УДК 617.58:616-002.41.44-037
DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-3-57-63

А. А. МОИСЕЕВ[1], А. Я. БЕДРОВ[1], А. Н. КРУТИКОВ[1, 2], Г. И. ПОПОВ[1], А. А. СУПРУНОВИЧ[1], В. А. КРЕЙЛЬ[1], А. В. БЕЛОЗЕРЦЕВА[1], К. А. БЕЛОВА[1], А. С. ВЕРТ[1], Г. Г. ХУБУЛАВА[1]

Значение транскутанной оксиметрии при пробе с физической нагрузкой в диагностике синдрома высокой перемежающейся хромоты

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2
E-mail: moiseev85@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.12.23 г.; принята к печати 12.02.24 г.

Резюме

Цель. Оценить значение транскутанной оксиметрии в диагностике синдрома высокой перемежающейся хромоты. *Материалы и методы.* В ретроспективное исследование вошли 19 пациентов с атеросклерозом артерий нижних конечностей. Сравнительному анализу подвергли минимальные абсолютные значения транскутанного напряжения кислорода, зарегистрированные в ягодичных областях в состоянии покоя сидя и стоя, во время и после ходьбы на беговой дорожке, а также их отношения в зависимости от наличия или отсутствия клинической картины синдрома высокой перемежающейся хромоты. Проведен анализ предсказательной способности показателей транскутанной оксиметрии в диагностике окклюзионно-стенотического поражения общей и внутренней подвздошной артерии. *Результаты.* Статистически значимого различия абсолютных показателей уровня транскутанного напряжения кислорода между группами не выявлено, установлены статистически значимые различия их отношений в зависимости от периода измерения. При уровне отношения транскутанного напряжения кислорода в восстановительном периоде после физической нагрузки к аналогичному, измеренному исходно в положении сидя, менее или равному 80 %, показатели чувствительности и специфичности в диагностике артериогенной природы синдрома высокой перемежающейся хромоты составляют 71 и 86 % соответственно. *Заключение.* При подозрении на синдром высокой перемежающейся хромоты выполнение транскутанной оксиметрии в ягодичных областях при пробе с физической нагрузкой является чувствительным и специфичным маркером гемодинамически значимого окклюзионно-стенотического поражения аорты, общих и внутренних подвздошных артерий.

Ключевые слова: *транскутанная оксиметрия, тредмил-тест, высокая перемежающаяся хромота, внутренняя подвздошная артерия, окклюзионно-стенотическое поражение*

Для цитирования: *Моисеев А. А., Бедров А. Я., Крутиков А. Н., Попов Г. И., Супрунович А. А., Крейль В. А., Белозерцева А. В., Белова К. А., Верт А. С., Хубулава Г. Г. Значение транскутанной оксиметрии при пробе с физической нагрузкой в диагностике синдрома высокой перемежающейся хромоты. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024;23(3):57–63. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-3-57-63.*

UDC 617.58:616-002.41.44-037
DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-3-57-63

A. A. MOISEEV[1], A. Ya. BEDROV[1], A. N. KRUTIKOV[1, 2], G. I. POPOV[1], A. A. SUPRUNOVICH[1], V. A. KREIL[1], A. V. BELOZERTSEVA[1], K. A. BELOVA[1], A. S. VERT[1], G. G. KHUBULAVA[1]

The role of transcutaneous oximetry at exercise test in the diagnosis of proximal claudication

[1] Pavlov University, Saint Petersburg, Russia
6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022
[2] Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia
2, Akkuratova str., Saint Petersburg, Russia, 197341
E-mail: moiseev85@mail.ru

Received 03.12.23; accepted 12.02.24

Summary

The aim was to study the role of transcutaneous oximetry of buttock region in the diagnosis of proximal claudication. *Materials and Methods*. The retrospective study included 19 patients with atherosclerosis of the lower extremity arteries. The minimum absolute values of transcutaneous oxygen pressure recorded in the gluteal regions at rest, sitting and standing, during and after treadmill walking, as well as their ratios depending on the presence or absence of clinical signs of proximal claudication were subjected to comparative analysis. The predictive value of transcutaneous oxygen pressure in the diagnosis of occlusive-stenotic disease of the common and internal iliac arteries was analyzed. *Results*. There were no statistically significant differences in the absolute value of the transcutaneous oxygen pressure between the groups; statistically significant differences in their ratios depending on the measurement period were established. When the level of the ratio of transcutaneous oxygen pressure in the recovery period after the treadmill test to the same measured initially in the sitting position is less than or equal to 80%, the sensitivity and specificity in the diagnosis of the occlusive arterial disease are 71% and 86%, respectively. *Conclusion*. The transcutaneous oximetry in the buttock regions during the exercise test is a sensitive and specific indicator of the aortic, common or internal iliac artery occlusive disease in patients with suspected proximal claudication.

***Keywords**: transcutanetranscutaneous oximetry, treadmill test, proximal claudication, internal iliac artery, occlusive disease*

For citation: *Moiseev A. A., Bedrov A. Ya., Krutikov A. N., Popov G. I., Suprunovich A. A., Kreil V. A., Belozertseva A. V., Belova K. A., Vert A. S., Khubulava G. G. The role of transcutaneous oximetry at exercise test in the diagnosis of proximal claudication. Regional hemodynamics and microcirculation. 2024;23(3):57–63. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-3-57-63.*

Введение

Синдром высокой перемежающейся хромоты (ВПХ) – это комплекс симптомов, возникающих вследствие гипоперфузии ягодичных мышц и мышц бедра при окклюзионно-стенотическом поражении (ОСП) терминального отдела аорты, общих (ОПА) и внутренних подвздошных артерий (ВПА) [1, 2]. Характер клинических проявлений синдрома ВПХ чаще представлен не типичным болевым синдромом, а жалобами на дискомфорт, слабость в области тазобедренного сустава и бедра, а также ощущением, что ноги «устают» или «отказывают» после прохождения определенного расстояния. Если выраженность ишемии нижних конечностей может быть определена рутинным неинвазивным методом, в частности измерением лодыжечного давления, то дифференциальная диагностика синдрома ВПХ затруднена из-за отсутствия общепринятых объективных методов оценки кровоснабжения ягодичных мышц и мышц бедра [1–5]. Метод транскутанной оксиметрии (ТКО) достаточно широко используется в мировой практике при принятии решений относительно необходимости реваскуляризации нижних конечностей, а также для контроля результатов лечения, а его уровень при пробе с физической нагрузкой используется в диагностике заболеваний периферических артерий [2–5].

Цель исследования – оценка значения транскутанной оксиметрии в диагностике синдрома ВПХ.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 19 пациентов (18 мужчин и 1 женщина), в период с 2022 по 2023 г. проходивших обследование и лечение в отделении сосудистой хирургии НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова в связи с наличием клинической картины хронической ишемии нижних конечностей, у которых при сборе жалоб и анамнеза было заподозрено наличие синдрома ВПХ. Средний возраст больных составил 62±1,6 лет. Для исключения других причин болевого синдрома такие пациенты были консультированы невропатологом и травматологом-ортопедом клиники. Всем больным проводилось комплексное ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) аорты, подвздошных артерий и артерий нижних конечностей на диагностических ультразвуковых системах *Vivid 7* и *Vivid S60N* фирмы *General Electric* (США) с измерением лодыжечного давления.

Для оценки состояния аорты, артерий таза и нижних конечностей выполнена компьютерно-томо-

Таблица 1

Характеристика обследованных больных (N=19)

Table 1

Characteristics of the examined patients (N=19)

Клиническая характеристика и анамнестические данные	Число больных	
	абс.	%
Артериальная гипертензия 2–3 степени, n	16	84,2
Мужской пол, n	18	94,7
Ишемическая болезнь сердца, n	11	57,9
Инфаркт миокарда в анамнезе, n	2	10,5
Стенокардия напряжения, n	3	15,8
Гемодинамически значимое поражение прецеребральных артерий, n	8	42,1
Ишемический инсульт в анамнезе, n	4	21,1
Сахарный диабет, n	3	15,8
Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, n	3	15,8

графическая ангиография (КТА) и/или катетерная брюшная аортография и артериография нижних конечностей (АА). Исследования проводили при отсутствии противопоказаний для внутривенного введения йодсодержащих контрастных препаратов. При проведении КТА в качестве контрастного вещества использовали препарат «Ультравист» 370 мг йода/мл (*Bayer Schering Pharma AG*, Германия). КТА выполнялась на 64-срезовом мультиспиральном компьютерном томографе General Electric Optima CT660 (*GE Healthcare*, США). КТА проводили от уровня диафрагмы до стоп в спиральном режиме с толщиной среза 1,25 мм и скоростью сканирования 39,37 мм за 1 оборот рентгеновской трубки. Сила тока на трубке в момент исследования составляла 350 мА, напряжение – 80 кВ. Контрастный препарат вводили внутривенно в объеме 60–80 мл при помощи автоматического инжектора Dual Shot Alpha фирмы *Nemoto Kyorindo* (Япония) со скоростью 3,3–3,5 мл/с с последующим однократным сканированием и получением артериальной фазы контрастного усиления. АА выполнялась по методике Сельдингера трансфеморальным или трансрадиальным доступами на ангиографическом комплексе Innova 3100 фирмы *General Electric* (США).

Пробы с физической нагрузкой проводились на беговой дорожке с электроприводом при уклоне 10 %. В течение первой минуты скорость ходьбы постепенно увеличивалась до 3 км/ч и далее сохранялась на том же уровне до прекращения нагрузки. Противопоказаниями к тестированию на беговой дорожке являлись сердечно-сосудистые и костно-суставные заболевания, препятствующие ходьбе на беговой дорожке с указанной скоростью, в том числе стенокардия или явления хронической сердечной недостаточности, выраженный неврологический дефицит после ранее перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения, тяжелая аритмия в покое, выраженный коксартроз, дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника. При появлении или усилении боли по типу перемежающейся хромоты, препятствующей продолжению ходьбы, пробу с физической нагрузкой прекращали по требованию пациента. При нормальной толерантности к физической нагрузке исследование прекращали через 10 минут.

Для исследования транскутанного напряжения кислорода ($tcpO_2$) использовали транскутанный оксиметр TCM 400 (*Radiometer*, Дания). Калибровка прибора, замена мембран датчиков и процедура измерения проводились в строгом соответствии с рекомендациями производителя устройства. Пациенту перед обследованием запрещалось курение, прием кофе или чая. Перед наложением электрода поверхность кожи очищалась и обезжиривалась спиртовым раствором. Исследование проводилось после отдыха пациента в течение не менее 15 минут. В рамках одной процедуры измерение $tcpO_2$ проводилось одновременно по двум каналам. Измерительные электроды позиционировали на участках кожи в соответствии с ангиосомами ВПА, установленных в верхненаружных квадрантах обеих ягодичных областей (ЯО). Регистрация $tcpO_2$ (в мм рт. ст.) осуществлялась последовательно через каждые 20 секунд сначала в положении сидя (в течение 1 минуты), затем стоя (в течение 1 минуты), во время ходьбы на беговой дорожке и в восстановительном периоде в положении стоя вплоть до возвращения показателя к исходному уровню в покое. Для статистического анализа использовались минимальные значения ($tcpO_{2min}$) из серии полученных показателей для каждого периода регистрации.

Статистический анализ. Статистический анализ полученных данных выполнен в программе MedCalc Ver. 20.010 (Бельгия). Для представления количественных данных использовались среднее арифметическое (M) и ошибка среднего значения (m) для показателей, имеющих нормальное распределение. Данные, распределение которых отличается от нормального, представлены в виде медианы, минимального и максимального значений, верхнего и нижнего квартиля. Проверка на нормальность распределения проводилась с использованием критерия Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Качественные

Таблица 2

Характеристика поражения артерий у обследованных больных (N=19)

Table 2

Characteristics of arterial lesion in the examined patients (N=19)

Артерия	С одной стороны	С обеих сторон	Число больных	
			абс.	%
Общая подвздошная	6	1	7	36,8
Внутренняя подвздошная	5	13	18	94,7
Наружная подвздошная	5	4	9	42,1
Общая бедренная	1	–	1	5,3
Глубокая бедренная	2	–	2	10,6
Поверхностная бедренная	3	7	10	52,6
Артерии голени	2	4	6	31,6

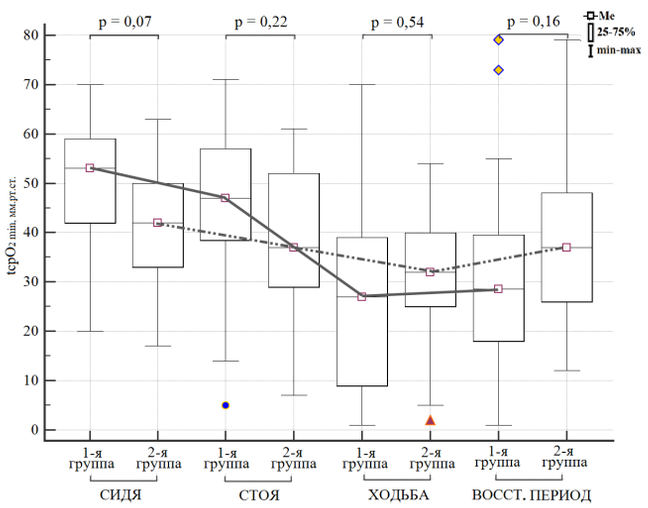

Рис. 1. Показатели транскутанного напряжения кислорода в ягодичной области в покое, при ходьбе и в восстановительном периоде (N=38). Статистический анализ осуществлен с использованием критерия Манна–Уитни

Fig. 1. Levels of transcutaneous oxygen pressure in the gluteal region at rest, during treadmill test and in the recovery period (N=38). The statistical analysis was carried out using the Mann–Whitney criterion

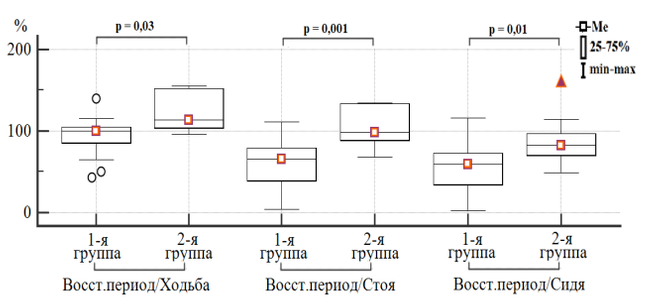

Рис. 2. Показатели отношений транскутанного напряжения кислорода в группах (N=38). Статистический анализ осуществлен с использованием критерия Манна–Уитни

Fig. 2. Levels of transcutaneous oxygen pressure ratios in groups (N=38). The statistical analysis was carried out using the Mann–Whitney criterion

данные представлены в виде абсолютного числа и процента. Оценка значимости различий количественных показателей для трех и более сравнений двух показателей проведена с использованием непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Уровень статистической значимости различий при количестве сравнений, равном 3, принят при $p<0,017$, а при 4 сравнениях – $p<0,0125$ [6]. Для оценки предсказательной способности положительного и отрицательного результатов использованы таблицы сопряженности и метод построения ROC-кривой (уровень статистической значимости принят при $p<0,05$) с последующим определением площади под ней (AUC – area under the curve) и определением порогового значения исследуемого показателя, соответствующего максимальному значению индекса Юдена. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013).

Результаты исследования и их обсуждение

Клиническая характеристика и анамнестические данные обследованных больных представлены в табл. 1.

Среди исследованных больных не было случаев ОСП аорты, характеристика поражения подвздошных артерий и артерий нижних конечностей приведена в табл. 2.

Полученные в результате ТКО у 19 исследуемых пациентов показатели 38 ЯО были разделены на 2 группы: 1-ю (n=24) составили значения $tcpO_{2min}$ в ЯО при наличии у пациента ипсилатерально болевого синдрома по типу ВПХ, а к контрольной, 2-й группе (n=14) отнесены уровни $tcpO_{2min}$ при его отсутствии. Характер распределения показателей отличался от нормального. Медианы уровней $tcpO_{2min}$ в ЯО в выделенных группах приведены на рис. 1.

Между выделенными группами показателей не было выявлено статистически значимых различий абсолютных значений уровня $tcpO_{2\,min}$ в ЯО. Показатели отношений уровней $tcpO_{2\,min}$ в восстановительном периоде к таковым в период нагрузки и покоя приведены на рис. 2.

Из приведенных данных следует, что между группами имеются статистически значимые различия только отношений уровней $tcpO_{2\,min}$ в ВП к аналогичным показателям в покое, в положении сидя и стоя. Медианы этих отношений в 1-й группе составили 59,4 % и 67,6 %, а во 2-й – 82,7 % и 98,4 % со-

Таблица 3

Предсказательная способность отношений уровня транскутанного напряжения кислорода в ягодичной области в диагностике ипсилатерального окклюзионно-стенотического поражения магистральных артерий (N=38)

Table 3

Predictive value of the gluteal region transcutaneous oxygen pressure level ratios in the diagnosis of ipsilateral occlusive arterial disease (N=38)

Показатель	Отношение уровней $tcpO_{2\ min}$	
	ВП/СТОЯ	ВП/СИДЯ
AUC [ДИ]	0,76 [0,56–0,89]	0,77 [0,60–0,89]
Пороговое значение	≤79,2 %	≤80 %
Индекс Юдена	0,613	0,567
Чувствительность, %	61,3 [42,2–78,2]	71,0 [52,0–85,8]
Специфичность, %	100,0 [59,0–100,0]	85,7 [42,1–99,6]
КП «+»	–	4,97 [0,80–31,0]
КП «–»	0,39 [0,3–0,6]	0,34 [0,2–0,6]
ПЗ «+», %	100 [82,4 –100]	95,7 [78,0–99,3]
ПЗ «–», %	70,1 [27,3–47,6]	40,0 [48,6–92,9]
Точность, %	68,4 [51,4–82,5]	73,7 [56,9–86,6]

Примечание: [ДИ] – 95 % доверительный интервал; КП «+» – коэффициент правдоподобия положительного результата теста; КП «–» – коэффициент правдоподобия отрицательного результата теста; ПЗ «+» – прогностическая значимость положительного результата теста; ПЗ «–» – прогностическая значимость отрицательного результата теста.

ответственно. Таким образом, по данным ТКО при пробе с физической нагрузкой отмечается более прогрессивное снижение показателей уровней $tcpO_{2\ min}$ в ипсилатеральной ЯО при наличии клинической симптоматики синдрома ВПХ.

Результаты статистического анализа предсказательной способности указанных отношений уровня $tcpO_{2\ min}$ в ЯО с целью диагностики ипсилатерального ОСП питающих магистральных артерий представлены в табл. 3.

Дифференциальная диагностика ВПХ часто является сложной задачей из-за наличия у пациента сопутствующих заболеваний, которые могут объяснить имеющиеся симптомы. Вероятно, реальное число пациентов, страдающих этим синдромом, неизвестно из-за отсутствия эффективного метода диагностики, позволяющего подтвердить артериальный генез их жалоб. Больные с коксартрозом и дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника могут иметь сходные симптомы, что затрудняет клиническую дифференциальную диагностику, особенно при их сочетании с нарушением проходимости ВПА. Данные пациенты могут обследоваться на предмет неврологических или ортопедических заболеваний и в ряде случаев подвергаются необоснованным хирургическим вмешательствам без достижения должного клинического результата [1, 7, 8]. Выявление регионарной ишемии ЯО необходимо для дифференциальной диагностики синдрома ВПХ [2, 9].

Современные стандарты диагностики хронической ишемии любой локализации включают в себя комплексную оценку симптомов заболевания, а также объективное инструментальное обследование питающих артерий. Для пациента с перемежающейся хромотой современные клинические рекомендации предполагают проведение ультразвукового дуплексного сканирования с измерением лодыжечного давления [10]. Основное внимание при исследовании аортоподвздошного сегмента уделяется состоянию проходимости и оценке показателей кровотока в системе «аорта–ОПА–НПА», осуществляющих непосредственное питание нижних конечностей, а исследование проходимости и показателей кровотока в стволе и ветвях ВПА в «рутинном» порядке не производится. В то же время имеются литературные данные, свидетельствующие о высокой информативности ультразвуковой оценки кровотока по ягодичным артериям в целях дифференциальной диагностики синдрома ВПХ [11].

Наряду с АА, являющейся «золотым стандартом» диагностики ОСП магистральных артерий, значительную роль в современной сосудистой хирургии играет КТА, которая может быть выполнена как с целью получения характеристик поражения магистральных артерий, так для диагностики синдрома ВПХ – с помощью метода динамического перфузионного сканирования, позволяющего оценить скорость тканевого кровотока в ягодичных мышцах в состоянии покоя, что было продемонстрировано в проведенном ранее исследовании [1]. Помимо необходимости использования контрастного препарата и лучевой нагрузки, КТА является достаточно дорогостоящим исследованием, что ограничивает ее использование с целью первичной диагностики. По сравнению с вышеперечисленными методами, преимуществом ТКО при пробе с физической нагрузкой является возможность регистрации показателей одновременно с появлением боли.

ТКО является методом оценки микрогемодинамики, при котором мониторинг осуществляется с помощью так называемого электрода Кларка, уста-

новленного на кожу и нагревающего ее, создаваемая при этом локальная реактивная гиперемия вызывает местное усиление кровообращения и диффузию газов через мембрану электрода. В ранее проведенных исследованиях установлено, что измеряемое таким электродом $tcpO_2$ достоверно коррелирует с напряжением кислорода артериальной крови и количественно характеризует кожный кровоток [3]. Стандартной областью для измерения $tcpO_2$ с достоверно установленным порогом ишемии является тыл стопы [4].

В доступной литературе имеются единичные исследования, посвященные использованию ТКО в диагностике синдрома ВПХ. Измерение показателей кожного кровотока в наружных квадрантах ЯО имеет свое анатомическое обоснование. Согласно ангиосомной концепции, именно в этой зоне расположены кожно-мышечные ветви перфорантных артерий, прободающих глубокую фасцию и берущих начало от ветвей верхней ягодичной артерии – самой крупной ветви ВПА, питающей большую и среднюю ягодичную мышцы [12]. При гипоперфузии бассейна ВПА важную компенсаторную роль играет сохранение проходимости ее ветвей, осуществляющих связь с основными коллатеральными артериями, прежде всего глубокой артерией бедра и люмбальными артериями. При окклюзии ствола ВПА и сохранении проходимости ее ветвей коллатеральное кровоснабжение из других бассейнов может происходить на достаточном функциональном уровне [13–15].

В связи с тем, что низкие абсолютные значения $tcpO_{2\ min}$ могут быть не только результатом артериального ОСП, но и высокого чрескожного градиента или системной гипоксии, целесообразнее использовать отношения показателей, которые позволяют количественно оценить динамику изменений $tcpO_{2\ min}$, связанных с физической нагрузкой. Анализ полученных данных показал, что при снижении уровня $tcpO_{2\ min}$ в ЯО в восстановительном периоде после физической нагрузки на 20 % и более от исходного, измеренного в положении сидя, обладает точностью 74 %, а показатели чувствительности и специфичности в диагностике ОСП аорты, ОПА, ВПА составляют 71 и 86 % соответственно. В представленном исследовании при наличии синдрома ВПХ динамика снижения уровня $tcpO_{2\ min}$ в ВП относительно исходного в положении сидя, вероятно, отражает развитие регионарной гипоперфузии, приводящей к сохранению ишемии ягодичных мышц после прекращения физической нагрузки, вследствие недостаточной эффективности коллатерального кровоснабжения.

Ограничения. Проведенное исследование носило одноцентровой ретроспективный характер. Исследованная группа пациентов относительно небольшая, что могло повлиять на результаты статистического анализа. В проведенном исследовании аппаратные возможности были представлены 2 каналами получения информации от электродов. Современные аппараты для ТКО могут быть оснащены пятью электродами, позволяя одновременно регистрировать изменения уровня $tcpO_2$ в ЯО и на стопах, а также в области груди, для учета потенциальных системных изменений напряжения кислорода артериальной крови, связанных с физической нагрузкой [4].

Заключение

Метод ТКО позволяет оценить степень выраженности регионарной гипоперфузии отдельных сегментов нижних конечностей при физической нагрузке и может быть использован для первичной дифференциальной диагностики синдрома ВПХ, вызванного ОСП брюшной аорты, ОПА, ВПА.

Конфликт интересов / Conflict of interest

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

Литература / References

1. Бедров А.Я., Моисеев А.А., Белозерцева А.В. и др. Роль проходимости внутренних подвздошных артерий в развитии синдрома высокой перемежающейся хромоты в отдаленном периоде после резекции аневризмы инфраренального сегмента аорты // Вестн. хир. им. И. И. Грекова. – 2019. – Т. 178, № 4. – С. 34–41. [Bedrov AYa, Moiseev AA, Belozertseva AV, Morozov AN, Khubulava GG, Pugachenko YuA, Baykova AV. The patency of internal iliac arteries and its role in the development of buttock claudication syndrome in the remote period after open infrarenal aortic aneurysm repair. Grekov's Bull Surg. 2019;178(4):34-41. (in Russ.)]. Doi: 10.24884/0042-4625-2019-178-4-34-41.

2. Mahé G, Kaladji A, Le Faucheur A, Jaquinandi V. Internal Iliac Artery Stenosis: Diagnosis and How to Manage it in 2015. Front Cardiovasc Med. 2015;2:33. Doi: 10.3389/fcvm.2015.00033.

3. Abraham P, Picquet J, Vielle B, Sigaudo-Roussel D, Paisant-Thouveny F, Enon B, Saumet JL. Transcutaneous oxygen pressure measurements on the buttocks during exercise to detect proximal arterial ischemia: comparison with arteriography. Circulation. 2003;107(14):1896-1900. Doi: 10.1161/01.CIR.0000060500.60646.E0.

4. Abraham P, Ramondou P, Hersant J, Sempore WY, Feuilloy M, Henni S. Investigation of arterial claudication with transcutaneous oxygen pressure at exercise: Interests and limits. Trends Cardiovasc Med. 2021;31(4):218-223. Doi: 10.1016/j.tcm.2020.03.003.

5. Koch C, Chauve E, Chaudru S, Le Faucheur A, Jaquinandi V, Mahé G. Exercise transcutaneous oxygen pressure measurement has good sensitivity and specificity to detect lower extremity arterial stenosis assessed by computed tomography angiography. Medicine (Baltimore). 2016;95(36):e4522. Doi: 10.1097/MD.0000000000004522.

6. Гржибовский А.М. Анализ трех и более независимых групп количественных данных // Экология человека. – 2008. – Т. 144, № 3. – С. 50–58. [Grjibovsky AM. Analysis of three and more independent groups of quantitative data. Ekologiya cheloveka (Human Ecology). 2008;144(3):50-58. (in Russ.)].

7. Han SH, Jeon CH, Lee DH, Choo HS, Chung NS. Clinical and radiological characteristics of concomitant peripheral arterial obstructive disease in patients with lumbar spinal stenosis. Pain physician. 2013;16(5):513-520.

8. Kauppila LI. Atherosclerosis and disc degeneration/low-back pain: a systematic review. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2009;37(6):661-670. Doi: 10.1016/j.ejvs.2009.02.006.

9. Mahe G, Kalra M, Abraham P, Liedl DA, Wennberg PW. Application of exercise transcutaneous oxygen pressure measurements for detection of proximal lower extremity arterial

disease: a case report. Vasc Med. 2015;20(3):251-255. Doi: 10.1177/1358863X14567030.

10. Mahé G, Jaquinandi V. Artériopathie des membres inférieurs athéromateuse : diagnostic [Diagnosis of lower limb peripheral artery disease]. Presse Med. 2018;47(1):47-55. Doi: 10.1016/j.lpm.2017.09.021.

11. Bruninx G, Salame H, Wery D, Delcour C. Le Doppler des artères fessières. Un outil efficace pour exclure une pathologie artérielle fessière et un complément important du Doppler des membres inférieurs [Doppler study of gluteal arteries. A useful tool for excluding gluteal arterial pathology and an important adjunct to lower limb Doppler studies]. J Mal Vasc. 2002;27(1):12-17.

12. Pan WR, Taylor GI. The angiosomes of the thigh and buttock. Plast Reconstr Surg. 2009;23(1):236-249. Doi: 10.1097/PRS.0b013e3181934873.

13. Nitta J, Hoshina K, Isaji T. Changes in blood flow distribution after hypogastric artery embolization and the ischaemic tolerance of the pelvic circulation. Medicine. 2019; 98(5):e14214. Doi: 10.1097/MD.0000000000014214.

14. Kudo T. How Do We Evaluate Pelvic Circulation and Predict Buttock Claudication? Circ J. 2021;85(4):351-352. Doi: 10.1253/circj.CJ-21-0067.

15. Mell M, Tefera G, Schwarze M, Carr S, Acher C, Hoch J, Turnipseed W. Absence of buttock claudication following stent-graft coverage of the hypogastric artery without coil embolization in endovascular aneurysm repair. J Endovasc Ther. 2006;13(3):415-419. Doi: 10.1583/06-1849.1.

Информация об авторах

Моисеев Алексей Андреевич – канд. мед. наук, ассистент кафедры, сосудистый хирург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: moiseev85@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9923-4688.

Бедров Александр Ярославович, д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры, заведующий отделением сосудистой хирургии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия e-mail: abedrov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8382-1127.

Крутиков Александр Николаевич, канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ankrutikov@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6897-6171.

Попов Гурий Иванович, канд. мед. наук, ассистент кафедры, сосудистый хирург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: trek-4300@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6334-7456.

Супрунович Андрей Александрович, канд. мед. наук, ассистент кафедры, врач УЗ-диагностики, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: doctoras@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3749-0379.

Крейль Виктор Августович, канд. мед. наук, рентген-эндоваскулярный хирург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: kreil.victor@yandex.ru.

Белозерцева Анастасия Валерьевна, врач-рентгенолог, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: anbeloz@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9367-9918.

Белова Ксения Александровна, сосудистый хирург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ksens96@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5081-8148.

Верт Алисия Сергеевна, студент 6-го курса лечебного факультета, e-mail: vertalisa@icloud.com, ORCID: 0009-0004-2491-8577.

Хубулава Геннадий Григорьевич, академик РАН, д-р мед. наук, профессор, зав кафедрой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ggkh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.

Authors information

Moiseev Alexey A. – Cand. (PhD) Med. Sci., Department Assistant, Vascular Surgeon, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: moiseev85@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9923-4688.

Bedrov Alexander Ya. – Dr. Med. Sci., Associate Professor, Vascular Surgeon; Head, Department of Vascular Surgery, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: abedrov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8382-1127.

Krutikov Alexander N. – Cand. (PhD) Med. Sci., Leading Research Fellow, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ankrutikov@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6897-6171.

Popov Guriy I. – Med. Sci., Department Assistant, Vascular Surgeon, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: trek-4300@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6334-7456.

Suprunovich Andrei A. – Cand. (PhD) Med. Sci., Department Assistant, Doctor of Ultrasonography, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: doctoras@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3749-0379.

Kreil Victor A. – Cand. (PhD) Med. Sci., Endovascular Surgeon, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: kreil.victor@yandex.ru.

Belozertseva Anastasia V. – Radiologist, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: anbeloz@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9367-9918.

Belova Ksenia A. – Vascular Surgeon, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ksens96@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5081-8148.

Vert Alisia S. – Medical Student, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: vertalisa@icloud.com, ORCID: 0009-0004-2491-8577.

Khubulava Gennadiy G. – Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci., Professor, Head of Department, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ggkh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.