеносного русла. Эритроциты способны проходить через капилляры, размер которых вдвое меньше размера самой клетки, эффективно изменяя свою форму и размеры для обеспечения наибольшей поверхности для газообмена (рис. 1). В то же время в крупных сосудах, где скорость течения и соответствующие сдвиговые напряжения высоки, эритроциты стабильно сохраняют форму дискоцита для обеспечения наилучших гидродинамических условий течения крови. Такое поведение эритроцитов возможно благодаря их деформируемости, которая обеспечивается за счет оптимальных значений соотношения площади поверхности клетки и ее объема, вязкости внутриклеточного содержимого и жесткости примембранного цитоскелета.

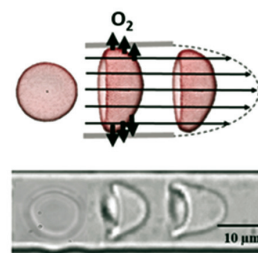


Рис. 1. Изменение формы эритроцита при движении в микроканале вследствие сдвиговых напряжений в потоке.

В эритроците существуют молекулярные системы точной подстройки и регуляции деформируемости. В процессе биологического развития человека возникли сигнальные системы, диктующие необходимость клетки изменить свое биомеханическое состояние в ответ на физиологические запросы организма. Одной из таких систем в эритроците является аденилатциклазный сигнальный каскад, биомеханические функции которого были исследованы на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова с применением методов лазерной биофотоники и результаты были опубликованы в августе 2019 г. [1]. Ключевым элементом этой системы является фермент аденилатциклаза. Его активация запускает каскад ферментативных реакций, приводящих к изменению биомеханического состояния клетки за счет структурных изменений белковых комплексов, прикрепляющих цитоскелет к клеточной мембране (схема каскада представлена на рис. 2). Активация аденилатциклазы происходит при стимулировании адренергических рецепторов на поверхности клеточной мембраны. Естественным ак-

