

ЛДФ-метрия кожного кровотока в различных областях тела

*Кафедра анатомии человека Российского университета дружбы народов, Москва
e-mail: kozlov@med.rudn.ru, oagur@list.ru*

Реферат

С помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии изучены отношения между параметрами кровотока в коже различных топографо-анатомических областей тела у здоровых лиц в возрасте 18–24 лет. Определены нормативные показатели состояния микроциркуляции в коже головы, туловища и основных сегментов верхней и нижней конечностей.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция крови, кожа, топографо-анатомические области тела.

Kozlov V. I., Morozov M. V., Gurova O. A.

Laser Doppler fluxmetry of the skin microcirculation in different areas of the body

*Peoples' Friendship University of Russia, Department of human anatomy, Moscow
e-mail: kozlov@med.rudn.ru, oagur@list.ru*

Abstract

Relations between parameters of the skin microcirculation in different topographo-anatomic areas of a body at healthy persons in the age of 18–24 years are investigated by LDF. Normative parameters of a condition of microcirculation in a skin of head, body and main segments of hand and leg are determined.

Keywords: laser dopler fluxmetry, blood microcirculation, skin, topographo-anatomic areas of a body.

Введение

Кожа представляет собой традиционно доступный в клинической практике объект для функциональной диагностики состояния микроциркуляции [1, 2, 4, 6, 7]. В настоящее время для определения состояния микроциркуляции крови при самой различной патологии широко применяется метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [3–5]. Для практических целей представляет интерес изучение параметров ЛДФ-грамм, полученных в коже разных топографо-анатомических областей тела.

Материал и методы исследования

Состояние кожной микроциркуляции оценивалось с помощью лазерного анализатора кровотока «ЛИАКК-01к» (НПП «Лазма», Россия). Обследованы 80 практически здоровых лиц мужского пола в возрасте от 18 до 24 лет. Запись ЛДФ-грамм производилась в соответствии с методическими рекомендациями [3] в положении испытуемых сидя. ЛДФ-сигнал регистрировался последовательно в 15 точках:

— кожа туловища: груди (5-е межреберье справа по передней подмышечной линии), живота (у латерального края прямой мышцы живота);

— кожа головы: лба, мочки уха;

— кожа сегментов верхней конечности: плеча (медиальная поверхность в области нижней трети), предплечья (вентральная поверхность нижней тре-

ти), кисти (тыльная поверхность — 1-й межкостный промежуток), 4-го пальца кисти (ладонная и тыльная поверхности дистальной фаланги);

— кожа сегментов нижней конечности: бедра (медиальная поверхность в области нижней трети), голени (задняя поверхность в области нижней трети), медиальной и латеральной лодыжек, стопы (тыльная поверхность — 1-й межкостный промежуток), 1-го пальца стопы (тыльная поверхность).

Результаты исследования и их обсуждение

Значения параметра микроциркуляции (ПМ), характеризующего поток эритроцитов в единицу времени через единицу объема ткани, варьируют в довольно широких пределах в зависимости от области тела.

Наибольшие значения ПМ наблюдаются в коже мочки уха — $27,9 \pm 1,23$ пф. ед. и ладонной поверхности 4-го пальца кисти — $25,4 \pm 0,91$ пф. ед., а наименьшие — в коже голени — $6,1 \pm 0,28$ пф. ед. и медиальной лодыжки — $6,1 \pm 0,17$ пф. ед. (табл. 1).

Величина ПМ зависит от анатомических особенностей кожи в области исследования. Высокие значения ПМ определяются в тех областях кожи, где имеется большая плотность функционирующих капилляров и наибольшее количество артерио-венозных анастомозов (АВА).

Показатели ЛДФ-грамм в коже различных областей тела

Таблица 1

Область тела	ПМ, пф. ед.	СКО, пф. ед.	ИФМ, усл. ед.
Туловище			
Грудь	14,6±1,04	2,01±0,22	1,53±0,05
Живот	12,4±0,61	1,22±0,11	1,51±0,04
Голова			
Лоб	18,7±0,54	1,83±0,09	1,18±0,02
Мочка уха	27,9±1,23	3,3±0,27	1,56±0,04
Верхняя конечность			
Плечо	10,1±0,97	1,19±0,1	1,65±0,05
Предплечье	6,7±0,28	0,84±0,05	1,63±0,05
Кисть	7,1±0,3	1,24±0,13	1,94±0,07
Палец кисти (тыльная поверхность)	17,1±1,03	2,87±0,18	1,89±0,06
Палец кисти (ладонная поверхность)	25,4±0,91	3,07±0,19	2,09±0,05
Нижняя конечность			
Бедро	6,5±0,27	0,74±0,03	1,67±0,06
Голень	6,1±0,28	0,49±0,04	1,54±0,06
Медиальная лодыжка	6,1±0,17	0,6±0,03	1,57±0,06
Латеральная лодыжка	6,7±0,19	0,55±0,04	1,57±0,05
Стопа	7,2±0,37	0,62±0,05	1,53±0,05
Палец стопы (тыльная поверхность)	6,9±0,36	0,83±0,09	1,59±0,06

Среднее квадратичное отклонение (СКО) как важная характеристика потока эритроцитов, зависящая от его временной изменчивости, также подвержена значительным локальным вариациям. Самые большие значения СКО наблюдаются в коже мочки уха — $3,3\pm 0,27$ пф. ед., на ладонной поверхности пальца кисти — $3,07\pm 0,19$ пф. ед. и на его тыльной поверхности — $2,87\pm 0,18$ пф. ед. Меньшие значения СКО зарегистрированы на нижней конечности: в коже голени — $0,49\pm 0,04$ пф. ед. и латеральной лодыжки — $0,55\pm 0,04$ пф. ед.

В коже разных сегментов верхней и нижней конечностей наблюдается снижение значений базовых показателей ЛДФ-грамм в проксимальных отделах (плечо и бедро соответственно) по отношению к показателям кровотока в коже туловища. По мере приближения к дистальным сегментам конечностей параметры микроциркуляции возрастают.

В коже плеча показатель ПМ на 30 % ниже, чем в коже груди, и составляет $10,1\pm 0,97$ пф. ед., а в коже предплечья ПМ ниже на 55 %, чем в коже груди, и равен $6,7\pm 0,28$ пф. ед. Показатель ПМ в коже кисти ниже аналогичного показателя в коже груди на 51 % и составляет $7,1\pm 0,3$ пф. ед. Наибольшие значения ПМ в коже верхней конечности наблюдаются в области пальцев кисти. На ладонной поверхности 4-го пальца кисти ПМ выше, чем в коже груди, на 42 %, а на тыльной поверхности — на 15 %.

Таким образом, при смещении исследований от центра тела — туловища — к дистальным сегмен-

там верхней конечности наблюдается градиентное повышение показателей ЛДФ-метрии, которое коррелирует с повышением плотности расположения капилляров в коже этих областей.

В коже нижней конечности величина основных показателей ЛДФ-метрии меньше, чем в коже живота и верхней конечности. Кроме того, нет выраженных различий в параметрах микроциркуляции в коже разных сегментов нижней конечности. Это обусловлено, во-первых, особенностями строения микроциркуляторного русла кожи нижних конечностей: большой толщиной эпидермиса, по сравнению с верхней конечностью, глубоким залеганием микрососудов в коже; во-вторых, влиянием на базовые показатели ЛДФ-метрии положения нижней конечности в пространстве.

В коже бедра величина ПМ на 48 % ниже, чем в коже живота, и на 35 % ниже, чем в коже плеча, и составляет $6,5\pm 0,27$ пф. ед., а в коже голени ПМ равен $6,1\pm 0,28$ пф. ед. Величина ПМ в коже стопы ниже на 29 %, чем в коже живота, и составляет $7,2\pm 0,37$ пф. ед. На тыльной поверхности 1-го пальца стопы ПМ равен $6,9\pm 0,36$ пф. ед. Величина СКО в различных сегментах нижней конечности варьирует от $0,49\pm 0,04$ пф. ед. в коже голени до $0,83\pm 0,09$ пф. ед. на тыльной поверхности большого пальца. Столь широкий диапазон колебаний показателей микроциркуляции в коже различных областей тела связан, прежде всего, с локальными морфофункциональными особенностями кожи и ее кровеносного русла.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Спектральные характеристики флуксуций кожного кровотока (вклад частотных составляющих в общую мощность спектра, %)

Таблица 2

Область тела	Частотные составляющие флуксуций			
	VLF	LF	HF	CF
Туловище				
Грудь	44,5±1,16	42,5±0,98	10,9±0,69	2,13±0,28
Живот	52,2±0,48	39,8±0,36	6,4±0,29	1,6±0,11
Голова				
Лоб	50,1±2,21	37,9±2,4	9,2±0,67	2,8±0,3
Мочка уха	53,0±2,33	35,4±2,56	9,2±0,99	2,4±0,42
Верхняя конечность				
Плечо	49,9±1,19	40,4±0,98	8,6±0,63	1,1±0,25
Предплечье	50,6±1,08	39,3±1,06	9,1±0,65	1,0±0,09
Кисть	53,2±2,01	39,6±1,77	6,2±0,35	1,0±0,14
Палец кисти (тыльная поверхность)	54,1±0,78	38,4±0,35	6,6±0,42	0,9±0,07
Палец кисти (ладонная поверхность)	56,4±0,89	36,8±0,61	6,1±0,29	0,7±0,06
Нижняя конечность				
Бедро	50,9±0,73	40,1±0,52	7,6±0,58	1,4±0,15
Голень	51,4±0,92	37,9±0,84	9,2±0,77	1,5±0,15
Медиальная лодыжка	49,8±1,01	40,9±0,88	8,1±1,07	1,2±0,12
Латеральная лодыжка	51,8±2,06	36,5±2,15	9,8±0,85	1,9±0,21
Стопа	50,3±0,96	38,8±0,48	9,1±0,86	1,8±0,45
Палец стопы (тыльная поверхность)	54,8±1,57	35,2±1,27	8,7±0,79	1,3±0,18

На показатели ЛДФ-метрии влияет толщина кожного покрова различных анатомических зон тела человека, а также такие критерии, как плотность расположения и диаметр функционирующих капилляров. В тех областях, где отмечаются наибольшая величина показателей ПМ и СКО — в коже пальцев кисти и мочки уха, имеется густая капиллярная сеть с большим количеством артериовенозных шунтов. В этих областях объем ткани сравнительно мал по сравнению с площадью поверхности капилляров, и сеть микрососудов, в соответствии с функциями кожи, приспособлена для обеспечения кровотока, который может значительно превышать местные обменные потребности.

Для оценки регуляторных влияний на микроциркуляцию анализировали соотношения различных ритмических составляющих колебаний кожного кровотока в амплитудно-частотном спектре (АЧС) ЛДФ-грамм. Рассчитывался вклад (в %) физиологически наиболее значимых колебаний кровотока в мощность всего спектра ЛДФ-граммы: очень низкочастотных колебаний (VLF), связанных с состоянием гуморально-метаболических факторов; низкочастотных колебаний (LF), обусловленных вазомоциями;

высокочастотных колебаний (HF), обусловленных периодическими изменениями давления в венозном отделе русла при дыхании; пульсовых колебаний (CF), синхронизированных с сердечным ритмом.

В табл. 2 приведены результаты анализа АЧС ЛДФ-грамм в разных топографо-анатомических областях тела.

Представленные данные свидетельствуют о различном вкладе ритмических составляющих колебаний кожного кровотока в общий спектр флуксуций. Наиболее выраженный вклад в мощность амплитудно-частотного спектра ЛДФ-граммы принадлежит колебаниям с очень низкой (VLF) и низкой (LF) частотой. Вклад VLF-колебаний в общий спектр регистрируемого ЛДФ-сигнала в коже груди составляет 44,5±1,16 %, а в коже ладонной поверхности 4-го пальца кисти — 56,4±0,89 %. Вклад LF-колебаний в общий спектр флуксуций изменяется от 35,2±1,27 % в коже тыльной поверхности пальца стопы до 42,5±0,98 % в коже груди. Вклад HF-колебаний в мощность общего спектра регистрируемого ЛДФ-сигнала заметно менее выражен и колеблется в пределах от 6,1±0,29 % в коже ладонной поверхности пальца кисти до 10,9±0,69 % в коже груди. Вклад CF-

колебаний в мощность общего спектра флуксуций самый низкий и составляет от $0,7 \pm 0,06$ % в коже ладонной поверхности 4-го пальца кисти до $2,8 \pm 0,3$ % в коже лба.

Таким образом, максимальный вклад в общую мощность спектра вносят VLF- и LF-колебания. Вклад в мощность спектра HF-колебаний незначителен, а сердечных CF-колебаний — самый низкий. Подобное соотношение ритмических составляющих колебаний тканевого кровотока отражает сбалансированность активных вазомоторных влияний и относительно пассивных влияний высокочастотных и сердечных колебаний на модуляцию тканевого кровотока. У молодых здоровых лиц доминирующим ритмом флуксуций является вазомоторный ритм, обусловленный активностью гладкомышечных компонентов в стенке микрососудов прекапиллярного

КОЗЛОВ В. И., МОРОЗОВ М. В., ГУРОВА О. А.

звена микроциркуляторного русла. Соотношение активных модуляций тканевого кровотока, обусловленных миогенным и нейрогенным механизмами, и пассивных дыхательных и сердечных ритмов характеризует индекс флуксуций (ИФМ). Самые высокие значения ИФМ зарегистрированы в коже кисти ($1,94 \pm 0,07$ усл. ед.) и пальцев кисти: на ладонной поверхности — $2,09 \pm 0,05$, на тыльной поверхности — $1,89 \pm 0,06$ усл. ед. (табл. 1).

Полученные в результате исследования кожного кровотока в разных областях тела показатели ЛДФ-грамм и их амплитудно-частотного спектра у практически здоровых лиц в возрасте 18–24 лет могут служить нормативными. Наибольшие значения показателей ПМ, СКО и ИФМ отмечаются в коже пальцев кисти, что делает эту область оптимальной для проведения исследований методом ЛДФ.

Литература

1. Козлов, В. И. Система микроциркуляции крови: клиничко-морфологические аспекты изучения / В. И. Козлов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2006. — Т. 5. — № 2. — С. 84–101.
2. Козлов, В. И. Гистофизиология капилляров / В. И. Козлов [и др.]. — СПб.: Наука, 1994. — 234 с.
3. Козлов, В. И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии / В. И. Козлов [и др.]. — М., 2001. — 22 с.
4. Крупаткин, А. И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. — М.: Медицина, 2005. — 254 с.
5. Петрищев, Н. Н. Нарушения микроциркуляции: причины, механизмы, методы оценки / Н. Н. Петрищев // Материалы науч.-практ. конф. «Методы исследования микроциркуляции в клинике». — СПб., 2001. — С. 6–8.
6. Bollinger, A. Microvascular changes in venous disease: up update / A. Bollinger [et al] // Angiology. — 1997. — Vol. 48. — P. 27–32.
7. Intaglietta, M. Capillary Flow motion / M. Intaglietta // Int. J. Microcirculation. — 2002. — Vol. 14 (suppl. 1.). — P. 3–15.