

© А. Н. Закурина, Н. Г. Павлова

ФГБУ «НИИАГ им. Д. О. Отта»  
СЗО РАМН, г. Санкт-Петербург

## ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИПЛАЦЕНТАРНОГО КРОВОТОКА ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕРЕМЕННОСТИ

УДК: 618.2-073.432.19

■ В статье представлены результаты доплеровского исследования внутриплацентарного кровотока при объемной реконструкции изображения в различных участках плаценты во II половине физиологической беременности. Также проведено сопоставление полученных значений каждого доплерометрического показателя внутриплацентарного кровотока в разных участках плаценты между собой.

■ **Ключевые слова:** 3D-доплерометрия; внутриплацентарный кровоток; зоны плаценты.

### ВВЕДЕНИЕ

В акушерской практике ультразвуковые методы исследования являются ведущими для наблюдения за ростом и функциональным состоянием плода, поскольку они доступны, объективно отражают темпы роста плода и характер плацентарного кровообращения.

Основным методом пренатальной верификации дисфункции плаценты в настоящее время является доплерометрия. На первых этапах ее внедрения исследования проводились в магистральных артериях функциональной системы мать–плацента–плод. Наиболее изучены особенности кровотока в артериях пуповины, средней мозговой артерии и аорте плода, а также маточных артериях [2]. При этом величина сопротивления кровотоку в артериях пуповины, по которым осуществляется отток крови от тела плода, позволяет оценивать состояние плацентарных сосудов только косвенно, поскольку они являются единственной для них периферией. Дальнейшие исследования были направлены на изучение притока крови к телу плода, осуществляемого по венозным сосудам [4].

Долгое время доплеровские исследования в акушерстве выполнялись только в III триместре беременности. Дальнейшие исследования показали, что в большинстве случаев формирование гемодинамических расстройств в плаценте наблюдается в ранние сроки беременности. Были установлены сроки беременности, значимые для прогноза плацентарной недостаточности и других акушерских осложнений [11, 13, 14].

Внедрение в акушерскую практику современных ультразвуковых приборов дало возможность проводить объемную реконструкцию внутриплацентарных сосудов для непосредственного анализа параметров кровотока в них [6, 10]. Однако интерпретация результатов этих исследований до настоящего времени является предметом дискуссий. В связи с этим доплерометрические исследования внутриплацентарного кровотока при физиологической беременности особенно актуальны.

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить во второй половине физиологической беременности доплерометрические параметры внутриплацентарных сосудов центральной и периферической зон плаценты.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В отделении ультразвуковой диагностики ФГБУ «НИИАГ им. Д. О. Отта» СЗО РАМН обследовано 16 относительно здоровых беременных каждые 4 недели с 20 недель до родоразрешения. Критериями включения в исследование явились: одноплодная беременность, физиологическое ее течение. При каждом посещении проводили стандартное акушерское обследование, ультразвуковое исследование, включающее фетометрию, доплерометрию кровотока в основных артериях функциональной системы мать–плацента–плод, доплеров-

Таблица 1

## Показатели внутриплацентарного кровотока на протяжении второй половины физиологической беременности

| Срок беременности, нед. | Показатель | Участок плаценты |                 |              |
|-------------------------|------------|------------------|-----------------|--------------|
|                         |            | краевой          | парацентральный | центральный  |
| 20<br>(n=5)             | VI         | 4,83±2,20        | 1,99±0,67       | 4,33±1,99    |
|                         | FI         | 27,83±1,0        | 26,73±2,02      | 26,82±1,81   |
|                         | VFI        | 1,47±0,72        | 0,60±0,22       | 1,29±0,63    |
| 24<br>(n=9)             | VI         | 3,32±0,80        | 7,66±2,06*      | 5,14±1,49    |
|                         | FI         | 28,54±1,46       | 29,51±1,29      | 30,98±2,65   |
|                         | VFI        | 0,98±0,23        | 2,36±0,64*      | 1,72±0,52    |
| 28<br>(n=9)             | VI         | 5,21±1,65        | 5,84±1,84       | 4,95±1,09    |
|                         | FI         | 31,05±1,95       | 32,76±1,47      | 32,80±2,28   |
|                         | VFI        | 1,90±0,65        | 2,12±0,73       | 1,69±0,42    |
| 32<br>(n=10)            | VI         | 3,74±0,81        | 5,03±1,15       | 7,49±1,28**  |
|                         | FI         | 34,03±1,87       | 35,45±1,78      | 40,78±1,60*° |
|                         | VFI        | 1,41±0,34        | 2,06±0,50       | 3,16±0,60*   |
| 36<br>(n=14)            | VI         | 6,57±1,17        | 8,46±1,77       | 10,21±2,07*  |
|                         | FI         | 33,68±0,87       | 35,93±1,43*     | 38,39±1,56*  |
|                         | VFI        | 2,28±0,42        | 3,40±0,94       | 4,11±0,88*   |
| 40<br>(n=7)             | VI         | 3,67±1,33        | 5,37±1,67*      | 10,49±2,30*° |
|                         | FI         | 31,71±1,88       | 34,24±1,23      | 43,92±4,50*  |
|                         | VFI        | 1,38±0,53        | 2,0±0,66*       | 5,01±1,43*   |

Примечание: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,001$  относительно краевого участка плаценты, ° $p < 0,05$  относительно парацентрального участка плаценты

ское исследование внутриплацентарного кровотока при объемной реконструкции изображения в центральном, двух парацентральных и двух краевых участках плаценты с расчетом индекса васкуляризации (VI), потокового индекса (FI) и васкуляризационно-потокового индекса (VFI) [6]. При анализе использовали средние значения указанных индексов из двух парацентральных и двух краевых участков плаценты.

Ультразвуковые исследования проводили на ультразвуковом диагностическом приборе Voluson-730 Expert (General Electric, США), оснащенный доплеровским блоком, позволяющим осуществлять триплексное сканирование: ультразвуковое изображение в В-режиме, цветное доплеровское картирование кровотока в исследуемом сосуде и одновременную регистрацию доплерограммы. Использовали трансабдоминальный мультислотный (5–9 МГц) конвексный датчик, работающий в импульсном режиме. Обработка изображений для расчета индексов VI, FI и VFI проводилась с помощью программы VOCAL.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием методов параметрической и непараметрической статистики. При сравнении парных (сопряженных) выборок использовали парный  $t_d$ -критерий (Стьюдента). Анализ зависимости между признаками проводили с помощью  $g$ -критерия Пирсона,

$g_s$ -критерия Спирмена и  $\chi^2$ -критерия Пирсона. Статистическая обработка материала выполнялась на ЭВМ с использованием стандартного пакета программ прикладного статистического анализа (Statistica for Windows v. 6.0). Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы (об отсутствии значимых различий или факторных влияний) принимали равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Сопоставление полученных значений каждого доплерометрического показателя внутриплацентарного кровотока (VI, FI, VFI), измеренного в разных участках плаценты (центральном, парацентральных, краевых), между собой ( $t_d$ -критерий) представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, с увеличением срока физиологически развивающейся беременности увеличивались различия показателей доплерометрического исследования внутриплацентарного кровотока между центром и периферией плацент. Сосудистый индекс (VI) и сосудисто-потоковый индекс (VFI) в парацентральных участках, являясь минимальными в 20 недель, в 24 — были выше, чем в краевых и центральном. В 28 недель эти показатели были примерно одинаковыми во всех участках плацент. А с 32-й недели беременности VI и VFI были наибольшими в центре плацент и наименьшими в периферии. Потоковый индекс (FI) изменялся примерно так же.

Таблица 2

Сопоставление показателей внутриплацентарного кровотока в краевых, парацентральных и центральных участках плаценты в III триместре физиологической беременности

| Сопоставляемые показатели   | $t_d$ | P      |
|-----------------------------|-------|--------|
| VI краев. и VI парацентр.   | 3,15  | 0,004  |
| VI краев. и VI центр.       | 5,44  | <0,001 |
| VI парацентр. и VI центр.   | 3,32  | 0,002  |
| FI краев. и FI парацентр.   | 2,56  | 0,016  |
| FI краев. и FI центр.       | 4,55  | <0,001 |
| FI парацентр. и FI центр.   | 3,40  | 0,002  |
| VFI краев. и VFI парацентр. | 2,89  | 0,007  |
| VFI краев. и VFI центр.     | 4,90  | <0,001 |
| VFI парацентр. и VFI центр. | 2,74  | 0,011  |

Далее мы сравнили значения каждого показателя внутриплацентарного кровотока в III триместре беременности в различных участках плаценты по  $t_d$ -критерию. Данные представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, в III триместре беременности значения каждого показателя в центральных, парацентральных, краевых участках плаценты были разными. Значения показателей между краевым и центральным участками различались в большей степени, чем между краевым и парацентральным и между парацентральным и центральным.

Регрессионные модели, отражающие зависимости значений VI, FI и VFI в разных участках плаценты от срока физиологической беременности представлены на рисунках 1, 2, 3.

Как видно из рисунков 1, 2 и 3, значения показателей FI в краевых, парацентральных и центральных участках плаценты, а также VI и VFI в центральных участках постепенно увеличивались на протяжении второй половины физиологической беременности.

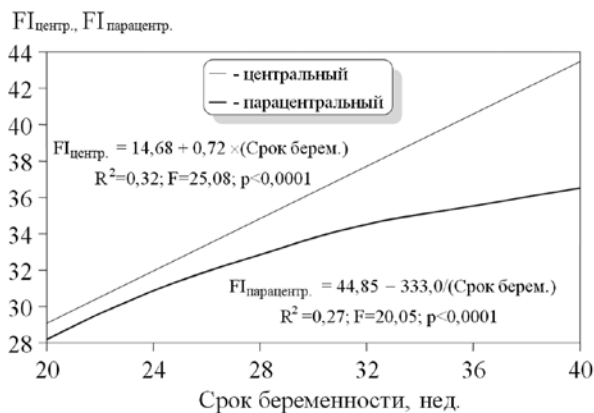


Рис. 2. Зависимость FI в центральных и парацентральных участках плаценты от срока физиологической беременности

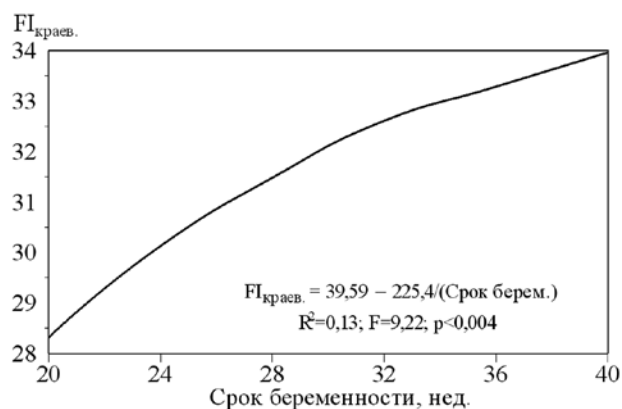


Рис. 1. Зависимость FI в краевых участках плаценты от срока физиологической беременности

Таким образом, с увеличением срока физиологической беременности наблюдается усиление плацентарного кровотока по всей площади плаценты, а улучшение васкуляризации — только в центре. Кроме того, нарастают различия доплерометрических показателей внутриплацентарного кровотока между центром и периферией с максимальными значениями в центре.

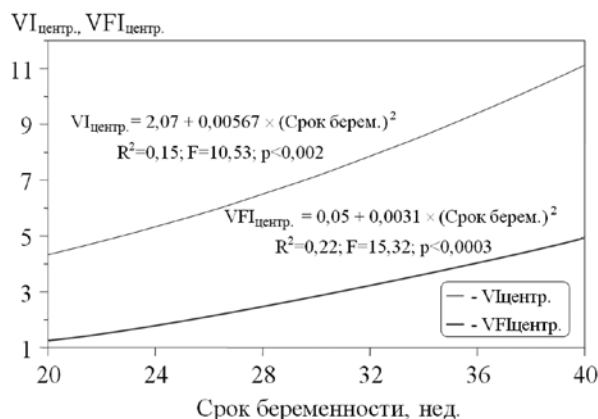


Рис. 3. Зависимость VI и VFI в центральных участках плаценты от срока физиологической беременности

## ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании было обнаружено, что с увеличением срока физиологически развивающейся беременности, вплоть до ее окончания, значения васкуляризационного (VI), потокового (FI) и васкуляризационно-потокового (VFI) индексов увеличивались. Эти данные количественно характеризуют степень возрастания плацентарного кровообращения с увеличением срока беременности, соответственно возрастающим потребностям плода, о чем свидетельствовали и другие экспериментально-клинические исследования, проведенные в отдельные сроки беременности другими авторами [1, 7]. Считают, что в патогенезе усиления кровообращения, наблюдающегося с увеличением срока беременности, играет роль возрастание просвета сосудов ворсинок и рост самой капиллярной сети плаценты.

Проведенное нами изучение параметров внутриплацентарного кровотока в центральной, парацентральной и периферической зонах плаценты и сравнительная их оценка в динамике беременности показало, что в центральной зоне плаценты значения потокового индекса (FI) с 20-й недели беременности до 40-й увеличивались в 1,6 раза, в парацентральной — в 1,3 раза, а в краевой — в 1,1 раза. Подобную реакцию усиления плацентарного кровотока до 33-й недели физиологической беременности описывали также М. Dubiel и соавторы (2005) [9]. Прямую корреляционную зависимость между потоковым индексом (FI) и сроком неосложненной беременности с 26-й по 35-ю неделю обнаружили также Н. А. Guimarães и соавторы (2010) [12]. По данным М. Dubiel и соавторов, после 33-й недели интенсивность плацентарного кровотока остается стабильной и прогрессивно уменьшается только после 38 недель беременности [9]. Авторы объясняли это снижение плацентарной перфузии перераспределением плодовой циркуляции. В нашем исследовании подобного снижения внутриплацентарного кровотока к концу беременности выявлено не было. Возможно, это объясняется кратностью наших исследований (1 раз в 4 недели), проведенных в конце беременности в 36 и в 40 недель.

В литературе имеются исследования, авторы которых указывают на разную функциональную значимость центральной и периферической зон плаценты [3, 5, 8]. Сопоставление активности ферментов глутатионзависимой антиоксидантной системы в центральной и периферической зонах каждой исследуемой плаценты проведено в работе Г. К. Парцалиса (2007). Автором не было получено достоверных различий в активности ферментов глутатионпероксидазы и глутатион-S-трансферазы между центральной и перифери-

ческой частями плаценты. Но при попытке создания математической модели для прогноза риска прерывания беременности оказалось, что активность этих ферментов в центральной части плаценты является наиболее значимой. По-видимому, это свидетельствует о том, что неблагоприятный перинатальный исход наиболее вероятен в тех случаях, когда нарушается функция центральной зоны [5]. В исследованиях Т. У. Кузьминых (1994) было показано, что при преждевременных родах в периферической зоне плаценты происходит повышение в два раза интенсивности свободнорадикального окисления по сравнению со срочными родами [3].

Результаты нашего исследования позволили количественно охарактеризовать особенности внутриплацентарного кровотока в разных участках плаценты: центральном, парацентральных и периферических. Результаты показали, что в 20 недель беременности интенсивность кровотока во всех участках плаценты была одинаковой. Во II половине физиологической беременности с увеличением ее срока различия между зонами плаценты (центральной, парацентральной, периферической) нарастали. В эти сроки максимальные значения индексов (VI, FI, VFI) были в центральных участках плацент, минимальные — в краевых, соответственно, промежуточные — в парацентральных участках. Наши данные согласуются с результатами, полученными R. Negrini и соавторами (2010), которые обнаружили подобные же различия в эти сроки беременности, однако проводили их оценку только в центральной и периферической зонах плаценты [8]. Следовательно, можно говорить о том, что во II половине беременности функциональное значение зон плаценты не одинаково: центральная зона приобретает ведущее значение, что подтверждается количественными характеристиками индексов внутриплацентарного кровотока.

Таким образом, полученные результаты позволили установить, что во II половине физиологической беременности центральная зона плаценты является наиболее функционально значимой. Усиление васкуляризации в ней, наблюдающееся с увеличением срока беременности, обеспечивает нарастание интенсивности кровообращения во всей плаценте.

## Литература

1. Гармашева Н. Л. Плацентарное кровообращение. — Л.: Медицина, 1967. — 244 с.
2. Доплерография в акушерстве / ред. М. В. Медведев, А. Курьяк, Е. В. Юдина. — М.: Реальное время, 1999. — 160 с.
3. Кузьминых Т. У. Свободнорадикальное окисление и иммуноромфологические изменения в плаценте и внеплацент-

- тарных оболочках при преждевременных родах: автореф. дис... канд. мед. наук. — СПб., 1994. — 21 с.
4. *Отурина В. С.* Задержка развития плода — современные подходы к диагностике // Журнал акушерства и женских болезней. — 2010. — Т. LIX, № 5. — С. 89–94.
  5. *Парцалис Г. К.* Комплексная оценка гемодинамической и детоксицирующей функции плаценты при невынашивании беременности: автореф. дис... канд. мед. наук. — СПб., 2007. — 25 с.
  6. Роль трехмерного доплеровского исследования внутривенного кровотока в оценке эффективности инфузионной терапии плацентарной недостаточности / Л. И. Титченко, В. И. Краснопольский, В. А. Туманова [и др.] // Акушерство и гинекология. — 2003. — № 5. — С. 16–20.
  7. *Assali N. S., Rauramo L., Peltonen T.* Measurement of uterine blood flow and uterine metabolism, VIII. Uterine and fetal blood flow and oxygen consumption in early human pregnancy // *Am. J. Obstet. Gynecol.* — 1960. — Vol. 79. — P. 86–98.
  8. Assessment of placental blood flow between 22 and 34 weeks of gestation by 3D-sonography power Doppler vascular indices / R. Negrini, L. C. de Silva Bussamra, L. da Silva Val-ladão de Freitas [et al.] // *Arch. Gynecol. Obstet.* — 2010. — Vol. 284, N 1. — P. 53–57.
  9. Computer analysis of three-dimensional power angiography images of foetal cerebral, lung and placental circulation in normal and high-risk pregnancy / M. Dubiel, G. H. Breborowicz, M. Ropacka [et al.] // *Ultrasound Med. Biol.* — 2005. — Vol. 31, N 3. — P. 321–327.
  10. Development of three-dimensional power Doppler ultrasound imaging of fetoplacental vasculature / A. W. Welsh, K. Humphries, D. O. Cosgrove [et al.] // *Ultrasound Med. Biol.* — 2001. — Vol. 27, N 9. — P. 1161–1170.
  11. *Lachmann R., Poon L. C., Nicolaidis K. H.* Hypertensive disorders in pregnancy: screening by uterine artery Doppler and blood pressure at 11–13 weeks // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* — 2009. — Vol. 34, suppl. 1. — P. 37.
  12. Placental blood flow measured by three-dimensional power Doppler ultrasound at 26 to 35 weeks gestation in normal pregnancies / H. A. Guimarães Filho, E. Araujo Júnior, R. Mattar [et al.] // *J. Matern. Fetal Neonatal Med.* — 2010. — Vol. 23, N 1. — P. 69–73.
  13. Qualitative assessment of uteroplacental blood flow: early screening test for high-risk pregnancies / S. Campbell, J. M. Pearce, G. Hackett [et al.] // *Obstet. Gynecol.* — 1986. — Vol. 68, N 5. — P. 649–653.
  14. Transvaginal Doppler ultrasound of the uteroplacental circulation in the early prediction of pre-eclampsia and intrauterine growth retardation / K. Harrington, R. G. Carpenter, C. Goldfrad [et al.] // *Br. J. Obstet. Gynaecol.* — 1997. — Vol. 104. — P. 674–681.

Статья представлена Э. К. Айламазяном,  
ФГБУ «НИИАГ им. Д. О. Отта» СЗО РАМН,  
Санкт-Петербург

#### INTRAPLACENTAL BLOOD FLOW FEATURES IN PHYSIOLOGICAL PREGNANCY

Zakurina A. N., Pavlova N. G.

■ **Summary:** The article presents data of intraplacental blood flow three-dimensional power Doppler indexes in different placental zones in the second half of physiological pregnancy. We described results of comparison three-dimensional power Doppler indexes of intraplacental vessels in different placental zones at odds.

■ **Key words:** three-dimensional power Doppler indexes; intraplacental blood flow; placental zones.

#### ■ Адреса авторов для переписки

*Закурина Анна Николаевна* — к. м. н., научный сотрудник лаборатории физиологии и патофизиологии плода с отделением ультразвуковой диагностики. ФБГУ «НИИАГ им. Д. О. Отта» СЗО РАМН. 199034, Россия, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, д. 3.  
**E-mail:** zakurina-anna@mail.ru.

*Zakurina Anna Nikolayevna* — PhD, research assistant, the laboratory of physiology and a pathophysiology of a fetus, the unit of ultrasonic diagnostics. D. O. Ott Research Institute of Obstetrics and Gynecology, RAMS. 199034, St. Petersburg, Mendeleyevskaya Line, 3, Russia.  
**E-mail:** zakurina-anna@mail.ru.

*Павлова Наталья Григорьевна* — д. м. н., профессор, руководитель лаборатории физиологии и патофизиологии плода с отделением ультразвуковой диагностики. ФБГУ «НИИАГ им. Д. О. Отта» СЗО РАМН. 199034, Россия, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, д. 3. **E-mail:** ngp05@yandex.ru.

*Pavlova Natalya Grigoryevna* — MD, professor, head of the laboratory of physiology and a pathophysiology of a fetus, the unit of ultrasonic diagnostics. D. O. Ott Research Institute of Obstetrics and Gynecology, RAMS. 199034, St. Petersburg, Mendeleyevskaya Line, 3, Russia.  
**E-mail:** ngp05@yandex.ru.