

ПОКАЗАТЕЛИ КРОВОТОКА В АРТЕРИЯХ МАТОЧНО-ПЛАЦЕНТАРНОЙ И ПЛОДОВО- ПЛАЦЕНТАРНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ НОРМАЛЬНО РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ БЕРЕМЕННОСТИ

В исследовании проведен анализ изменений уровня сосудистого сопротивления в маточно-плацентарном и плодово-плацентарном бассейнах функциональной системы мать-плацента-плод. С помощью доплерометрии произведена оценка величин систоло-диастолического отношения и пульсационного индекса кровотока в маточных артериях и в артерии пуповины, аорте, средней мозговой и почечной артериях у 185 плодов с 8-й по 40-ю неделю неосложненной беременности. В маточных артериях и артерии пуповины происходило снижение величин СДО и ПИ. В средней мозговой артерии показатели ПИ и СДО увеличивались с 20-й по 30-ю неделю, а затем снижались к 40-й неделе. В аорте плода не наблюдалось изменений в величинах индексов сосудистого сопротивления на протяжении второй половины гестации. В почечной артерии выявлено достоверное снижение ПИ на протяжении всей беременности.

Основой нормального роста и развития плода является адекватное его потребностям кровообращение в фетоплацентарной системе. В настоящее время одним из наиболее информативных методов оценки кровотока у плода и в плаценте является доплерометрическое исследование.

Цель исследования: анализ изменений уровня сосудистого сопротивления в маточно-плацентарном и плодово-плацентарном бассейнах функциональной системы мать-плацента-плод.

Материалы и методы исследования

С помощью цветного доплеровского картирования (ALOKA SSD-2000) произведена оценка величин качественных показателей кровотока в маточных артериях и в аорте, средней мозговой, пупочной и почечной артериях у 185 плодов с 8-й по 40-ю неделю неосложненной беременности. При этом использовали систоло-диастолическое отношение (СДО) и пульсационный индекс (ПИ). СДО — отношение между максимальной систолической (А) и максимальной диастолической (В) скоростями кровотока: $СДО = A/B$. ПИ — отношение разницы максимальной систолической (А) и конечно-диастолической (В) скоростей к средней скорости кровотока (М): $ПИ = A - B/M$. Систо-диастолическое отношение и пульсационный индекс отражают состояние резистентности периферической части сосудистого русла для маточных артерий и артерии пуповины, аорты, средней мозговой и почечной артерий плода.

Артерию пуповины исследовали в средней ее части на достаточном удалении от места ее

вхождения как в плаценту, так и в брюшную полость плода. Среднюю мозговую артерию изучали в плоскости основания черепа, представленной сечением ствола мозга. На этом уровне выявляли сосуды артериального круга большого мозга. В передней части ножек мозга определяли основную артерию мозга, а кпереди — внутреннюю сонную артерию и ее деление на переднюю и среднюю мозговые артерии. Аорту плода исследовали в нисходящей части грудного отдела. Почечную артерию определяли при продольном сканировании в месте отхождения от аорты плода. Кровоток регистрировали на участке от аорты до ворот почки. Маточные артерии визуализировали при продольном сканировании стенки малого таза. После определения области бифуркации общей подвздошной артерии, датчик перемещали к боковой стенке матки до получения изображения маточной артерии.

Результаты исследования

Величины СДО и ПИ в исследованных сосудах представлены в табл. 1, 2 и 3. В маточных артериях и артерии пуповины происходило достоверное снижение величин качественных показателей. При этом наибольшие темпы изменений были характерны для первой половины беременности. Особенностью исследования кровотока в средней мозговой артерии явилось некоторое увеличение ПИ и СДО с 20-й по 30-ю неделю, а затем снижение к 40-й неделе беременности. В аорте плода не наблюдалось существенных изменений в величинах индексов сосудистого сопротивления на протяжении второй половины гестации. В почечной артерии происходило достоверное сниже-

Величины систоло-диастолического отношения (СДО) и пульсационного индекса (ПИ) в артерии пуповины и маточных артериях в зависимости от срока беременности ($M \pm m$).

Срок беременности, нед	N	Артерия пуповины		Маточные артерии	
		СДО	ПИ	СДО	ПИ
До 10	36	—	$2,93 \pm 0,05$	$2,91 \pm 0,05$	$1,16 \pm 0,02$
11–12	20	—	$2,77 \pm 0,05$	$2,90 \pm 0,06$	$1,17 \pm 0,03$
13–14	15	—	$2,24 \pm 0,04$	$2,85 \pm 0,08$	$1,15 \pm 0,05$
15–16	17	$6,76 \pm 0,28$	$1,85 \pm 0,08$	$2,50 \pm 0,06$	$1,04 \pm 0,03$
17–18	20	$5,28 \pm 0,19$	$1,68 \pm 0,07$	$2,13 \pm 0,06$	$0,91 \pm 0,02$
19–20	14	$4,38 \pm 0,20$	$1,49 \pm 0,12$	$2,13 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,03$
21–22	18	$3,75 \pm 0,13$	$1,24 \pm 0,05$	$2,12 \pm 0,05$	$0,78 \pm 0,02$
23–24	22	$3,43 \pm 0,12$	$1,21 \pm 0,04$	$2,10 \pm 0,04$	$0,77 \pm 0,07$
25–26	21	$3,24 \pm 0,13$	$1,20 \pm 0,04$	$2,09 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,02$
27–28	17	$3,23 \pm 0,14$	$1,19 \pm 0,03$	$2,01 \pm 0,04$	$0,73 \pm 0,16$
29–30	14	$2,65 \pm 0,10$	$0,97 \pm 0,03$	$1,87 \pm 0,06$	$0,70 \pm 0,02$
31–32	14	$2,65 \pm 0,11$	$0,95 \pm 0,03$	$1,84 \pm 0,05$	$0,70 \pm 0,02$
33–34	14	$2,39 \pm 0,10$	$0,85 \pm 0,03$	$1,84 \pm 0,05$	$0,68 \pm 0,01$
35–36	15	$2,35 \pm 0,08$	$0,85 \pm 0,03$	$1,71 \pm 0,05$	$0,57 \pm 0,01$
37–38	14	$2,35 \pm 0,10^*$	$0,82 \pm 0,03^{**}$	$1,82 \pm 0,05^*$	$0,62 \pm 0,01^{**}$
39–40	14	$2,47 \pm 0,08$	$0,84 \pm 0,02$	$1,95 \pm 0,03^{***}$	$0,68 \pm 0,01^{****}$

* — $p < 0,001$ по сравнению с плодами в 15–16 недель беременности; ** — $p < 0,001$ по сравнению с плодами до 10 недель беременности; *** — $p < 0,05$ по сравнению с плодами в 37–38 недель беременности; **** — $p < 0,001$ по сравнению с плодами в 37–38 недель беременности

ние ПИ на протяжении всей беременности, что свидетельствовало о снижении сопротивления в почечных сосудах в ходе нормального развития плода.

Обсуждение

Снижение величин качественных показателей кровотока в маточных артериях обусловлено уменьшением сопротивления потоку крови в маточно-плацентарном бассейне вследствие физиологических гестационных изменений в стенках спиральных артерий, которые происходят в период первой и второй волны инвазии цитотрофобласта, приводящие к деструкции стенки спиральных артерий. Концевые участки этих артериол уже с 13 недель беременности характеризует гипертрофия эндотелиальных клеток, дегенерация мышечного слоя и фибриноидный некроз. В результате этого оболочка сосудов оказывается полностью лишенной гладкомышечных элементов и теряет способность сокращаться, увеличивается их

просвет. Изменения величин качественных показателей кровотока в артерии пуповины определяются снижением сопротивления кровотоку в плодово-плацентарном бассейне, что связано с процессом васкуляризации концевых ворсин хориона [1, 2].

Снижение качественных показателей кровотока в аорте плода обусловлено, с одной стороны, снижением сосудистого сопротивления в ткани плаценты, а с другой — изменением сосудистой резистентности в органах плода. Сведений о динамике изменений органичного кровообращения в ходе внутриутробного развития плода недостаточно. Так, например, наши данные свидетельствуют о снижении внутрипочечного сопротивления у плода в течение физиологической беременности. По-видимому, внутрипочечное сосудистое сопротивление меняется по мере анатомического созревания новых нефронов и увеличения перфузии наружной зоны почечной коры. Так, по данным Jose P. A. и соавт. [4], Kleinman L. J. и соавт.

[5], Olbing H. и соавт. [6], в почках плода меньшая часть общего притока крови направляется к поверхностным нефронам. Это, возможно, объясняется тем, что у плода поверхностные нефроны по сравнению с юстамедуллярными анатомически менее зрелые, и, по-видимому, требуют меньшего притока крови. Авторы считают, что более низкий приток крови к поверхностным нефронам указывает на наличие здесь более высокого сосудистого сопротивления по сравнению с более глубокими слоями почки. За счет подобного распределения крови в почке анатомически более зрелые нефроны находятся в оптимальных условиях доставки кислорода и необходимых энергетических веществ. Вероятно, в почках плода возможна функциональная компенсация анатомической незрелости нефронов путем оптимального перераспределения в них кровотока: кровь, поступающая в почки, идет в наиболее анатомически зрелые нефроны. В основном нефрогенез завершается

Величины систоло-диастолического отношения (СДО) и пульсационного индекса (ПИ) в средней мозговой артерии и аорте у плода в зависимости от срока беременности ($M \pm m$)

Срок беременности, нед.	Средняя мозговая артерия			Аорта		
	N	СДО	ПИ	N	СДО	ПИ
До 10	25	—	$2,83 \pm 0,06$	30	—	$3,17 \pm 0,04$
11–12	20	—	$2,44 \pm 0,10$	20	—	$3,06 \pm 0,05$
13–14	15	—	$1,91 \pm 0,07$	15	—	$2,82 \pm 0,05$
15–16	17	$5,70 \pm 0,35$	$1,87 \pm 0,10$	17	$8,24 \pm 0,63$	$2,43 \pm 0,04$
17–18	20	$5,68 \pm 0,14$	$1,77 \pm 0,07$	20	$7,51 \pm 0,25$	$2,20 \pm 0,03$
19–20	14	$5,46 \pm 0,24$	$1,69 \pm 0,08^{**}$	14	$6,25 \pm 0,27$	$2,00 \pm 0,05^{***}$
21–22	18	$5,08 \pm 0,43$	$1,77 \pm 0,08$	18	$6,48 \pm 0,35$	$2,06 \pm 0,05$
23–24	22	$5,73 \pm 0,71$	$1,86 \pm 0,01$	22	$6,46 \pm 0,41$	$2,05 \pm 0,03$
25–26	21	$5,93 \pm 0,24$	$1,94 \pm 0,09$	21	$6,38 \pm 0,19$	$2,10 \pm 0,04$
27–28	17	$5,91 \pm 0,28$	$1,84 \pm 0,10$	17	$6,74 \pm 0,22$	$2,14 \pm 0,04$
29–30	14	$6,21 \pm 0,24$	$1,80 \pm 0,05$	14	$6,62 \pm 0,19$	$2,06 \pm 0,04$
31–32	14	$6,11 \pm 0,29$	$1,78 \pm 0,06$	14	$6,40 \pm 0,21$	$2,11 \pm 0,08$
33–34	14	$5,90 \pm 0,41$	$1,70 \pm 0,10$	14	$6,51 \pm 0,21$	$2,14 \pm 0,07$
35–36	15	$6,00 \pm 0,27$	$1,68 \pm 0,06$	15	$6,70 \pm 0,49$	$2,15 \pm 0,05$
37–38	14	$5,04 \pm 0,20$	$1,60 \pm 0,08$	14	$6,33 \pm 0,37$	$2,00 \pm 0,07$
39–40	14	$5,00 \pm 0,2^{\wedge}$	$1,61 \pm 0,06$	14	$6,80 \pm 0,27^{\wedge\wedge}$	$1,85 \pm 0,05$

\wedge — $p < 0,02$ по сравнению с плодами в 15–16 недель беременности; $***$ — $p < 0,001$ по сравнению с плодами до 10 недель беременности; $\wedge\wedge$ — $p < 0,005$ по сравнению с плодами в 15–16 недель беременности

только к 35–36 неделе беременности [3].

Полученные данные о величинах качественных показателей кровотока в артерии пуповины, аорте, средней мозговой, почечной артериях у плода и в маточной артерии при нормально развива-

ющейся беременности позволяют выявить изменения сосудистого сопротивления в маточно-плацентарном и плодово-плацентарном бассейнах функциональной системы мать-плацента-плод при осложненном течении беременности.

Таблица 3

Величина пульсационного индекса (ПИ) в почечной артерии у плода во второй половине неосложненной беременности ($M \pm m$)

Срок беременности, нед.	N	$M \pm m$
21–22	6	$2,43 \pm 0,12$
23–24	5	$2,14 \pm 0,10$
25–26	3	$2,18 \pm 0,11$
27–28	4	$2,21 \pm 0,10$
29–30	6	$2,21 \pm 0,12$
31–32	3	$2,24 \pm 0,12$
33–34	5	$1,99 \pm 0,07^*$
35–36	5	$2,03 \pm 0,04$
37–38	6	$1,91 \pm 0,05^{**}$
39–40	7	$1,98 \pm 0,07^{**}$

* — по сравнению с 21–22 неделями беременности

Литература

1. Милованов А. П. Патология системы мать-плацента-плод. М.: Медицина, 1999. — 446 с.
2. Федорова М. В., Калашникова Е. П. Плацента и ее роль при беременности. — М.: Медицина, 1986. — 256 с.
3. Поттер Э. Патологическая анатомия плодов и детей раннего возраста. — М.: Медицина, 1971. — 344 с.
4. Jose P. A., Logan A. G., Slotkoff L. M., Calcagno P. K. Intrarenal blood flow distribution in canine puppies//Pediatr. Res. — 1971. — Vol. 5. — P. 335–344.
5. Kleiman L. J. The kidney//Prenatal Physiology/Ed. U. Stave. — New-York, London: Plenum Medical Book, 1979. — P. 589–616.
6. Olbing H., Blaufox M. D., Aschinger L. G., Silkalus G. Postnatal changes in renal glomerular blood flow distribution in puppies//J. Clin. Invest. — 1973. — Vol. 52. — P. 2885–2895.