

ГЕТЕРОХРОНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВНУТРИОРГАННОГО КРОВЕНОСНОГО РУСЛА НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ СВЯЗКИ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ У ПЛОДОВ

^{1,2} *Стрижков А.Е., к.м.н., доцент,*

^{1,2} *Николенко В.Н., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой*

¹ *ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),*

² *ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Москва, 20 мая 2022 г.



Актуальность исследования

1. Врожденная дисплазия тазобедренного сустава (ТБС) является самой распространенной патологией в детской ортопедии Европы и Северной Америки: ее частота составляет от 0,1- 0,2% до 1-7% среди грудных детей (*I. Swarup, C.L. Penny , E.R. Dodwell , 2018; S. Yang, N. Zusman , E. Lieberman, R.Y. Goldstein, 2019*).
2. Формируется гипермобильность сочленения, обусловленная нарушением строения и функции капсулы и связок тазобедренного сустава (*J. J. Nepple , M. V.Smith, 2015*).
3. Особое место среди суставных элементов тазобедренного сустава занимает связка головки бедренной кости (СГБК): она выполняет биомеханическую роль в обеспечении многоплоскостных движений, но одновременно создает существенную преграду хирургу при артроскопическом вмешательстве у детей (*F. Fernandez Fernandez, T. Wirth , O. Eberhardt, 2022; P.J. Rosinsky, J. Shapira, A.C. Lall, B.G. Domb, 2020*).



Актуальность исследования

4. По мнению большинства исследователей СГБК, является основным источником васкуляризации головки бедренной кости (*M.A. Seeley, A.G. Georgiadis, W.N.Sankar, 2016; D. Zhao, X. Qiu, B. Wang, Z. et al., 2017*).
5. Развитие СГБК в плодном периоде описано в отдельных работах (*Р.З. Нуриманов, А.Е. Стрижков, В.Н. Николенко, 2021; Walker, J.M., 1980; V. Perumal, S.J. Woodley, H.D. Nicholson, 2016*).

Проблема:

Данных о развитии кровеносного русла связки головки бедренной кости у плодов человека недостаточно!



Цель и задачи исследования

Цель исследования - раскрытие закономерностей формирования внутриорганного кровеносного русла связки головки бедренной кости в плодном периоде.

Задачи исследования:

1. Выявление особенностей строения СГБК в плодном периоде.
2. Выявление особенностей внутриорганного кровеносного русла СГБК у плодов разного возраста.
3. Уточнение особенностей взаимодействия вне- и внутриорганного кровеносного русла СГБК у плодов разного возраста.
4. Выявление факторов, влияющих на морфогенез кровеносного русла СГБК.
5. Формирование и обоснование гипотезы об источниках и механизмах развития кровеносного русла СГБК на разных этапах плодного периода пренатального онтогенеза.



Материал и методы исследования

Материал исследования - трупы 210 плодов в возрасте от 12-й до 36-й недели и 11 новорожденных, не имевших патологии опорно-двигательного аппарата.

Методы исследования:

- 1. Макроскопические:** препарирование, инъекцирование полости сустава полимером.
- 2. Макромикроскопические:** бинокулярный микроскоп МБС-9 и USB-микроскоп BW1008-500X. **Окраска:** пикрофуксином по А.П. Сорокину и гипосульфитом серебра по А.Е. Стрижкову.
- 3. Микроскопические:** микроскоп МБИ-15 (оптика Carl Zeiss), микровизор проходящего света mVizo-103. **Окраска:** гематоксилином и эозином, по Ван-Гизон, **импрегнация** нитратом серебра по В.В. Куприянову.
- 4. Морфометрия:** размеры связки на протяжении, анатомический поперечник мышц.
- 5. Математико-статистические:** MS Excell (пакет «Анализ данных»), Statistica.



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУК О ЖИЗНИ

Результаты

Анатомическое строение связки головки бедренной кости

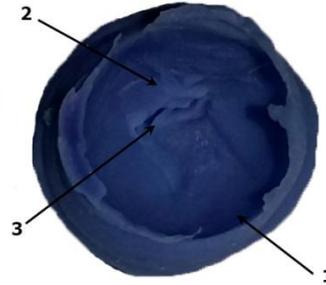


Результаты

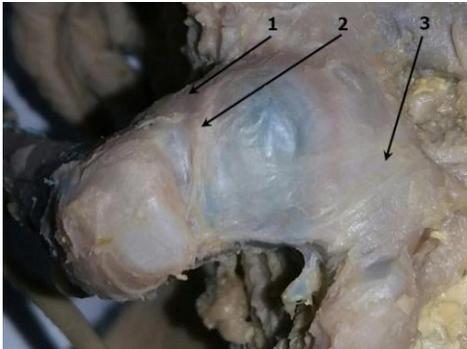
~~Круглая связка?~~



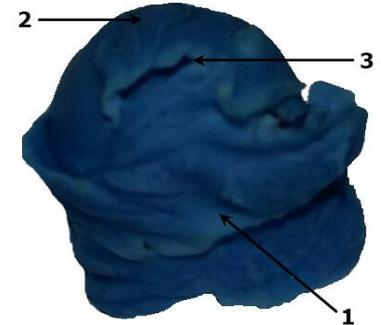
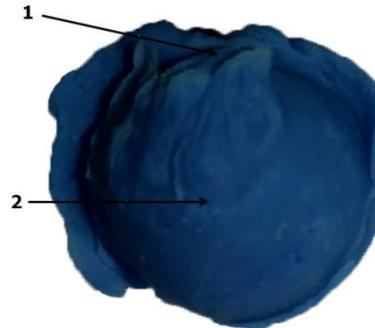
20-я неделя



1. V. Perumal, S.J. Woodley, H.D. Nicholson (2016)
2. M.J. Kraeutler, T. Garabekyan, C. Pascual-Garrido, O. Mei-Dan (2016)



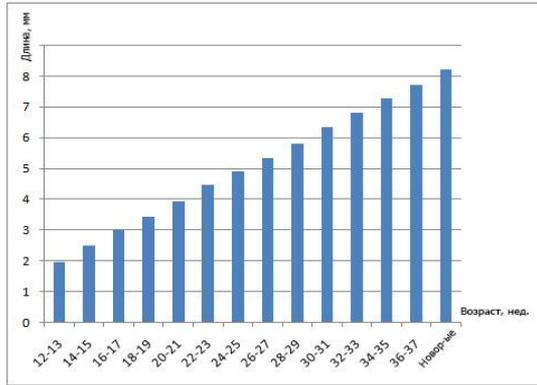
28-я неделя





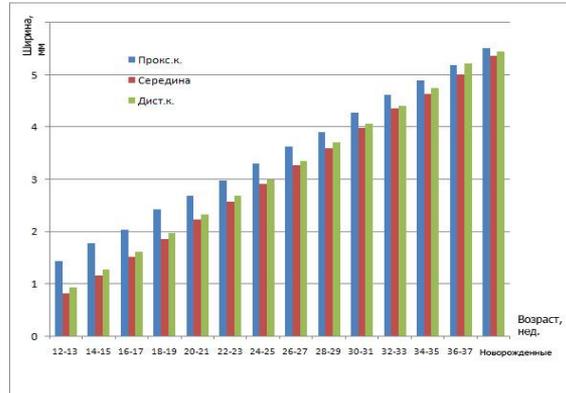
Результаты

Морфометрия СГБК



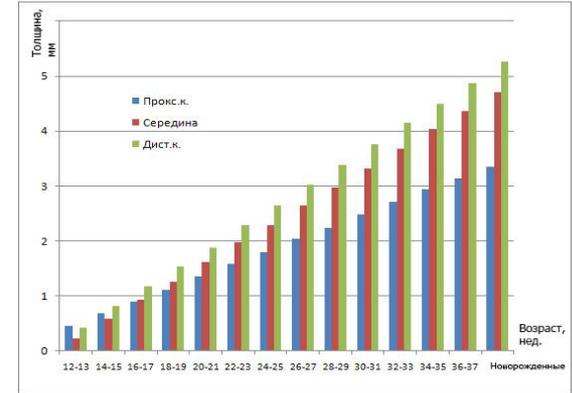
$$\begin{cases} y = 0,239x - 1,065, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \\ y = 0,239x - 1,065 \pm 0,004224\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87} \end{cases}$$

где x – возраст плода (нед.), y – длина СГБК (мм)



$$\begin{cases} y_1 = 0,156x - 0,567 \pm 0,0035\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_2 = 0,174x - 1,431 \pm 0,0027\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_3 = 0,174x - 1,318 \pm 0,0027\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \end{cases}$$

где x – возраст плода (нед.), y_1 – ширина (мм) СГБК у проксимального конца, y_2 – по середине, y_3 – у дистального конца.



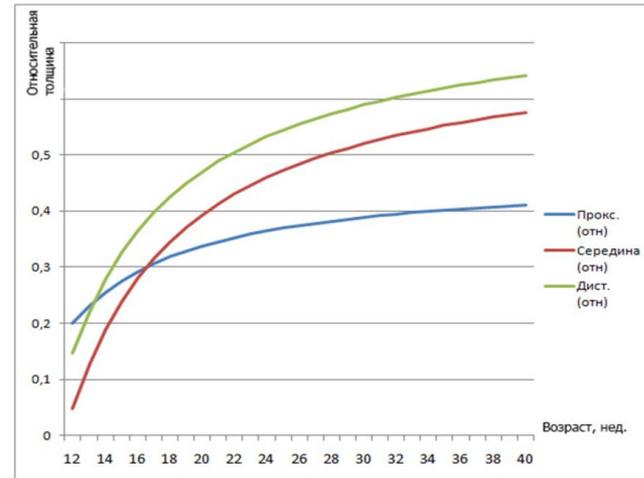
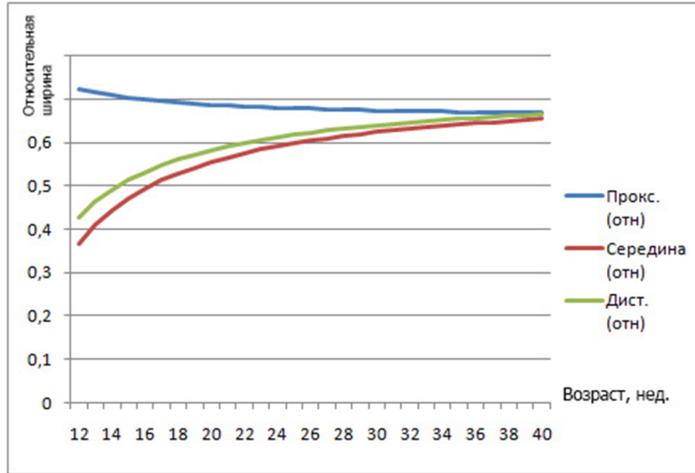
$$\begin{cases} y_1 = 0,112x - 0,982 \pm 0,0020\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_2 = 0,171x - 1,968 \pm 0,0019\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_3 = 0,185x - 1,953 \pm 0,0018\sqrt{x^2 - 49,40x + 669,87}, \text{ где } x \in [12,0 \div 40,0] \end{cases}$$

где x – возраст плода (нед.), y_1 – толщина (мм) СГБК у проксимального конца, y_2 – по середине, y_3 – у дистального конца.



Результаты

Возрастная динамика формы СГБК



$$\begin{cases} y_1^{\text{отн}} = \frac{0,156x - 0,567}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_2^{\text{отн}} = \frac{0,174x - 1,431}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_3^{\text{отн}} = \frac{0,174x - 1,318}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1^{\text{отн}} = \frac{0,112x - 0,982}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_2^{\text{отн}} = \frac{0,171x - 1,968}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \\ y_3^{\text{отн}} = \frac{0,185x - 1,953}{0,239x - 1,065}, x \in [12,0 \div 40,0] \end{cases}$$



Результаты

Модель роста СГБК в плодном периоде ($p < 0,01$)

$$C_{\text{СГБ}} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix} = A_{\text{СГБ}} \times B = \begin{bmatrix} -1,065 & 0,239 & 0,0042 & 49,40 & 669,87 \\ -0,567 & 0,156 & 0,0035 & 49,40 & 669,87 \\ -1,431 & 0,174 & 0,0027 & 49,40 & 669,87 \\ -1,318 & 0,174 & 0,0027 & 49,40 & 669,87 \\ -0,982 & 0,112 & 0,0020 & 49,40 & 669,87 \\ -1,968 & 0,171 & 0,0019 & 49,40 & 669,87 \\ -1,953 & 0,184 & 0,0018 & 49,40 & 669,87 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

где x – возраст плода в неделях,

c_1 – среднее значение длины СГБ при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_2 – среднее значение ширины проксимального конца СГБ при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_3 – среднее значение ширины СГБ на середине при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_4 – среднее значение ширины дистального конца СГБ при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_5 – среднее значение толщины проксимального конца СГБ при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_6 – среднее значение толщины СГБ на середине при $x \in [12,0 \div 40,0]$,

c_7 – среднее значение толщины дистального конца СГБ при $x \in [12,0 \div 40,0]$.



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУК О ЖИЗНИ

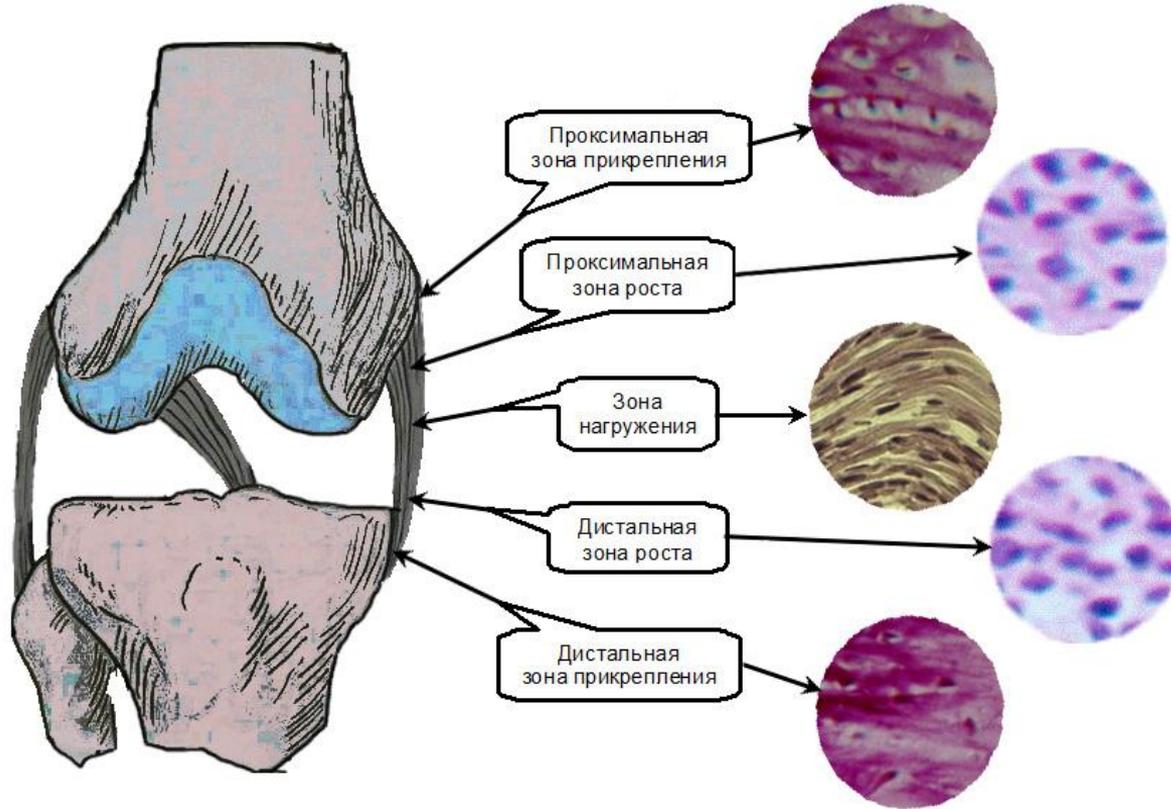
Результаты

Гистологическое строение связки головки бедренной кости



Результаты

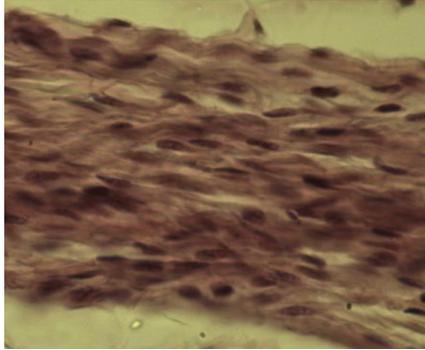
Гистотопографические зоны связок суставов в плодном периоде



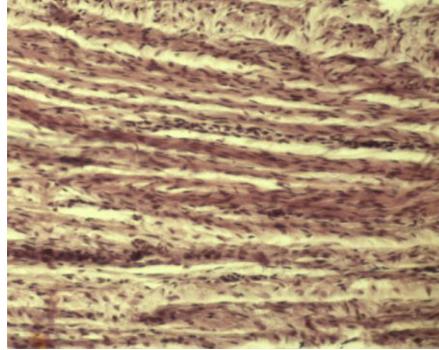


Результаты

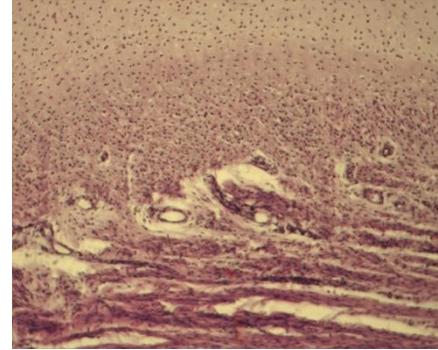
Микроскопическое строение СГБК



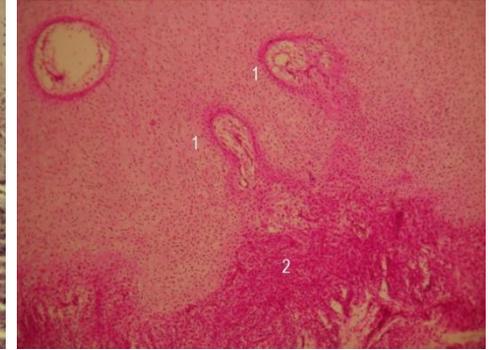
Средняя часть СГБК (зона нагружения) плода 18-й недели. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото. Увеличение 1000х



Средняя часть СГБК (зона нагружения) плода 24-й недели. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото. Увеличение 250х



Кровеносные сосудистые петли на границе зон нагружения и роста у места прикрепления СГБК. Плод 25-й недели. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото (план), 125х

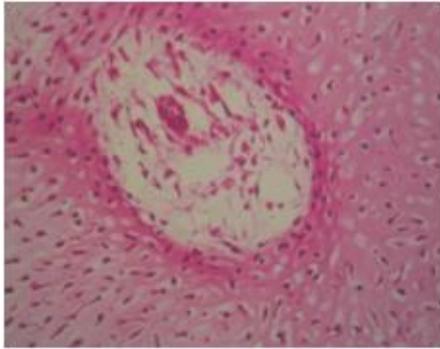


Соединительнотканые «анастомозы» хрящевых лакун (1) головки бедренной кости и СГБК. Плод 24-й недели. Окраска по Ван Гизон. Микрофото (план), 125х

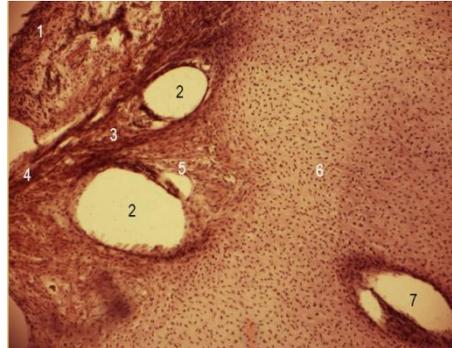


Результаты

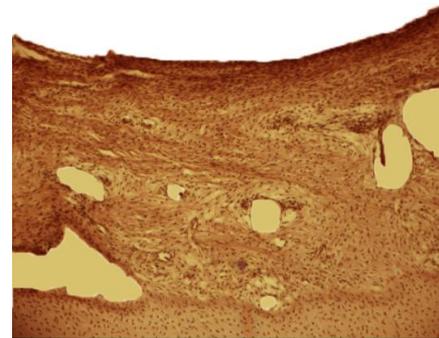
Микроскопическое строение СГБК



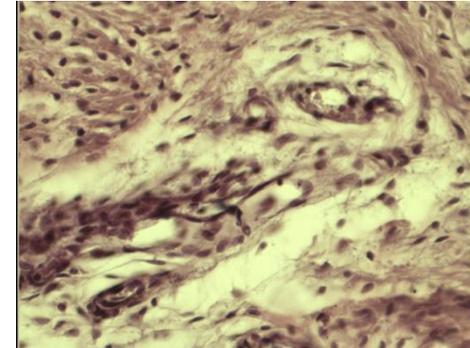
Хрящевая лакуна в дистальном эпифизе бедренной кости. Плод 24-й недели. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото, 500х



Граница СГБК и головки бедренной кости. (1) - синовиальная мембрана, (2) - отростки полости сустава, (3) - зона роста, (4) - ПОСТ зоны нагружения, (5) - волокнистый хрящ зоны прикрепления, (6) - гиалиновый хрящ, (7) - хрящевая лакуна. Плод 30-й недели. Окраска по Ван Гизон. Микрофото (план), 250х



Проксимальное место прикрепления СГБК к вертлужной впадине. Плод 29-й недели. Окраска по Ван Гизон. Микрофото (план), 250х



Сосудистые петли в синовиальной мембране нижней поверхности дистального конца СГБК. Плод 29-й недели. Окраска гематоксилином и эозином. Микрофото, 500х



Результаты



В плодном периоде присутствует два локально-временных градиента дифференциации сосудов СГБК:

- 1) проксимально – дистальный (продольный) вектор направлен от вырезки вертлужной впадины к ямке головки бедренной кости,
- 2) каудо-краниальный (поперечный) вектор – от нижнего (каудального) края связки к верхнему (краниальному).



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУК О ЖИЗНИ

Результаты

Действие мышц на тазобедренный сустав



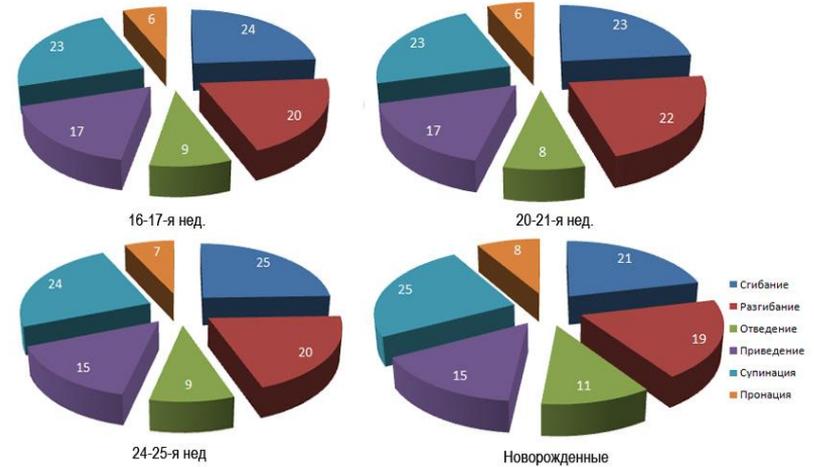
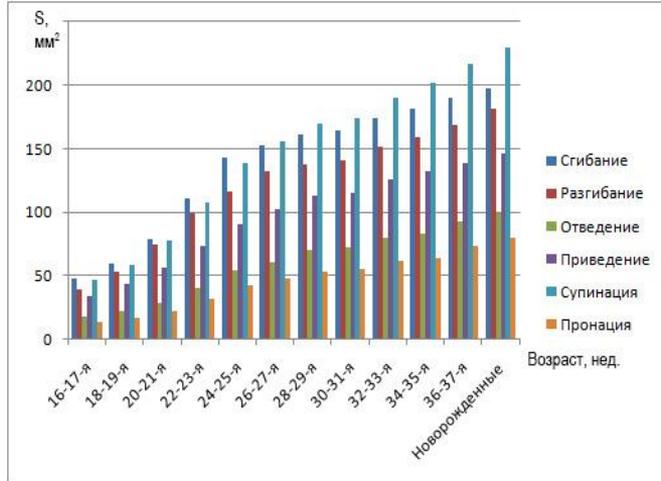
Результаты

Действие мышц на тазобедренный сустав

Суммарный анатомический поперечник (САП)

$$S = \sum_{i=1}^n k_i S_i$$

где S – САП (мм^2), S_i – анатомический поперечник i -й мышцы, n – количество мышц в функциональной группе, k_i – коэффициент угла наклона вектора мышцы к оси вращения в суставе.



Соотношение суммарных анатомических поперечников (проценты) групп мышц, действующих на тазобедренный сустав плодов и новорожденных, на переломных участках возрастной динамики.



Результаты

Модель роста САП ТБС в плодном периоде ($p < 0,01$)

$$C_{\text{ТБС}} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \\ c_9 \\ c_{10} \end{bmatrix} = A_{\text{ТБС}} \times B = \begin{bmatrix} -165,82 & 12,08 & 0,1156 & 39,21 & 418,24 \\ 49,15 & 3,78 & 0,0945 & 61,47 & 1057,31 \\ -127,11 & 9,67 & 0,1144 & 39,21 & 418,24 \\ 11,88 & 4,26 & 0,0936 & 61,47 & 1057,31 \\ -46,54 & 3,81 & 0,0874 & 55,22 & 810,36 \\ -90,79 & 7,17 & 0,1026 & 42,41 & 444,5 \\ 9,13 & 3,50 & 0,0798 & 66,27 & 1062,18 \\ -158,15 & 11,61 & 0,1133 & 42,41 & 444,5 \\ -11,02 & 6,12 & 0,0902 & 66,27 & 1062,18 \\ -37,71 & 3,08 & 0,0488 & 55,22 & 810,36 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

где x – возраст плода в неделях,

c_1 – среднее значение САП сгибателей, где $x \in [16,0 + 25,9]$,

c_2 – среднее значение САП сгибателей, где $x \in [26,0 + 40,0]$,

c_3 – среднее значение САП разгибателей, где $x \in [16,0 + 25,7]$,

c_4 – среднее значение САП разгибателей, где $x \in [25,8 + 40,0]$,

c_5 – среднее значение САП отводящих мышц, где $x \in [16,0 + 40,0]$,

c_6 – среднее значение САП приводящих мышц, где $x \in [16,0 + 27,2]$,

c_7 – среднее значение САП приводящих мышц, где $x \in [27,3 + 40,0]$,

c_8 – среднее значение САП супинаторов, где $x \in [16,0 + 26,8]$,

c_9 – среднее значение САП супинаторов, где $x \in [26,9 + 40,0]$,

c_{10} – среднее значение САП пронаторов, где $x \in [16,0 + 40,0]$.



Выводы

1. В плодном периоде присутствует два локально-временных градиента дифференциации сосудов СГБК:
 - 1) проксимально – дистальный (продольный) вектор,
 - 2) каудо-краниальный (поперечный) вектор.
2. Ведущим источником внутриорганных сосудов является синовиальная мембрана нижнего отдела, погружающаяся в связку при ее торсии на протяжении плодного периода.



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУК О ЖИЗНИ

Спасибо за внимание!