

ISSN 1814-6023 (Print)  
ISSN 2524-2350 (Online)  
УДК 611.711.6  
<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2020-17-4-401-408>

Поступила в редакцию 21.04.202  
Received 21.04.2020

С. Л. Кабак<sup>1</sup>, В. В. Заточная<sup>1</sup>, Н. О. Жижко-Михасевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Минск, Республика Беларусь

## ВРОЖДЕННЫЕ АНОМАЛИИ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

**Аннотация.** Цель исследования – провести сравнительный анализ строения переходного пояснично-крестцового позвонка, выявляемого с помощью компьютерной томографии (КТ) и на анатомических препаратах, а также обсудить возможные патогенетические механизмы формирования этой аномалии развития. В статье представлено описание переходного пояснично-крестцового позвонка, в том числе 6 случаев сакрализации L5 и 3 случая люмбализации S1.

Формирование переходного пояснично-крестцового позвонка детерминировано генетически. Большинство типов подобной аномалии развития удастся выявить только с помощью КТ. Сакрализация последнего поясничного позвонка повторяет процесс слияния крестцовых позвонков в единую кость. Напротив, нарушение конкресценции поперечно-реберных отростков закладки первых крестцовых позвонков как нормального процесса его морфогенеза имеет следствием люмбализацию S1.

**Ключевые слова:** крестец, переходный пояснично-крестцовый позвонок, сакрализация, люмбализация

**Для цитирования:** Кабак, С. Л. Врожденные аномалии пояснично-крестцового отдела позвоночника / С. Л. Кабак, В. В. Заточная, Н. О. Жижко-Михасевич // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 401–408. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2020-17-4-401-408>

Sergei L. Kabak, Valentina V. Zatochnaya, Natalya O. Zhizhko-Mikhasevich

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Minsk, Republic of Belarus

## CONGENITAL ANOMALIES OF THE LUMBOSACRAL SPINE

**Abstract.** The aim of the study is to compare the structure of the lumbosacral transitional vertebra, which were detected by computed tomography (CT) and identified on dried human sacral, and to discuss possible pathogenetic mechanisms of this congenital malformation. The article presents 9 cases of lumbosacral transitional vertebra, including 6 cases of L5 sacralization and 3 cases of S1 lumbarization.

The formation of the transitional lumbosacral vertebra is genetically determined. All types of such developmental anomaly can be detected only on CT. L5 sacralization repeats the process of fusion of the sacral vertebra into a single bone. A lack of the costotransverse bars of the first sacral vertebrae fusion results in the S1 lumbarization.

**Keywords:** sacrum, lumbosacral transitional vertebra, sacralization, lumbarization

**For citation:** Kabak S. L., Zatochnaya V. V., Zhizhko-Mikhasevich N. O. Congenital anomalies of the lumbosacral spine. *Vesti Natsyynal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2020, vol. 17, no. 4, pp. 401–408 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2020-17-4-401-408>

**Введение.** В норме поясничный отдел позвоночного столба человека представлен пятью костями, которые соединены между собой связками, межпозвоночными дисками и дугоотростчатыми суставами. Крестец – кость треугольной формы, расположенная внизу позвоночного столба между тазовыми костями. Формирование единой костной структуры завершается во вторую декаду постнатального онтогенеза в результате окостенения межпозвоночных дисков, а также срастания дуг и отростков пяти крестцовых позвонков [1].

Пояснично-крестцовый отдел позвоночника является самым частым местом локализации аномалий развития [2, 3]. Спектр этих аномалий включает: дополнительное сочленение поперечных

отростков пятого поясничного – первого крестцового позвонков; одностороннее (двухстороннее) слияние L5 и S1 или частичное (полное) разделение двух верхних крестцовых позвонков [4].

Описаны случаи, когда на костных анатомических препаратах выявляется одностороннее либо двухстороннее, частичное либо полное срастание тел, дуг и/или отростков последнего поясничного и первого крестцового позвонков [5–8]. Такой вариант строения часто называют сакрализацией поясничного позвонка. Вместе с тем N. K. Mahato [9] и R. G. Tague [10] используют этот термин только для случаев конкресценции или формирования неартроза между поперечным отростком последнего поясничного позвонка и крестцовым крылом. Подобный вариант строения, по данным R. G. Tague [10], в коллекциях анатомических препаратов встречается с частотой 10,9 %. Клиницисты в случаях объединения L5 и S1 предпочитают использовать термин «переходный пояснично-крестцовый позвонок». Рентгенологически такой вариант строения может проявляться либо односторонней дисплазией поперечного отростка, который становится шириной более 19 мм (тип Ia по классификации А. Е. Castellvi с соавт. [11]), либо полным двухсторонним слиянием поперечного отростка L5 с крестцом (тип IIb). Частота встречаемости переходного пояснично-грудного позвонка зависит от расы [6, 12, 13] 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. Для определения степени выраженности этой аномалии развития, так же как и в случае с сакрализацией последнего поясничного позвонка, используют классификацию А. Е. Castellvi [11].

Оба варианта переходного пояснично-крестцового позвонка встречаются с разной частотой. При ретроспективном анализе рентгеновских снимков 3607 взрослых людей D. Uçar с соавт. [14] диагностировали сакрализацию и люмбализацию в 17,2 и 1,7 % случаев соответственно. V. A. Sharma с соавт. [15] на выборке из 206 крестцов обнаружили переходный пояснично-крестцовый позвонок в 38 (18,4 %) случаях: сакрализацию – в 14,1 %, люмбализацию – в 4,3 % случаев.

Цель настоящего исследования – провести сравнительный анализ строения переходного пояснично-крестцового позвонка, выявляемого с помощью компьютерной томографии и на анатомических препаратах, а также обсудить возможные патогенетические механизмы формирования этой аномалии развития.

**Материалы и методы исследования.** Оба варианта переходного пояснично-крестцового позвонка (4 случая сакрализации L5 и 1 случай люмбализации S1) были выявлены у пациентов ГУ «РНПЦ травматологии и ортопедии», которым в период с марта по ноябрь 2019 г. проводилась рентгеновская компьютерная томография (КТ). Исследование проводили на аппарате Siemens Somatom Emotion 16, в спиральном режиме, при толщине среза 1,5 или 1 мм. В работе с пациентами и при подготовке публикации соблюдались этические принципы, предписанные Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki) пересмотра 2013 г.

Кроме того, было изучено 19 крестцов взрослых людей, не идентифицированных по полу и возрасту, из остеологической коллекции Белорусского государственного медицинского университета, среди которых были выявлены один случай сакрализации пятого поясничного позвонка и два случая уменьшения количества крестцовых позвонков.

**Результаты исследования.** На рис. 1 представлен Ia тип переходного позвонка по А. Е. Castellvi. Поперечные отростки L5 аномально расширены в кранио-каудальном направлении (больше справа). Сочленение с крестцом и с подвздошной костью отсутствует. Дугоотростчатые суставы имеют признаки артроза, дуга последнего поясничного позвонка и крестец сегментированы.

При типе IIa переходного пояснично-крестцового позвонка по А. Е. Castellvi (рис. 2, A) широкий поперечный отросток L5 слева образует неартроз с крестцовым крылом и подвздошной костью. В области поперечно-крестцового сочленения имеются признаки дегенеративно-дистрофических изменений с вакуум-феноменом в проекции суставной щели. Отмечается неровность краев контактных поверхностей с небольшим краевым остеофитом по поверхности. В сегменте L4–L5 наблюдаются небольшое снижение высоты межпозвоночного диска и его незначительная дорсальная протрузия.

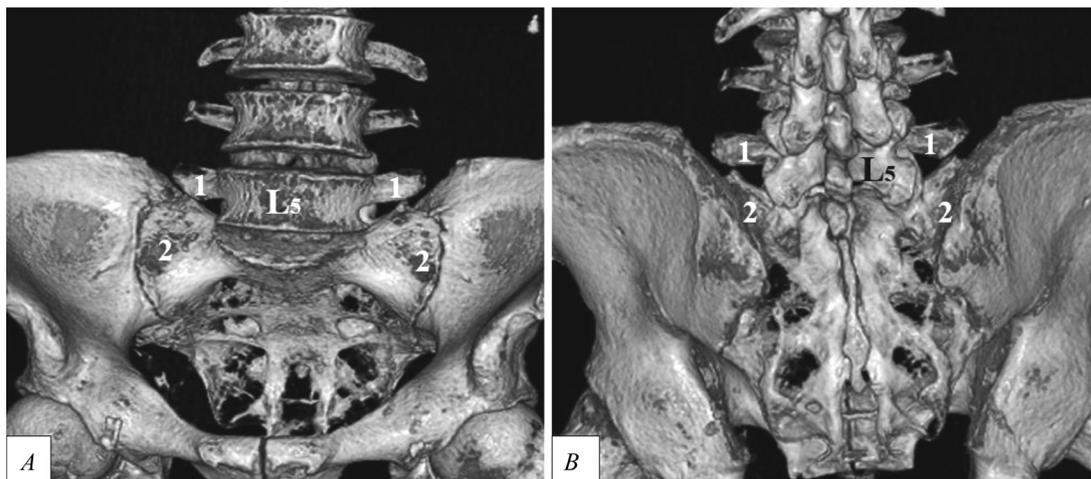


Рис. 1. Сакрализации L5 (тип Ia по Castellvi) у пациента М. (82 года): односторонняя дисплазия правого поперечного отростка последнего поясничного позвонка (1 – поперечный отросток; 2 – крестцовое крыло; L5 – пятый поясничный позвонок). 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника: А – вид спереди; В – вид сзади

Fig. 1. Sacralizations L5 (Castellvi type Ia) at patient M. (82 years old): unilateral dysplasia of the right transverse process of the last lumbar vertebra (1 – transverse process; 2 – sacral wing; L5 – fifth lumbar vertebra). 3D-reconstruction of the lumbosacral spine: A – frontal view; B – back view

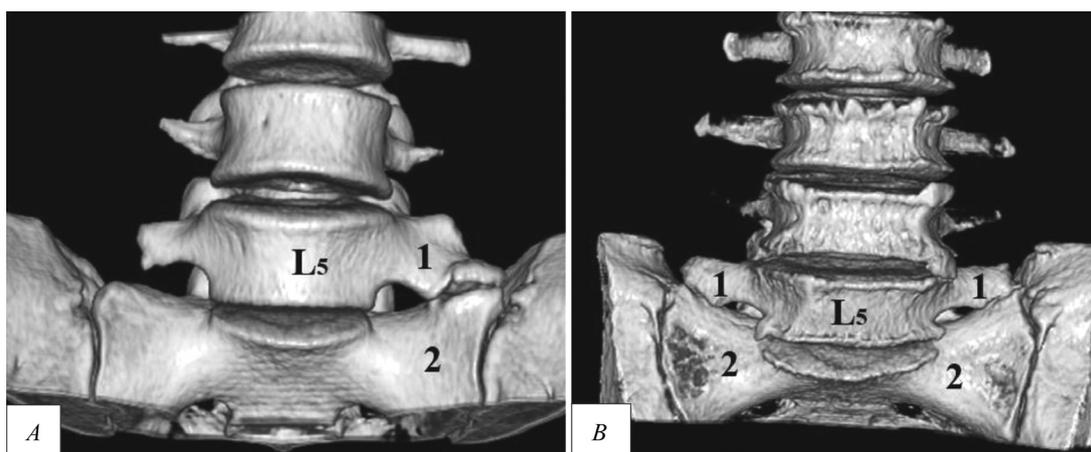


Рис. 2. Сакрализации L5 (тип II по Castellvi): у пациентки М. (31 год) тип IIa – неоартроз между левым поперечным отростком последнего поясничного позвонка и крестцовым крылом (А); у пациентки Л. (60 лет) тип IIb – двустороннее образование аномальных диартрозов поперечных отростков L5 с крестцом (В). 1 – поперечный отросток; 2 – крестцовое крыло; L5 – пятый поясничный позвонок. 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника, вид спереди

Fig. 2. Sacralizations of L5 (Castellvi type II): at patient M. (31 years old) type IIa – neoarthrosis between the left transverse process of the last lumbar vertebra at a sacral wing (A); at patient L. (60 years old) type IIb – bilateral formation of abnormal diarthroses of L5 transverse processes with the sacrum (B). 1 – transverse process; 2 – sacral wing; L5 – fifth lumbar vertebra. 3D-reconstruction of the lumbosacral spine, frontal view

При IIb типе переходного позвонка по А. Е. Castellvi (рис. 2, В) широкие поперечные отростки пятого поясничного позвонка образуют поперечно-крестцовые неоартрозы с крестцовым крылом с обеих сторон. В области неоартрозов выявлены признаки дегенеративно-дистрофических изменений. Имеется частичная оссификация подвздошно-поясничной связки с обеих сторон. Определяются умеренно выраженные дегенеративные изменения замыкательных пластинок L2–S1, а также визуализируются признаки остеохондроза, дугоотростчатого артроза на уровне вышележащих сегментов, протрузия межпозвоночных дисков, субхондральный склероз и краевые остеофиты на уровне L3–L4, L4–L5.

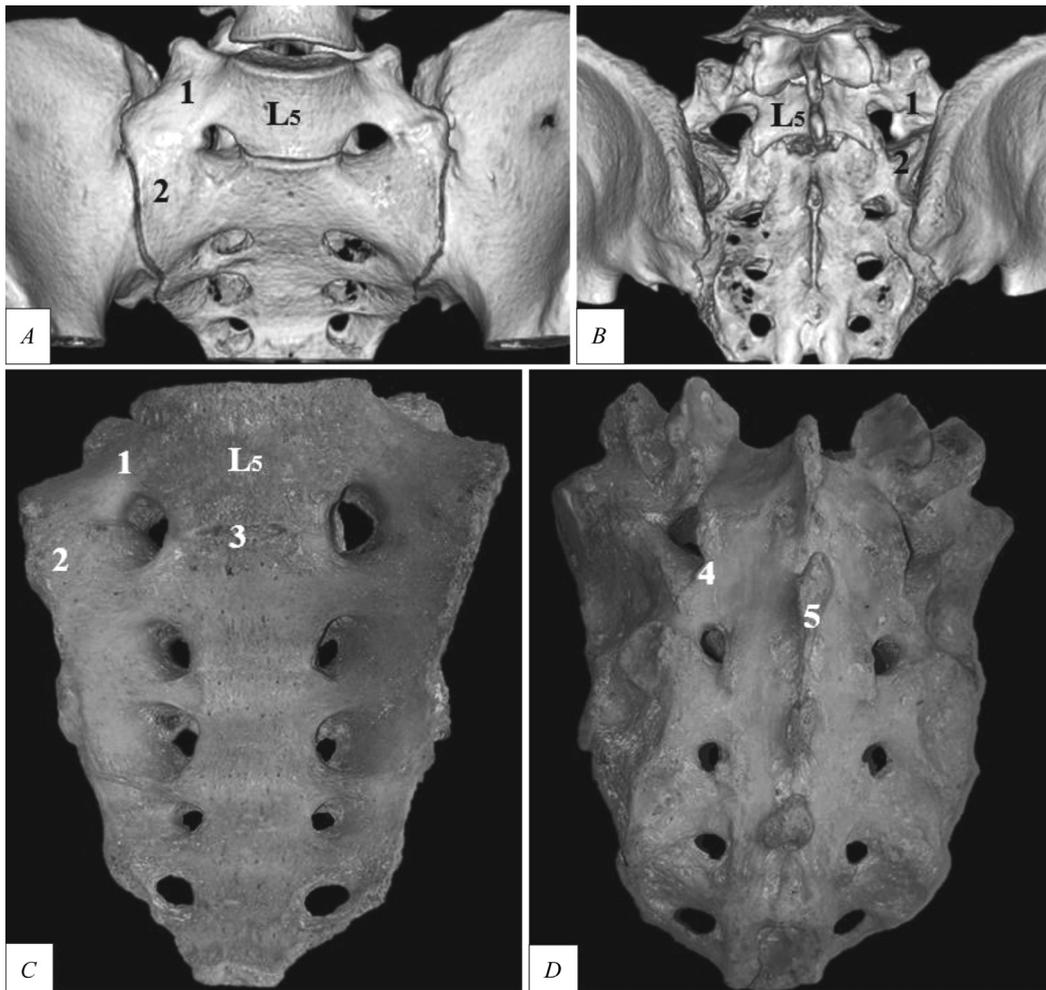


Рис. 3. Сакрализации L5 у пациентки Ш. (24 года): *A, B* – тип IIIb по Castellvi; *C, D* – анатомический препарат (*1* – поперечный отросток L5; *2* – крестцовое крыло; *3* – остаточное пространство; *4* – верхний суставной отросток L5; *5* – остистый отросток L5; L5 – пятый поясничный позвонок). 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника: *A, C* – вид спереди; *B, D* – вид сзади

Fig. 3. Sacralization of L5 at patient Sh. (24 years old): *A, B* – Castellvi type IIIb; *C, D* – dried human sacrum (*1* – transverse process L5; *2* – sacral wing; *3* – residual space; *4* – superior articular process L5; *5* – spinous process L5; L5 – fifth lumbar vertebra). 3D-reconstruction of the lumbosacral spine: *A, C* – frontal view; *B, D* – back view)

На рис. 3 представлен IIIb тип переходного пояснично-крестцового позвонка по А. Е. Castellvi. Расширенные поперечные отростки L5 с двух сторон сливаются с крестцовым крылом и сочленяются прерывно с подвздошными костями (рис. 3, *A*). Отмечается также гипоплазия L5–S1 межпозвоночного диска. В L5–S1 дугоотростчатых диартрозах сустава щель сужена, однако прослеживается на всем протяжении (рис. 3, *B*). Дуга пятого поясничного позвонка и крестец полностью сегментированы.

На рис. 3, *C, D* представлен костный препарат с ассимиляцией последнего поясничного позвонка крестцом. На границе между телами L5 и S1 позвонков сохраняется остаточное пространство. Вместе с тем суставы между этими позвонками анкилозированы, дуги синостозированы, а остистый отросток L5 входит в состав срединного крестцового гребня. На вентральной и дорсальной поверхности кости имеется по пять крестцовых отверстий.

На рис. 4, *A* приведен случай частичной люмбализации S1 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, так же как и тела двух верхних крестцовых позвонков, формируют полный костный блок. Вместе с тем в дугоотростчатых суставах между S1 и S2 признаков анкилозирования

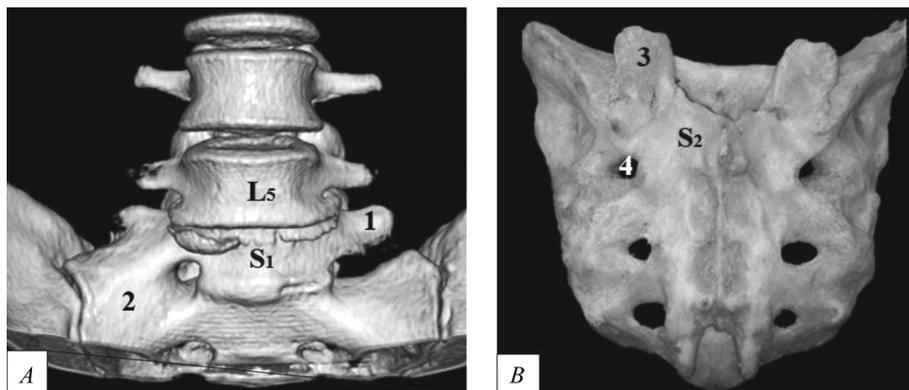


Рис. 4. Люмбализация S1 у пациентки К. (34 года): *A* – тип IIIa по Castellvi (поперечный отросток первого крестцового позвонка слева отделен от крестцового крыла; костный блок тел L5–S1; 3D-реконструкция пояснично-крестцового отдела позвоночника, вид спереди); *B* – крестец с тремя парами крестцовых отверстий (мацерированный костный препарат, вид спереди: 1 – поперечный отросток S1; 2 – крестцовое крыло; 3 – верхний суставной отросток S2; 4 – заднее крестцовое отверстие; L5 – последний поясничный позвонок; S1 – первый, S2 – второй крестцовый)

Fig. 4. S1 Lumbarization S1 at patient K. (34 years old): *A* – Castellvi type IIIa (the transverse process of the first sacral vertebra on the left is separated from the sacral wing; bony block of bodies L5–S1; 3D-reconstruction of the lumbosacral spine; frontal view); *B* – sacrum with three pairs of sacral foramina. Dried human sacrum; frontal view: 1 – transverse process S1; 2 – sacral wing; 3 – superior articular process S2; 4 – posterior sacral foramen; L5 – last lumbar vertebra; S1 – first, S2 – second sacral vertebra)

и дегенеративно-дистрофических изменений не наблюдается. В пояснично-крестцовой области выявлен спондилолизный спондилолистез L5, сопровождающийся дегенеративно-дистрофическими изменениями межпозвоночного диска. Эти изменения проявляются выраженным снижением высоты диска, субхондральным склерозом и краевыми остеофитами на телах позвонков. Выявленные патологические изменения носят не врожденный, а приобретенный характер.

В остеологической коллекции нами было обнаружено два крестца, имевших по три пары крестцовых отверстий на тазовой и вентральной поверхности (рис. 4, *B*). Согласно классификации А. Е. Castellvi, подобная картина, характерна для типов I и II переходного пояснично-крестцового позвонка. Ввиду отсутствия соответствующего поясничного позвонка уточнить тип люмбализации не представлялось возможным.

**Обсуждение.** По данным литературы, переходный пояснично-крестцовый позвонок – врожденная аномалия развития, возникающая в результате неправильного формирования, миграции, дифференцировки, сегментации или ресегментации склеротомов сомитов [13, 16]. Глобальное структурирование осевого скелета млекопитающих и его нормальное развитие обеспечивают *Hox* гены [17]. У мутантных мышей без *HoxPG11* гена крестец отсутствует, а отдельные сегменты в этом отделе позвоночника выглядят как поясничные позвонки [18]. Такой фенотип напоминает люмбализацию последнего поясничного позвонка у человека. У трансгенных эмбрионов со сверхэкспрессией *Hox* гена (*D111–Hoxa11* трансгеник) наблюдается слияние поперечных отростков смежных поясничных позвонков, которое интерпретируется как фенотип «сакрализации» [19].

Другой потенциальной причиной сакрализации (в частности, сращения тел, суставных отростков и дуг позвонков) считается объединение вторичных центров оссификации смежных позвонков, которые появляются уже в постнатальном онтогенезе [6, 15, 16].

Развитие всех структурных компонентов позвоночного столба проходят три стадии: мезенхимную, хрящевую и костную. Хондрификация крестцовых позвонков начинается у 7-недельных зародышей человека [20]. При этом латеральная часть крестца представляет собой целостную хрящевую структуру, соединяющую нейральные дуги верхних крестцовых позвонков, которые у эмбрионов человека представляют собой обособленные закладки (рис. 5). Считается, что латеральные части крестца формируются за счет конкресценции реберно-поперечных отростков трех верхних крестцовых позвонков, образование которых в свою очередь является результатом слияния рудиментов ребра и поперечного отростка [21]. В процессе филогенеза имеют место редукция поперечного отростка поясничных позвонков и его слияние с ребром, но при этом реберно-

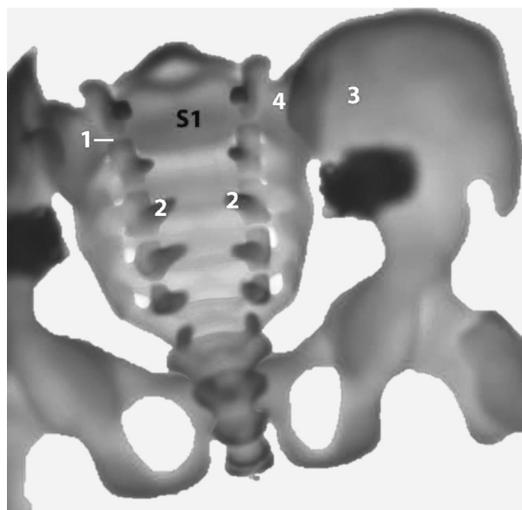


Рис. 5. Строение закладок крестцовых позвонков и тазовой кости 8-недельного зародыша человека (вид сзади): 1 – дугоотростчатое сочленение; 2 – две половины нейральной дуги; 3 – крыло подвздошной кости; 4 – латеральная часть крестца; S1 – закладка тела первого крестцового позвонка. Просветленный препарат, окрашенный альциановым синим и красным ализаринном.  $\times 10$

Fig. 5. Structure of sacral vertebrae and hip bone anlagen 8-weeks old embryo (back view): 1 – zygapophysial joint; 2 – two halves of the neural arch; 3 – wing of Ilium; 4 – lateral part of sacrum; S1 – anlage of body of the first sacral vertebra. Whole-mount skeletal preparations, stained with alcian blue and alizarin red.  $\times 10$

при рентгенологическом обследовании позвоночника у живого человека. При изучении мацерированных анатомических препаратов обнаруживается, как правило, только III тип переходного пояснично-крестцового позвонка, когда формируется костное сращение между смежными сегментами позвоночного столба.

Некоторые исследователи полагают, что пояснично-крестцовый позвонок образуется в результате нарушения формирования центров окостенения в эмбриональном периоде развития. При возникновении лишних точек окостенения происходит сакрализация, при недостатке таких точек – люмбализация [25]. Подобное объяснение выглядит малоубедительным, так как центры окостенения появляются внутри обособленных хрящевых моделей костей. Несколько таких центров могут сливаться между собой только в пределах одной закладки.

**Заключение.** Формирование переходного пояснично-крестцового позвонка детерминировано генетически. Большинство типов подобной аномалии развития можно выявить только с помощью КТ. Сакрализация последнего поясничного позвонка повторяет процесс слияния крестцовых позвонков в единую кость. Напротив, нарушение конкресценции поперечно-реберных отростков закладок первых крестцовых позвонков как нормального процесса морфогенеза имеет следствием люмбализацию S1.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список использованных источников

1. Malformed vertebrae: a clinical and imaging review / A. Chaturvedi [et al.] // Insights into Imaging. – 2018. – Vol. 9, N 3. – P. 343–355. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0598-1>
2. Esses, S. E. Surgical anatomy and operative approaches to the sacrum / S. E. Esses, D. J. Botsford // The adult spine: principles and practice. – Philadelphia, 1997. – Vol. 2. – P. 2329–2341.

поперечные отростки не сливаются между собой [22]. В связи с этим формирование переходного пояснично-крестцового позвонка IIIa и IIIb типов по А. Е. Castellvi и образование латеральной части крестца на ранних стадиях эмбриогенеза, вероятнее всего, происходит сходным образом, детерминировано генетически и может быть визуализировано задолго до начала окостенения – уже на мезенхимной стадии гистогенеза. Подобным образом происходит полное или частичное слияние ребер или формирование блоков тел грудных/шейных позвонков при врожденных аномалиях развития.

Осификация крестцовых позвонков стартует на 10–12-й неделе внутриутробного развития [23]. Сначала центры окостенения появляются в теле (один) и в нейральных отростках (два), а позднее – в области каждой латеральной части закладки крестца (по три дополнительных первичных центра окостенения) [24]. Подобно другим сегментам позвоночного столба на протяжении всего внутриутробного периода развития, а также в первые декады жизни тела дуги и суставные отростки крестцовых позвонков остаются обособленными. Синостозирование крестцовых позвонков, происходящее с возрастом, вероятнее всего, связано с их иммобилизацией за счет сращения реберно-поперечных отростков под воздействием механической нагрузки на крестец, обусловленной прямохождением человека. Этим обстоятельством можно объяснить разнообразие морфологических проявлений сакрализации последнего крестцового позвонка, выявляемое

3. Cheng, J. S. Anatomy of the sacrum / J. S. Cheng, J. K. Song // *Neurosurg. Focus.* – 2003. – Vol. 15, N 2. – P. 1–4. <https://doi.org/10.3171/foc.2003.15.2.3>
4. Mahato, N. K. Transitional female sacrum: dimensions, alterations in dorsal pelvic structure, and potential obstetric implications / N. K. Mahato // *Oman Med. J.* – 2018. – Vol. 33, N 1. – P. 22–28. <https://doi.org/10.5001/omj.2018.05>
5. Khairnar, K. B. Sacralization of lumbar vertebra / K. B. Khairnar, M. B. Rajale // *Indian J. Basic Appl. Med. Res.* – 2013. – Vol. 6, N 2. – P. 510–514.
6. Shetty, A. S. Sacralization of fifth lumbar vertebra – a case report / A. S. Shetty, R. Jetti // *Austin J. Anatomy.* – 2017. – Vol. 4, N 2. – P. 1066–1067. <https://doi.org/10.26420/austinjanat.2017.1066>
7. Nikumbh, R. D. Morphological study of sacralisation of fifth lumbar vertebra and its clinical relevance / R. D. Nikumbh, A. N. Wanjari, D. B. Nikumbh // *Indian J. Anat.* – 2017. – Vol. 6, N 2. – P. 119–124. <https://doi.org/10.21088/ija.2320.0022.6217.5>
8. Bhasin, R. Sacralization of lumbar vertebrae-its anatomical, embryological and clinical perspective / R. Bhasin, S. Hamid, S. Raina // *Global J. Res. Analys.* – 2018. – Vol. 7, N 9. – P. 28–30.
9. Mahato, N. K. Complete sacralization of L5 vertebrae: traits, dimensions, and load bearing in the involved sacra / N. K. Mahato // *Spine J.* – 2010. – Vol. 10, N 7. – P. 610–615. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.04.012>
10. Tague, R. G. Sacralization is not associated with elongated cervical costal process and cervical rib / R. G. Tague // *Clin. Anat.* – 2011. – Vol. 24, N 2. – P. 209–217. <https://doi.org/10.1002/ca.21087>
11. Castellvi, A. E. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects / A. E. Castellvi, L. A. Goldstein, D. P. Chan // *Spine.* – 1984. – Vol. 9, N 5. – P. 493–495. <https://doi.org/10.1097/00007632-198407000-00014>
12. Wazir, S. Sacralisation of lumbar vertebrae / S. Wazir // *Int. J. Anat. Res.* – 2014. – Vol. 2, N 2. – P. 386–389.
13. Transverse sacralization of lumbar vertebrae: prevalence according to Castellvi classification / J. V. Patel [et al.] // *Int. J. Res. Orthoped.* – 2016. – Vol. 3, N 1. – P. 116. <https://doi.org/10.18203/issn.2455-4510.intjresorthop20164835>
14. Retrospective cohort study of the prevalence of lumbosacral transitional vertebra in a wide and well-represented population / D. Uçar [et al.] // *Arthritis.* – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/461425>
15. Sharma, V. A. Osteogenic study of lumbosacral transitional vertebra in central India region / V. A. Sharma, D. K. Sharma, C. K. Shukla // *J. Anat. Soc. India.* – 2011. – Vol. 60, N 2. – P. 212–217. [https://doi.org/10.1016/s0003-2778\(11\)80030-4](https://doi.org/10.1016/s0003-2778(11)80030-4)
16. Krishnamurthy, A. Study on incidence of sacralisation of fifth lumbar vertebra in South Indian population / A. Krishna-murthy, M. Adibatti // *Ital. J. Anat. Embryol.* – 2016. – Vol. 121, N 1. – P. 60–65.
17. Mallo, M. Hox genes and regional patterning of the vertebrate body plan / M. Mallo, D. M. Wellik, J. Deschamps // *Develop. Biol.* – 2010. – Vol. 344, N 1. – P. 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2010.04.024>
18. Wellik, D. M. Hox10 and Hox11 genes are required to globally pattern the mammalian skeleton / D. M. Wellik, M. R. Capecchi // *Science.* – 2003. – Vol. 301, N 5631. – P. 363–367. <https://doi.org/10.1126/science.1085672>
19. Hox genes specify vertebral types in the presomitic mesoderm / M. Carapuço [et al.] // *Genes & Development.* – 2005. – Vol. 19, N 18. – P. 2116–2121. <https://doi.org/10.1101/gad.338705>
20. Salsabili, N. Development of the human sacroiliac joint / N. Salsabili, D. A. Hogg // *Clin. Anat.* – 1991. – Vol. 4, N 2. – P. 99–108. <https://doi.org/10.1002/ca.980040204>
21. Steele, D. G. The anatomy and biology of the human skeleton / D. G. Steele, C. A. Bramblett. – Texas A&M Univ. Press, 1988. – 304 p.
22. Coalson, R. E. Musculoskeletal system / R. E. Coalson, J. J. Tomasek // *Embryology.* – N. Y., 1992. – P. 46–56.
23. Bakkum, B. W. Development of the spine and spinal cord / B. W. Bakkum, W. E. Bachop // *Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and Ans* / ed. : G. D. Cramer, S. A. Darby. – St. Louis, 2014. – P. 541–565.
24. Jain, A. Sacral-alar-iliac fixation in pediatric deformity: radiographic outcomes and complications / A. Jain, K. M. Kebaish, P. D. Sponseller // *Spine Deformity.* – 2016. – Vol. 4, N 3. – P. 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.11.005>
25. Макарова, А. В. Аномалии развития позвоночного столба [Электронный ресурс] / А. В. Макарова, А. Г. Сероух // Студенческий научный форум : VII Междунар. студент. эл. науч. конф., 15 февр.–31 марта 2015 г. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2015/898/11185>. – Дата доступа : 04.10.2020.

## References

1. Chaturvedi A., Klionsky N. B., Nadarajah U., Chaturvedi A., Meyers S. P. Malformed vertebrae: a clinical and imaging review. *Insights into Imaging*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 343–355. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0598-1>
2. Esses S. E., Botsford D. J. Surgical anatomy and operative approaches to the sacrum. *The adult spine: Principles and practice*. Philadelphia, 1997, vol. 2, pp. 2329–2341.
3. Cheng J. S., Song J. K. Anatomy of the sacrum. *Neurosurgical Focus*, 2003, vol. 15, no. 2, pp. 1–4. <https://doi.org/10.3171/foc.2003.15.2.3>
4. Mahato N. K. Transitional female sacrum: dimensions, alterations in dorsal pelvic structure, and potential obstetric implications. *Oman Medical Journal*, 2018, vol. 33, no. 1, p. 22–28. <https://doi.org/10.5001/omj.2018.05>
5. Khairnar K. B., Rajale M. B. Sacralization of lumbar vertebra. *Indian Journal of Basic and Applied Medical Research*, 2013, vol. 6, no. 2, pp. 510–514.
6. Shetty A. S., Jetti R. Sacralization of fifth lumbar vertebra – a case report. *Austin Journal of Anatomy*, 2017, vol. 4, no. 2, pp. 1066–1067. <https://doi.org/10.26420/austinjanat.2017.1066>
7. Nikumbh R. D., Wanjari A. N., Nikumbh D. B. Morphological study of sacralisation of fifth lumbar vertebra and its clinical relevance. *Indian Journal of Anatomy*, 2017, vol. 6, no. 2, pp. 119–124. <https://doi.org/10.21088/ija.2320.0022.6217.5>
8. Bhasin R., Hamid S., Raina S. Sacralization of lumbar vertebrae-its anatomical, embryological and clinical perspective. *Global Journal for Research Analysis*, 2018, vol. 7, no. 9, pp. 28–30.

9. Mahato N. K. Complete sacralization of L5 vertebrae: traits, dimensions, and load bearing in the involved sacra. *Spine Journal*, 2010, vol. 10, no. 7, pp. 610–615. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.04.012>
10. Tague R. G. Sacralization is not associated with elongated cervical costal process and cervical rib. *Clinical Anatomy*, 2011, vol. 24, no. 2, pp. 209–217. <https://doi.org/10.1002/ca.21087>
11. Castellvi A. E., Goldstein L. A., Chan D. P. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects. *Spine*, 1984, vol. 9, no. 5, pp. 493–495. <https://doi.org/10.1097/00007632-198407000-00014>
12. Wazir S. Sacralisation of lumbar vertebrae. *International Journal of Anatomy and Research*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 386–389.
13. Patel J. V., Mehta C. M., Patil N. G., Sehgal S. R. Transverse sacralization of lumbar vertebrae: prevalence according to Castellvi classification. *International Journal of Research in Orthopedics*, 2016, vol. 3, no. 1, p. 116. <https://doi.org/10.18203/issn.2455-4510.intjresorthop20164835>
14. Uçar D., Uçar B. Y., Coşar Y., Emrem K., Gümüştuyu G., Mutlu S., Mutlu B., Çaçan M. A., Mertsoy Y., Gümüş H. Retrospective cohort study of the prevalence of lumbosacral transitional vertebra in a wide and well-represented population. *Arthritis*, 2013, vol. 2013, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/461425>
15. Sharma V. A., Sharma D. K., Shukla C. K. Osteogenic study of lumbosacral transitional vertebra in central India region. *Journal of Anatomical Society of India*, 2011, vol. 60, no. 2, pp. 212–217. [https://doi.org/10.1016/s0003-2778\(11\)80030-4](https://doi.org/10.1016/s0003-2778(11)80030-4)
16. Krishnamurthy A., Adibatti M. Study on incidence of sacralisation of fifth lumbar vertebra in South Indian population. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 2016, vol. 121, no. 1, pp. 60–65.
17. Mallo M., Wellik D. M., Deschamps J. Hox genes and regional patterning of the vertebrate body plan. *Developmental Biology*, 2010, vol. 344, no. 1, pp. 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2010.04.024>
18. Wellik D. M., Capocchi M. R. Hox10 and Hox11 genes are required to globally pattern the mammalian skeleton. *Science*, 2003, vol. 301, no. 5631, pp. 363–367. <https://doi.org/10.1126/science.1085672>
19. Carapuço M., Nóvoa A., Bobola N., Mallo M. Hox genes specify vertebral types in the presomitic mesoderm. *Genes and Development*, 2005, vol. 19, no. 18, pp. 2116–2121. <https://doi.org/10.1101/gad.338705>
20. Salsabili N., Hogg D. A. Development of the human sacroiliac joint. *Clinical Anatomy*, 1991, vol. 4, no. 2, pp. 99–108. <https://doi.org/10.1002/ca.980040204>
21. Steele D. G., Bramblett C. A. *The anatomy and biology of the human skeleton*. Texas A&M University Press, 1988. 304 p.
22. Coalson R. E., Tomasek J. J. Musculoskeletal System. *Embryology*. New York, 1992, pp. 46–56.
23. Bakkum B. W., Bachop W. E. Development of the spine and spinal cord. *Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and Ans*. St. Louis, 2014, pp. 541–565.
24. Jain A., Kebaish K. M., Sponseller P. D. Sacral-alar-iliac fixation in pediatric deformity: radiographic outcomes and complications. *Spine Deformity*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.11.005>
25. Makarova A. V., Seroukh A. G. Anomalies of development of vertebral columns. *Studencheskii nauchnyi forum : VII Mezhdunarodnaya studencheskaya elektronnyaya nauchnaya konferentsiya, 15 fevralya–31 marta 2015 goda* [Student scientific forum: VII International student electronic scientific conference, February 15–March 31, 2015]. Available at: <http://www.scienceforum.ru/2015/898/11185> (accessed 04.10.2020) (in Russian).

### Информация об авторах

*Кабак Сергей Львович* – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой. Белорусский государственный медицинский университет (пр. Дзержинского, 83, 220116, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kabakmorph@gmail.com

*Затоchnая Валентина Владимировна* – ст. преподаватель. Белорусский государственный медицинский университет (пр. Дзержинского, 83, 220116, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.zatochnaya@gmail.com

*Жи́жко-Михасевич Наталья Олеговна* – врач-рентгенолог. Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии (ул. Кизеватова, 60/4, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nataliamikhasevich@rambler.ru

### Information about the authors

*Sergei L. Kabak* – D. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhynski Ave., 220116, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kabakmorph@gmail.com

*Valentina V. Zatochnaya* – Senior Lecturer. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhynski Ave., 220116, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.zatochnaya@gmail.com

*Natalya O. Zhizhko-Mikhasevich* – Radiologist. Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics (60/4, Kizhevato Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nataliamikhasevich@rambler.ru