

## РАЗВИТИЕ ВНЕСУСТАВНЫХ СВЯЗОК ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ОПРЕДЕЛЯЮТ УГЛОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Нуриманов Р.З., Стрижков А.Е., Николенко В.Н.

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия, e-mail: ruslan.nurimanov@bk.ru

## THE DEVELOPMENT OF EXTRA-ARTICULAR LIGAMENTS OF THE HIP JOINT DETERMINE ANGULAR VALUES OF THE PROXIMAL FEMUR

Nurimanov RZ, Strizhkov AE, Nikolenko VN

Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia, e-mail: ruslan.nurimanov@bk.ru

### Для цитирования:

Нуриманов Р.З., Стрижков А.Е., Николенко В.Н. Развитие внесуставных связок тазобедренного сустава определяют угловые величины проксимального отдела бедренной кости// Морфологические ведомости.- 2021.- Том 29.- № 1.- С. 49-54. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29\(1\):49-54](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29(1):49-54)

### For the citation:

Nurimanov RZ, Strizhkov AE, Nikolenko VN. The development of extra-articular ligaments of the hip joint determine angular values of the proximal femur. *Morfologicheskie Vedomosti – Morphological Newsletter*. 2021;29(1):49-54. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29\(1\):49-54](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29(1):49-54)

**Резюме.** Данные о количественных аспектах пренатального морфогенеза и темпах роста связок тазобедренного сустава человека практически отсутствуют, равно как и сведения о соответствии формы и строения связок образующим сустав костям. Цель исследования - выявить особенности роста внесуставных связок тазобедренного сустава в пренатальном периоде и установить корреляции между строением связок и структурами проксимального конца бедренной кости. Материал исследования основан на анализе 175 случаев без патологии опорно-двигательного аппарата. Изучались размеры подвздошно-бедренной, лобково-бедренной, седалищно-бедренной связок и шеечно-диафизарный угол и угол поворота шейки бедренной кости по отношению к дистальному эпифизу кости. В результате исследования установлено, что в процессе пренатального развития с увеличением возраста расстояние между дистальными точками фиксации и угол между частями подвздошно-бедренной связки увеличивается. Обе ножки имеют волокна, вплетающиеся в фиброзную мембрану капсулы сустава. Выявлена корреляция роста морфометрических показателей подвздошно-бедренной связки и угловых величин проксимального отдела бедренной кости. В отличие от подвздошно-бедренной связки, лобково-бедренная и седалищно-бедренная связки показывают низкие признаки дифференциации на разных этапах пренатального онтогенеза. Лобково-бедренная связка с начала второй половины пренатального периода становится доступной для макроскопического исследования. Она определяется в виде утолщения медиального отдела фиброзной мембраны капсулы сустава, имеет начало на верхней ветви лобковой кости и подвздошной части вертлужной впадины и крепится к межвертельной линии в медиальном отрезке. Седалищно-бедренная связка макроскопически определяется в виде утолщения заднего отдела капсулы сустава. Связка имеет треугольную форму, с основанием в области седалищной части вертлужной впадины и седалищного бугра, ее верхушка обращена сторону вертельной ямки у передневнутреннего края большого вертела. Установлено, что скорость роста морфометрических параметров разных частей связок тазобедренного сустава на отдельных этапах неодинакова, что определяет изменение формы связок. Наибольшие преобразования происходят в подвздошно-бедренной связке, наименьшие – в лобково-бедренной и седалищно-бедренной связках. Отмечается корреляция между анатомическим строением внесуставных связок тазобедренного сустава и соответствующими угловыми величинами проксимального отдела бедренной кости.

**Ключевые слова:** тазобедренный сустав, внесуставные связки, бедренная кость, развитие

**Summary.** There are practically no data on the quantitative aspects of prenatal morphogenesis and the growth rates of the ligaments of the hip joint in humans, as well as information on the correspondence of the shape and structure of the ligaments to the bones forming the joint. The aim of the study was to reveal the features of the growth of the extra-articular ligaments of the hip joint in the prenatal period and to establish correlations between the structure of the ligaments and the structures of the proximal end of the femur. The material of the study is based on the analysis of 175 cases without pathology of the musculoskeletal system. The dimensions of the ilio-femoral, pubic-femoral, ischio-femoral ligaments and the cervico-diaphyseal angle and angle of rotation of the femoral neck in relation to the distal epiphysis of the bone were studied. As a result of the study, it was found that in the process of prenatal development with increasing age, the distance between the distal fixation points and the angle between the parts of the ilio-femoral ligament increases. Both legs have fibers that are woven into the fibrous membrane of the joint capsule. A correlation was found between the growth of morphometric parameters of the ilio-femoral ligament and the angular values of the proximal femur. In contrast to the ilio-femoral ligament, the pubo-femoral and ischio-femoral ligaments show low signs of differentiation at different stages of prenatal ontogenesis. The pubo-femoral ligament becomes available for macroscopic examination from the beginning of the

second half of the prenatal period. It is defined as a thickening of the medial fibrous membrane of the joint capsule, has its origin on the superior branch of the pubic bone and the iliac part of the acetabulum and is attached to the intertrochanteric line in the medial segment. The sciatic-femoral ligament is macroscopically defined as a thickening of the posterior part of the joint capsule. The ligament has a triangular shape, with a base in the region of the ischial part of the acetabulum and the ischial tubercle, its apex facing the trochanteric fossa at the antero-inner edge of the greater trochanter. It was found that the growth rate of morphometric parameters of different parts of the hip joint ligaments at different stages is not the same, which determines the change in the shape of the ligaments. The greatest transformations occur in the ilio-femoral ligament, the smallest in the pubic-femoral and sciatic-femoral ligaments. There is a correlation between the anatomical structure of the extra-articular ligaments of the hip joint and the corresponding angular values of the proximal femur.

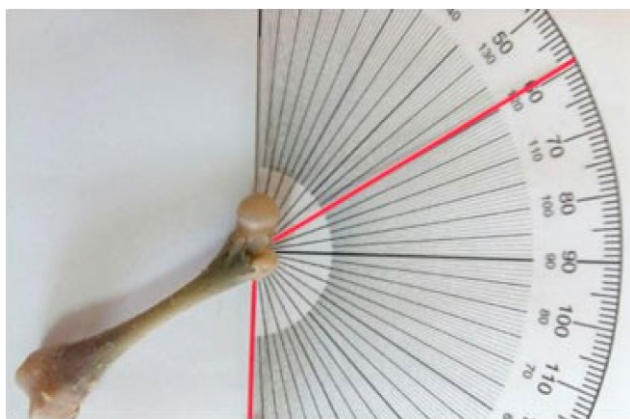
**Key words:** *hip joint, extra-articular ligaments, femur, development*

**Введение.** Врожденные дисплазии тазобедренного сустава являются наиболее распространенными в структуре ортопедической патологии новорожденных и грудных детей [1-3]. При этой «предболезни» меняется структура всех составных элементов сочленения. Характеристика количественных аспектов роста связок тазобедренного сустава в литературе практически отсутствует, равно как отсутствуют сведения о соответствии анатомического строения связок, образующих сустав костям.

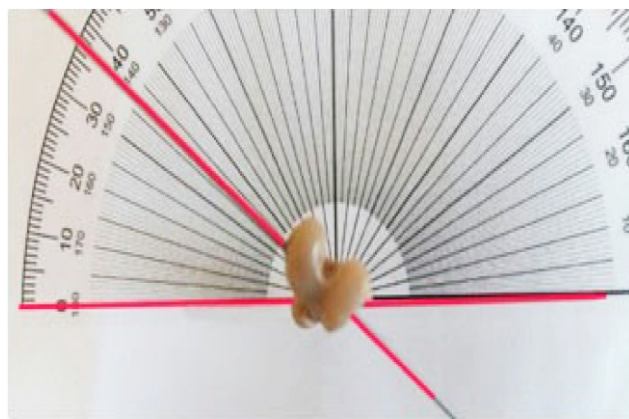
**Цель исследования:** выявить особенности роста внесуставных связок тазобедренного сустава в пренатальном периоде и установить корреляции между строением связок и структурами проксимального конца бедренной кости.

**Материалы и методы исследования.** На все виды исследований получены соответствующие положительные решения локального этического комитета Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова, факультета фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Материалом для исследования послужил диссекционный материал 175 случаев наблюдения 164 пренатального периода развития и 11 случаев новорожденных без патологии опорно-двигательного аппарата. Для определения возраста применялась логико-аналитическая модель, основанная на оценке теменно-копчиковой и теменно-пяточной длины [4]. Для изучения внесуставных связок тазобедренного сустава производилось препарирование *ad oculus*. При морфометрическом исследовании определялись длина, ширина и толщина подвздошно-бедренной (далее - ПБС), лобково-бедренной (далее - ЛБС), седалищно-бедренной (далее - СБС) связок. Продольные и поперечные измерения проводились у проксимальной, средней и дистальных частей органа. Изучались форма дистального и проксимального прикрепления и связок в целом. Морфометрия проводилась с применением линейки, штангенциркуля, микроскопа МБС-9 с окулярной линейки и адаптированным для макромикроскопического исследования цифрового измерительного микроскопа BW1008-500X (патент РФ на полезную модель RU181208U1) со стандартным пакетом программ для морфометрии. Для улучшения визуализации границ внесуставных связок на фоне фиброзной мембраны капсулы сустава была использована методика инъекции окрашенного полимера в полость сустава [5]. После изучения капсулярных связок производилась экзартикуляция бедренной кости. На изолированных бедренных костях измерялись угловые параметры проксимального отдела: шеечно-диафизарный угол (далее - ШДУ) (рис. 1) и угол поворота шейки бедра по отношению к дистальному эпифизу кости (далее - УПШБ). При этом применялись малые металлические спицы Киршнера. При определении ШДУ одна спица проводилась соответственно оси диафиза бедренной кости, другая – через центр окружности головки и по ось ее шейки. УПШБ определяли путем проведения спиц через мыщелки бедренной кости параллельно их задним поверхностям и по оси шейки бедренной кости (рис. 2).

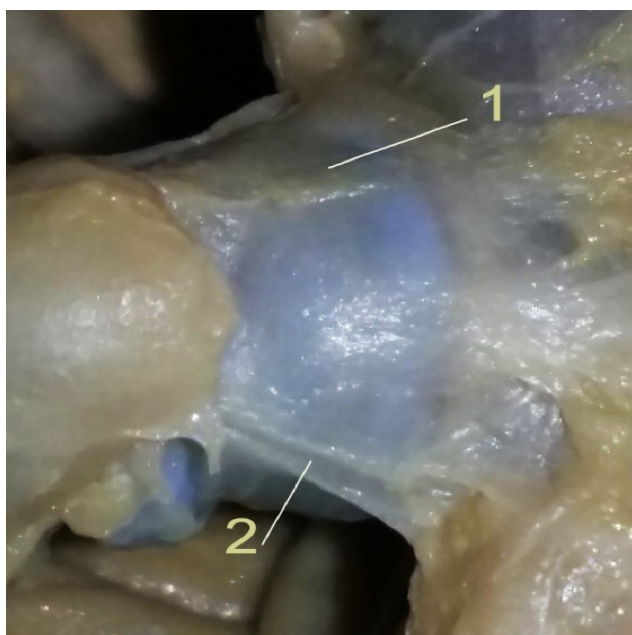
**Результаты исследования и обсуждение.** ПБС макроскопически определяется на 14-15-й неделях внутриутробного развития (рис. 3). Связка образована латеральной и медиальной ножками. Проксимальный отдел (общий для обеих частей) начинается от нижней поверхности передней нижней подвздошной ости. Место прикрепления связки – на межвертельной линии. Это согласуется с данными литературы [6-7].



**Рис. 1.** Измерение шейчно-диафизарного угла левой бедренной кости плода 28-й недели (наблюдение № 12).



**Рис. 2.** Измерение угла поворота шейки левой бедренной кости плода 28-й недели (наблюдение № 13).



**Рис. 3.** Тазобедренный сустав плода 20-й недели, полость заполнена окрашенным силиконом (наблюдение № 18). Вид спереди. Обозначения: 1 – подвздошно-бедренная связка, 2 – лобково-бедренная связка.

6,7±0,4 мм, соответственно.

ЛБС становится доступной для макроскопического исследования с 18-19-й недели. Она определяется в виде утолщения медиального отдела фиброзной мембраны капсулы сустава. Имеет начало на верхней ветви лобковой кости и подвздошной части вертлужной впадины и крепится к межвертельной линии в медиальном отрезке. Это частично согласуется с данными других исследователей, которые указывают, что проксимальный отдел фиксирован к лобковой порции вертлужной впадины, а дистальный – к медиальной части межвертельной линии и надмаловертельному гребню [6, 9]. При использовании метода инъекции полости сустава можно определить границы данной связки на протяжении (рис. 3).

Данные морфометрии ЛБС у плодов разного возраста и новорожденных детей представлены в таблице 2. Во время внутриутробного развития эта связка имеет

Однако, по мнению ряда авторов, локализация связки на уровне вертлужной впадины вариабельна [8]. В настоящем исследовании это не выявлено. В процессе внутриутробного развития с увеличением возраста плода расстояние между дистальными точками фиксации и угол между частями связки увеличивается. Обе ножки имеют волокна, вплетающиеся в фиброзную мембрану капсулы сустава. Поэтому выделение связки возможно только путем рассечения.

Данные морфометрии ПБС представлены в таблице 1. На протяжении плодного периода отмечается статистически значимое ( $p<0,05$ ) увеличение длины и ширины обеих частей связки, но после 28-й недели и до периода новорожденности темпы роста замедляются. Толщина обеих частей связок на всем их протяжении показывает равномерный рост. У новорожденного длина латеральной ножки ПБС составляет  $25,4\pm 2,8$  мм, медиальной –  $23,9\pm 2,5$  мм, ширина ножек –  $7,7\pm 0,4$  мм и

равномерные темпы роста средних показателей длины, ширины и толщины. Статистически значимое ускорение темпов прироста длины связки наблюдается на 24-28-й неделях внутриутробного развития. Длина ЛБС у новорожденного составляет  $17,5 \pm 2,0$  мм, а толщина –  $3,7 \pm 0,3$  мм.

**Таблица 1**  
**Размеры подвздошно-бедренной связки плодов и новорожденных,  $x \pm s_x$  (мм)**

Возраст, недели	Длина		Ширина		Толщина	
	Латеральная ножка	Медиальная ножка	Латеральная ножка	Медиальная ножка	Латеральная ножка	Медиальная ножка
12-15-я	-	-	-	-	-	-
16-19-я	$3,10 \pm 0,2$	$2,80 \pm 0,1$	$1,20 \pm 0,1$	$1,00 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
20-23-я	$8,8 \pm 0,7^*$	$7,5 \pm 0,70^*$	$3,1 \pm 0,2^*$	$2,7 \pm 0,1^*$	$0,5 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$
24-27-я	$13,7 \pm 1,2^*$	$11,9 \pm 1,3^*$	$4,7 \pm 0,3^*$	$4,2 \pm 0,3^*$	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
28-31-я	$18,1 \pm 2,0^*$	$16,2 \pm 2,1^*$	$6,1 \pm 0,4^*$	$5,6 \pm 0,3^*$	$0,7 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$
32-35-я	$20,8 \pm 2,1$	$18,3 \pm 1,9$	$7,1 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$
36-39-я	$23,1 \pm 0,7$	$20,5 \pm 1,1$	$7,6 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$
Новорожденные	$25,4 \pm 2,8$	$23,9 \pm 2,5$	$7,7 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$

Примечание: \* – наличие статистически значимых отличий со средним значением предыдущей возрастной группы ( $p < 0,05$ )

**Таблица 2**  
**Размеры лобково-бедренной связки плодов и новорожденных,  $x \pm s_x$  (мм)**

Возраст, недели	Длина	Ширина	Толщина
12-15-я	-	-	-
16-19-я	-	-	-
20-23-я	$7,9 \pm 0,7$	$1,7 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$
24-27-я	$10,0 \pm 0,9^*$	$2,1 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,1$
28-31-я	$12,1 \pm 1,3$	$2,5 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,1$
32-35-я	$14,3 \pm 1,3$	$3,0 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,1$
36-39-я	$16,5 \pm 1,8$	$3,5 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,1$
Новорожденные	$17,5 \pm 2,0$	$3,7 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,1$

Примечание: \* – наличие статистически значимых отличий со средним значением предыдущей возрастной группы ( $p < 0,05$ )

**Таблица 3**  
**Размеры седалищно-бедренной связки плодов и новорожденных,  $x \pm s_x$  (мм)**

Возраст, недели	Длина	Ширина	Толщина
12-15-я	-	-	-
16-19-я	-	-	-
20-23-я	$7,70 \pm 0,6$	$3,7 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$
24-27-я	$10,6 \pm 1,0^*$	$4,9 \pm 0,2^*$	$0,3 \pm 0,1$
28-31-я	$13,2 \pm 1,5$	$6,3 \pm 0,3^*$	$0,4 \pm 0,1$
32-35-я	$15,9 \pm 1,5$	$7,6 \pm 0,3^*$	$0,5 \pm 0,1$
36-39-я	$17,9 \pm 1,7$	$8,5 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,1$
Новорожденные	$19,2 \pm 1,8$	$9,3 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,2$

Примечание: \* – наличие статистически значимых отличий со средним значением предыдущей возрастной группы ( $p < 0,05$ )

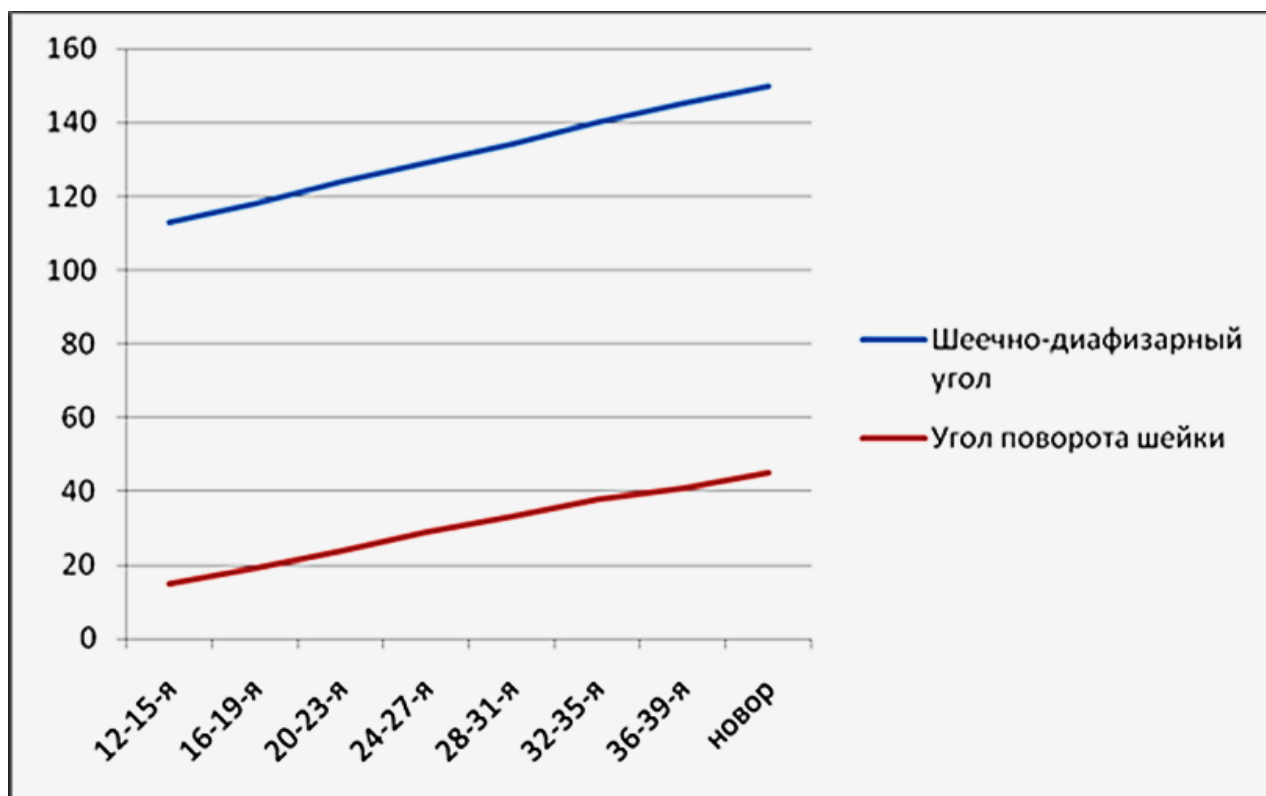
СБС макроскопически можно определить на 18-19-й неделях внутриутробного развития в виде утолщения заднего отдела капсулы сустава. Связка имеет треугольную форму, с основанием в области седалищной части вертлужной впадины и седалищного бугра, верхушка обращена сторону вертельной ямки у передневноутреннего края большого вертела, что напоминает форму дефинитивного органа [7, 9].

Данные морфометрии СБС представлены в таблице 3. На протяжении плодного периода длина связки показывает незначительный равномерный рост показателей, который на 20-23-й неделях приобретает статистическую значимость ( $p < 0,05$ ). С 20-й по 31-ю недели ширина связки также показывает статистически значимый прирост ( $p < 0,05$ ). К концу плодного периода морфометрические показатели связки показывают замедление темпов развития.

У новорожденного СБС имеет ширину ( $9,3 \pm 0,4$  мм), которая превосходит ширину отдельных

частей ПБС, но при этом, длина ( $19,2 \pm 1,8$  мм) и толщина ( $0,6 \pm 0,2$  мм) уступают аналогичным параметрам ПБС. Связка имеет прочную связь с капсулой сустава.

Возрастные изменения ШДУ и УПШБ представлены на рис. 4. Угловые параметры на протяжении внутриутробного развития показали равномерный рост величин. Это опровергает данные ряда авторов, согласно которым ШДУ сохраняет исходные значения до конца плодного периода [11], и отсутствует существенная динамика показателей угловых параметров на третьем триместре беременности [12]. ШДУ бедренной кости новорожденного, по нашим данным, составляет  $150 \pm 11^\circ$ , УПБК –  $45 \pm 4^\circ$ .



**Рис. 4.** Возрастная динамика угловых параметров бедренной кости плодов и новорожденных детей. Размеры в градусах.

На основании линейного статистического корреляционного анализа выявлено наличие сильной связи (коэффициент парной корреляции  $r > 0,9$ ) между длиной (шириной) латеральной ножки ПБС и УПШБ. Толщина медиальной ножки и УПШБ так же имеет сильную статистическую связь. Длина медиальной ножки ПБС коррелирует с ШДУ и УПШБ. Данная корреляция подтверждает гипотезу о влиянии ротации и флексии бедренной кости на развитие связочных структур тазобедренного сустава.

Линейный статистический корреляционный анализ показал наличие сильной связи (коэффициент корреляции  $r > 0,9$ ) между длиной и шириной ЛБС и определяемыми угловыми параметрами бедренной кости. Аналогичная зависимость была выявлена для СБС. Полученные данные явились основанием для проведения линейного регрессионного анализа, в результате которого были построены модели зависимости длины капсулярных связок тазобедренного сустава от ШДУ и УПШБ (формулы 1-8):

$L_{ЛП\ ПБС} = 0,69 \cdot A_{ШДУ} - 76,4$	(1)	$L_{МП\ ПБС} = 0,64 \cdot A_{ШДУ} - 71,8$	(2)
$L_{ЛБС} = 0,38 \cdot A_{ШДУ} - 38,9$	(3)	$L_{СБС} = 0,45 \cdot A_{ШДУ} - 47,1$	(4)
$L_{ЛП\ ПБС} = 0,82 \cdot A_{УПШБ} - 7,3$	(5)	$L_{МН\ ПБС} = 0,77 \cdot A_{УПШБ} - 7,3$	(6)
$L_{ЛБС} = 0,45 \cdot A_{УПШБ} - 0,7$	(7)	$L_{СБС} = 0,53 \cdot A_{УПШБ} - 2,1$	(8)

**Заключение.** Таким образом в результате исследования установлено, что скорость роста морфометрических параметров разных частей связок тазобедренного сустава у

человека на протяжении плодного периода неодинакова, что определяет изменение формы связок. Наибольшие преобразования происходят в подвздошно-бедренной связке, наименьшие – в лобково-бедренной и седалищно-бедренной связках. Установлена корреляция между анатомическим строением внесуставных связок тазобедренного сустава плодов разного возраста и соответствующими угловыми величинами проксимального отдела бедренной кости.

**Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования.**

## Литература References

1. Baindurashvili A.G., Kamosko M.M. Meditsinskie i organizatorskie problemy displasticheskogo koksartroza/ V kn.: Aktual' nye problemy detskoy travmatologii i ortopedii. S-Pb., 2007. S. 303-305.
2. Kamosko M.M., Poznovich M.S. Konservativnoe lechenie displazii tazobedrennykh sustavov. Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel' naya khirurgiya detskogo vozrasta. 2014;2(4):51-59.
3. Chotigavanichaya C, Leurmsumran P, Eamsobhana P, Sanpakit S, Kaewpornsawan K. The incidence of common orthopaedic problems in newborn at Siriraj Hospital. J Med Assoc Thai. 2012;95(9S):54-61.
4. Strizhkov A. E. Matematicheskaya model' otsenki vozrasta ploda cheloveka po ego vneshnim antropometricheskim pokazatelyam. Rossiyskie morfologicheskie vedomosti. 2000;(1-2):94-99.
5. Strizhkov A.E. Sposob vydeleniya kapsul'no-svyazochnogo apparata sustavov putem zapolneniya polosti kontrastnym veshchestvom. Patent RF na izobretenie № 2618201 (2017).
6. Maston A, Sibinski M, Topol M, Krajewski K, Grzegorzewski A. Development of human hip joint in the second and the third trimester of pregnancy; a cadaveric study. BMC Dev Biol. 2013;13:19. <https://doi.org/10.1186/1471-213X:13-19>.
7. Bilich G.L., Nikolenko V.N. Atlas anatomii cheloveka: uchebnoe posobie. M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2014. 488с.
8. Nam D, Osbahr DC, Choi D, Ranawat AS, Kelly BT, Coleman SH. Defining the origins of the iliofemoral, ischiofemoral, and pubofemoral ligaments of the hip capsuloligamentous complex utilizing computer navigation. HSS J. 2011;(3):239-243.
9. Anan'ev N.I. Topografoanatomicheskie osobennosti stroeniya kapsuly tazobedrennogo sustava. Elektronnyy nauchno-obrazovatel'nyy vestnik "Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke". 2013;15:4. Elpub.
10. Bulandra AM, Gielecki J, Leciejewska I, Karaszewski P, Sieroń D. Digital-image analysis of the femoral shaft/neck angle in human fetuses. Folia morphologica. 2003;62(4):415-417.
11. Mikhaylov N. N. Strukturnye preobrazovaniya proksimal'nogo kontsa bedrennoy kosti na etapakh ontogeneza cheloveka. Avtoref. diss. na soisk. uch. st. kand. med. nauk. Volgograd: VolGMU, 2008. 26с.
12. Souza AD, Ankolekar VH, Padmashali S, Das A, Souza A, Hosapatna M. Femoral Neck Anteversion and Neck Shaft Angles: Determination and their Clinical Implications in Fetuses of Different Gestational Ages. Muller journal of medical sciences and research. 2015;6(2):129-132.

## Авторская справка

**Нуриманов Руслан Зиннурович**, ассистент кафедры анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия; **e-mail: ruslan.nurimanov@bk.ru**

**Стрижков Алексей Евгеньевич**, доцент кафедры анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, доцент кафедры нормальной и топографической анатомии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; **e-mail: strizhkov@inbox.ru**

**Николенко Владимир Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; **e-mail: vn.nikolenko@yandex.ru**