

doi: 10.17116/rosakush201616454-60

Особенности гемодинамики в артерии пуповины у беременных с сахарным диабетом и у здоровых беременных

Асп. Л.Б. ЕРМАКОВА, к.м.н. С.Н. ЛЫСЕНКО, д.м.н. М.А. ЧЕЧНЕВА, д.м.н., проф. В.А. ПЕТРУХИН, д.м.н. Ф.Ф. БУРУМКУЛОВА

ГБУЗ МО «Московский научно-исследовательский институт акушерства и гинекологии» (дир. — акад. РАН, проф. В.И. Краснопольский) Минздрава Московской области, Москва, Россия

Цель исследования — выявление особенностей гемодинамики в артерии пуповины при диабетической фетопатии для оптимизации диагностики состояния плода. **Материал и методы.** Проведено доплерометрическое исследование гемодинамики в артерии пуповины в сроки беременности 30—39 нед у 178 плодов здоровых беременных с физиологически протекающей беременностью — 1-я группа (контрольная) и у 162 плодов беременных с сахарным диабетом (2-я группа, основная). Основная группа была разделена на две подгруппы: подгруппу 2а — 65 плодов без диабетической фетопатии (при наличии сахарного диабета у матери); подгруппу 2б — 97 плодов с диабетической фетопатией. Оценивались индексы периферической сосудистой резистентности, пиковый и средний градиенты давления, минутный объем крови в артерии пуповины, процент его от минутного объема левого желудочка сердца плода, интегральный коэффициент упругости стенки артерии пуповины. **Результаты.** Во всех группах отмечено снижение индексов периферического сосудистого сопротивления по мере увеличения срока беременности и роста плода. У беременных контрольной группы пиковый и средний градиенты давления, минутный объем крови и коэффициент упругости стенки артерии пуповины увеличивались по мере роста плода до срока беременности 30—31 нед, затем до срока доношенной беременности эти показатели не изменялись. Доля минутного объема крови в артерии пуповины от минутного объема крови левого желудочка сердца плода не изменялась в течение всей беременности. Характерной особенностью гемодинамики в артерии пуповины у плодов беременных с сахарным диабетом и ультразвуковыми признаками диабетической фетопатии является увеличение минутного объема крови пикового и среднего градиентов давления, коэффициента упругости сосудистой стенки после 32—34 нед гестации с максимальными значениями этих показателей в сроке беременности 38—39 нед. **Заключение.** Изменения показателей гемодинамики в артерии пуповины при диабетической фетопатии может быть использовано при оценке степени ее тяжести.

Авторы информируют об отсутствии конфликта интересов.

Ключевые слова: особенности гемодинамики в артерии пуповины, здоровые беременные, беременные с сахарным диабетом.

Umbilical artery hemodynamic features in diabetic and healthy pregnant women

L.B. ERMAKOVA Postgraduate Student; S.N. LYSENKO, Cand. Med. Sci.; M.A. CHECHNEVA, MD; Prof. V.A. PETRUKHIN, MD; F.F. BURUMKULOVA, MD

Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology, Ministry of Health of the Moscow Region, Moscow, Russia

Objective — to reveal umbilical artery hemodynamic features in diabetic fetopathy for optimizing the diagnosis of the fetal state. **Material and methods.** Doppler study of umbilical artery hemodynamics was conducted at 30—39 weeks' gestation in 178 fetuses from healthy women with physiological pregnancy (Group 1 (a control group)) and in 162 fetuses from diabetic pregnant women (Group 2 (a study group)). The study group was divided into two subgroups. Subgroup 2a included 65 fetuses without diabetic fetopathy (in the presence of maternal diabetes mellitus) and Subgroup 2b comprised 97 fetuses with diabetic fetopathy. Peripheral vascular resistance indices, peak and mean pressure gradients, the blood minute volume in the umbilical artery, the percentage of that in the fetal left ventricle, and integral coefficient of umbilical artery wall elasticity were estimated. **Results.** All the groups showed a decrease in peripheral vascular resistance indices with longer pregnancy and fetal growth. In the control pregnant women, the peak and mean pressure gradients, blood minute volume in the umbilical artery and its wall elasticity coefficient increased with fetal growth prior to pregnancy weeks 30—31; then these indicators were unchanged at full-term pregnancy. The ratio of the blood minute volume in the umbilical artery to that in the fetal left ventricle remained unchanged throughout pregnancy. The umbilical artery hemodynamic characteristics in the fetuses from pregnant women with diabetes mellitus and ultrasound signs of diabetic fetopathy were increases in blood minute volume, peak and mean pressure gradients, and vascular wall elasticity coefficient after 32—34 weeks' gestation with the maximum values of these indicators at 38—39 weeks. **Conclusion.** Umbilical artery hemodynamic changes in diabetic fetopathy may be used to evaluate its severity.

The authors declare no conflicts of interest.

Keywords: umbilical artery hemodynamic features, healthy pregnant women, diabetic pregnant women.

Артерии пуповины наряду с веной пуповины — магистральные сосуды, обеспечивающие контакт плода с орга-

низмом матери и его жизнедеятельность. Ввиду этого изучение состояния гемодинамики в сосудах пуповины при

наличия сахарного диабета (СД) у матери представляет значительный интерес. Основным методом изучения кровообращения является доплерометрическое (ДМ) исследование, которое позволяет неинвазивно, объективно и экономически доступно оценить его состояние в сосудах плаценты и плода. Одним из наиболее изученных сосудов является артерия пуповины (АП), для которой единственным периферическим руслом служит микроваскулярная сеть плодовой части плаценты. В норме показатели сосудистого сопротивления в обеих АП приблизительно одинаковы [1], ввиду того что практически в корне пуповины обе артерии анастомозируют [2]. Существует тесная связь между скоростью кровотока в АП и его объемными параметрами [3]. При нормально протекающей беременности имеется устойчивый рост минутного объема крови (МО) в АП. Отношение ученых к гемодинамическим изменениям в маточно-плацентарной и плодово-плацентарной системах при СД неоднозначное. Ряд исследователей [4] указывают, что ДМ-исследование плодовой гемодинамики (ГД) имеет небольшое значение в изучении риска нарушений состояния плода при беременности, осложненной только СД. Другие [5] считают, что использование ДМ-исследования в АП полезно для контроля, но его показатели не являются надежным предиктором неблагоприятных перинатальных исходов. Многие исследователи [6] не столь критичны. Большинство изменений плодово-плацентарной ГД при СД выявлены в начале II триместра беременности, встречаются в 1,5 раза чаще и более выражены при скрытой форме СД или его лабильном течении. Наиболее показательным параметром при ДМ-исследовании у беременных с СД является индекс резистентности (ИР) в АП [7]. По мере нарастания тяжести ДФ у плода наблюдается повышение сосудистой резистентности в АП [8]. При СД практически в 100% наблюдений в различные сроки беременности выявлено снижение плацентарной перфузии с нарастанием морфологических изменений в плаценте. При выраженных изменениях происходит увеличение систолиадиастолического отношения (СДО) в АП более чем на 40%. Неблагоприятным признаком начальных нарушений состояния плода у беременных с СД является повышение СДО в АП более 2,8 [9].

Цель исследования — выявление особенностей гемодинамики в АП у плодов с диабетической фетопатией для оптимизации диагностики состояния плода.

Материал и методы

Для достижения поставленной цели нами проведено доплерометрическое исследование состояния ГД в АП у 178 плодов здоровых беременных с физиологически протекающей беременностью — 1-я группа (контрольная) и у 162 плодов беременных с СД — 2-я группа (основная). Основная группа была разделена на две подгруппы. В подгруппу 2а вошли 65 плодов без ультразвуковых признаков диабетической фетопатии и подгруппу 2б — 97 плодов с ультразвуковыми признаками диабетической фетопатии в сроках беременности от 30 до 39 нед без признаков гипоксии по данным других методов исследования. Анализ гемодинамики в артерии пуповины включал исследование индексов периферической сосудистой резистентности (СДО, ИР и пульсационный индекс — ПИ), пикового (давление в сосуде в момент пика систолической волны в данном сегменте сосуда) и среднего (давление в данном сегменте сосуда в среднее время подъема систолической

волны) градиентов давления, МО в пуповинной артерии, процента его от минутного объема крови левого желудочка сердца плода, интегрального коэффициента упругости стенки АП (показатель отношения пикового градиента давления к градиенту скорости кровотока). Для описания распределения количественных признаков использованы медиана (Me) и интерквартильный интервал (Q_1-Q_3).

Исследование проведено с использованием ультразвуковых аппаратов Accuvix XQ и Accuvix V20 компании «Samsung-Medison» (Южная Корея).

Результаты и обсуждение

В нашем исследовании состояние гемодинамики в АП в 1-й группе характеризовалось следующими параметрами. Основные индексы сосудистой резистентности (СДО, ИР и ПИ) по мере увеличения срока беременности прогрессивно снижались: СДО (медиана) 4,01 в 16–17 нед, 2,60 в 30–31 нед беременности и до 2,23 в 40 нед (**табл. 1**); ИР (медиана) от 0,82 в 14–15 нед беременности до 0,61 в 30–31 нед беременности и до 0,55 в 40 нед (**табл. 2**); медиана ПИ от 1,72 в 14–15 нед до 0,94 в 30–31 нед беременности и до 0,82 в 40 нед (**табл. 3**). Эти данные согласуются с мнением других ученых [10, 11]. Снижение резистентности в АП, вероятно, связано с ростом плаценты и возрастанием ее сосудистой сети по мере прогрессирования физиологической беременности.

Пиковый и средний градиенты давления в АП по мере роста плода увеличивались до срока 30–31 нед. Медиана пикового градиента в 16–17 нед составляла 0,32 мм рт.ст. (**табл. 4**), а среднего градиента — 0,13 мм рт.ст. (**табл. 5**). В 30–31 нед медиана пикового градиента составляла 0,88 мм рт.ст., среднего градиента давления $0,40 \pm 0,22$ мм рт.ст. Затем до срока доношенной беременности эти показатели оставались без существенных изменений с некоторым снижением (до 18% относительно предыдущего срока) в 34–35 нед и некоторым повышением в 40 нед беременности. При сопоставлении градиентов давления с показателями сократимости сердца плода оказалось, что динамика их похожа на динамику коэффициента сократимости межжелудочковой перегородки, который также в 34–35 нед снижался на 25% относительно предыдущего срока. Однако линейной корреляции между этими показателями в 34–35 нед не выявлено. С фракцией укорочения и фракцией выброса левого желудочка плода корреляции также не выявлено.

Медиана МО в АП в контрольной группе по мере развития беременности и закономерно увеличивалась (**табл. 6**) с 4,42 (3,32–5,04) мл/мин в 14–15 нед до 77,24 (62,05–106,5) мл/мин в 30–31 нед беременности и до 98,92 (66,01–127,5) мл/мин в 40 нед, что также свидетельствовало об увеличении объема сосудистого русла плаценты и объясняло снижение ИР. Несмотря на рост объемных показателей кровотока в пуповине, доля МО в АП от МО левого желудочка сердца оставалась постоянной в разные сроки беременности (21,30–29,61) (**табл. 7**). Корреляционный анализ между этими показателями выявил умеренную положительную корреляцию. Линейный коэффициент корреляции составил 0,34–0,53. Такая умеренная величина коэффициента корреляции, на наш взгляд, связана с тем, что объем крови, поступающий в аорту плода, а затем и в АП, является суммой объемов выброса левого желудочка и части выброса правого желудочка через артериальный (боталлов) проток.

Таблица 1. Показатели систолодиастолического отношения в артерии пуповины у беременных обследованных групп, Ме (Q_1-Q_3)

Группа	Срок беременности, нед															
	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40		
Контрольная	5,54 (4,51- 29,5)	4,01 (3,37- 5,180)	3,53 (3,06- 4,01)	3,17 (2,82- 4,26)	2,90 (2,68- 3,39)	3,19 (2,73- 3,64)	2,69 (2,45- 3,10)	2,70 (2,39- 3,12)	2,60 (2,33- 2,83)	2,54 (2,29- 2,91)	2,48 (2,13- 2,77)	2,31 (1,98- 2,39)	2,15 (1,94- 2,38)	2,23 (2,10- 2,45)		
Основная: подгруппа 2а									2,34 (2,22- 2,86)	2,63 (2,35- 3,02)	2,74 (2,23- 2,95)	2,31 (2,09- 2,67)	2,21 (2,14- 2,35)			
подгруппа 2б								2,94 (2,57- 3,26)	2,46 (2,33- 2,71)	2,37 (2,07- 2,76)	2,22 (2,06- 2,58)	2,18 (2,03- 2,41)				

Таблица 2. Индекс резистентности в артерии пуповины у беременных обследованных групп, Ме (Q_1-Q_3)

Группа	Срок беременности, нед															
	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40		
Контрольная	0,82 (0,78- 0,97)	0,75 (0,70- 0,81)	0,72 (0,67- 0,75)	0,68 (0,65- 0,76)	0,66 (0,63- 0,71)	0,69 (0,63- 0,72)	0,63 (0,59- 0,67)	0,63 (0,58- 0,67)	0,61 (0,57- 0,64)	0,61 (0,56- 0,66)	0,60 (0,53- 0,64)	0,57 (0,49- 0,58)	0,53 (0,48- 0,58)	0,55 (0,52- 0,59)		
Основная: подгруппа 2а									0,57 (0,54- 0,65)	0,62 (0,57- 0,66)	0,64 (0,55- 0,66)	0,57 (0,52- 0,62)	0,55 (0,54- 0,57)			
подгруппа 2б								0,66 (0,61- 0,69)	0,59 (0,57- 0,63)	0,58 (0,51- 0,64)	0,58 (0,51- 0,64)	0,55 (0,51- 0,61)	0,54 (0,50- 0,58)			

Таблица 3. Пульсационный индекс в артерии пуповины у беременных обследованных групп, Ме (Q_1-Q_3)

Группа	Срок беременности, нед															
	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40		
Контрольная	1,72 (1,49- 2,41)	1,36 (1,25- 1,58)	1,23 (1,10- 1,45)	1,17 (1,02- 1,38)	1,06 (0,93- 1,18)	1,12 (0,96- 1,21)	0,98 (0,87- 1,09)	0,97 (0,87- 1,10)	0,94 (0,82- 1,05)	0,91 (0,83- 1,07)	0,89 (0,77- 1,04)	0,83 (0,69- 0,91)	0,77 (0,69- 0,90)	0,82 (0,75- 0,93)		
Основная: подгруппа 2а									0,84 (0,79- 1,00)	0,98 (0,87- 1,06)	1,00 (0,80- 1,05)	0,84 (0,74- 1,00)	0,83 (0,75- 0,94)			
подгруппа 2б								1,08 (0,93- 1,30)	0,86 (0,81- 1,00)	0,89 (0,74- 1,00)	0,89 (0,74- 1,00)	0,80 (0,72- 0,95)	0,80 (0,70- 0,93)			

Таблица 4. Пиковый градиент давления в артерии пуповины у беременных обследованных групп, мм рт.ст., Me (Q₁—Q₃)

Группа	Срок беременности, нед															
	14—15	16—17	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37	38—39	40		
Контрольная	0,42 (0,33— 0,59)	0,32 (0,26— 0,40)	0,31 (0,26— 0,50)	0,53 (0,42— 0,62)	0,51 (0,37— 0,62)	0,62 (0,51— 0,84)	0,61 (0,51— 0,89)	0,76 (0,67— 0,96)	0,88 (0,61— 1,06)	0,87 (0,59— 1,09)	0,72 (0,47— 0,98)	0,86 (0,71— 1,12)	0,87 (0,61— 1,24)	1,06 (0,72— 1,32)		
Основная: подгруппа 2а									0,63 (0,54— 1,06)	0,74 (0,45— 0,97)	0,72 (0,50— 0,82)	0,80 (0,59— 1,03)	0,72 (0,66— 0,95)			
подгруппа 2б									0,42 (0,36— 0,60)	0,74 (0,63— 1,19)	1,03 (1,21)**	0,81 (0,66— 1,37)	1,09 (0,80— 1,40)**			

Примечание. Здесь и в табл. 5: * — различие показателей с таковыми контрольной группы достоверно ($p < 0,05$); ** — различие показателей подгрупп 2а и 2б достоверно ($p < 0,05$).

Таблица 5. Средний градиент давления в артерии пуповины у беременных обследованных групп, мм рт.ст., Me (Q₁—Q₃)

Группа	Срок беременности, нед															
	14—15	16—17	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37	38—39	40		
Контрольная	0,16 (0,14— 0,20)	0,13 (0,10— 0,15)	0,13 (0,11— 0,19)	0,22 (0,16— 0,28)	0,21 (0,16— 0,27)	0,27 (0,21— 0,38)	0,30 (0,24— 0,42)	0,36 (0,28— 0,45)	0,40 (0,27— 0,56)	0,41 (0,24— 0,49)	0,35 (0,24— 0,44)	0,44 (0,33— 0,56)	0,40 (0,31— 0,65)	0,51 (0,32— 0,64)		
Основная: подгруппа 2а									0,31 (0,21— 0,53)	0,35 (0,21— 0,43)	0,33 (0,23— 0,38)	0,39 (0,29— 0,51)	0,33 (0,27— 0,49)			
подгруппа 2б									0,19 (0,14— 0,28)	0,38 (0,33— 0,55)	0,49 (0,35— 0,61)**	0,45 (0,31— 0,67)	0,58 (0,36— 0,74)**			

Таблица 6. Минутный объем крови в артерии пуповины у беременных обследованных групп, мл/мин, Me (Q₁—Q₃)

Группа	Срок беременности, нед															
	14—15	16—17	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37	38—39	40		
Контрольная	4,42 (3,32— 5,04)	4,14 (3,15— 6,79)	8,34 (5,75— 14,02)	17,61 (13,96— 23,39)	19,28 (16,73— 27,81)	33,48 (25,91— 52,65)	43,10 (34,66— 64,84)	59,44 (38,50— 68,63)	77,24 (62,05— 106,5)	72,08 (59,54— 106,3)	92,01 (63,01— 122,5)	111,41 (81,76— 144,3)	101,50 (73,96— 120,3)	98,92 (66,01— 127,5)		
Основная: подгруппа 2а									63,95 (45,83— 79,42)	53,42 (47,69— 85,97)	76,64 (70,06— 89,72)	97,48 (71,44— 121,0)	83,78 (72,1— 92,7)			
подгруппа 2б									50,14 (43,16— 70,84)	111,9 (61,92— 153,0)*	110,88 (100,7— 145,8)	124,80 (117,9— 178,7)	136,57 (102,7— 148,0)*			

Примечание. * — различие показателей с таковыми в контрольной группе достоверно ($p < 0,01$).

Таблица 7. Доля минутного объема крови в артерии пуповины от минутного объема левого желудочка сердца плода у беременных обследованных групп, %, Me (Q_1 — Q_3)

Группа	Срок беременности, нед															
	14—15	16—17	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37	38—39	40		
Контрольная	38,70 (16,44— 53,70)	27,47 (18,64— 37,13)	30,59 (19,34— 45,52)	17,62 (22,00— 53,76)	23,16 (18,02— 29,99)	23,44 (19,22— 32,83)	20,09 (15,19— 33,69)	23,64 (20,02— 39,12)	29,61 (22,21— 55,06)	26,67 (19,84— 39,00)	25,25 (17,37— 34,60)	28,88 (19,04— 37,71)	24,25 (19,53— 35,60)	21,30 (12,83— 31,85)		
Основная: подгруппа 2а								18,51 (14,84— 22,74)	21,37 (15,53— 25,97)	23,69 (17,29— 27,40)	25,14 (17,78— 39,24)	23,69 (17,29— 48,30)	12,88 (10,36— 27,40)			
подгруппа 2б								25,06 (20,33— 30,23)	28,74 (25,49— 32,13)	26,10 (19,68— 51,14)	27,52 (18,36— 48,29)	25,42 (16,01— 29,94)				

Таблица 8. Коэффициент упругости сосудистой стенки артерии пуповины у беременных обследованных групп, мм рт.ст./см/с, Me (Q_1 — Q_3)

Группа	Срок беременности, нед															
	14—15	16—17	18—19	20—21	22—23	24—25	26—27	28—29	30—31	32—33	34—35	36—37	38—39	40		
Контрольная	0,015 (0,013— 0,019)	0,015 (0,013— 0,017)	0,016 (0,014— 0,019)	0,021 (0,018— 0,024)	0,021 (0,019— 0,025)	0,023 (0,021— 0,027)	0,025 (0,022— 0,031)	0,027 (0,024— 0,031)	0,030 (0,025— 0,036)	0,030 (0,023— 0,037)	0,028 (0,025— 0,032)	0,035 (0,029— 0,039)	0,033 (0,029— 0,041)	0,035 (0,030— 0,044)		
Основная: подгруппа 2а								0,029 (0,021— 0,034)	0,026 (0,021— 0,033)	0,026 (0,021— 0,033)	0,026 (0,022— 0,031)	0,031 (0,027— 0,037)	0,030 (0,027— 0,035)	0,030 (0,027— 0,042*)		
подгруппа 2б								0,020 (0,018— 0,028)	0,030 (0,027— 0,036)	0,034 (0,029— 0,039)	0,032 (0,028— 0,039)	0,032 (0,028— 0,039)	0,042* (0,031— 0,045)			

Примечание. * — различие показателей с таковыми в контрольной группе достоверно ($p < 0,01$).

Рассчитанный нами коэффициент упругости (жесткости) сосудистой стенки артерии пуповины при физиологически протекающей беременности с ее ростом увеличивался с 0,015 (0,013—0,019) мм рт.ст./см/с в 14—15 нед беременности (0,025—0,036) до 0,030 мм рт.ст./см/с в 30—31 нед (табл. 8). Затем отмечался умеренный рост этого коэффициента до 0,035 (0,030—0,044) мм рт.ст./см/с в 40 нед гестации. Таким образом, упругость сосудистой стенки АП возрастала по мере прогрессирования беременности в 2 этапа: более быстрыми темпами до 30 нед и более медленно в оставшиеся 10 нед беременности.

Корреляционный анализ показал высокую положительную корреляцию коэффициента упругости стенки АП с пиковым и средним градиентами давления в период беременности от 30 до 40 нед (от 0,62 до 0,99). Выявлена умеренная положительная корреляция коэффициента упругости АП с МО в ней (от 0,26 до 0,65). Другими словами, чем выше упругость сосудистой стенки, тем больше разница давления между участком пуповины в области пупочного кольца и местом отхождения пуповины от плаценты, а также чем выше минутный объем в АП, тем больше жесткость сосуда. Выявлена отрицательная линейная корреляция коэффициента упругости стенки артерии пуповины и показателей сосудистой резистентности, ИР и пульсационного индекса (до 0,75 и 0,68 соответственно) и в меньшей степени СДО (не более 0,64). Показано, что чем больше упругость стенки АП, тем меньше резистентность в ней.

Выявленные нами закономерности гемодинамики в артериях пуповины отражают динамику ее формирования и становления сосудистого русла плаценты.

У плодов подгруппы 2б выявлены особенности гемодинамики в артериях пуповины. Индексы сосудистой резистентности (ИР, ПИ, СДО) в подгруппе 2а, а также в подгруппе 2б достоверно не отличались от показателей контрольной группы. Особенностью подгруппы 2а явились недостоверно умеренно высокие показатели ИП (увеличение до 10%) начиная с 32—33 нед (см. табл. 1—3).

Пиковый градиент давления в АП в подгруппе 2а в течение всей беременности, кроме срока 34—35 нед, имел тенденцию к снижению по сравнению с таковым в контрольной группе. В противоположность этому в подгруппе 2б пиковый градиент давления в сроки 30—31 нед был недостоверно ниже, чем таковой в контрольной группе и в подгруппе 2а. Однако, начиная с 34 нед гестации, он стал превышать показатели этих групп и в 38—39 нед составил 1,09 (0,80—1,40) мм рт.ст. против 0,87 (0,61—1,24) мм рт.ст. в 1-й группе и 0,72 (0,66—0,95) мм рт.ст. в подгруппе 2а ($p < 0,05$). Средний градиент давления в контрольной группе и подгруппах показывал такую же динамику (см. табл. 4, 5).

Объемный кровоток (МОО) в АП в подгруппе 2а после 30 нед беременности был недостоверно ниже (снижение до 15%), чем у плодов контрольной группы, в то время как в подгруппе 2б этот показатель был выше: в 32—33 нед он составил 111,93 (61,92—153,0) мл/мин против 72,08 (59,54—106,3) мл/мин в контрольной группе. В сроке 38—39 нед он достоверно ($p < 0,01$) превышал таковой в контрольной группе. У плодов подгруппы 2а в 38—39 нед медиана и интерквартильный интервал МО в АП составляли 83,78 (72,1—92,7) мл/мин. При этом доля объема крови в АП от МО левого желудочка сердца плода в подгруппе 2б оставалась постоянной (от 25 до 28,7%) и не отличалась от такового показателя контрольной группы. В то же время в подгруппе 2а во все сроки беременности, кроме 34—35 нед, минутный объем в артерии пуповины имел тенденцию к снижению по сравнению с показателем в контрольной группе (см. табл. 6, 7).

Коэффициент упругости стенки АП в подгруппе 2а имел тенденцию к снижению после 30 нед беременности по сравнению с этим показателем в контрольной группе и подгруппе 2б. В подгруппе 2б коэффициент упругости стенки АП в 30—31 нед был недостоверно ниже такового в контрольной группе (см. табл. 8). В 34—35 нед он имел тенденцию к повышению по сравнению с показателем в контрольной группе и в 38—39 нед беременности достоверно ($p < 0,01$) превышал ее значения (см. табл. 8).

Выводы

Установлены следующие особенности гемодинамики в артерии пуповины при физиологической беременности. Пиковый и средний градиенты давления, минутный объем и коэффициент упругости (жесткости) стенки в артерии пуповины увеличивались по мере роста плода до срока беременности 30—31 нед, затем до срока доношенной беременности эти показатели не изменялись. Доля минутного объема крови в артерии пуповины от минутного объема крови левого желудочка сердца плода оставалась постоянной на протяжении всей беременности, составляя от 21,30 до 29,61%. Характерной особенностью гемодинамики в артерии пуповины у плодов беременных с СД с ультразвуковыми признаками диабетической фетопатии является увеличение минутного объема крови, пикового и среднего градиентов давления, коэффициента упругости сосудистой стенки после 32—34 нед беременности с максимальными значениями этих показателей в сроке беременности 38—39 нед, что может быть использовано при оценке степени тяжести диабетической фетопатии.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Медведев М.В. *Основы доплерографии в акушерстве: Практическое пособие для врачей*. М.: Реал тайм. 2007;72. [Medvedev MV. *Osnovy dopplerografii v akusherstve: Prakticheskoe posobie dlya vrachei*. [The bases of Doppler ultrasonography in obstetrics: a practical manual for physicians]. М.: Real time. 2007;72]. (In Russ.).
2. Benirschke K, Kaufmann P, Baergen R. *Pathology of the human placenta*. Springer science & business Media. 2006;1050.
3. Acharya G, Erkinaro T, Makikallio K, Lappalainen T, Rasanen J. Relationships among Doppler-derived umbilical artery absolute velocities, cardiac function, and placental volume blood flow and resistance in fetal sheep. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2004;286:1266-1272. doi: 10.1152.ajpheart.00523.2003
4. Bachanek M, Roguska M, Abdalla N, Sawicki W. Doppler assessment of fetoplacental velocimetry in pregnancies complicated by

- insulin dependent diabetes mellitus. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2012;40:(Suppl. 1):201.
5. Leung WC., Lam H, Lee CP, Lao TT. Doppler study of the umbilical and fetal middle cerebral arteries in women with gestational diabetes mellitus. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2004;24:534-537. doi: 10.1002/uog.1730
 6. Ордынский В.Ф., Макаров О.В., Постникова Н.А. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2003;2:22. [Ordynskii VF, Makarov OV, Postnikova NA. *Ultrasound and functional diagnostics.* 2003;2:22]. (In Russ.)
 7. Камилова М.Я., Малахова М.-М.А., Зарифова П.Г., Файзова М.Ф. Особенности течения беременности и родов у женщин с гестационным сахарным диабетом и раннего неонатального периода у их новорожденных. Доклады академии наук Республики Таджикистан. 2008;11:51:864-869. [Kamilova MYa, Malahova M-MA, Zarifova PG, Faizova MF. *Osobennosti techeniya beremennosti i rodov u zhenshchin s gestatsionnym sakharnym diabetom i rannego neonatal'nogo perioda u ikh novorozhdennykh.* [Peculiarities of pregnancy and delivery in women with gestational diabetes and early neonatal period their newborns]. *Doklady akademii nauk Respubliki Tadjhikistan.* 2008;11:51:864-869]. (In Russ.)
 8. Корчагина Е.Е., Пенжоян И.И. *Комплексное исследование фетоплацентарного комплекса у беременных с сахарным диабетом.* Мат. науч.-практ. конф. Актуальные проблемы охраны здоровья матери и ребенка. Краснодар—Анапа. 2003;240-241. [Korchagina EE, Penzhojan II. *Kompleksnoe issledovanie fetoplatsentarnogo kompleksa u beremennykh s sakharnym diabetom.* [Complex research of fetoplacental complex in pregnant women with diabetes. Mat. scientific-practical. conf. current health problems of mother and child. Krasnodar—Anapa. 2003;240-241]. (In Russ.)
 9. Федорова М.А., Петрухин В.А., Тареева Т.Г., Ларичева И.П., Ефимов Е.С., Витушко С.А., Титченко Л.И., Гришин А.Л. Пути снижения перинатальной смертности при сахарном диабете у беременных. *Вестник АМН СССР.* 1991;5:31-36. [Fedorova MA, Petrukhin VA, Tareeva TG, Laricheva IP, Efimov ES, Vitushko SA, Titchenko LI, Grishin AL. Ways to reduce perinatal mortality in diabetes in pregnancy. *Vestnik AMN SSSR.* 1991;5:31-36]. (In Russ.)
 10. Агеева М.И., Озерская И.А., Федорова Е.В., Митьков В.В. *Допплерографическое исследование гемодинамики плода. Пособие для врачей.* Москва РМАПО. 2006;40. [Ageeva MI, Ozer-skaya IA, Fedorova EV, Mit'kov VV. *Doppler study of the hemodynamics of the fetus. Posobie dlya vrachei.* М. 2006;40]. (In Russ.)
 11. Reuwer PJ, Nuyser WC, Beijer HJ. Fetoplacental circulatory incompetence. *Eur J Obstet Gynecol.* 1986;21:15-26.