

С. В. Булаева, А. В. Замышляев

Гемореологический профиль при метаболических нарушениях

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0214и при поддержке гранта РФФИ № 12-04-31480 мол-а.

Было установлено, что гемореологический профиль, включающий вязкость цельной крови, суспензии эритроцитов, плазмы крови, деформируемость эритроцитов, их агрегацию, показатель общего белка, показатель гематокрита и транспортный потенциал, негативно меняется при метаболических нарушениях как у мужчин, так и у женщин. Были выявлены различия ряда характеристик гемореологического профиля у пациентов обоего пола.

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа, эритроциты человека, гемореологический профиль, агрегация и деформируемость эритроцитов.

S. V. Bulaeva. A. V. Zamyshlyayev

The Hemorheological Profile of Persons with Metabolic Disorders

Blood and plasma viscosities, hematocrit, total protein, RBC suspension fluidity, RBC aggregation, RBC deformability, oxygen transport efficiency in this profile were included. First of all it was shown that patients had higher blood and plasma viscosities in comparison with healthy volunteers. In addition, it was found, that the hemorheological profile of persons with metabolic disorders was negatively changed. There were some differences of the hemorheological profile between two research groups: of men and women.

Keywords: diabetes mellitus, red blood cells, rheology, RBC aggregation, RBC deformability.

Метаболический синдром является одной из актуальных проблем медицины. В основе патогенеза данного расстройства состояния здоровья человека лежит снижение чувствительности тканей к действию инсулина (инсулинорезистентность), которое может привести к заболеванию сахарным диабетом 2 типа. Метаболический синдром характеризуется хроническим течением, расстройством функционирования систем организма, в том числе кровообращения, микроциркуляции, а также нарушением всех видов обмена веществ (углеводного, жирового, белкового, минерального и водно-солевого) [6, 7].

Что касается кровообращения, то наиболее существенные нарушения при диабете встречаются в системе микрогемодинамики. Известно, что в крупных сосудах течение крови и ее вязкость зависят главным образом от концентрации клеток (гематокрита) и вязкости плазмы и в меньшей степени от деформируемости эритроцитов и их агрегации [2, 3, 4, 11]. При сахарном диабете 2 типа встречается комплекс расстройств текучести крови, и в том числе повышение ее вязкости [1, 9].

Исходя из вышесказанного целью настоящего исследования было изучить гемореологический профиль, отражающий как макро- так и микро-реологические показатели при заболевании сахарным диабетом 2 типа.

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели и решения основных задач было сформировано 2 группы наблюдения: первую группу (группа 1) составили практически здоровые лица (15 женщин и 12 мужчин, возраст от 33 до 52 лет). Во вторую группу (группа 2) были включены лица с сахарным диабетом 2 типа (72 женщины и 39 мужчин, возраст от 46 до 68 лет). Кроме того, из названных выше групп были выделены по 2 подгруппы (мужчин и женщин).

Цельную кровь для исследования получали венопункцией, в качестве антикоагулянта использовали гепарин (5 МЕ/мл). Эритроциты отделяли от плазмы центрифугированием (10 минут при 3000 об./мин). Затем эритроциты трижды отмывали в изотоническом растворе хлорида натрия с добавлением глюкозы 5,0 мМ.

Регистрировали вязкость цельной крови, плазмы и суспензии эритроцитов со стандартным гематокритом на полуавтоматическом капиллярном вискозиметре при напряжениях сдвига 0,196 и 0,0196 Н·м⁻². Индекс деформируемости эритроцитов определяли в проточной микрокамере. Показатель агрегации эритроцитов регистрировали методом прямой микроскопии с видеорегистрацией и последующей обработкой данных. Концентрацию общего белка в плазме крови устанавливали биуретовым методом. Определение показателя гематокрита (Hct) цельной крови проводили на специальной микрогематокритной центрифуге СМ-70.

Эффективность транспорта кислорода кровью зависит от концентрации клеток – переносчиков (гематокрита) и от величины вязкого компонента общего сосудистого сопротивления (вязкости крови) ввиду того, что диаметр сосудов неизменен в данных условиях наблюдения [15, 8, 10]. Рассчитывалась эффективность доставки кислорода в ткани на основе отношения гематокрита к вязкости (Hct/ηв). С этой целью проводили определение средних величин этого показателя в каждой группе наблюдений.

Все измерения осуществляли при комнатной температуре 21±2°С в течение 4 часов после взятия крови.

Статистическую обработку полученных цифровых материалов и все виды анализа результатов проводили на РС IBM, используя табличный редактор Microsoft Excel. За уровень статистически значимых различий принимали изменения характеристик при p<0,05 и p<0,01.

Результаты и их обсуждение

Комплекс полученных параметров позволил сформировать из средних величин каждой группы характерный гемореологический профиль (рис. 1). Первое, что может быть отмечено при анализе комплекса гемореологических характеристик, – это то, что вязкость цельной крови при низких и высоких скоростях сдвига была выше у больных сахарным диабетом по сравнению с практически здоровыми лицами (на 7–17 %). Вероятно, что повышенную вязкость цельной крови при высокой скорости сдвига определяет низкая текучесть плазмы (10 %-ная разница) при неизменном гематокрите и более значительная степень ригидности эритроцитов у лиц с диабетом (разница – 27 %). Подтверждением вышесказанному служат корреляции между высокосдвиговой вязкостью цельной крови и плазмы, а также высокосдвиговой вязкостью цельной крови и вязкостью суспензии.

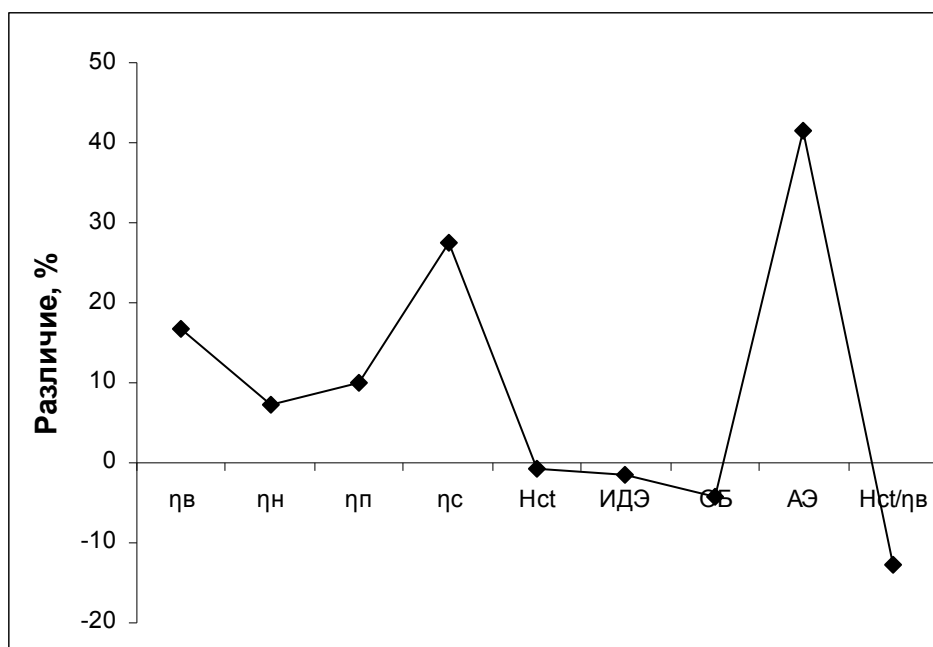


Рис. 1. Гемореологический профиль лиц с метаболическими расстройствами (показатели здоровых лиц – нулевая линия на графике)

Обозначения: ηв – вязкость крови при высокой скорости сдвига; ηн – вязкость крови при низкой скорости сдвига; ηп – вязкость плазмы; ηс – вязкость суспензии эритроцитов с Hct=40 %; Hct – показатель гематокрита; ИДЭ – индекс деформируемости эритроцитов; АЭ – агрегация эритроцитов; Hct/ηв – эффективность транспортного потенциала крови.

С высоким уровнем вязкости цельной крови при низкой скорости сдвига у лиц с диабетом сочеталась более выраженная агрегация эритроцитов. Разница с контролем составила 42 % и

была статистически достоверной ($p < 0,05$). Показатель эффективности транспорта кислорода (ПЭТК) был достоверно ниже у лиц с метаболическими нарушениями (на 13 %, $p < 0,05$).

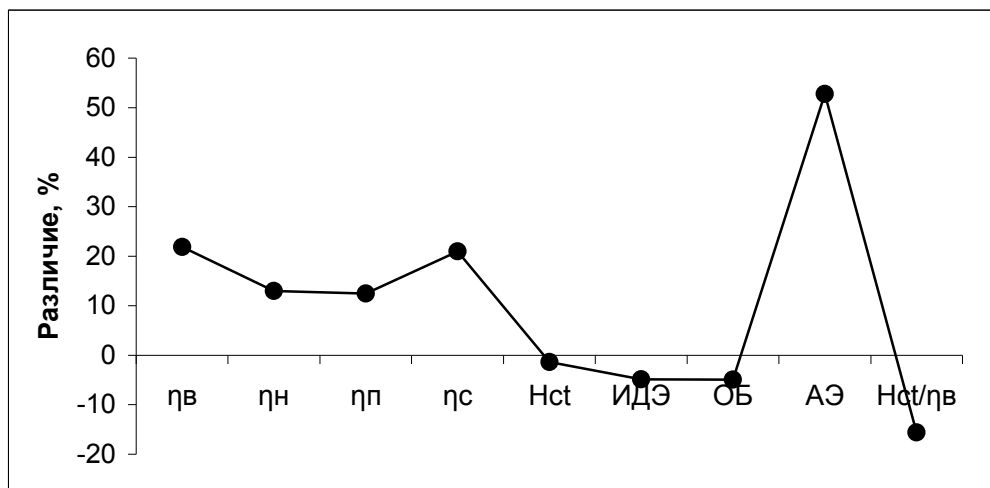


Рис. 2. Гемореологический профиль лиц женского пола с метаболическими нарушениями (нулевая линия – показатели практически здоровых женщин)

Обозначения: см. рис. 1.

При сравнительном анализе результатов исследования в группах мужчин и женщин было установлено, что существенно рисунок профиля не поменялся, однако можно заметить некоторые отличия (рис. 2 и 3). Был отмечен более высокий

уровень вязкости суспензии эритроцитов у мужчин с сахарным диабетом по сравнению с практически здоровыми лицами, у женщин эта разница составила только 21 %.

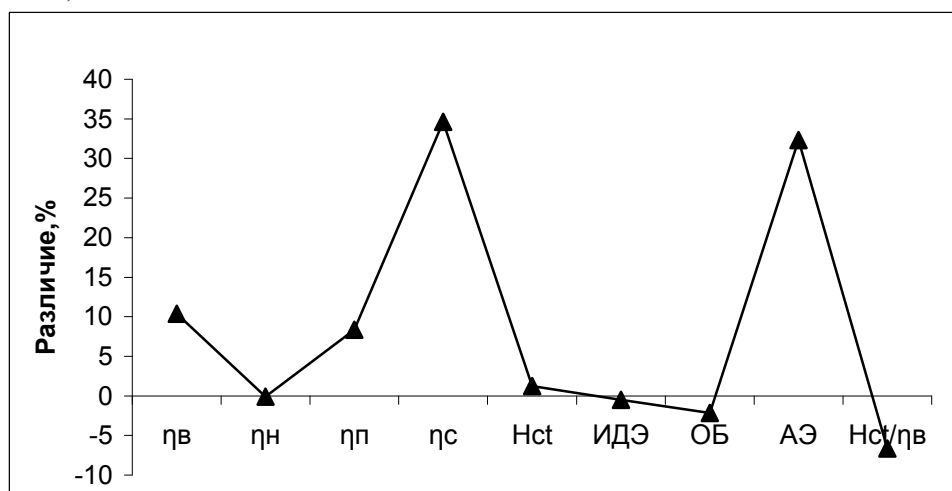


Рис. 3. Гемореологический профиль мужчин с метаболическими нарушениями (нулевая линия – показатели практически здоровых лиц)

Обозначения: см. рис. 1.

Было найдено, что эффективность транспорта кислорода кровью была самой высокой у женщин группы контроля (рис. 4). При диабете этот показатель в среднем ниже на 16 %, чем у лиц соответствующего контроля.

Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь между ПЭТК и вязкостью

цельной крови ($r = 0,77$). В тоже время было обнаружено отсутствие заметной связи между ПЭТК и гематокритом. На рис. 4 приведены сравнительные данные реологических характеристик, полученных для разных групп наблюдений (мужчины и женщин).

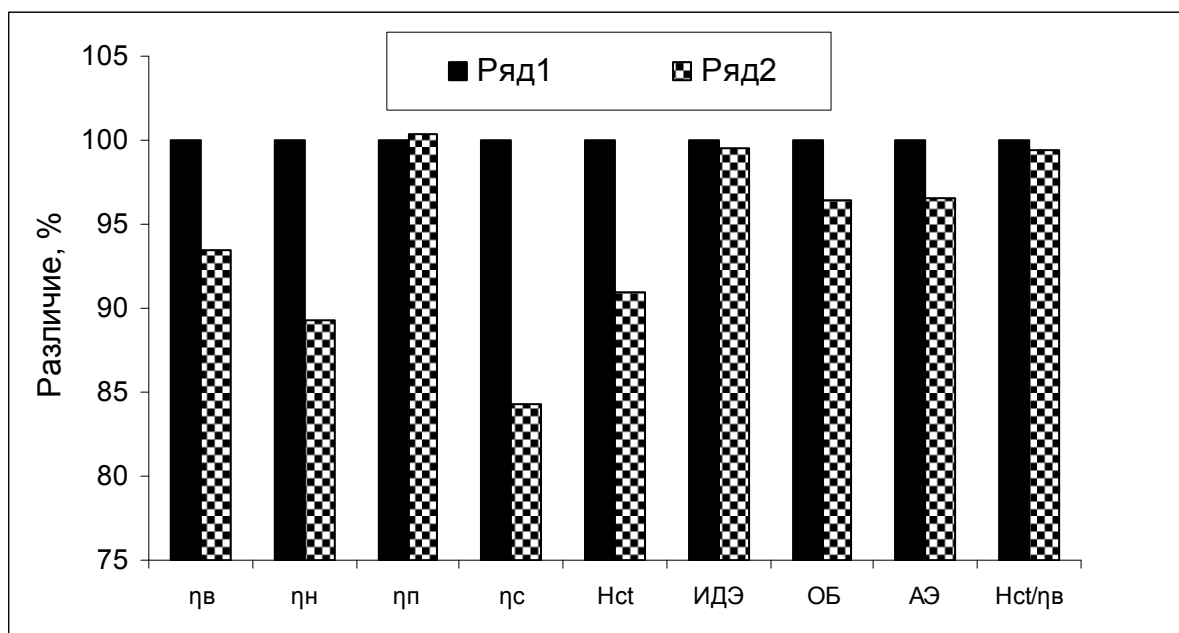


Рис. 4. Различие в процентах показателей гемореологического профиля у мужчин и женщин с сахарным диабетом (ряд 1 – мужчины, ряд 2 – женщины)

Обозначения: см. рис. 1.

Показатели вязкости цельной крови при высокой и низкой скоростях сдвига у женщин с диабетом ниже, чем у пациентов мужчин, что может быть объяснено более низкими показателями гематокрита и вязкости суспензии при отсутствии различий в величине вязкости плазмы. Последнее подтверждается наличием корреляций между указанными характеристиками. Кроме того, была обнаружена высокая отрицательная корреляция между вязкостью суспензии и ПЭТК, показателем агрегации и ПЭТК только у здоровых мужчин.

Таким образом, комплекс полученных в исследовании результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Гемореологический профиль у лиц с метаболическими расстройствами (сахарным диабетом) негативно изменен в сравнении с практически здоровыми лицами.

2. Эффективность доставки кислорода кровью к тканям ниже у лиц с диабетом в подгруппах обоего пола, в большей степени – у женщин.

Библиографический список

1. Муравьев, А. В. Чепоров, С. В. Гемореология (экспериментальные и клинические аспекты реологии крови) [Текст] : монография / А. В. Муравьев, С. В. Чепоров. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2009. – 178 с.
2. Ajmani R.S. Hypertension and hemorheology // Clin Hemorheol Microcirc. – 1997. – Vol. 17. – № 6. – P. 397–420.
3. Baskurt O. K., Meiselman H. J. Blood rheology and hemodynamics // Semin Thromb Hemost. – 2003. – Vol. 29. – P. 435–450.
4. Chien S., Lung L. Physicochemical basis and clinical implications of red cell aggregation // Clin. Hemorheol. – 1987. – Vol. 7. – P. 71–91.
5. Chien S., Sung L. A., Kim S. et al. Determination of aggregation force in rouleaux by fluid mechanical technique // Microvas. Res. – 1977. – Vol. 13. – P. 327–333.
6. Le Dévéhat C., Vimeux M., Bondoux G., Khodabandehlou T. Red blood cell aggregation in diabetes mellitus // Int Angiol. – 1990. – Vol. 9. – № 1. – P. 11–15.
7. Le Dévéhat C., Vimeux M., Khodabandehlou T. Blood rheology in patients with diabetes mellitus // Clin Hemorheol Microcirc. – 2004. – Vol. 30. – № 3-4. – P. 297–300.
8. Quemada D. Rheology of concentrated disperse systems. A model for non-Newtonian shear viscosity in steady flows // Rheol. Acte. – 1978. – Vol. 17. – P. 632–642.
9. Shin S., Ku Y., Babu N., Singh M. Erythrocyte deformability and its variation in diabetes mellitus // Indian J Exp Biol. – 2007. – Vol. 45. – № 1. – P. 121–128.
10. Stoltz J. F., Donner M. New trends in clinical hemorheology: an introduction to the concept of the hemorheological profile // Schweiz Med Wochenschr. – 1991. – Vol. 43. – P. 41–49.
11. Stuart J., Nash G.B. Red cell deformability and hematological disorders // Blood Rev. – 1990. – Vol. 4 (3). – P. 141–147.

