

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ И ОПТИЧЕСКОЙ ТКАНЕВОЙ ОКСИМЕТРИИ*Новикова И.Н.**Научный руководитель – к.т.н., доцент Дунаев А.В.
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», Россия, г. Орёл*

В настоящее время для исследования системы микроциркуляции крови наиболее широкое применение получили неинвазивные оптические методы – лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [1] и оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) [2]. Важной особенностью ЛДФ является возможность получения *in vivo* всего спектра ритмических процессов в микрососудах от пульсовых ритмов до циркадных. Преимущества метода ОТО заключается в возможности *in vivo* оценивать динамику транспорта и потребления кислорода в системе микроциркуляции крови. Несмотря на все достоинства данных методов, в литературе всё чаще встречаются упоминания о большом разбросе и вариабельности параметров, регистрируемых и рассчитываемых данными методами [3-4]. В связи с этим целью данной работы явилась оценка долговременной индивидуальной вариабельности комплексных параметров системы микроциркуляции крови, полученных методами ЛДФ и ОТО.

Для этого в течение более полугода проводились исследования системы микроциркуляции крови указанными методами на одном условно-здоровом добровольце (мужчина без патологии сердечно-сосудистой системы в возрасте 36 лет) с помощью многофункционального неинвазивного лазерного диагностического комплекса “ЛАКК-М” (НПП «ЛАЗМА») [5]. Определялись следующие параметры: индекс микроциркуляции крови (I_m), уровень тканевой сатурации оксигемоглобина смешанной крови микроциркуляторного русла – тканевая сатурация (S_tO_2), уровень объёмного кровенаполнения ткани (V_b), индекс относительной перфузионной сатурации кислорода микрокровотока (S_m), индексы удельного потребления кислорода в ткани (U_1 и U_2 – рассчитываются согласно разным подходам), показатель шунтирования (VI), индекс удельного потребления кислорода в ткани для области с артерио-веноулярными анастомозами I , а также основные параметры функциональных проб (ФП) – окклюзионной пробы (РКК – резерв капиллярного кровотока) и дыхательной пробы (ИДП – индекс дыхательной пробы). Все измерения проводились на подушечке 3 пальца кисти правой руки в дневное время суток приблизительно в одно и то же время, чтобы исключить циркадные ритмы кровотока, в условиях физического и психического покоя (базовый тест в течение 3 мин) через 2 часа после приема пищи с предварительной адаптацией испытуемого к температуре помещения 20-23 °С в положении сидя, правое предплечье на столе на уровне сердца. Также время от времени проводились ФП по стандартным методикам (дыхательная проба с задержкой дыхания в течение 15 с, время окклюзии 3 мин для окклюзионной пробы). Полученные значения усреднены за весь период ис-

следования с вычислением основных статистических параметров – среднего арифметического каждого из показателей (M), среднеквадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации или относительного разброса результатов измерений (k_v) (табл. 1).

Таблица 1

**Статистические параметры результатов экспериментов
за время наблюдения 6 мес**

Статистические параметры	Измеряемые параметры			Комплексные параметры					Параметры ФП	
	I_m , пф.ед. (135)*	S_tO_2 , % (135)	V_b , % (135)	I (135)	BI (135)	S_m (135)	U_1 (84)	U_2 (84)	ИДП, % (98)	РКК, % (43)
M	20,35	75,33	9,76	11,05	1,45	3,81	1,31	2,42	71,07	128,7
σ	3,16	3,53	0,96	2,7	0,52	0,74	0,07	0,56	16,51	29,76
k_v , %	15,53	4,69	9,86	24,41	35,74	19,35	5,68	23,22	23,23	23,11

*указано количество значений, по которым произведена обработка данных.

Для оценки взаимосвязи регистрируемых комплексных параметров произведена выборка значений параметров ФП (ИДП, РКК) и комплексного параметра S_m в течение периода времени, когда производилась регистрация базового теста и после проводились последовательно дыхательная и окклюзионная пробы (всего 32 дня), построен соответствующий график, представленный на рис. 1.

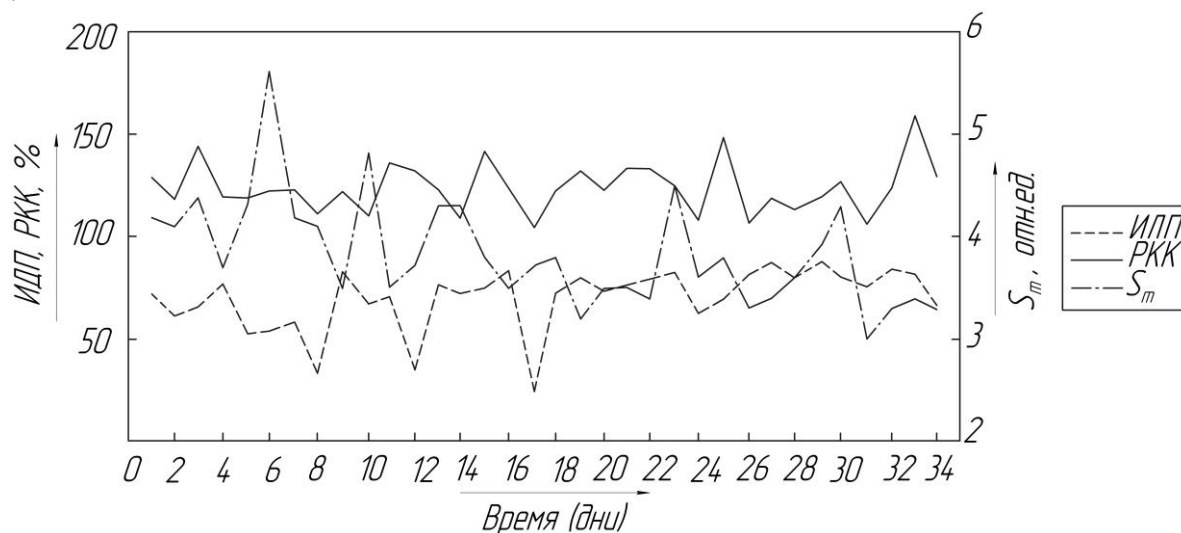


Рис. 1. Зависимости параметров S_m , ИДП и РКК в течение времени наблюдений

Наблюдаемая фрагментарно синхронизация комплексного параметра (S_m) и параметров ФП (ИДП и РКК) может свидетельствовать о взаимосвязи данных параметров и дополнительно предоставлять информацию о состоянии системы микроциркуляции крови. Гистограммы распределения и графики плотностей вероятности для этих параметров представлены на рис. 2.

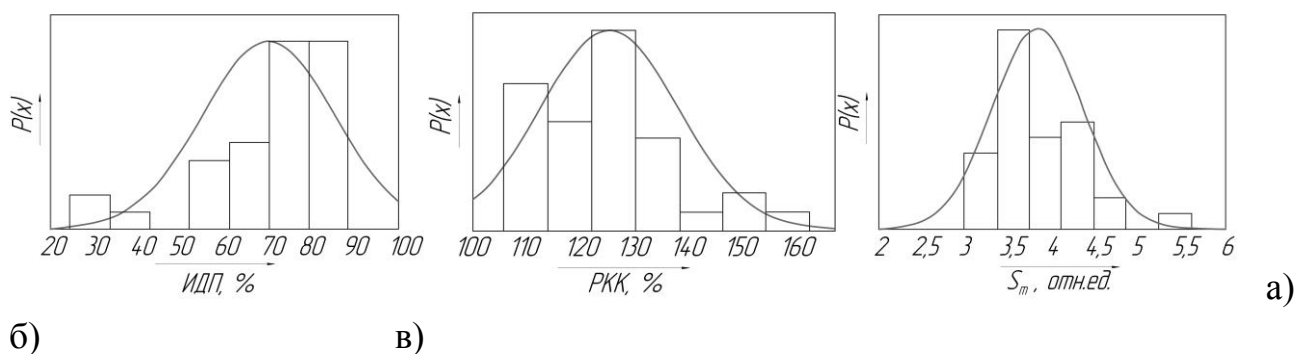


Рис. 2. Гистограммы распределения и графики плотностей вероятности для параметров ИДП (а), РКК (б) и S_m (в)

В рамках проведённых исследований получены достаточно небольшие величины разбросов непосредственно измеряемых параметров (I_m , S_tO_2 , V_b) и рассчитанных на их основе комплексных параметров (I , VI , S_m , U_1 , U_2). Считается, что чем больше значение коэффициента вариации, тем относительно больший разброс и меньшая выравненность исследуемых значений [6]. Коэффициент вариации для S_tO_2 , V_b , U_1 составил менее 10%, изменчивость такого вариационного ряда является незначительной, а коэффициенты вариации для параметров I_m и S_m лежат в диапазоне от 10% до 20%, что характерно для средней изменчивости. Наибольший разброс значений характерен для комплексных параметров I и U_2 , что вероятно связано с методиками их расчёта. Кроме того, вариабельность параметров ФП (ИДП и РКК) в нашем исследовании получилась около 23%, что не превышает 33% и свидетельствует об однородности полученных данных [6]. Вероятно, столь малый разброс этих параметров связан с опытностью экспериментатора (корректное проведение ФП), в случае проведения подобных ФП менее опытным исследователем вариабельность результатов будет большей. Однако вариационный ряд показателя шунтирования (VI) неоднороден и скорее всего, должен подвергаться дополнительной обработке. Возможно, это связано с тем, что для расчёта этого параметра используются данные спектрального анализа ЛДФ-грамм (амплитуды нейрогенных и миогенных колебаний), которые подвержены большому разбросу (до 30-50%) [4].

Полученная оценка долговременной индивидуальной вариабельности комплексных параметров позволяет сделать вывод о необходимости её учёта при разработке новых алгоритмов обработки результатов измерений и развитии приборной реализации методов ЛДФ и ОТО.

Литература

1. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови : руководство для врачей. / под. ред. А. И. Крупаткина, В. В. Сидорова. – М. : Медицина, 2005. – 125 с.
2. Рогаткин Д.А. Физические основы оптической оксиметрии. Лекция. //Медицинская физика, №2, 2012. – с.97-114.
3. Макаров Д.С., Рогаткин Д.А. Физиологический разброс индивидуальных параметров микроциркуляции крови как источник ошибок в неинвазивной

медицинской спектродотометрии // Труды IX Международной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии», 2010. – с.78-82.

4. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Макаров Д.С. Индивидуальная вариабельность параметров микроциркуляции крови и проблемы функциональной диагностики системы микроциркуляции // IV Всероссийская конференция "Функциональная диагностика" (Москва, 30 мая - 01 июня 2012 г.). – 2012. – с. 24 – 25.

5. Rogatkin D.A., Lapaeva L.G., Petritskaya E.N., Sidorov V.V., Shumskiy V.I. Multifunctional laser noninvasive spectroscopic system for medical diagnostics and some metrological provisions for that // Proc. SPIE, vol. 7368, 2009, 73681Y.

6. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб: Питер, 2010. – 192 с.