

УДК 612.135

DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-78-85

А. Б. ЛАРИЧЕВ¹, И. А. ТИХОМИРОВА², М. М. РЯБОВ¹,
И. К. ГАБИБОВ¹

Возрастные особенности кожной перфузии в различных отделах передней брюшной стенки по данным лазерной доплеровской флоуметрии

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ярославль, Россия
Россия, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского», г. Ярославль, Россия
150000, Россия, Ярославль, Республиканская ул., д. 108/1
E-mail: larich-ab@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.05.24 г.; принята к печати 09.08.24 г.

Резюме

Введение. Операции на органах брюшной полости и передней брюшной стенке составляют около 23,5–25,5 % всех хирургических вмешательств. Частота инфекционно воспалительных осложнений после них широко варьирует и достигает 67 %. Роль адекватного функционирования системы микроциркуляции крови в заживлении ран неоднократно подтверждена литературными данными. Для трактовки патологии необходимо определить особенности физиологического функционального статуса микроциркуляции крови передней брюшной стенки. **Цель.** Изучить особенности локальной микроциркуляции крови в различных областях передней брюшной стенки и их возрастные изменения. **Материалы и методы.** Были обследованы две группы добровольцев: 30 молодых условно здоровых лиц (средний возраст $21 \pm 0,7$ лет) и 30 пациентов хирургического отделения Клинической больницы им. Н. А. Семашко без патологии органов брюшной полости и брюшной стенки (средний возраст $62 \pm 5,9$ года). Применяли методику лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на аппарате «ЛАЗМА ПФ» (НПП «ЛАЗМА», РФ). Измерения проводили на коже передней поверхности средней трети левого предплечья и в 9 областях передней брюшной стенки. **Результаты.** В первой группе максимальный показатель микроциркуляции крови был определен в надлобковой области – $7,24 \pm 1,99$ пф. ед. Статистически значимая разница имела место между показателями базального кровотока верхнего и нижнего этажей брюшной стенки со средним ($p < 0,05$). Среди пациентов пожилого возраста показатель микроциркуляции крови на предплечье ($5,19 \pm 0,78$ пф. ед.) был сопоставим со значениями во всех областях передней брюшной стенки. Величины показателя микроциркуляции крови в девяти областях передней брюшной стенки не отличались между собой, находясь в пределах 4,25–4,94 пф. ед. **Заключение.** При планировании исследований микроциркуляции крови в тканях брюшной стенки необходимо учитывать конкретную анатомическую область и возраст пациентов.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция крови, передняя брюшная стенка, анатомические особенности

Для цитирования: Ларичев А. Б., Тихомирова И. А., Рябов М. М., Габиров И. К. Возрастные особенности кожной перфузии в различных отделах передней брюшной стенки по данным лазерной доплеровской флоуметрии. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024; 23(4): 78–85. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-78-85.

UDC 612.135

DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-78-85

ANDREY B. LARICHEV¹, IRINA A. TIKHOMIROVA²,
MIKHAIL M. RIABOV¹, IBRAGIM K. GABIBOV¹

Age peculiarities of skin perfusion in different parts of anterior abdominal wall based on laser doppler flowmetry data

¹ Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia
5, Revolyucionnaya str., Yaroslavl, Russia

² Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl, Russia
108/1, Respublikanskaya str., Yaroslavl, Russia, 150000
E-mail: larich-ab@mail.ru

Received 24.05.24; accepted 09.08.24

Summary

Introduction. Operations on the abdominal cavity organs and the anterior abdominal wall account for about 23.5–25.5 % of all surgical interventions. The incidence of infectious inflammatory complications after them varies widely and reaches 67 %. The

role of adequate functioning of the microcirculation system in wound healing has been repeatedly confirmed by the literature. To interpret the pathology, it is necessary to determine the features of the physiological functional status of the anterior abdominal wall microcirculation. *Purpose* of the study. Study the features of local blood microcirculation in various areas of the anterior abdominal wall and their age-related changes. *Materials and methods*. Two groups of volunteers were examined: 30 young conditionally healthy persons (average age 21 ± 0.7 years) and 30 patients of the Surgical Department of the Semashko Clinical Hospital without pathology of abdominal organs and abdominal wall (average age 62 ± 5.9 years). Laser Doppler flowmetry (LDF) technique was used on the LAZMA PF device (OOO NPP LAZMA, Russia). Measurements were performed on the skin of the anterior surface of the middle third of the left forearm and in 9 regions of the anterior abdominal wall. *Results*. In the first group, the maximum microcirculation index was determined in the suprapubic region – 7.24 ± 1.99 perfusion units (p. u.). A statistically significant difference occurred between the indices of basal blood flow of the upper and lower floors of the abdominal wall with the average ($p < 0.05$). Among elderly patients, the forearm microcirculation index (5.19 ± 0.78 p. u.) was comparable to the values in all areas of the anterior abdominal wall. The values of microcirculation index in nine regions of the anterior abdominal wall did not differ from each other, being in range of 4.25 – 4.94 p. u. *Conclusion*. When planning studies of blood microcirculation in the abdominal wall tissues, the specific anatomical region and age of patients should be taken into account.

Keywords: laser Doppler flowmetry, blood microcirculation, anterior abdominal wall, anatomical features

For citation: Larichev A. B., Tikhomirova I. A., Riabov M. M., Gabibov I. K. Age peculiarities of skin perfusion in different parts of anterior abdominal wall based on laser doppler flowmetry data. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2024;23(4):??–??. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-??-??.

Введение

Успехи хирургического лечения определяются как технологическими особенностями выполнения операции, так и ведением пациентов в послеоперационном периоде. Ключевым событием этого временного промежутка является раневой процесс. Его течение определяется локальными условиями, к которым относится в том числе ангиотрофика [1]. Роль адекватного функционирования системы микроциркуляции крови в заживлении ран неоднократно подтверждена литературными данными [2–5]. Известно, что для микроциркуляторного русла характерна пространственная гетерогенность [6, 7]. Конкретные микроциркуляторные параметры передней брюшной стенки изучены мало, но информация о них была бы полезной для оценки эффективности восстановления организма в послеоперационном периоде.

Операции на органах брюшной полости и передней брюшной стенке составляют около 23,5–25,5 % всех хирургических вмешательств. Частота инфекционно воспалительных осложнений после них широко варьирует и достигает 67 % [8]. Среди них встречаются в том числе флегмоны передней брюшной стенки, летальность при которых составляет около 31,8 % [9].

Морфологические и функциональные особенности передней брюшной стенки с точки зрения условия протекания раневого процесса изучали различными способами. И. И. Малков и др. гистологически исследовали фрагменты мышечно-апоневротического слоя брюшной стенки у лабораторных животных после экспериментальной аллопластики и выявили значительную роль микроциркуляторного компонента в перестройке рубцовой ткани [10]. В работе R. E. Giunta et al. сообщается о результатах проведения рентгеноскопии ICG лоскутов передней брюшной стенки крыс для определения пороговых значений тканевой перфузии, ниже которых с высокой вероятностью происходит развитие некроза [11].

Есть данные о гистологическом исследовании срезов подкожно-жировой клетчатки нижней части живота с оценкой особенностей микроциркуляции крови в них с позиции перспектив развития жирового некроза после пластических операций [12]. Некоторые авторы выполняли измерение толщины

передней брюшной стенки от кожи до париетальной брюшины, оценивая взаимосвязь расстояния от поверхностных слоев кожи живота до магистральных сосудов, а также зависимость этой величины от индекса массы тела [13]. В итальянском исследовании С. Pirri et al. проведены гистологическое и иммуногистохимическое исследование фрагментов фасций передней брюшной стенки для оценки выраженности сосудистой сети в них [14]. Все эти методы требовали для своей реализации инвазивных манипуляций либо использование трупного материала, в части случаев – лабораторных животных. Однако для определения физиологических отправных точек оценки кровообращения в системе микроциркуляции крови передней брюшной стенки представляется актуальным поиск неинвазивной методики обследования человека, не требующей высоких временных и материальных затрат. Одной из таких представляется лазерная доплеровская флоуметрия [15–18].

При анализе литературных источников нами найдено лишь несколько работ, посвященных изучению особенностей микроциркуляции крови передней брюшной стенки с применением лазерной доплеровской флоуметрии. Это, прежде всего, публикация В.И. Козлова и др., посвященная особенностям кожной микроциркуляции крови в различных областях тела. В ней, в том числе, упоминаются результаты исследования кожной перфузии на передней брюшной стенке [19]. Публикация К. В. Валиахмедовой и др. посвящена изучению кровотока в различных областях кожи живота, но акцент в ней сделан на его динамике при острой хирургической патологии [20]. Стоит отметить, что в упомянутых работах использовался Фурье-анализ колебаний кровотока, а в настоящее время появилась возможность применения вейвлет-преобразования. Одним из современных направлений исследования микроциркуляции крови является использование портативного лазерного анализатора. Его конструктивные особенности позволяют получить отличные от стационарных вариантов ЛДФ с оптоволоконным зондом результаты [21].

Цель исследования – изучить особенности локальной микроциркуляции крови в различных областях передней брюшной стенки и их возрастные изменения.

Материалы и методы исследования

Нами были обследованы две группы добровольцев. Первую группу составили 30 обучающихся 3-го курса лечебного факультета ЯГМУ. По половой принадлежности преобладали женщины – 18 (60 %). Возраст обследованных составил 20–22 года, в среднем $21 \pm 0,7$ года. Для оценки возрастных особенностей микроциркуляции крови нами анализирована группа из 30 пациентов хирургического отделения клинической больницы им. Н. А. Семашко, которые были госпитализированы в плановом порядке с целью хирургического лечения доброкачественных новообразований мягких тканей с локализацией вне брюшной стенки. Все добровольцы предварительно подписали информированное согласие на участие в исследовании. Возраст пациентов второй группы находился в пределах 59–69 лет, в среднем составил $62 \pm 5,9$ года. По гендерному признаку отмечено сравнимое с первой группой преобладание лиц женского пола – 21 (70 %). Критериями исключения из данной группы стали наличие в анамнезе ишемической болезни сердца, сахарного диабета, онкологических заболеваний, гипертонической болезни 2-й и 3-й ст., коагулопатии, предшествующих операций на органах брюшной полости и передней брюшной стенке. В обеих группах испытуемых исключались лица пониженного и повышенного питания, а также страдающие ожирением. Индекс массы тела находился в пределах $19,50\text{--}22,90$ кг/м².

Применяли методику лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на аппарате «ЛАЗМА ПФ» (НПП «ЛАЗМА», Россия). Прибор содержит малогабаритные поверхностные одночастотные вертикально-излучающие лазеры, благодаря чему он является портативным. В анализатор встроен блок питания, он не имеет оптического волоконного зонда и проводных каналов связи с компьютером. Обмен информации с последним осуществляется по каналу Bluetooth [22, 23]. Микроциркуляцию крови оценивали последовательно на коже передней поверхности средней трети левого предплечья (зона Захарьина–Геда для сердца), затем в 9 областях передней брюшной стенки: правом подреберье, эпигастрии, левом подреберье, правой боковой области, около пупка, левой боковой области, правой подвздошной области, надлобковой области, левой подвздошной области. Изучали следующие показатели: показатель микроциркуляции крови, его стандартное отклонение и коэффициент вариации, нормированные амплитуды активных (эндотелиального, нейрогенного, миогенного) и пассивных (дыхательного, сердечного) факторов контроля микроциркуляции крови, показатель шунтирования. Нормированные амплитуды колебаний рассчитывались по формуле: $A_{\text{норм}} = A_{\text{мах}} / \sigma$. Общая величина показателя шунтирования вычислялась по формуле: $\text{ПШ} = \text{ПШ1} + \text{ПШ2}$, где ПШ1 – показатель шунтирования, имеющий связь с разницей скоростей перфузии в микрососудах нутритивных и обходных путей кровотока в пределах микроциркуляторных единиц, ПШ2 – показатель шунтирования, связанный с разницей тех же скоростей в микрососудах и более крупных сосудистых сегментах. Формулы для вычисления компонентов общего показателя шунтирования выглядят так: $\text{ПШ1} = A_n / A_m$, где

A_n и A_m – максимальные усредненные амплитуды осцилляций симпатического нейрогенного и миогенного диапазонов частот соответственно; $\text{ПШ2} = A_c(d) / A_m$, где $A_c(d)$ – доминирующая амплитуда осцилляций среди колебаний сердечного и дыхательного ритмов. Все исследования проведены в первой половине дня при температуре в помещении $21\text{--}24$ °C в положении лежа на спине после 30 минутного покоя обследуемого. За полчаса до исследования были исключены прием пищи и курение. Время записи ЛДФ-граммы составляло 7 минут. Чтобы нивелировать влияние факторов послеоперационного периода на результаты ЛДФ, измерения в группе пациентов хирургического отделения проводили до операции, в первые сутки после поступления в клинику.

Статистическая обработка полученных данных проведена в программе STATISTICA 10. Представление данных выполняли в формате средних величин с указанием стандартного отклонения. Для оценки нормальности распределения применяли критерий Шапиро–Уилка. Сравнение выборок по двум независимым показателям проводили используя критерий Манна–Уитни. Достоверными считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

У обследованных молодого возраста минимальным показателем микроциркуляции крови был в околопупочной области. В правой и левой боковых областях он был несколько больше, но разница между перечисленными областями была недостоверной ($p > 0,05$). Уровень базального кровотока в трех точках верхнего этажа передней брюшной стенки был практически идентичным, находясь в пределах средних значений $4,36\text{--}4,72$ пф. ед. Сходные результаты получены в результате проведения ЛДФ в правой и левой подвздошных областях. Максимальным показателем микроциркуляции крови оказался в надлобковой области. Он достоверно отличался от всех предыдущих показателей ($p < 0,05$). Статистически значимая разница получена и при сравнении уровней базального кровотока верхнего и нижнего этажей передней брюшной стенки со средним ($p < 0,05$). Показатель микроциркуляции на предплечье не уступал абдоминальной величине только в околопупочной и боковых областях (табл. 1; рис. 1, 2). При спектральном анализе результатов измерений во всех точках преобладали амплитуды низкочастотных осцилляций (табл. 2). Наблюдалось 2–3-кратное преобладание максимальных и нормированных амплитуд активных факторов над пассивными. Из сравнительных особенностей стоит отметить, что нормированная амплитуда дыхательного фактора находилась на одном уровне со значениями активных факторов в эпигастрии, правом подреберье и боковых областях. Показатель шунтирования находился в пределах $0,92\text{--}1,15$ отн. ед. Достоверных различий между анатомическими областями по этому критерию не было ($p > 0,05$).

В старшей возрастной группе показатель микроциркуляции крови на предплечье оказался сопоставим с определяемыми значениями во всех областях передней брюшной стенки. Он был равен $5,19 \pm 0,78$ пф. ед. Величины показателя микроцир-

Таблица 1

Результаты лазерной доплеровской флоуметрии передней брюшной стенки
в различных возрастных группах

Table 1

Results of laser Doppler flowmetry of the anterior abdominal wall in different age groups

Область измерения	Средний возраст 21±0,7 лет			Средний возраст 62±5,9 лет		
	ПМ, пф. ед.	σ, пф. ед.	Кв, %	ПМ, пф. ед.	σ, пф. ед.	Кв, %
Левое предплечье	3,05±0,51	0,51±0,14	17,38±4,61	5,19±0,78*	0,34±0,07*	6,09±0,72*
Правое подреберье	4,72±0,92	0,72±0,21	16,23±4,63	4,34±0,42	0,32±0,12*	6,77±2,05*
Эпигастрий	4,67±1,03	0,62±0,16	13,53±4,03	4,48±0,69	0,26±0,06*	5,46±0,83*
Левое подреберье	4,37±1,05	0,53±0,21	14,78±3,52	4,94±0,83	0,34±0,1*	6,36±1,07*
Правая боковая	3,15±0,45	0,60±0,17	17,38±4,31	4,83±0,73*	0,32±0,16*	5,57±0,92*
Околопупочная	3,01±0,64	0,62±0,21	18,11±3,73	4,76±0,45*	0,28±0,07*	5,93±0,98*
Левая боковая	3,18±0,79	0,45±0,13	17,5±3,11	4,70±0,73*	0,31±0,15	6,03±1,21*
Правая подвздошная	4,79±0,97	0,54±0,16	14,4±5,65	4,63±0,93	0,30±0,05*	6,3±1,24*
Надлобковая	7,24±1,99	0,40±0,14	14,9±4,36	4,55±0,67*	0,26±0,12	5,12±1,24*
Левая подвздошная	4,14±0,78	0,55±0,19	13,6±5,05	4,25±0,88	0,28±0,09	6,28±1,16*

* – p<0,05 по сравнению с группой обследованных молодого возраста.

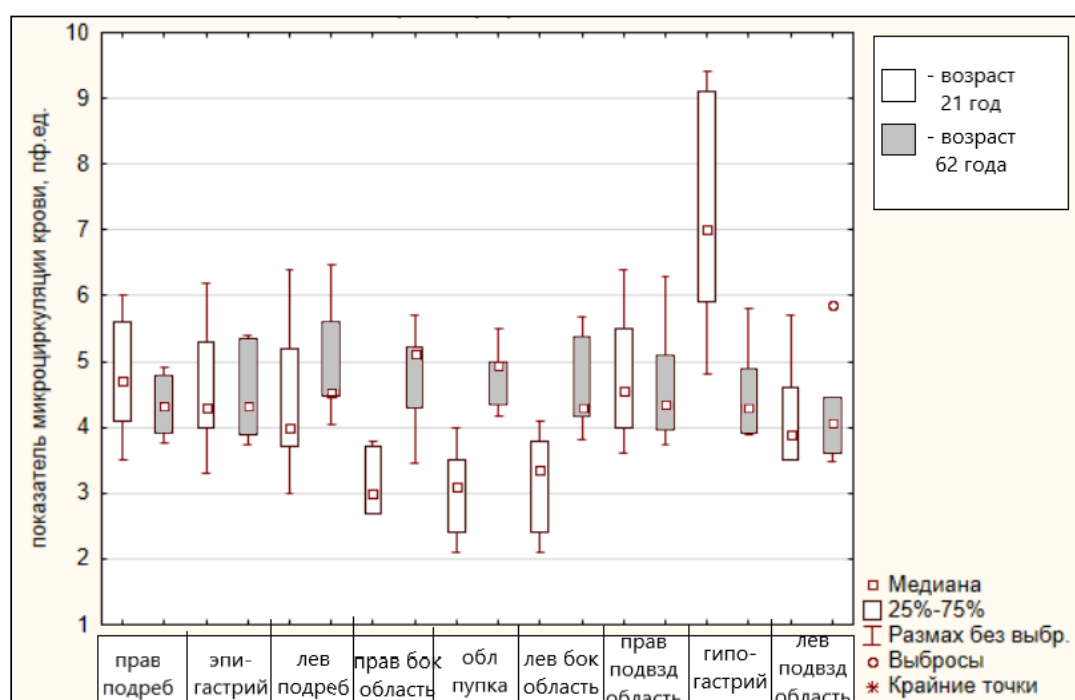


Рис. 1. Диаграммы размаха показателей микроциркуляции крови в различных областях передней брюшной стенки

Fig. 1. Scatter charts of blood microcirculation indices in different areas of the anterior abdominal wall

куляции крови в девяти областях передней брюшной стенки не отличались между собой. Их средние величины находились в пределах 4,25–4,94 пф.ед. Нормированные амплитуды активных факторов контроля микроциркуляции крови находились в доминирующем положении по отношению к аналогам для дыхательного и сердечного фактора контроля микроциркуляции крови (табл. 2). Количественно это превосходство расценивалось как 1,5–2-кратное. Нормированная амплитуда дыхательного фактора контроля

была сравнима с амплитудами активных факторов только на предплечье. Вейвлет-спектры пациентов соответствовали нормоциркуляторному типу.

При сравнении значений показателя микроциркуляции крови с младшей возрастной группой выявлено, что наиболее стабильными они были в трех областях верхнего этажа брюшной стенки. Между группами они не имели статистически значимых различий ($p>0,05$). Около пупка и в боковых областях в группе лиц пожилого возраста показатель микроциркуляции

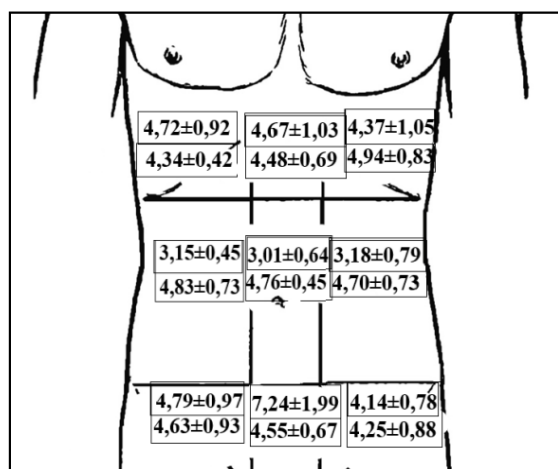


Рис. 2. Показатель микроциркуляции крови (ПМ±СКО, пф. ед.) в различных областях передней брюшной стенки. В каждой области верхнее числовое значение соответствует младшей возрастной группе, нижнее – старшей

Fig. 2. Blood microcirculation index (BMI±SD, p. u.) in different areas of the anterior abdominal wall. In each region, the upper numeric value corresponds to the younger age group, the lower one corresponds to the older one

крови был достоверно выше, чем у студентов. Наиболее заметным это различие было между показателями кровотока в околопупочной области ($p=0,001$). В нижнем этаже передней брюшной стенки результаты сравнения показателя микроциркуляции крови у представителей разного возраста были таковы: в подвздошных областях величины были сопоставимы, в надлобковой же области в группе пациентов старшего возраста показатель был достоверно ниже, чем у студентов ($p<0,05$).

Обращали на себя внимание различия в коэффициенте вариации: практически во всех областях передней брюшной стенки у лиц 20–23 лет он был в три раза больше, чем у пациентов пожилого возраста. Как известно, этот показатель отражает напряженность функционирования регуляторных систем микрососудистого русла [6]. Чем он выше, тем эффективнее работает система регуляции перфузии тканей. Его снижение может свидетельствовать об угнетении активности собственных механизмов регуляции либо о преобладании в общем спектре регуляторных «рычагов» только симпатических воздействий. И то и другое обстоятельство может быть применимо к интерпретации полученных результатов и соответствовать возрастным особенностям микроциркуляции крови.

Для объяснения причин различий показателя микроциркуляции крови между областями передней брюшной стенки целесообразно обратиться к анатомическим особенностям сосудистой системы органа. Наибольшая концентрация магистральных артерий представлена в нижнем этаже: поверхностная эпигастральная артерия, поверхностная огибающая подвздошная артерия и поверхностная наружная половая артерия. Важно отметить, что в медиальном направлении последняя дает две крупные ветви, верхняя из которых кровоснабжает надлобковую область, а нижняя – лобковый симфиз. Этим можно объяснить статистически значимое преобладание показателя микроциркуляции крови в гипогастрии по сравнению с

подвздошными областями. Боковые и околопупочная области брюшной стенки фактически получают кровоснабжение в поверхностных слоях лишь из медиальных ветвей а. epigastrica superficialis. В этой связи мы и наблюдали достоверно меньшие значения показателя микроциркуляции крови в последних по сравнению с подвздошными и надлобковой областями. Что касается кровоснабжения поверхностных слоев верхнего этажа передней брюшной стенки, то оно осуществляется преимущественно за счет поверхностных ветвей из областей анастомозов верхней и нижней надчревных артерий, основные стволы которых проходят межмышечно, а также ветвей нижних межреберных артерий. Достаточное число источников кровоснабжения обусловило уровень показателя микроциркуляции крови, превосходящий его величину в среднем этаже передней брюшной стенки и сравнимый со значениями показателя в подвздошных областях [24].

Представляется интересным вопрос об интерпретации возрастных изменений тканевой перфузии передней брюшной стенки. В. В. Жуклина и др. в обзорной статье, посвященной анатомическим особенностям передней брюшной стенки у пожилых людей, сообщают о выраженности атеросклеротических изменений в артериях различного диаметра, в частности бедренной (которая дает начало всем сосудам, питающим нижний этаж передней брюшной стенки) [25]. Сходные данные есть в клинкоморфологическом исследовании Н. А. Суркова и др., посвященном ультразвуковой диагностике состояния поверхностных тканей передней брюшной стенки в реконструктивной хирургии [26]. С этим может быть связано снижение показателей микроциркуляции крови в надлобковой области у пациентов пожилого возраста по сравнению с группой студентов.

При сопоставлении полученных нами результатов с данными литературы об оценке микроциркуляции крови в различных областях передней брюшной стенки методом лазерной доплеровской флоуметрии, в первую очередь, обращало на себя внимание малое количество подобных работ. В исследовании К. В. Валиахмедовой и др. (2019) приведены результаты ЛДФ, проведенной во всех областях передней брюшной стенки у 60 практически здоровых лиц в среднем возрасте ($43,7\pm 19,3$ лет). Авторы сообщают об отсутствии различий между показателями микроциркуляции крови во всех точках измерения. Числовые значения его находились в пределах от 3,8 до 6,5 пф. ед., в среднем – $4,7\pm 1,2$ пф. ед. [20]. Это согласуется с нашими результатами измерений в старшей возрастной группе. Хотя с точки зрения методики, есть различия во времени записи флоуметрической кривой. Авторы работы измеряли микроциркуляцию крови в течение 3 минут, для нас же достаточной представлялась длительность исследования не менее 7 минут для более полной объективизации амплитуд колебаний в эндотелиальном диапазоне (имеющих самую низкую частоту). Важно также отметить, что в нашей работе использован портативный, а не стационарный лазерный анализатор.

В исследовании Э. Н. Праздникова и др. (2018) проведена ЛДФ в группе 190 пациентов с желчекаменной болезнью перед плановой лапароскопической

Таблица 2

Особенности амплитудно-частотного спектра ЛДФ передней брюшной стенки в различных возрастных группах

Table 2

Features of the amplitude-frequency spectrum of LDF of the anterior abdominal wall in different age groups

Область	Средний возраст 21±0,7 лет					Средний возраст 62±5,9 лет				
	Аэ	Ан	Ам	Ад	Ас	Аэ	Ан	Ам	Ад	Ас
Левое предплечье	14,5±4,8	14,7±2,9	10,9±3,7	5,95±1,8	4,55±1,0	10,2±3,3	15,2±3,2	14,1±2,7	9,12±2,3*	5,62±1,2
Правое подреберье	10,7±3,1	9,98±2,8	11,2±3,1	11,1±2,6	4,82±1,1	8,95±1,3	9,53±1,8	11,8±3,2	5,75±1,6*	5,58±1,6
Эпигастрий	10,5±1,7	10,6±3,0	11,3±3,5	11,7±3,9	6,55±1,6	10,6±1,1	13,5±2,4	14,4±3,2	5,41±1,3*	8,01±2,9
Левое подреберье	9,86±2,4	10,8±2,8	10,2±3,3	5,60±1,4	4,15±1,5	11,9±3,8	10,9±2,6	15,6±5,8	5,31±1,6	7,05±1,7
Правая боковая	12,2±4,3	11,0±2,5	10,6±2,9	10,1±3,8	5,28±1,6	9,80±0,9	12,1±1,4	12,9±3,3	6,24±1,9*	6,74±1,1
Околопупочная	12,9±3,3	13,7±3,7	11,7±2,8	8,50±2,6	4,36±1,1	10,4±3,4	13,4±4,0	13,8±3,4	6,22±2,4	6,20±1,3
Левая боковая	11,9±3,4	11,8±2,9	11,2±3,0	11,1±1,5	5,33±1,2	8,28±2,1	10,4±1,4	12,2±2,5	5,97±1,5*	6,03±1,1
Правая подвздошная	11,4±2,8	11,7±3,2	13,1±3,6	7,71±2,6	4,29±1,2	9,88±2,3	9,02±1,8	14,4±2,4	5,11±1,8	6,37±1,4
Надлобковая	12,2±4,2	13,4±2,3	11,5±2,6	4,41±1,1	4,80±1,2	8,6±2,9	11,2±2,6	12,9±3,4	6,00±1,6	5,8±1,9
Левая подвздошная	12,1±2,9	11,9±3,7	11,5±1,9	7,47±1,5	5,11±1,0	8,25±1,2	9,12±2,1	10,6±2,1	7,58±1,9	6,71±1,6

Примечание: Аэ – амплитуда эндотелиальных колебаний, Ан – амплитуда нейрогенных колебаний, Ам – амплитуда миогенных колебаний, Ад – амплитуда дыхательных колебаний, Ас – амплитуда сердечных колебаний. Все амплитуды нормированные на σ , значения приведены в %.

холецистэктомией, и в результате получена статистически значимая разница показателей микроциркуляции крови в областях верхнего этажа брюшной полости и параумбиликальной зоне [27]. В эпигастрии и подреберьях уровень тканевой перфузии был выше. О возрастных особенностях выборки в публикации не сообщается, но такая тенденция была выявлена и нами у обследованных студентов.

Описание возрастных особенностей изменения показателей ЛДФ при исследовании тканей передней брюшной стенки было найдено нами только в работе И. В. Андреевой и В. Д. Телии (2022). Она проведена на 60 лабораторных крысах. Выявлено снижение показателя микроциркуляции крови передней брюшной стенки с увеличением возраста на 39,4 %. Одновременно снижались и показатели амплитудно-частотного спектра [28]. Однако учитывая разницу градаций частотных интервалов в распределении диапазона колебаний для факторов контроля у людей и животных и невозможность объективного сопоставления возрастных периодов жизни организмов, вряд ли целесообразно какое-либо сопоставление результатов наших исследований.

Поскольку нами анализированы параметры кожной перфузии, в том числе в одной из распространенных точек на передней поверхности левого предплечья, целесообразно сравнить полученные результаты на аппарате «ЛАЗМА ПФ» с ранее применявшимися анализаторами «ЛАКК». В работе А. В. Дунаева и др. (2013) были получены более высокие значения для показателя микроциркуляции крови и коэффициента вариации, чем в нашем исследовании [29]. Если обратиться к подробностям методики проведения флоуметрии, то, по всей видимости, разница может быть

объяснена положением тела добровольца – в работе с применением «ЛАКК» ЛДФ выполнена в положении сидя, в нашем исследовании – лежа на спине.

Таким образом, при планировании научных программ, посвященных изучению изменений микроциркуляции крови при патологических состояниях, есть смысл в качестве ориентира для сравнения иметь в виду определенные закономерности различия величин показателя микроциркуляции крови в зависимости от конкретной анатомической области и возраста пациентов. При этом в пожилом возрасте топографические особенности базального кровотока заметно «сглаживаются». Изменяется при этом и модуляционный потенциал микроциркуляции крови: у молодых людей он заметно выше, чем у лиц пожилого возраста. Это стоит учитывать при анализе компенсаторных возможностей системы микроциркуляции крови в целом у пациентов различных возрастных групп.

Выводы

Лазерная доплеровская флоуметрия представляется одним из методов выбора для сравнительной характеристики локальной микроциркуляции крови анатомических областей передней брюшной стенки. При оценке полученных результатов у молодых людей установлено, что есть достоверные различия между показателями микроциркуляции крови в зависимости от анатомической области. Это согласуется с топографическими особенностями расположения артериальных сосудов, их анастомозов и ветвей в поверхностных слоях передней брюшной стенки. При исследовании микроциркуляции крови у лиц пожилого возраста не выявлено достоверных различий показателей по

анатомическому признаку. По сравнению с группой лиц молодого возраста в несколько раз уменьшился коэффициент вариации, даже при сравнимых значениях базального кровотока в верхнем этаже брюшной стенки и подвздошных областях. Это может говорить о снижении напряженности регуляторных систем микроциркуляторного кровообращения в пожилом возрасте. С практической точки зрения в хирургии это следует учитывать при анализе локальных осложнений течения раневого процесса после операций на органах брюшной полости и передней брюшной стенке. В гнойной хирургии у пожилых пациентов в связи с этим целесообразно применять методы активного лечения ран, включающие стимуляцию локального кровотока в тканях вульнарной области (например, вакуум-терапия).

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Литература / References

1. Ларичев А.Б., Бабаджанян А.Р., Фомин А.Н. и др. Клинико-фармакокинетические параллели периоперационной антибиотикопрофилактики в абдоминальной хирургии // РосС. мед. журн. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 73–77. [Larichev AB, Babadzhanian AR, Fomin AN, Kryuchkov VB, Efremov KN, Smirnova AV. Clinical and pharmacokinetic parallels of perioperative antibiotic prophylaxis in abdominal surgery. *Russ Med J.* 2018;24(2):73-77. (In Russ.)].
2. Земляной В.П., Сингаевский А.Б., Кожевников В.Б. Морфологический и функциональный мониторинг раневого процесса в оценке эффективности вакуум-терапии ран // Вестн. Нац. мед.-хир. Центра им. Н.И. Пирогова. – 2016. – Т. 11, № 4. – С. 51–55. [Zemlyanov VP, Singaevskij AB, Kozhevnikov VB. Morphological and functional monitoring of the wound process in evaluating the effectiveness of wound vacuum therapy. *Bull Pirogov Nat Med Surg Center.* 2016;11(4):51-55. (In Russ.)].
3. Измайлов А.Г., Доброквашин С.В., Волков Д.Е. и др. Концепция профилактики и лечения послеоперационных раневых осложнений у хирургических больных // ПракТ. мед. – 2017. – Т. 6, № 107. – С. 50–54. [Izmajlov AG, Dobrokvashin SV, Volkov DE, Pyrkov VA, Zakirov RF, Davlet-Kildeev ShA, Ahmetzyanov RF. The concept of prevention and treatment of postoperative wound complications in surgical patients. *Pract Med.* 2017;6(107):50-54. (In Russ.)].
4. Ambrózy E, Waczuliková I, Willfort A, Böhler K, Cauza K, Ehringer H, Heinz G, Koppensteiner R, Marić S, Gschwandtner ME. Healing process of venous ulcers: the role of microcirculation. *Int Wound J.* 2013;10(1):57-64. Doi: 10.1111/j.1742-481X.2012.00943.x.
5. Iabichella ML, Melillo E, Mosti G. A review of microvascular measurements in wound healing. *Int J Low Extrem Wounds.* 2006;5(3):181-199. Doi: 10.1177/1534734606292492.
6. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность : руководство для врачей. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 496 С. [Krupatkin AI, Sidorov VV. Functional diagnostics of the state of microcirculatory-tissue systems: Oscillations, information, nonlinearity : guide for doctors. Moscow, LENAND, 2022:496. (In Russ.)].
7. Дунаев А.В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека : монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 440 с. [Dunaev AV. Multimodal optical diagnostics of micro-
8. Хромова В.Н. Постгоспитальные послеоперационные осложнения в абдоминальной хирургии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2011. – № 2. – С. 128–135. [Hromova VN. Posthospital postoperative complications in abdominal surgery. *News of higher educational institutions. Volga region. Med Sci.* 2011;(2):128-135. (In Russ.)].
9. Склярченко Т.В., Новиков В.А. Опыт лечения флегмон передней брюшной стенки и промежности в условиях ЦРБ // Альманах клин. мед. – 2005. – № 8-5. – С. 63–66. [Sklyarenko TV, Novikov VA. Experience in the treatment of phlegmons of the anterior abdominal wall and perineum in CRH conditions. *Almanac Clin Med.* 2005;(8-5):63-66. (In Russ.)].
10. Малков И.И., Твердохлеб И.В. Изменения тканей передней брюшной стенки после экспериментальной аллопластики // Клин. и эксперимент. морфология. – 2013. – Т. 3, № 7. – С. 56–59. [Malkov II, Tverdohleb IV. Changes in anterior abdominal wall tissues after experimental alloplasty. *Clin Exp Morphol.* 2013;3(7):56-59. (In Russ.)].
11. Giunta RE, Holzbach T, Taskov C, Holm PS, Brill T, Busch R, Gansbacher B, Biemer E. Prediction of flap necrosis with laser induced indocyanine green fluorescence in a rat model. *Br J Plast Surg.* 2005;58(5):695-701. Doi: 10.1016/j.bjps.2005.02.018.
12. El-Mrakby HH, Milner RH. Bimodal distribution of the blood supply to lower abdominal fat: histological study of the microcirculation of the lower abdominal wall. *Ann Plast Surg.* 2003;50(2):165-170. Doi: 10.1097/01.SAP.0000032305.93832.9B.
13. Bedaiwy MA, Zhang A, Henry D, Falcone T, Soto E. Surgical anatomy of supraumbilical port placement: implications for robotic and advanced laparoscopic surgery. *Fertil Steril.* 2015;103(4):e33. Doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.01.013.
14. Pirri C, Petrelli L, Fede C, Guidolin D, Tiengo C, De Caro R, Stecco C. Blood supply to the superficial fascia of the abdomen: An anatomical study. *Clin Anat.* 2023;36(4):570-580. Doi: 10.1002/ca.23993.
15. Дуванский В.А., Овсянников В.С. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод оценки микроциркуляции послеоперационных ран передней брюшной стенки // Лазерная мед. – 2014. – Т. 18, № 4. – С. 73–74. [Duvanskij VA, Ovsyannikov VS. Laser Doppler flowmetry as a method for assessing microcirculation of anterior abdominal wall postoperative wounds. *Laser Med.* 2014;18(4):73-74. (In Russ.)].
16. Иванов А.Н., Попыхова Э.Б., Степанова Т.В. и др. Изменение показателей микроциркуляции при аутоотрансплантации полнослойного кожного лоскута на фоне экспериментального сахарного диабета у крыс // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 72–80. [Ivanov AN, Popyhova EB, Stepanova TV, Pronina EA, Lagutina DD. Changes in microcirculation induced by autotransplantation of skin flaps in experimental diabetes mellitus rats. *Regional blood circulation and microcirculation.* 2019;18(4):72-80. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2019-18-4-72-80.
17. Захаренко А.А., Беляев М.А., Трушин А.А. и др. Комбинированная оценка жизнеспособности кишки методами лазерной доплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20, № 2. – С. 70–76. [Zacharenko AA, Belyaev MA, Trushin AA, Zaytcev DA, Kursenko RV, Sidorov VV, Yukina GY, Sukhorukova EG, Svechkova AA. Combined assessment of intestinal viability using laser doppler flowmetry and laser fluorescence spectroscopy. *Regional blood circulation and microcirculation.* 2021;20(2):70-76. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2021-20-2-70-76
18. Рябов М.М., Ларичев А.Б., Тихомирова И.А. и др. Особенности системной и локальной микроциркуляции

как предиктор раневой инфекции после аппендэктомии // Тверской мед. журн. – 2023. – № 4. – С. 110–113. [Ryabov MM, Larichev AB, Tihomirova IA, Izyumov NM, Ryzhkov MA. Features of systemic and local microcirculation as a predictor of wound infection after appendectomy. Tver Med J. 2023;(4):110-113. (In Russ.)].

19. Козлов В.И., Морозов М.В., Гурова О.А. ЛДФ-метрия кожного кровотока в различных областях тела // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2012. – Т. 11, № 1. – С. 58–61. [Kozlov VI, Morozov MV, Gurova OA. Laser Doppler fluxmetry of the skin microcirculation in different areas of the body. Regional blood circulation and microcirculation. 2012;11(1):58-61. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2012-11-1-58-61.

20. Валиахмедова К.В., Алексеев А.М., Баранов А.И. и др. Изменение микроциркуляции кожи на передней брюшной стенке больных с острой хирургической патологией // Мед. в Кузбассе. – 2019. – Т. 18, № 1. – С. 47–50. [Valiahtmedova KV, Alekseev AM, Baranov AI, Kemerov SV, Blinova NP. Change in the microcirculation of the skin on the anterior abdominal wall of patients with acute surgical pathology. Med Kuzbass. 2019;18(1):47-50. (In Russ.)].

21. Михайлова М.А., Федорович А.А., Горшков А.Ю. и др. Сравнительная оценка параметров лазерной доплеровской флоуметрии кожи здоровых лиц при использовании аппаратов различной модификации // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2023. – Т. 22, № 3. – С. 41–50. [Mikhailova MA, Fedorovich AA, Gorshkov AY, Korolev AI, Dadaeva VA, Zharkikh EV, Loktionova Yul, Dunaev AV, Sidorov VV, Drapkina OM. Comparative evaluation of the parameters of laser doppler flowmetry of the skin of healthy persons using devices of various modifications. Regional blood circulation and microcirculation. 2023;22(3):41-50. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-41-50.

22. Система локальных анализаторов для неинвазивной диагностики общего состояния компартментов микроциркуляторно-тканевой системы кожи человека / Сидоров В.В., Рыбаков Ю.Л., Гусаков В.М., Евтушенко Г.С. // Мед. техника. – 2021. – Т. 330, № 6. – С. 4–6. [Sidorov VV, Rybakov YuL, Gusakov VM, Evtushenko GS. A system of local analyzers for non-invasive diagnosis of the general state of compartments of the microcirculatory-tissue system of human skin. Med Technol. 2021;330(6):4-6. (In Russ.)].

23. Жарких Е.В., Дунаев А.В. Распределенная система портативных анализаторов для диагностики расстройств периферического кровотока при сахарном диабете 2 типа // Мед. техника. – 2024. – Т. 343, № 1. – С. 1–4. [Zharkikh EV, Dunaev AV. A distributed system of portable analyzers for the diagnosis of peripheral blood flow disorders in type 2 diabetes mellitus. Med Technol. 2024;343(1):1-4. (In Russ.)].

24. Kostov S, Dineva S, Kornovski Y, Slavchev S, Ivanova Y, Yordanov A. Vascular Anatomy and Variations of the Anterior Abdominal Wall - Significance in Abdominal Surgery. Prague Med Rep. 2023;124(2):108-142. Doi: 10.14712/23362936.2023.9.

25. Жуклина В.В., Горбунов Н.С., Самотесов П.А. Анатомические особенности передней брюшной стенки у пожилых людей (обзор литературы) // Сиб. мед. обозрение. – 2012. – Т. 78, № 6. – С. 39–43. [Zhuklina VV, Gorbunov NS, Samotesov PA. Anatomical features of the anterior abdominal wall in older adults (literature review). Siberian Med Rev. 2012.78(6):39-43. (In Russ.)].

26. Сурков Н.А., Заринская С.А., Виссарионов В.А. и др. Особенности репаративных процессов передней брюшной стенки в зоне имплантации сетки из пролена в эксперименте // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хир. – 2002. – № 1. – С. 52–61. [Surkov NA, Zarinskaya SA, Vissarionov VA, Lozovator AL, Kirpichev AG, Vladimirov VG, Gushchin AV. Peculiarities of reparative pro-

cesses of the anterior abdominal wall in the area of implantation of the perforated mesh in the experiment. Ann Plastic, Reconstructive Aesthetic Surg. 2002;(1):52-61. (In Russ.)].

27. Праздников Э.Н., Баранов Г.А., Сидоров В.В., Бахметов Т.Р. Профилактика троакарных осложнений с учетом выбора зоны доступа при лапароскопической холецистэктомии // Харизма моей хирургии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 160-летию ГБКUZ ЯО «Городская больница имени Н.А.Семашко», Ярославль, 28 декабря 2018 года / под ред. А.Б. Ларичева. – Ярославль: Цифровая типография, 2018. – С. 216–219. [Prazdnikov EN, Baranov GA, Sidorov VV, Bahmetov TR. Prevention of trocar complications taking into account the choice of access area for laparoscopic cholecystectomy. Charisma of my surgery: Materials of the All-Russian conference with international participation, dedicated to the 160th anniversary of GBKUZ YAO "City Hospital named after NA Semashko", Yaroslavl, December 28, 2018 / eds by AB Larichev. Yaroslavl, Digital Printing House, 2018:216-219. (In Russ.)].

28. Андреева И.В., Телия В.Д. Особенности кожной микроциркуляции крыс различного пола и возраста // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 217–234. [Andreeva IV, Teliya VD. Features of cutaneous microcirculation of rats of different sex and age. Siberian J Life Sci Agriculture. 2022;14(1):217-234. (in Russ.)]. Doi: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-217-234.

29. Дунаев А.В., Новикова И.Н., Жеребцова А.И. и др. Анализ физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем // Биотехносфера. – 2013. – Т. 5, № 29. – С. 44–53. [Dunaev AV, Novikova IN, Zherebcova AI, Krupatkin AI, Sokolovskij SG, Rafailov EU. Analysis of physiological variation of parameters of microcirculatory-tissue systems. Biotechnosphere. 2013;5(29):44-53. (In Russ.)].

Информация об авторах

Ларичев Андрей Борисович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии, Ярославский государственный медицинский университет, г. Ярославль, Россия, e-mail: larich-ab@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6745-6446.

Тихомирова Ирина Александровна – д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой медицины, Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, г. Ярославль, Россия, e-mail: tikhom-irina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9521-4017.

Рябов Михаил Михайлович – канд. мед. наук, ассистент кафедры общей хирургии, Ярославский государственный медицинский университет, г. Ярославль, Россия, e-mail: mihail_ryabov@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3942-3783.

Габиров Ибрагим Куруглиевич – ассистент кафедры общей хирургии, Ярославский государственный медицинский университет, г. Ярославль, Россия, e-mail: gabibov-emir@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3680-1996.

Authors information

Larichev Andrey B. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of General Surgery, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: larich-ab@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6745-6446.

Tihomirova Irina A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head, Department of Medicine, Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: tikhom-irina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9521-4017.

Ryabov Mihail M. – Candidate (PhD) of Medical Sciences, Assistant, Department of General Surgery, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: mihail_ryabov@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3942-3783.

Gabibov Ibragim K. – Assistant, Department of General Surgery, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: gabibov-emir@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3680-1996.