

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 ^н _{нр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{нр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{нр} , %					
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 ^н _{нр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{нр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{нр} , %					
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 ^н _{пр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{пр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{пр} , %	N	Me (Q25;Q75), мм	Max-Min, мм	T ^н _{пр} , %	
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