

Е. О. Демещенко

РАЗВИТИЕ КРЕСТЦА В ОНТОГЕНЕЗЕ ЧЕЛОВЕКА

*Научные руководители: д-р мед. наук, проф. С. Л. Кабак,
ст. преп. В. В. Заточная*

Кафедра морфологии человека,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Е. O. Demeshchenko

DEVELOPMENT OF THE SACRUM IN HUMAN ONTOGENESIS

Tutors: professor S. L. Kabak, senior lecturer V. V. Zatochnaya

Department of Human Morphology,

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. Формирование переходного пояснично-крестцового позвонка детерминировано генетически. Сакрализация последнего поясничного позвонка повторяет процесс слияния крестцовых позвонков в единую кость. Напротив, люмбализация S1 происходит вследствие нарушения конкресценции поперечно-реберных отростков закладки первых крестцовых позвонков.

Ключевые слова: крестцовый позвонок, зародыш человека, оссификация, переходный пояснично-крестцовый позвонок.

Resume. The formation of the transitional lumbosacral vertebra is genetically determined. L5 sacralization repeats the process of fusion of the sacral vertebrae into a single bone. Lack of the costotransverse bars of the first sacral vertebrae fusion results in lumbarization of S1.

Keywords: sacral vertebra, human embryo, ossification, lumbosacral transitional vertebra.

Актуальность. Крестец человека представляет собой кость треугольной формы, расположен внизу позвоночного столба между двумя тазовыми костями. Формирование единой костной структуры завершается во вторую декаду постнатального онтогенеза путем оссификации межпозвоночных дисков между телами позвонков, а также путем срастания их дуг и отростков. В норме у человека поясничный отдел позвоночного столба представлен пятью костями, которые соединены между собой связками, межпозвоночными дисками и дугоотростчатými суставами. Пояснично-крестцовый отдел позвоночника является достаточно частым местом локализации аномалий развития. Описаны случаи одностороннего либо двухстороннего, частичного или полного срастания тел, дуг и/или отростков последнего поясничного и первого крестцового позвонков. Клиницисты в таких случаях используют термин – переходный пояснично-крестцовый позвонок. Большинство типов подобной аномалии развития удается выявить только с помощью КТ.

Цель: установить особенности гисто- и органогенеза крестца у зародышей человека и описать варианты строения переходного пояснично-крестцового позвонка.

Материал и методы. Изучено 28 неидентифицируемых по полу целых зародышей человека и их фрагментов 8 – 20 недели гестации. Материал был получен в УЗ «Городская гинекологическая больница» г. Минска в ходе искусственного прерывания беременности. Часть материала после фиксации в 96% спирте и обезвоживания в ацетоне тотально окрашивалась ализариновым красным и альциановым синим, а затем просветлялась в 10% растворе КОН. Другая часть материала использовалась для изготовления гистологических срезов в горизонтальной плоскости,

окрашенных гематоксилином и эозином. Также изучены гистологические срезы зародышей человека с 17 по 23 стадию развития из эмбриологической коллекции Карнеги [доступ через Digitally Reproduced Embryonic Morphology (DREM) project]; 19 крестцовых взрослых людей из анатомической коллекции БГМУ; компьютерные томограммы крестцовых позвонков пациентов ГУ «РНПЦ травматологии и ортопедии», которым в период с марта по ноябрь 2019 года проводилась рентгеновская компьютерная томография.

Результаты и их обсуждение. У зародышей человека 18 стадии Карнеги закладки тел и обеих половин нейральной дуги (нейральных отростков) крестцовых позвонков состоят из хрящевой ткани (рисунок 1А). Тела крестцовых позвонков разделены между собой закладками межпозвоночного диска, который представляет собой скопление мезенхимных клеток. Внутри закладок тел и межпозвоночных дисков выявляются остатки хорды. На 21 стадии Карнеги тела и нейральные отростки крестцовых позвонков становятся хрящевыми (рисунок 1Б). За счет объединения смежных отростков формируется латеральная часть крестца и замыкаются передние крестцовые отверстия. Крестцовое крыло подходит к закладке подвздошной кости и формирует крестцово-подвздошное сочленение. Кзади от латеральной части крестца половины выше- и нижележащих смежных нейральных дуг не соединены друг с другом, их свободные концы также находятся на расстоянии друг от друга.

У зародышей человека 8-недельного возраста смежные нейральные отростки по-прежнему не связаны друг с другом (рисунок 1В). У 10-недельных плодов человека на просветленных препаратах в телах закладок первых двух крестцовых позвонков выявляются центрально расположенные области кальцификации межклеточного матрикса, что свидетельствует о начале эндохондрального окостенения (рисунок 1Г).

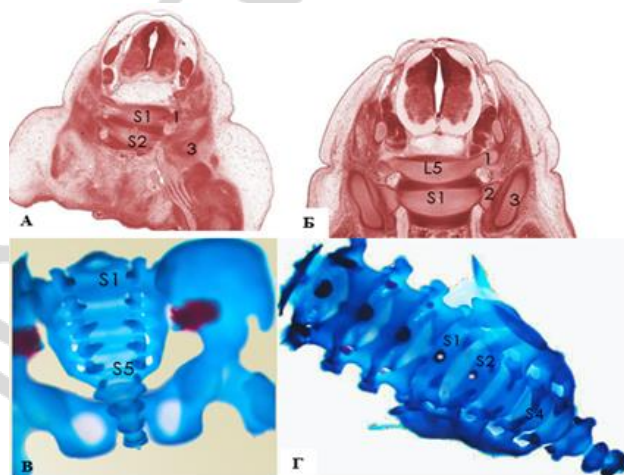


Рис. 1 – Развитие крестцовых позвонков у эмбрионов и плодов человека. Стадии Карнеги 18 (А) и 21 (Б); 8-недельный эмбрион (В); плод 10 недель (Г). А, Б, – микрофотографии гистологических срезов; окраска гематоксилином и эозином. Увеличение: х80. В, Г – просветленные препараты, окрашенные ализариновым красным и альциановым синим. Увеличение: В х10, Г х6,3. 1 – нейральный отросток; 2 – латеральная часть крестца; 3 – крыло подвздошной кости; L5 – тело пятого поясничного позвонка; S1-S5 – тела крестцовых позвонков; * центр окостенения в теле

У плодов человека 13-недельного возраста выявляются два первичных центра окостенения в каждой половине дуги и один в теле первого крестцового позвонка (рисунок 2А). Процесс костеобразования начинается со стороны, обращенной в сто-

рону позвоночного канала, и осуществляется за счет перихондрального и эндохондрального костеобразования. Присутствие трех центров костеобразования в закладках всех других крестцовых позвонков отмечено у плодов человека 16-недельного возраста (рисунок 2Б). У плодов человека 20-недельного возраста выявляются еще два первичных центра окостенения в латеральных частях закладки крестца, расположенные на уровне тела верхних крестцовых позвонков (рисунок 2В).

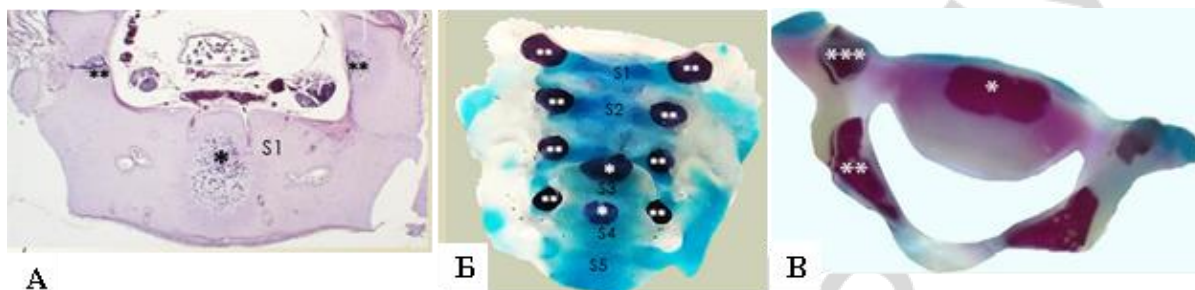


Рис. 2 – Развитие крестцовых позвонков у плодов человека 13 (А), 16 (Б) и 20 (В) недельного возраста. А – микрофотография гистологического среза; окраска гематоксилином и эозином. Увеличение: х25. Б, В – просветленные препараты, окрашенные ализариновым красным и ализариновым синим. Увеличение: х6,3. S1- S5 – тела крестцовых позвонков; * центр окостенения в теле, ** в дуге позвонка и *** в латеральной части крестца

Пояснично-крестцовый отдел позвоночника является самым частым местом локализации аномалий развития [2, 3]. Спектр этих аномалий включает: (а) дополнительное сочленение поперечных отростков пятого поясничного – первого крестцового позвонков; (б) одностороннее (двухстороннее) слияние L5 – S1; или (в) частичное (полное) разделение двух верхних крестцовых позвонков [5].

На костных анатомических препаратах описаны случаи одностороннего либо двухстороннего, частичного и полного срастания тел, дуг и/или отростков последнего поясничного и первого крестцового позвонков [1, 4, 6, 8]. Такой вариант строения часто называется сакрализацией поясничного позвонка. Клиницисты в случаях объединения L5 и S1 используют термин – переходный пояснично-крестцовый позвонок. Частота встречаемости переходного пояснично-крестцового позвонка зависит от расы [7, 8] и колеблется в диапазоне от 4% в китайской популяции до 35,9% у жителей Турции. Частичное или полное разделение поперечных отростков, тел и дуг двух верхних крестцовых позвонков называется люмбализацией S1.

Переходный пояснично-крестцовый позвонок как вариант сакрализации L5 изначально имеет широкий поперечный отросток, который на ранних стадиях эмбриогенеза срастается с крестцовым крылом, входящим в состав латеральной части крестца. С возрастом происходит срастание тел, дуг и суставных отростков пятого поясничного позвонка с крестцом, которые изначально были фиксированы только поперечными отростками (рисунок 3А). Отмечается также гипоплазия L5-S1 межпозвоночного диска. В L5-S1 дугоотростчатых диартрозах суставах щель сужена, однако прослеживается на всем протяжении (рисунок 3Б). Дуга пятого поясничного позвонка и крестец полностью сегментированы. На рисунке 3В, 3Г представлен костный препарат с ассимиляцией последнего поясничного позвонка крестцом. На границе между телами L5 и S1 позвонков сохраняется остаточное пространство. Наблюдается анкилоз дугоотростчатых суставов и синостоз дуг, остистый отросток

L5 входит в состав срединного крестцового гребня. На вентральной и дорсальной поверхности кости имеется по пять крестцовых отверстий.

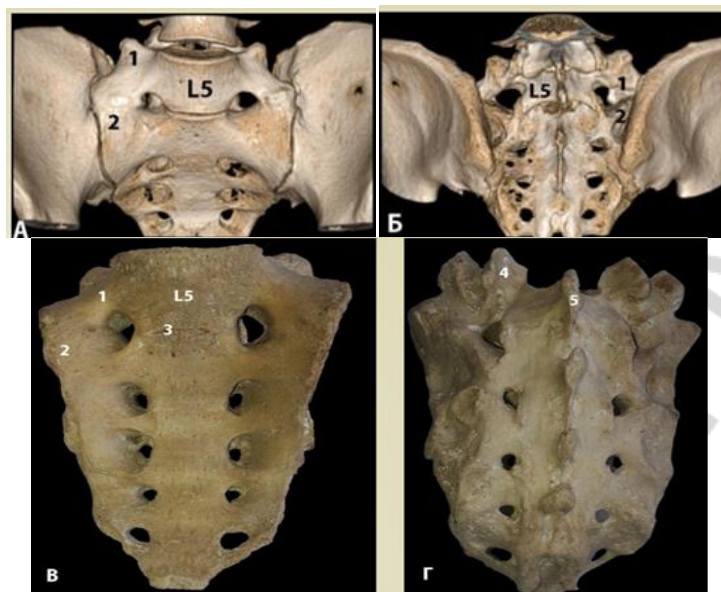


Рис. 3 – Сакрализация L5. 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника (А, Б); анатомический препарат (В, Г). 1 – поперечный отросток L5; 2 – крестцовое крыло; 3 – остаточное пространство; 4 – верхний суставной отросток L5; 5 – остистый отросток L5; L5 – пятый поясничный позвонок. А, В – вид спереди; Б, Г – вид сзади

На рисунке 4А демонстрируется случай частичной люмбализации первого крестцового позвонка. С левой стороны у первого крестцового позвонка имеется обособленный поперечный отросток, тогда как справа отросток входит в состав крестцового крыла и ограничивает сверху переднее крестцовое отверстие. Тела L5-S1, также как тела двух верхних крестцовых позвонков формируют полный костный блок. В остеологической коллекции нами обнаружено два крестца, имевших по три пары крестцовых отверстий на тазовой и вентральной поверхности (рисунок 4Б).

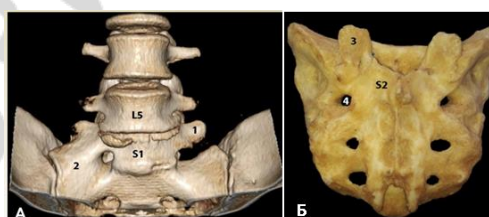


Рис. 4 – Люмбализация S1. 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника (А); анатомический препарат (Б); А – вид спереди; Б – вид сзади. 1 – поперечный отросток L5; 2 – крестцовое крыло; 3 – верхний суставной отросток L5; 4 – заднее крестцовое отверстие; L5 – последний поясничный позвонок; S1 – первый, S2 – второй крестцовый позвонки

Выводы:

1. На ранних этапах эмбриогенеза верхние крестцовые позвонки срастаются путем слияния их реберно-поперечных отростков.
2. На протяжении первой половины внутриутробного развития дуги и суставные отростки смежных позвонков остаются обособленными друг от друга.

3. В отличие от других сегментов позвоночного столба, в закладках трех верхних крестцовых позвонков формируются дополнительные первичные центры окостенения.

4. Формирование переходного пояснично-крестцового позвонка обусловлено генетически.

5. Большинство типов подобной аномалии развития возможно выявить только с помощью компьютерной томографии.

Литература

1. Bhasin R., Hamid S., Raina S. Sacralization of lumbar vertebrae-its anatomical, embryological and clinical perspective / Bhasin R., Hamid S., Raina S. // Global journal for research analysis – 2018. - No. 9 – P. 28-30.

2. Cheng J. S., Song J. K. Anatomy of the sacrum / Cheng J. S., Song J. K. // Neurosurgical focus – 2003. – No. 2 – P. 1-4.

3. Esses S., Botsford D. Surgical anatomy and operative approaches to the sacrum / Esses S., Botsford D. // Philadelphia: Lippincott-Raven. – 1997. – P. 2329–2341.

4. Khairnar K. B., Rajale M. B. Sacralization of lumbar vertebra / Khairnar K. B., Rajale M. B. // Indian Journal of Basic & Applied Medical Research – 2013. - No. 2 – P. 510-514.

5. Mahato N. K. Transitional female sacrum: dimensions, alterations in dorsal pelvic structure, and potential obstetric implications/ Mahato N. K. // Oman medical journal – 2018. – No. 1 – P. 22.

6. Nikumbh R.D, Wanjari A.N, Nikumbh D.B. Morphological Study of Sacralisation of Fifth Lumbar Vertebra and Its Clinical Relevance / Nikumbh R.D, Wanjari A.N, Nikumbh D.B. // Indian Journal of Anatomy – 2017. - No. 2 – P. 119-122.

7. Patel J. V., CMM N. G. P., Sehgal, S. R. Transverse sacralization of lumbar vertebrae: prevalence according to Castellvi classification / Patel J. V., CMM N. G. P., Sehgal, S. R. // International Journal of Research in Orthopedics – 2017. – No. 1 – P. 116.

8. Shetty A. S., Jetti R. Sacralization of Fifth Lumbar Vertebra / Shetty A. S., Jetti R. // Austin Journal of Anatomy – 2017. – P. 1066-1067.