

**Информативность ультразвуковой доплерографии и
венозной окклюзионной плетизмографии в оценке
окклюзионно-стенотического процесса у больных с
облитерирующими поражениями артерий нижних
конечностей
(Обзор)**

Е.Н. Щурова, В.А. Щуров, В.С. Бунов

***Informative qualitles of ultrasonic Dopplerography and venous occlusion
plethysmography in the evaluation of occlusion-and-stenotic process in
patients with obliterating arterial involvements of lower limbs
(Review)***

E.N. Schurova, V.A. Schurov, V.S. Bunov

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(Генеральный директор — академик РАМТН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель наук РФ В.И. Шевцов)

Дальнейший прогресс лечения больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей во многом связан с внедрением в клиническую практику усовершенствованных способов определения характера и локализации окклюзионно-стенотического процесса. Одной из наиболее актуальных задач современной ангиологии является разработка неинвазивного диагностического комплекса, позволяющего выявить окклюдированные поражения артерий на ранних стадиях заболевания, осуществлять динамический контроль за состоянием периферической гемодинамики в процессе лечения.

Целью нашей работы является анализ информативности методов исследования кровообращения нижней конечности (ультразвуковая доплерография, венозная окклюзионная плетизмография, методика определения регионарного систолического давления) в оценке окклюзионно-стенотического процесса у больных с облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей.

В настоящее время в ряду неинвазивных способов диагностики расстройств периферического кровообращения лидирующее место занимает ультразвуковой метод [1–8], который позволяет исследовать магистральный кровоток в сосудах конечностей. С его помощью можно провести анализ формы кривой скорости кровотока, оценить прямую и обратную фазы, рассчитать среднюю величину, определить регионарное систолическое давление.

Форма пульсовых колебаний скорости кровотока является полезным индикатором поражения артерий и хорошим прогностическим критерием. Анализ формы волны дает больше физиологической информации о состоянии кровотока и его изменениях, чем использование расчетов различных индексов [9]. У больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей нарушение кривой скорости кровотока наблюдается еще до снижения систолического артериального давления в пораженном сегменте [10].

В норме кривая периферического артериального кровотока состоит из трех компонентов (рис.1а): 1 - систолический прямой кровоток, обусловленный пиком систолического изгнания крови левым желудочком; 2 - обратный кровоток в ранней диастоле, связанный с артериальным рефлюксом, который возникает вследствие периферического артериального сопротивления; 3 - отклонение в поздней диастоле, вызванное кровотоком вперед за счет эластической отдачи артерий [11, 12, 13]. Ниже места стеноза или окклюзии она становится демпфированной и однофазной, притупляется пик и расширяется плато под кривой, происходит снижение амплитуды и удлинение времени подъема и спада пульсовой волны (рис. 1б и 1в) [2, 12]. Наиболее информативным и чувствительным считается уменьшение или исчезновение волны обратного тока [14]. При облитерирующих поражениях только у 31% больных в общей бедренной арте-

рии регистрировался обратный кровоток [4, 15].

При поражениях аорто-подвздошного сегмента наблюдаются симметричные изменения кривых скоростей кровотока во всех артериях обеих конечностей. При окклюзии в бедренно-подколенном сегменте изменения отмечаются только в дистальных артериях. Уменьшение скорости кровотока в бедренной артерии с сочетанием резкой деформацией кривых скоростей кровотока в артериях стоп регистрируются при поражении в нескольких сегментах.

Количественный анализ параметров кровотока показал, что они значительно варьируют [1, 3, 15]. Имеется много критических замечаний по поводу количественной оценки прямой фазы скорости кровотока [16, 17]. Однако при записи в артериях дистальнее окклюзионного поражения она достоверно понижается. Так, при окклюзии аорто-подвздошного сегмента линейная скорость кровотока снижена в 2-4 раза по сравнению с нормой [3].

Для более объективной оценки полученных ультразвуковых сигналов были введены различные производные скоростей кровотока. Рядом авторов были предложены расчеты индексов пульсации и демпинг-фактора [18-20]. Индекс пульсации по удвоенной амплитуде рассчитывался по формуле предложенной R. Gosling и D. King [19]:

$$P_i = V_{(+)} + V_{(-)} / V_m,$$

P_i - индекс пульсации, $V_{(+)}$ - прямая фаза кровотока, $V_{(-)}$ - обратная фаза кровотока, V_m - средняя скорость кровотока.

Соотношение индексов пульсации по сегментам конечности получило название демпинг-фактор [20, 21]. Этот показатель рассчитывался следующим образом [22]:

$$ДФ = P_{дист} / P_{прокс},$$

где ДФ - демпинг-фактор, $P_{дист}$ - индекс пульсации дистального сегмента, $P_{прокс}$ - индекс пульсации проксимального сегмента.

Снижение индексов пульсации и демпинг-фактора свидетельствует об угнетении пульсирующего характера кровотока и увеличении степени затухания пульсовой волны [3]. У больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей эти показатели снижены.

При оценки доплерограмм большинство авторов [2-4], к сожалению, не учитывают третью фазу - диастолический кровоток (в период поздней диастолы). Этот показатель может быть использован для исследования регидности и растяжения стенки сосуда конечности.

У больных с атеросклеротическими поражениями артерий он значительно снижен при сравнении с показателями здоровых сверстников [13].

Анализ литературы показал, что при выявлении облитерации периферических артерий ульт-

развуковая доплерография имеет чувствительность 86% [5].

Несмотря на все вышеперечисленные положительные качества, метод ультразвуковой доплерографии обладает рядом недостатков. Критика этого метода заключается, в основном, в существовании целого ряда факторов, приводящих к искажению формы волны [15, 23]. Амплитуда кровотока зависит от положения датчика, угла его наклона, глубины проникновения ультразвука в ткани, удаления датчика от основного участка сужения, установки усиления, фоновых помех, наложения венозных шумов. Поражение проксимальных отделов сосудистой системы, в особенности многосегментное, с плохо развитым коллатеральным кровотоком, появление вазоспастических реакций, в особенности холодовых, приводят к недостаточности перфузии непораженных сосудов дистальных отделов. Локация сосудов с помощью ультразвуковой доплерографии становится невозможной, так как происходит снижение параметров кровотока (до величин ЛСК, 1 см/сек, РАД, 10-15 мм.рт.ст.) [3]. Кроме того, некоторые авторы продолжают настаивать, что исследование подколенной артерии, по-прежнему, остается недостоверным, а четкая оценка берцовых артерий - невозможной с помощью существующих методов [24].

Другим, не менее информативным методом, дополняющим ультразвуковое исследование, является венозная окклюзионная плетизмография. Ее довольно широко используют при обследовании больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей [25 - 30]. Венозная окклюзионная плетизмография позволяет оценить объемную скорость кровотока в периферическом русле в миллилитрах в минуту на 100 см³ ткани и выявить степень компенсации кровотока при поражениях артериального русла конечности. Она указывает на наличие патологических изменений в тех случаях, когда клинические проявления облитерации периферических артерий были незначительными, а на основании данных ангиографии выявлялись признаки умеренно выраженного стеноза периферических артерий (менее 50% просвета сосуда) [5]. Кроме того, метод позволяет достоверно судить о степени компенсации кровотока, который включает оценку данных как о магистральном русле, так и о вспомогательном (в том числе об изолированных коллатеральных). По данным L.Pallares et.al. [31], результаты оценки скорости кровотока в нижних конечностях, полученные с помощью плетизмографии и ультразвуковой доплерографии, коррелируют между собой с коэффициентом $r = 0,57$ в покое и $r = 0,62$ при физической нагрузке.

Объемная скорость кровотока покоя голени

(ОСК) у больных с облитерирующими поражениями сосудов нижних конечностей, по данным одних авторов, достоверно не отличается от показателей здоровых сверстников [24, 25, 28], по данным других - выше [15, 28, 29]. В работе Г.С. Беляевой [27] проведен анализ ОСК в зависимости от локализации поражения сосудистого русла конечности. Чем дистальнее уровень поражения, тем выше значение ОСК. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что величина кровотока покоя не информативна при обследовании больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей.

При помощи теста с ишемической пробой и последующей оценкой реактивной гиперемии можно не только установить наличие обструкции артерий, но и выявить стадию заболевания с определением максимального артериального резерва. Реактивная гиперемия является физиологической реакцией любого органа на длительную ишемию. Считают, что существует две последовательные фазы реактивной гиперемии: миогенная и метаболическая [32]. В условиях прекращения кровотока имеет место "восходящая" дилатация артериальных сосудов. Прекращение кровотока длительностью 1 мин. вызывает полное вовлечение всех капилляров в кровоснабжение ишемизированной мышцы и почти полное раскрытие прекапиллярных сосудов. Расширение магистральных артерий, однако, развивается только вследствие увеличения скорости кровотока в фазе реактивной гиперемии [33]. Естественно, что, в зависимости от выраженности поражения артериальной системы, максимальный приток крови за определенное время будет снижен.

Наиболее информативным показателем является индекс пикового кровотока (ИПК) - отношение пикового (максимального кровотока) к кровотоку покоя, отражающий резервные возможности сосудистого русла конечности. Он коррелирует как со стадией заболевания, так и с дистанцией безостановочного пути [30, 34].

Другим важным критерием при проведении ишемической пробы и последующей реактивной гиперемии является время появления максимального кровотока после сброса давления в манжете. В случае окклюдированного поражения с развитием коллатералей максимальный кровоток регистрируется через 30 сек - 6 мин. (в норме мгновенная реакция) [5, 35]. Замедление появления максимального кровотока после ишемической пробы у больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей, возможно, является следствием шунтирования крови по дилатированным сосудам вышележащих отделов. При восстановлении кровотока и нормализации сосудистого тонуса кровь устремляется по коллатералям в нижние отделы

[28].

Диагностическая точность венозной окклюзионной плетизмографии составляет 92% [5]. Однако она имеет ряд методических ограничений, когда проведение ее является неправомерным:

- 1) заболевание коленного сустава;
- 2) вынужденное положение конечности;
- 3) мышечный гипертонус;
- 4) тромбоз глубоких вен нижних конечностей;
- 5) повышение центрального венозного или внутрибрюшного давлений;
- 6) синдром малого выброса при сердечной недостаточности.

Гипердиагностика возникает вследствие выше указанных причин.

Измерение систолического артериального давления является чувствительным показателем окклюзионного и стенотипического процесса [36]. Особенно, его посегментное измерение и расчет индексов [10, 37-39]. Метод неинвазивного измерения регионарного систолического артериального давления, впервые описанный R. Ware и C. Laenger [40], заключается в исследовании с применением пневматической манжеты, накладываемой вокруг конечности, и может быть использован там, где возможно наложение манжет. Давление в манжете, при котором восстанавливается кровоток в дистальном участке конечности, в период декомпрессии представляет собой систолическое давление на уровне манжеты. На разных уровнях нижней конечности этот показатель регистрируется, обычно, методом Рива-Роччи с сфигмографической или ультразвуковой регистрацией периферического артериального пульса. При исследовании используется стандартная окклюзионная манжета (с шириной 14 см). Индексы систолического артериального давления рассчитываются по формуле, предложенной Т. Winsor [41]:

$$\text{ИРСД} = \text{РСД} / \text{ПСД} * 100\%,$$

где ИРСД - индекс регионарного систолического давления, РСД - регионарное систолическое давление, ПСД - плечевое систолическое давление. Особенно информативным является индекс давления лодыжка-плечо. Лодыжечный индекс понижается уже в начальных стадиях нарушения периферического кровообращения и коррелирует с выраженностью перемежающейся хромоты [1].

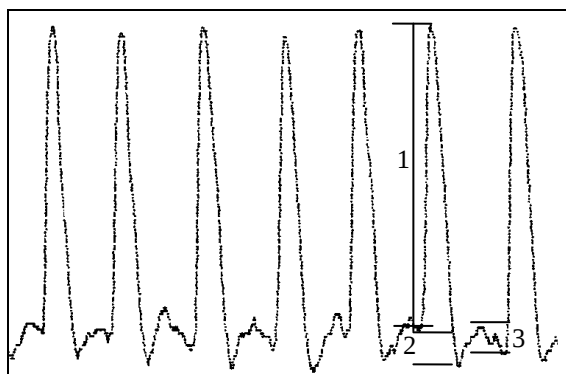
Наличие выраженного поражения аортоподвздошной зоны характеризуется значительным уменьшением бедренно-плечевого индекса. На поражение сосудов бедренно-подколенного сегмента указывают значительная разница между бедренным и лодыжечным индексом. Разность артериального давления на бедре и лодыжке коррелирует с проходимость артерий голени [42]. При окклюзии на нескольких уров-

нях отмечается наиболее низкий индекс лодыжка-плечо. Если разность индекса давления проксимального и дистального отделов меньше 0,3, то можно говорить о сочетанном поражении артерий сегментов конечности [5]. По степени снижения индекса давления лодыжка/плечо (от 1 до 0,5) можно судить о наличии окклюзии в двух и более сегментах [43]. Уменьшение систолического давления на уровне лодыжки до 40-50 мм.рт.ст. и ниже приводит к значительному снижению или исчезновению градиента давления между артериальным и венозными коленами капиллярного русла, развитию венозного застоя, нарушению микроциркуляции и обменных процессов [44]. При величине лодыжечно-плечевого индекса 0,31-0,40 отмечается ишемия покоя [45]. Дальнейшее уменьшение этого показателя приводит к развитию трофических язв и гангрены конечности [6].

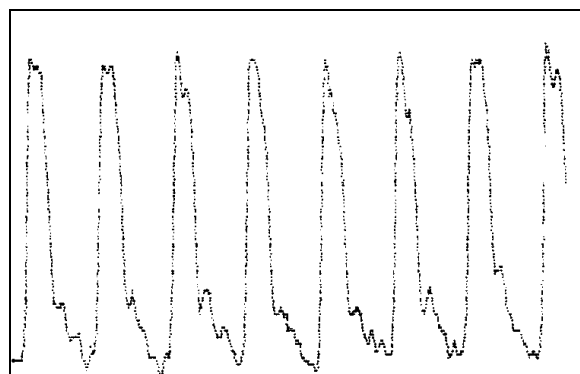
Несмотря на все выше перечисленные позитивные моменты, возможности измерения давления ограничены обстоятельствами, когда место наложения манжеты совпадает с хирургической раной, когда невозможно наложение манжетки в положении проксимально к датчику.

Наряду с этим, в несжимаемых в результате кальцификации или склероза артериальной стенки сосудах определяется ложно высокое давление у лодыжки несмотря на наличие окклюдированного поражения артерий. В этих ситуациях измерение давления бессмысленно. Кроме того, лодыжечный индекс не всегда точно отражает поражение берцовых артерий из-за наличия большого количества анастомозов между ними и не дает полного представления о состоянии стопы, а выраженность ишемии может быть связана с вовлечением в патологический процесс этих артерий. При тяжелой ишемии конечности клиническая картина меньше соответствует величине лодыжечного индекса.

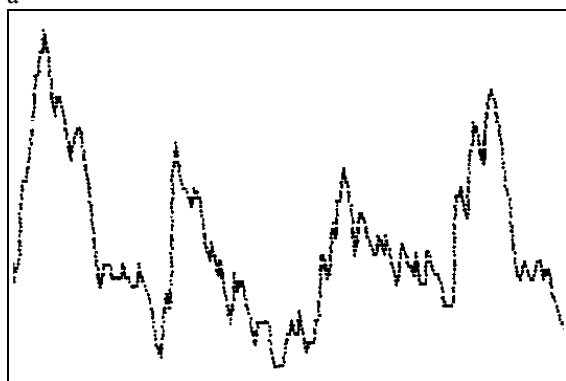
В заключении можно сделать вывод, что ультразвуковая доплерография, венозная окклюдационная плетизмография, методика определения регионарного систолического давления в комплексе позволяют определить локализацию окклюдционно-стенотического процесса, оценить недостаточность кровоснабжения нижней конечности и его резервы у больных с облитерирующими поражениями артерий нижних конечностей.



а



б



в

Рис.1. Допплерограммы в норме (а) (1 - систолический прямой кровоток, 2 - обратный кровоток, 3 - диастолический кровоток), при стенозе (б) и окклюзии (в).

ЛИТЕРАТУРА

1. Неинвазивные методы исследования окклюдционных поражений артерий нижних конечностей / В.М. Даниленко, М.М. Лоба, И.И. Кобза и др. // Хирургия. - 1984. - N 5. - С. 53 - 56.
2. Агаджанова Л.П. Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) в диагностике заболеваний сосудов нижних конечностей // Вестник АМН СССР. - 1986. - N 2. - С. 83-89.
3. Агаджанова Л.П. Количественная оценка ультразвуковых доплеровских сигналов скорости кровотока в норме и при заболевании периферических сосудов // Хирургия. - 1988. - N 10. - С. 103 - 111.

4. Неинвазивная оценка магистрального и коллатерального кровообращения при окклюзирующих заболеваниях артерий нижних конечностей / В.А. Сандриков, В.И. Садовников, О.С. Попова, А.В. Мирончиков и др. // Вестник хирургии. - 1990. - N 4. - С. 36 - 39.
5. Савчук Б.Д., Овчаренко К.И., Белов Б.Г. Комплексная неинвазивная диагностика окклюзирующих заболеваний артерий нижних конечностей // Хирургия. - 1988. - N 10. - С. 64 - 68.
6. Жане А.К. Ультразвуковая диагностика облитерирующих заболеваний артерий таза и нижних конечностей // Хирургия. - 1990. - N 12. С. 151-153.
7. Terenzi T., Beadle E., Muller D. Doppler ultrasound diastolic flow analysis for the early identification of peripheral arterial disease // J. Manipul. Physiol. Therap. - 1992. - Vol.15, N 5. - P. 286 - 292.
8. Non-invasive measurement of pulsatile vessel diameter change and elastic properties in human arteries (a methodological study) / F.Hansen, D.Bergqvist, P. Mangell et. al. // Clin. Physiol. - 1993. -Vol. 13, - N 6. - P. 631 - 643.
9. Waveform shape analysis: extraction of physiologically relevant information from Doppler recordings / M.Ramsay, P.Broughton, R.Fiona et. al. // Clin. Sci. - 1994. - Vol. 86, - N 5. - P. 557 - 565.
10. Shionoya S. Noninvasive diagnostic technique in vascular disease // Int. Angiol. - 1987. - Vol.6, N 3. -P. 213 - 221.
11. Фолков Б., Нил Э. Кровообращение. - М.: Медицина, 1976. - 464с.
12. Zierler R.E. Doppler techniques for lower extremity arterial diagnosis // Herz. - 1989. - Vol. 14, N 2. - P. 126 - 133.
13. The age-related advancement of arterial disease measured by Doppler ultrasound diastolic flow analysis / T.Terenzi, D.Gallagher, R.DeMeersman et. al. // J. Manipul. Physiol. Therap. - 1993. - Vol. 16, N 8. - P. 527 - 536.
14. Hirai M., Shoop W. Clinical significance of Doppler velocity and blood pressure measurements in peripheral arterial occlusive disease // Angiology. - 1984. - Vol. 35, N 1. - P. 45 - 53.
15. Щурова Е.Н. Возрастные резервы периферического кровообращения и их роль в компенсации недостаточности кровоснабжения нижней конечности: Дис... канд. биол. наук. - Челябинск, 1996. - 155 с.
16. Johnston K. W., Maruzzo B. C., Cobbold R.S. // Arch. Surg. - 1977. - Vol.112. - P. 1335 - 1340.
17. Macpherson D.S., Evans D.H., Bell P.R. // Brit. J. Surg. - 1984. - Vol. 71, N 1. - P. 46 - 49.
18. Fronek A., Coel M., Bernstein E. // Circulation. - 1976. - Vol. 53, N 6. - P. 957 - 960.
19. Gosling R., King D. // Proc. roy. Soc. Med. - 1974. - Vol. 67. - P. 447 - 449.
20. Fitzgerald D., Gosling R., Woodcock J. // Lancet. - 1971. - Vol.1. - P. 66 - 67.
21. Woodcock J., Gosling R., Fitzgerald D. // Brit. J. Surg. - 1972. - Vol. 59. - P. 226 - 231.
22. Johnston K.W. Noninvasive Diagnostic Techniques in vascular Disease /Ed. E.F. Bernstein. - St. Louis, 1982. - P. 28 - 43.
23. Hoskins P.R., Loupas T., McDicken W. An investigation of simulated umbilical artery doppler waveforms. 1.The effect of three physical parameters on the maximum frequency envelope and on pulsatility index // Ultrasound Med. Biol. - 1991. - Vol. 17, N 1. - P.7-21.
24. Doppler ultralydunder sogelsedf underekstremitets arteriosklerose / P. Rordam, F. von Jessen, H. Sellesen et. al. // Ugeskr. Laeger. - 1992. - Vol. 154. - N 1. - P. 3654 - 3658.
25. Shepherd J.T. Physiology of the circulation in human limbs in health and disease. - Philadelphia, 1963. - P. 1 - 273.
26. Оценка периферической гемодинамики с помощью методики венозной окклюзионной плетизмографии: Метод. рекомендации ВКНЦ «ВТО»/ Сост.: В.А.Щуров, Т.И. Долганова. - Курган, 1990. - 21 с.
27. Курочкин Н.Н., Казаков Ю.И. Оценка периферического кровообращения у больных с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей по данным окклюзионной плетизмографии // Кровообращение. - 1984. - Т. XVII, N 6. - С. 49 - 51.
28. Беляева Г.С. О значении венозной окклюзионной плетизмографии при облитерирующем атеросклерозе // Клини. медицина. - 1986. - N 8. - С. 44-47.
29. Шломин В.В. Периферическая и центральная гемодинамика при облитерирующем атеросклерозе до, в течение и после реконструктивных операций на аорте и магистральных артериях нижних конечностей: Автореф.дис... канд.мед.наук. - Л., 1987. - 15с.
30. Зубкова С.Т. Функциональное состояние регионарной гемодинамики у больных с сахарным диабетом и облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей // Клини. хирургия. - 1987. - N 7. - С. 19 - 21.
31. Strain gauge plethysmography and doppler ultrasound in the measurement of limb blood flow / L. Pallares, C. Deane, S. Baundoin et. al. // Eur. J. Clin. Invest. - 1994. - Vol. 24. - N 4. - P. 279 - 286.
32. Конради Г.П. Регуляция сосудистого тонуса. - Л.: Наука, 1973. 323 с.
33. Соловьев А.И. Механизмы местной регуляции кровотока в скелетных мышцах при артериальной и венозной окклюзии: Автореф.дис...канд. мед. наук. - Киев, 1977. - 14 с.
34. Systolic hypertension in patients with arteriosclerosis obliterans of the lower limbs /M. Safar, S. Laurent, R. Asmar, et. al. // Angiology. - 1987. - Vol. 38, N 4. - P. 287 - 295.
35. Davies W.T. Blood flow measurement in patients with intermitten claudication // Angiology. - 1980. - Vol. 31, N 3. - P. 164 - 175.
36. May A. et. al. // Surgery. - 1968. - Vol. 54. - P. 250 - 252.
37. Rilievi gemodinamici e trattamento chirurgi conelle arteriopatie oblitteranti periferiche in stadio avanzato / F. Vittori, H. Salvini, K. Moia et. al. // Minerva cardiologiol. - 1984. - Vol.32, N 9. - P. 607 - 613.
38. Гемодинамические аспекты лечения больных с "критической ишемией" нижних конечностей / Н.И.Затевахин., И.К. Дроздов, Р.И. Хабазов и др. // Вестник хирургии. - 1989. - N 7. - С. 48 - 50.
39. Пшеничный В.Н. Гемодинамические аспекты в прогнозировании исходов реваскуляризации у больных с тяжелой ишемией нижних конечностей: Автореф.дис...канд.мед.наук. - Киев, 1992. - 17 с.
40. Ware R.W., Laenger C. J. (1967). Цит. по: Дроздов С.А. Ультразвуковая диагностика острой непроходимости магистральных артерий: Автореф.дис... канд. мед. наук. - М., 1980. - 18 с.
41. Winsor T. // Amer. J. Med. Sci. - 1950. - Vol. 220. - P. 117 - 121.
42. Romanovska L., Krajicek M., Prerovsky J. Pressure gradients arm-thigh and arm-ankle in ischaemic legs at rest // Vasa. - 1980. - Vol. 9, N 2. - P.752 - 755.
43. Symes J., Fres M., Grahani A. // Canad. J. Surg. - 1984. - Vol. 27, N 4. - P. 345 - 347.
44. Покровский А.В. Клиническая ангиология. - М: Медицина, 1979. - 367 с.
45. Бернштейн Е.Ф. Гормоны и сосудистые заболевания. - М., 1984. - С. 102 - 112.

Рукопись поступила 22.09.97.