

## **Морфометрия тел позвонков и межпозвоночных дисков у зародышей человека**

*Заточная В. В., Кабак С. Л.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Реферат.** Статья содержит результаты морфометрического исследования позвоночника 24 зародышей человека в возрасте от 8 до 12 недель гестации. Проанализирована динамика роста и соотношение линейных размеров тел позвонков во всех отделах позвоночного столба.

**Ключевые слова:** тело позвонка, размеры, анализ цифровых изображений, зародыш человека.

**Введение.** Материалом для измерений позвонков в перинатальном онтогенезе служат в основном плоды человека второй половины гестации. При этом визуализация позвонков осуществляется с ис-

пользованием таких методов исследования, как компьютерная и магнитно-резонансная томография, а также ультразвуковая диагностика [1]. Перечисленные методы позволяют оценивать динамику изменения размеров не отдельных позвонков, а только центров оссификации в них. В литературе практически отсутствуют данные о морфометрии позвоночного столба у зародышей человека в раннем эмбриональном периоде развития, когда позвонки состоят преимущественно из хрящевой ткани, а центры окостенения в них только начинают формироваться.

**Цель работы** — установление закономерности роста линейных размеров тел отдельных позвонков и изменения соотношения между отделами позвоночного столба, а также межпозвоночных дисков у зародышей человека первого триместра беременности.

**Материалы и методы.** Изучены 24 неидентифицируемых по полу зародыша человека 8–12 недель гестации, полученных в УЗ «Городская гинекологическая больница» г. Минска в ходе искусственного прерывания беременности. После фиксации в 96%-ном спирте, обезвоживания в ацетоне, зародыши окрашивались ализариновым красным и альциановым синим, а затем просветлялись в 10%-ном растворе КОН. Морфометрическое исследование проводилось с использованием программы *Leica Application Suite, Version 3.4.1*. Измерялись линейные размеры хрящевых закладок тел позвонков — вертикальный (высота), поперечный (ширина) и сагитальный (переднезадний). Измерен 741 позвонок — 162 шейных, 284 грудных, 116 поясничных, 179 крестцовых и копчиковых. Для статистического анализа использовалась программа *Statistica 10.0*. Поскольку распределение отличалось от нормального, для сравнительного анализа использовался критерий Манна — Уитни. Все количественные данные представлены в виде медианы интерквартильного размаха [Me (Q25; Q75)], минимального и максимального значения. Результаты считали значимыми при вероятности 95,5 % ( $p < 0,05$ ).

**Результаты и их обсуждение.** В шейном отделе у зародышей всех возрастов самую большую высоту имело тело второго шейного позвонка. Для  $C_3$ – $C_7$  характерна примерно одинаковая высота тела. По данным литературы, в позвоночнике зародышей человека имеется тенденция постепенного увеличения высоты тел позвонков в краниокаудальном направлении от  $C_3$  до уровня  $L_3$  [2]. По данным *Singh [et al.]*, у взрослого человека минимальная высота тела позвонка имела на уровне  $Th_1$  и постепенно увеличивалась до уровня двенадцатого грудного позвонка [3]. По нашим данным, у зародышей всех возрастов в поясничном отделе самый большой вертикальный размер имели  $L_3$  и  $L_4$ . У взрослых также самым высоким является третий поясничный позвонок (вершина поясничного лордоза), а самым низким —  $L_5$  [4]. Максимальное значение темпов базисного прироста ( $T_{пр}^b$ ) высоты позвонков зародышей человека отмечено в грудном отделе и (276,9 %), минимальное значение — в шейном отделе (70 %) (таблица 1).

Процентное соотношение длины отделов позвоночника зародышей человека 8 недель с учетом межпозвоночных дисков составляет: шейный отдел — 27 %, грудной — 30 %, поясничный — 27 %, крестцовый и копчиковый — 16 % его общей длины (рисунок 1).

Процентное соотношение отделов позвоночника зародышей человека на 12 неделе эмбриогенеза представлено на рисунке 2. Для сравнения у взрослого человека длина шейного отдела относительно общей длины позвоночника составляет 17,6 %, грудного отдела — 39,4 %, поясничного — 25,3 %, крестцового и копчикового — 17,7 % [5]. Высота всех межпозвоночных дисков в изученной выборке с возрастом прогрессивно уменьшается. У 8-недельных зародышей суммарная высота дисков составляет 35,8 % длины позвоночника, в 9 недель — 33,5 %, в 10 недель — 31 %, в 12 недель — 28,9 %. При этом у взрослого человека высота тел позвонков составляют 4/5, а межпозвоночные диски — 1/5 часть длины позвоночного столба [6].

Средняя ширина тел позвонков зародышей всех возрастов увеличивалась по направлению от осевого позвонка ( $C_2$ ) до уровня  $L_2$ , стабилизировалась на уровне  $L_3$ – $L_4$  и далее уменьшалась до копчиковых позвонков (таблица 2). Поперечный диаметр тел шейных позвонков увеличивается, начиная от  $C_3$  до  $C_7$ . У взрослых ширина тел шейных позвонков увеличивается в интервале от  $C_3$  до  $C_7$  [7]. Средняя ширина тел позвонков зародышей всех возрастов во всех отделах позвоночника больше их высоты. Самый широкий позвонок у 8-недельного зародыша  $C_7$ , у зародыша 12 недель —  $L_1$ . Ширина тела грудных позвонков у взрослых уменьшается на протяжении от  $Th_1$  до  $Th_4$  (минимальная ширина), а затем опять увеличивается, достигая максимальных значений у  $Th_{12}$  [3]. Самые быстрые темпы базисного прироста поперечного диаметра тел позвонков зародышей отмечается в грудном и поясничном отделах — 292,2 % и 289,4 % соответственно. Минимальное значение  $T_{пр}^b$  (138,1 %) зарегистрировано в копчиковом отделе.



Рисунок 1 — Процентное соотношение отделов позвоночника зародышей человека 8 недель



Рисунок 2 — Процентное соотношение отделов позвоночника зародышей человека 12 недель

Сагиттальный размер тел позвонков зародышей человека увеличивается, начиная от  $C_2$  до  $Th_7$ . На уровне  $Th_8-L_4$  различия переднезаднего размера тел позвонков статистически недостоверны. В каудальном направлении этот показатель прогрессивно уменьшается. Максимальный переднезадний размер у зародышей всех возрастов зарегистрирован в грудном отделе у позвонков  $Th_6$  и  $Th_7$ , в поясничном отделе — у  $L_3$ . Максимальное значение темпов базисного прироста сагиттального позвонков отмечен в грудном, поясничном и крестцовом отделах, минимальное значение  $T_{пр}^b$  — в шейном отделе (таблица 3).

Таблица 1 — Динамика изменения вертикальных размеров тел позвонков

Отдел позвоночника	8 неделя			9 неделя			10–11 неделя			12 неделя			p				
	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %					
Шейный	44	0,50 (0,44; 0,56)	0,73–0,34	12	38	0,56 (0,51–0,64)	0,82–0,44	30,4	38	0,73 (0,65–0,74)	0,87–0,61	16,4	42	0,85 (0,79–0,87)	0,75–0,93	70	<0,01
Грудной	72	0,26 (0,25; 0,28)	0,31–0,24	61	68	0,42 (0,41–0,43)	0,45–0,4	69	71	0,71 (0,69–0,73)	0,76–0,61	38	73	0,98 (0,91–1,02)	1,19–0,85	276,9	<0,02
Поясничный	32	0,48 (0,44; 0,55)	0,62–0,39	13	28	0,61 (0,58–0,62)	0,72–0,53	45,9	25	0,89 (0,83–0,9)	1,09–0,8	18	31	1,05 (0,99–1,1)	1,19–0,94	118,8	<0,01
Крестцовый	30	0,22 (0,19; 0,24)	0,3–0,18	27	29	0,28 (0,23–0,3)	0,36–0,12	53,6	32	0,43 (0,39–0,44)	0,63–0,2	37,2	27	0,59 (0,52–0,64)	0,82–0,38	168,2	<0,03
Копчиковый	16	0,16 (0,13; 0,18)	0,2–0,12	18,8	12	0,19 (0,17–0,21)	0,22–0,15	31,6	18	0,25 (0,21–0,26)	0,29–0,15	32	15	0,33 ( )	0,46–0,25	106,3	<0,01

N — количество позвонков.

Таблица 2 — Динамика изменения поперечных размеров тел позвонков

Отдел позвоночника	8 неделя			9 неделя			10–11 неделя			12 неделя			p				
	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>нр</sub> , %					
Шейный	44	0,81 (0,76; 0,85)	0,88–0,72	34,6	38	1,09 (1,03; 1,12)	1,25–1,01	42,2	38	1,86 (1,52; 1,57)	1,61–1,42	29,6	42	2,41 (2,36; 2,44)	2,53–2,04	197,5	<0,01
Грудной	72	0,77 (0,71; 0,83)	0,91–0,63	38,9	68	1,07 (1,01; 1,14)	1,28–0,92	77,6	71	1,9 (1,82; 2,01)	1,08–1,76	58,9	73	3,02 (2,94; 3,06)	3,09–2,72	292,2	<0,01
Поясничный	32	0,76 (0,67; 0,81)	0,86–0,62	42,1	28	1,08 (1,03; 1,16)	1,24–0,98	63	25	1,76 (1,65; 1,86)	1,98–1,54	68,2	31	2,96 (2,45; 2,7)	3,03–2,34	289,4	<0,01
Крестцовый	30	0,52 (0,41; 0,66)	0,72–0,29	44,2	29	0,75 (0,69; 0,78)	0,84–0,51	26,7	32	0,95 (1,06; 1,14)	1,14–0,74	40	27	1,33 (1,42; 1,27)	1,49–1,12	255,8	<0,02
Копчиковый	16	0,21 (0,19; 0,25)	0,33–0,12	66,7	12	0,35 (0,3; 0,44)	0,58–0,26	17,1	18	0,41 (0,39; 0,44)	0,53–0,29	21,9	15	0,5 (0,47; 0,69)	0,77–0,39	138,1	<0,01

N — количество позвонков.

Таблица 3 — Динамика изменения сагиттальных размеров тел позвонков

Отдел позвоночника	8 неделя				9 неделя				10–11 неделя				12 неделя				P
	N	Me (Q25;Q75), мм	Max- Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>пр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max- Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>пр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max- Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>пр</sub> , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max- Min, мм	T <sup>н</sup> <sub>пр</sub> , %	
Шейный	44	0,59 (0,46; 0,65)	0,68– 0,42	23,7	38	0,73 (0,66; 0,78)	0,8– 0,61	26	38	0,92 (0,88; 0,94)	0,97– 0,81	12	42	1,03 (1,06; 0,95)	1,13– 0,88	74,6	<0,01
Грудной	72	0,68 (0,61; 0,73)	0,78– 0,46	27,9	68	0,87 (0,81; 0,94)	0,98– 0,72	36,7	71	1,19 (1,12; 1,21)	1,24– 1,06	32,7	73	1,58 (1,52; 1,63)	1,69– 1,46	132,4	<0,02
Поясничный	32	0,74 (0,67; 0,77)	0,83– 0,62	21,6	28	0,91 (0,86; 0,97)	1,04– 0,77	36,3	25	1,24 (1,22; 1,26)	1,28– 1,14	33,8	31	1,66 (1,55; 1,7)	1,79– 1,51	124,3	<0,03
Крестцовый	30	0,37 (0,31; 0,44)	0,72– 0,29	24,3	29	0,46 (0,42; 0,51)	0,54– 0,41	32,6	32	0,61 (0,59; 0,67)	0,74– 0,57	45,9	27	0,89 (0,82; 0,94)	0,96– 0,77	140,5	<0,01
Копчиковый	16	0,24 (0,19; 0,22)	0,31– 0,12	20,8	12	0,29 (0,22; 0,33)	0,38– 0,19	27,5	18	0,37 (0,33; 0,42)	0,53– 0,29	29,7	15	0,48(0,47; 0,59)	0,62– 0,28	100	<0,01

N — количество позвонков.

**Заключение.** У зародышей человека в первом триместре беременности высота тел позвонков наиболее интенсивно увеличивается в грудном отделе. Максимальный прирост поперечного и сагиттального размеров тел позвонков зарегистрирован в грудном и поясничном отделах. До 8-й недели внутриутробного развития шейный, грудной и поясничный отделы позвоночного столба имеют примерно одинаковую протяженность. К 12-й неделе эмбриогенеза за счет интенсивного роста тел грудных позвонков в высоту соотношение этих отделов приближаются к пропорциям, характерным для взрослого человека. Таким образом, линейные размеры тел позвонков в большей степени детерминированы генетически, а не изменяются под влиянием нагрузок, действующих на позвоночник после рождения.

### Литература

1. Cross-sectional study of C1–S5 vertebral bodies in human fetuses / M. Szpinda [et al.] // Archives of medical science: AMS. — 2015. — Vol. 11, № 1 — P. 174.
2. Comparative anatomical dimensions of the complete human and porcine spine / I. Busscher [et al.] // European Spine Journal. — 2010. — Vol. 19, № 7. — P. 1104–1114.
3. Singh, S. K. Caudal regression syndrome—case report and review of literature / S. K. Singh, R. D. Singh, A. Sharma // Pediatric surgery international. — 2005. — Vol. 21, № 7. — P. 578–581.
4. Gilad, I. Sagittal radiographic measurements of the cervical and lumbar vertebrae in normal adults / I. Gilad, M. Nissan // The British journal of radiology. — 1985. — Vol. 58, № 695. — P. 1031–1034.
5. Standring, S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice / S. Standring. — Elsevier / Health Sciences, 2015. — 1556 p.
6. Kulkarni, N. V. Clinical anatomy (a problem solving approach) / N. V. Kulkarni. — JP Medical Ltd, 2011. — 627 p.
7. Morphometric study of cervical vertebrae C3–C7 in a population from northeastern Mexico / C. J. J. Bazaldúa [et al.] // Int J Morphol. — 2011. — Vol. 29, № 2. — P. 325–330.

## Morphometric study of vertebral bodies and intervertebral discs in human embryos and fetuses

*Zatochnaya V. V., Kabak S. L.*

*Educational Establishment “The Belarusian State Medical University”, Minsk, Republic of Belarus*

The article contains the results of a morphometric study of the spine of 24 human embryos aged 8 to 12 weeks of gestation. The growth dynamics and the ratio of the linear sizes of the vertebral bodies in all departments of the spinal column are analyzed.

**Keywords:** vertebral body, dimensions, digital image analysis, human embryo

*Поступила 18.09.2019*