

И.В. Гайворонский, В.А. Мануковский и А.В. Кац

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ИХ ТЕЛА ПРИ ЧРЕСКОЖНОЙ ВЕРТЕБРОПЛАСТИКЕ

Кафедра нормальной анатомии (нач. — проф. И.В. Гайворонский) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, e-mail: anna_cat@mail.ru

На материале от 96 трупов людей (480 скелетированных позвонков) изучены линейные параметры позвонков. Целью исследования явилось изучение морфометрических характеристик поясничных позвонков взрослого человека с учетом индивидуальной и половой изменчивости, оценка возможности расчета объема тела позвонка применительно к чрескожной вертебропластике. Результаты исследования выявили общие закономерности изменения линейных и объёмных параметров тела позвонков L₁–L₅, при этом у мужчин выборка значений линейных характеристик была больше, чем у женщин. Длина оси операционного действия, линейные и угловые размеры ножки дуги позвонка не зависели от полового признака, но, как правило, постепенно изменялись от I к V поясничному позвонку. На основании сравнения измеренных и рассчитанных объёмов тела поясничных позвонков, был сделан вывод о достаточно высокой точности расчетов по математической модели, предложенной нами.

Ключевые слова: поясничные позвонки, морфометрия, изменчивость, моделирование, человек.

Чрескожная вертебропластика является современным малоинвазивным нейрорадиологическим оперативным вмешательством, суть которого заключается во введении транспедикулярно (через ножку дуги позвонка) или экстрапедикулярно полиметилметакрилата (костного цемента). Введение полиметилметакрилата осуществляется непосредственно в поврежденное травмой, пораженное продуктивным процессом или остеопорозом тело позвонка [7, 11, 14, 16, 18]. К несомненным достоинствам метода следует отнести: раннее восстановление опороспособности поврежденного позвонка, анальгетический и противоопухолевый эффекты, а также возможность его применения у пациентов, которым противопоказаны открытые хирургические вмешательства [9, 10, 13, 14, 20].

Учитывая особенности выполнения чрескожной вертебропластики, сравнительно короткий срок, прошедший с момента её внедрения в клиническую практику, и возможные интраоперационные осложнения (перелом ножки дуги позвонка, выход костного цемента в позвоночный канал, компрессия спинного мозга и др.), требуется тщательное изучение объекта оперативного вмешательства и анатомическое обоснование техники самой манипуляции [14, 15, 18].

Подробная комплексная оценка морфометрических особенностей позвонков чрезвычайно важна не только для предупреждения тяжелых осложнений чрескожной вертебропластики, но и для предоперационного прогнозирования объема вводимого костного цемента. Однако комплекс-

ных исследований, содержащих систематизированные данные о морфометрических характеристиках поясничных позвонков и их отдельных анатомических образований у взрослых людей разного пола, не проводилось. Некоторые работы нацелены исключительно на констатацию признаков полового диморфизма, характерных для поясничных позвонков [2], другие — содержат описательные данные и морфометрические параметры некоторых анатомических структур позвонков [12, 15, 18], третьи — посвящены рентгеновертеброметрии [3, 6].

Целью данного исследования явилось комплексное изучение индивидуальной и половой изменчивости морфометрических характеристик поясничных позвонков взрослого человека, оценка возможности расчета объема тела позвонка применительно к чрескожной вертебропластике.

Материал и методы. Исследование выполнено на 480 скелетированных поясничных позвонках от 96 трупов людей (50 — мужского, 46 — женского пола), причиной смерти которых не были заболевания и травмы спинного мозга и позвоночного столба. Позвонки принадлежали людям I и II периодов зрелого возраста (от 22 до 60 лет — мужчины, от 21 до 55 лет — женщины по возрастной периодизации Института возрастной физиологии Российской АМН). При этом, для морфометрического исследования отбирали позвонки, не имеющие существенных структурных изменений тела, т.е. без остеофитов или же с единичными остеофитами.

Измерения линейных параметров анатомических структур позвонков проводили при помощи штангенциркуля. Определяемые нами размеры тела позвонка, а также методики их измерения традиционно используются в антропо-

Таблица 1

Статистические характеристики линейных параметров анатомических структур поясничных позвонков у взрослого человека (мм)

Линейные размеры	Статистические показатели	Размеры анатомических структур поясничных позвонков у мужчин (М) и женщин (Ж) (мм)									
		L _I		L _{II}		L _{III}		L _{IV}		L _V	
		М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
ВТ передняя	X _{min}	22,5	22,5	26,0	26,0	26,5	26,5	27,0	27,0	27,0	27,0
	X _{max}	29,0	26,5	31,0	29,0	31,0	29,0	33,0	30,0	34,0	30,0
	Me(x)	26,0	24,5	27,5	26,5	28,5	26,5	29,0	27,0	29,5	27,5
ВТ задняя	X _{min}	25,0	25,0	26,0	26,0	26,5	24,0	26,0	24,0	22,5	21,0
	X _{max}	31,5	28,0	32,5	29,0	32,5	29,5	33,0	28,0	29,0	25,5
	Me(x)	27,7	26,0	28,0	27,0	29,0	27,5	28,0	26,0	25,25	23,0
ШТ верхняя	X _{min}	37,5	37,0	38,0	38,0	42,0	40,5	42,5	42,5	44,5	43,0
	X _{max}	50,0	47,5	52,0	48,5	53,5	53,0	56,0	52,0	56,0	56,0
	Me(x)	44,0	40,75	44,5	43,5	48,5	44,5	48,0	44,75	51,5	49,0
ШТ средняя	X _{min}	32,5	32,5	33,5	33,5	36,5	35,5	37,5	37,5	41,0	41,0
	X _{max}	44,5	44,5	43,5	41,5	48,0	45,5	47,5	46,0	54,0	51,5
	Me(x)	37,5	35,0	38,0	37,0	42,5	39,5	42,5	39,5	45,5	42,5
ШТ нижняя	X _{min}	39,0	39,0	40,0	40,0	44,0	42,0	44,0	44,0	45,0	45,0
	X _{max}	52,0	47,5	54,0	50,0	56,0	55,0	57,0	55,5	57,0	57,0
	Me(x)	45,5	42,0	47,0	45,75	51,0	47,5	50,0	46,5	52,25	48,5
ПЗРТ верхний	X _{min}	27,0	27,0	29,0	29,0	30,0	30,0	30,5	30,0	31,0	31,0
	X _{max}	36,0	32,0	39,5	36,5	40,0	38,0	40,0	39,0	38,5	37,0
	Me(x)	30,0	28,75	32,5	31,0	34,25	21,5	34,75	31,75	33,75	31,5
ПЗРТ нижний	X _{min}	28,0	28,0	28,5	28,5	29,5	29,5	30,5	30,5	29,5	29,0
	X _{max}	39,0	33,0	40,0	37,0	39,0	38,0	39,0	39,0	40,0	37,0
	Me(x)	31,0	29,75	32,5	31,0	34,25	31,25	34,5	31,75	33,5	31,5
Длина НДП	X _{min}	3,0	2,5	3,5	3,0	3,5	3,5	2,5	2,5	1,5	1,5
	X _{max}	7,5	7,5	7,0	7,5	6,5	6,5	5,5	6,0	4,5	5,5
	Me(x)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,25	3,25
Высота НДП	X _{min}	14,0	12,5	14,0	14,0	13,0	12,0	12,5	12,5	11,5	10,5
	X _{max}	18,5	19,0	17,5	17,0	18,0	18,0	17,5	17,0	19,5	21,5
	Me(x)	16,0	15,75	15,5	16,0	15,0	15,0	15,5	15,0	15,5	16,0
Ширина НДП	X _{min}	4,5	5,0	6,0	6,0	5,0	7,5	7,5	7,5	10,5	11,5
	X _{max}	11,0	12,0	10,5	11,0	12,0	13,0	14,5	14,5	22,0	21,0
	Me(x)	8,5	8,0	8,25	8,0	9,5	9,75	11,0	11,5	17,0	16,0
ДООД	X _{min}	48,5	48,5	50,0	48,0	50,0	49,0	45,5	48,0	44,0	45,0
	X _{max}	62,0	66,0	61,5	62,5	71,5	66,5	66,0	62,0	62,0	62,0
	Me(x)	56,5	56,0	56,25	56,0	57,25	57,75	56,5	55,75	53,75	54,5

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: L_I–L_V — I–V поясничные позвонки; X_{min} — минимальное значение; X_{max} — максимальное значение; Me(x) — медиана; ВТ — высота тела поясничного позвонка; ШТ — ширина тела поясничного позвонка; ПЗРТ — переднезадний размер тела поясничного позвонка; НДП — ножка дуги позвонка; ДООД — длина оси операционного действия.

логии [1], но, учитывая поставленные цели, мы расширили диапазон линейных вертеброметрических показателей за счет изучения ножки дуги позвонка и длины оси операционного действия. При этом длину оси операционного действия определяли от «точки входа», лежащей между основаниями верхнего суставного и поперечного отростков, до точки, обозначающей середину передней поверхности тела позвонка. В

группу линейных параметров вошли: передняя и задняя высота тела позвонка, ширина тела (верхняя, средняя и нижняя), переднезадний размер тела (верхний и нижний), длина, высота и ширина ножки дуги позвонка, длина оси операционного действия. Кроме этого, оценивали угловые размеры — сагитальный, горизонтальный и фронтальный углы ножки дуги позвонка. Их определяли с помощью специально разрабо-

танной для данного исследования компьютерной программы. Гониометрию производили между продольной срединной осью, проведенной через ножку дуги позвонка, и соответствующими плоскостями, разделяющими тело позвонка на равные части (рис. 1). Объем тела позвонка рассчитывали согласно предложенной нами математической модели. Для каждого признака внутри групп позвонков L_I-L_V и в группах, сформированных по половому признаку, определяли следующие статистические характеристики: линейных, угловых и объемных параметров: минимальное и максимальное значения, медиану [4, 5].

Результаты исследования. Интервальные показатели линейных вертеброметрических характеристик всех поясничных позвонков у мужчин и женщин представлены в табл. 1, анализ которой позволил сделать ряд заключений. Все размеры тела позвонка имеют большие значения в мужской группе по сравнению с женской группой. Передняя высота тела увеличивается от позвонка L_I к позвонку L_V , но задняя высота тела достигает своего пика у позвонка L_{III} , заметно снижается у позвонка L_{IV} и становится минимальной у позвонка L_V и у мужчин, и у женщин. Постепенное увеличение размера по направлению от L_I к L_V характерно для верхней ширины тела позвонка женщин. Для остальных широтных характеристик в обеих определенных по полу группах в целом сохраняется схожая закономерность, но появляется некоторое снижение размера L_{IV} до показателей, присутствующих у L_{III} или даже более низких. Переднезадние размеры тела у поясничных позвонков после постепенного увеличения немного снижаются у L_V , становясь по данному параметру очень схожими с размерами L_{III} .

Инвариантными в отношении полового признака оказались медианы длины ножки дуги позвонка и очень близкими по значению — меди-

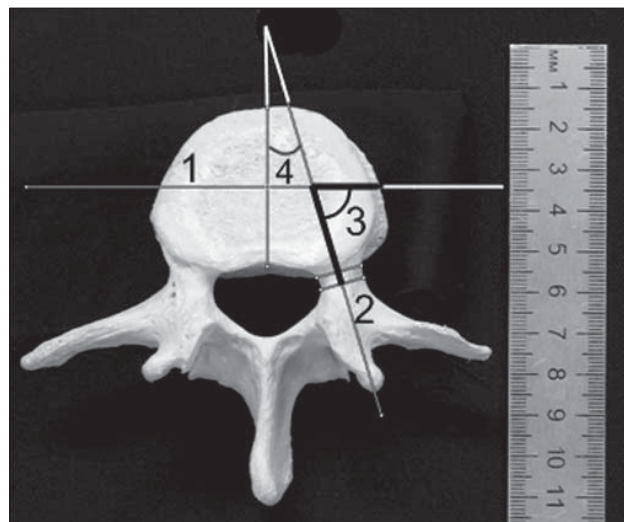


Рис. 1. Методика измерения фронтального и сагиттального углов ножки дуги позвонка.

1 — фронтальная плоскость, проведенная через середину тела поясничного позвонка; 2 — срединная ось ножки дуги позвонка; 3 — фронтальный угол ножки дуги позвонка, 4 — сагиттальный угол ножки дуги позвонка.

аны ширины ножки дуги позвонка. Однако, если длина ножки уменьшается у позвонков $L_{IV}-L_V$, то ширина ножки последовательно увеличивается, становясь для L_V в 2 раза больше по сравнению с L_I . Каких-либо строгих закономерностей не выявилось в плане оценки изменчивости высоты ножки дуги позвонка, более того, ее значения для позвонков L_{II} и L_V оказались немного больше у женщин, но не у мужчин.

Весьма схожими являются медианы длины оси операционного действия и тенденция её изменения у позвонков L_I-L_V и у мужчин, и у женщин. Максимальное значение параметра обнаружено у

Таблица 2

Статистические характеристики угловых параметров ножек дуг поясничных позвонков у взрослого человека (градусы)

Угловые размеры	Статистические показатели	Величины исследуемых углов ножки дуги у поясничных позвонков мужчин и женщин (градусы)									
		L_I		L_{II}		L_{III}		L_{IV}		L_V	
		М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
СУНДП	X_{min}	6,0	7,0	8,0	9,0	14,0	14,0	10,0	16,0	17,0	17,0
	X_{max}	25,0	23,0	23,0	26,0	27,0	29,0	34,0	36,0	44,0	44,0
	$Me(x)$	12,0	13,5	17,0	17,0	20,0	20,0	23,5	24,0	29,5	29,5
ГУНДП	X_{min}	3,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	X_{max}	20,0	20,0	18,0	20,0	12,0	11,0	12,0	15,0	24,0	16,0
	$Me(x)$	11,0	10,0	9,0	11,5	5,0	4,0	4,5	4,0	5,0	6,0
ФУНДП	X_{min}	68,0	69,0	59,0	61,0	64,0	63,0	53,0	54,0	47,0	46,0
	X_{max}	83,0	83,0	82,0	81,0	75,0	77,0	71,0	74,0	74,0	74,0
	$Me(x)$	76,0	74,0	72,0	71,0	68,5	70,0	63,0	65,0	62,0	60,0

Примечание. СУНДП — сагиттальный угол ножки дуги позвонка; ГУНДП — горизонтальный угол ножки дуги позвонка; ФУНДП — фронтальный угол ножки дуги позвонка.

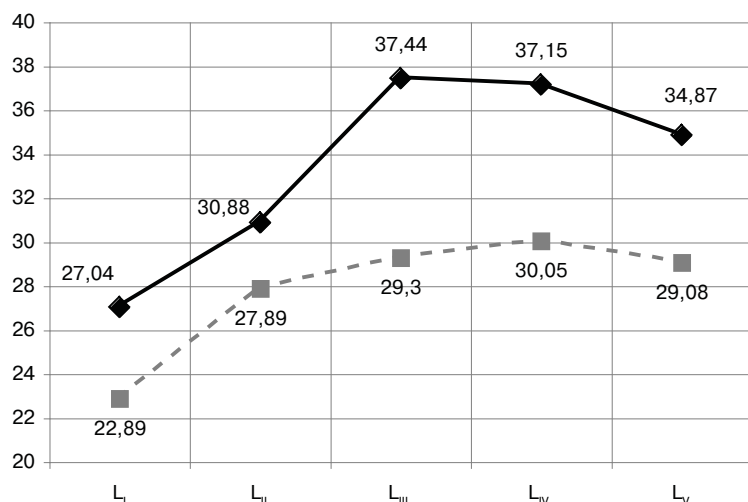


Рис. 2. Тенденция изменения медиан объема тела позвонков L_I-L_V в группах, определенных по половой принадлежности.

По оси абсцисс — поясничные позвонки; по оси ординат — объем тела позвонка (см^3). Сплошная линия — мужская группа; пунктирная линия — женская группа.

позвонка L_{III} , минимальное — у позвонка L_V , при этом для указанных позвонков данный показатель на 0,9–1,4 % больше у женщин, что следует расценить как погрешность измерения.

На основании данных, представленных в табл. 2, можно сделать заключение, что медианы сагиттального и фронтального углов ножки дуги исследуемых позвонков меняются предсказуемо в обеих половых группах. Медианы сагиттального угла равномерно увеличиваются от L_I к L_V , а медианы фронтального угла соответственно уменьшаются. Обращает на себя внимание тот факт, что сагиттальный угол ножки дуги позвонка L_I имеет большие значения у женщин. В отношении горизонтального угла ножки дуги у мужчин имеется тенденция к его уменьшению от L_I к L_{IV} и к некоторому увеличению у L_V . У женщин данная тенденция строго не соблюдается, а величина горизонтального угла ножки дуги позвонков L_{II} , L_V имеет более высокие числовые значения по сравнению с таковыми у мужчин.

Для расчета объема тела поясничного позвонка нами предложена следующая математическая модель. Тело поясничного позвонка можно моделировать как два соединенных между собой усеченных конуса либо как геометрическую фигуру, близкую к форме цилиндра (частный случай). В общем виде объем тела позвонка — это сумма объемов верхнего и нижнего усеченного конусов

или объемов верхней и нижней половин тела позвонка, который можно определить по формуле: $V_p = V_v + V_n$, где V_p — объем тела позвонка, V_v — объем верхней половины тела позвонка, V_n — объем нижней половины тела позвонка.

Согласно данной формуле, были получены результаты, представленные в табл. 3 и на рис. 2, благодаря которым видны значимые различия объема тела поясничных позвонков у мужчин и женщин. Имеется сходство графиков значений медиан объема у тела поясничных позвонков, но максимальная их величина у мужчин приходится на позвонок L_{III} , у женщин — на позвонок L_{IV} . Интересен тот факт, что внутри обеих групп наблюдается значимое уменьшение объема тела позвонка L_V .

Для оценки точности прогнозирования объема тела поясничного позвонка по математической модели нами поставлен эксперимент. Из общей выборки были произвольно изъяты пять позвонков, по одному соответственно группе позвонков L_I-L_V , причем 3 из них принадлежали женщинам, 2 — мужчинам. Первоначально объем тела выбранных позвонков определяли погружением в воду, а затем — с помощью математической модели прогнозирования. Сравнительный анализ, представленный в табл. 4, доказывает, что используемая математическая модель позволяет с достаточно высокой точностью (–12% — +13%) рассчитать объем тела поясничного позвонка по его морфометрическим параметрам.

Обсуждение полученных данных. Особенностью тела у поясничных позвонков является преобладание широтных размеров над высотными и переднезадними. Согласно данным, полу-

Таблица 3

Объем тела поясничных позвонков у взрослого человека (см^3)

Статистические показатели	L_I		L_{II}		L_{III}		L_{IV}		L_V	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
$X_{\min}$	19,97	19,5	24,27	22,42	25,71	24,15	27,11	25,66	25,67	24,12
$X_{\max}$	40,89	28,75	44,82	34,8	47,51	39,87	52,65	43,34	41,8	38,13
$Me(x)$	27,04	22,89	30,88	27,89	37,44	29,3	37,15	30,05	34,87	29,08

Таблица 4

Сравнение измеренных и рассчитанных данных объёма тела поясничных позвонков у взрослого человека (см³)

Номер исследования	Пол	Исследуемые позвонки	V _и	V _р	Δ
57	Мужской	L _I	31,2	27,8	-12
62	Женский	L _{II}	29,6	27,9	-6
37	Мужской	L _{III}	33,4	35,6	6
55	Женский	L _{IV}	27,4	31,5	13
95	Женский	L _V	32,6	30,5	-7

Примечание. V_и — объём тела позвонка, измеренный погружением в воду; V_р — объём тела позвонка, рассчитанный согласно математической модели; Δ — отклонение значения объёма тела позвонка, измеренного путем погружения в воду от значения объёма, рассчитанного по математической модели.

ченным различными авторами, средние значения ширины тела у поясничных позвонков в общей выборке колеблются от 43,3 до 52,9 мм [18], по результатам наших исследований эти величины составляют от 40,75 до 52,25 мм с постепенным увеличением параметра в каудальном направлении, т.е. к позвонкам L_{IV}–L_V [8]. Подобная закономерность стала определяющей и для передней высоты тела позвонка. Задняя высота тела у позвонков L_{IV}–L_V, напротив, снижается, что, вероятно, объясняется наличием у человека выраженного поясничного лордоза. В отношении переднезадних размеров тела у поясничных позвонков в обеих половых группах четко прослеживается тенденция их уменьшения у позвонка L_V, что согласуется с результатами других исследователей [17].

Медианы всех размеров тела у поясничных позвонков у мужчин оказались больше, что можно рассматривать как признак полового диморфизма. Если принять во внимание все выявленные особенности линейных параметров тела у поясничных позвонков, то становятся понятными меньшие значения их объема у женщин и закономерное уменьшение объема тела позвонка L_V, что особенно важно учитывать при расчете количества вводимого костного цемента.

Анализ табл. 4 выявил относительно небольшие отклонения измеренных и рассчитанных объемов, что позволяет использовать предложенную математическую модель для прогнозирования объема тела позвонка.

По нашим данным, не обнаружилось видимых различий между медианами длины оси операционного действия для поясничных позвонков у мужчин и женщин. Целесообразно учитывать то, что максимальная длина оси операционного действия выявлена у позвонка L_{III}, а минимальная — у позвонка L_V, независимо от полового признака.

Длина и ширина ножки дуги позвонка также не зависят от пола, но постепенно изменяются от L_I к L_V. Для высоты ножки дуги позвонка характерным стало лишь её снижение у позвонка L_{III}.

Полученные значения и выявленные закономерности соответствуют данным, приведенным в работах М.М. Panjabi и соавт. [17], P.V. Scoles и соавт. [19].

Углы ножки дуги позвонка являются важными параметрами, позволяющими оценить пространственные взаимоотношения между анатомическими структурами позвонка, что особенно важно для правильной транспедикулярной навигации пункционной иглы [14]. По результатам нашего исследования, сагиттальный и фронтальный углы ножки дуги позвонка явились универсальными для любого взрослого человека и независимыми от половой принадлежности. Однозначно можно расценивать изменение их величины от L_I к L_V, связанное с постепенным перемещением ножки дуги позвонка из сагиттальной плоскости по направлению к фронтальной плоскости. Принимая во внимание вариабельность горизонтального угла ножки дуги позвонка (возможность того, что угол может быть открыт как впереди, так и сзади), при чрескожной вертебропластике ангуляция иглы с последующим её проведением должна осуществляться под непрерывным рентгеновским контролем.

Таким образом, исследование показало, что морфометрические характеристики поясничных позвонков L_I–L_V существенно различаются, при этом четкой зависимости увеличения параметров от L_I к L_V не обнаруживается. Для линейных размеров и объема тела у исследуемых поясничных позвонков существуют статистически значимые различия у мужчин и женщин. Применительно к чрескожной транспедикулярной вертебропластике можно с высокой степенью достоверности прогнозировать объем тела исследуемого позвонка по его морфометрическим параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.П. Остеометрия: методика антропологических исследований. М., Наука, 1966.

2. Джамолов Д.Д. Определение половой принадлежности поясничных позвонков. Судебно-медицинская экспертиза. М., Медицина, 1976, № 3, с. 24–27.
3. Зависляк О.А. Морфометрическая характеристика поясничного отдела позвоночного столба взрослого человека в магнитно-резонансном изображении: Автореф. дис. ...канд. мед. наук. СПб., 2003.
4. Орлов А.И. Математика случая. М., МЗ-Пресс, 2004, с. 39–40.
5. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений. Оренбург, изд. ОГУ, 2004, с. 31–34.
6. Уильрих Э.В. и Мушкин А.Ю. Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках. СПб., ЭЛБИ, 2006, с. 40–42.
7. Шевелев И.Н., Тиссен Т.П., Мышкин О.А. и Дуров О.В. Современные минимально-инвазивные технологии (нейрохирургия, вертебрология, неврология, нейрофизиология). В кн.: Материалы IV Межд. симпоз. СПб., Изд-во МГВ, 2001, с. 356–358.
8. Berry J.L., Moran J.M., Berg W.S., and Steffee A.D. A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. *Spine*, 1987, v. 12, № 4, p. 362–367.
9. Cotten A., Dewatre F., Cortet B. et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methylmethacrylate at clinical follow-up. *Radiology*, 1996, v. 200, № 2, p. 525–530.
10. Cotten A. and Duquesnoy B. Vertebroplasty: current data and future potential. *Rev. Rhum. Engl. Ed.*, 1997, v. 64, № 11, p. 645–649.
11. Deramond H., Depriester C., Galibert P. and Le Gars D. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results. *Radiol. Clin. North Am.*, 1998, v. 36, № 3, p. 533–546.
12. Ebraheim N., Rollins J.R., Xu R. and Yeasting R.A. Projection the lumbar pedicle and its morphometrical analysis. *Spine*, 1996, v. 21, № 11, p. 1296–1300.
13. Jensen M.E., Evans A.J., Mathis J.M. et al. Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *AJNR*, 1997, v. 18, № 10, p. 1897–1904.
14. Mathis J.M., Belkoff S.M. and Deramond H. *Percutaneous Vertebroplasty and Kyphoplasty*. N.Y., Springer, 2002.
15. Mathis J.M. *Percutaneous vertebroplasty*. N.Y., Springer, 2002.
16. Mathis J.M., Barr J.D., Belkoff S.M., et al. Percutaneous vertebroplasty: a developing standard of care for vertebral compression fractures. *AJNR*, 2001, v. 22, № 2, p. 373–381.
17. Panjabi M.M., Goel V., Oxland T., et al. Human lumbar vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy. *Spine*, 1992, v. 17, № 3, p. 299–306.
18. Resnick D.K., Garfin S.R. *Vertebroplasty and Kyphoplasty*. N.Y., Thieme, 2005.
19. Scoles P.V., Linton A.E., Latimer B. et al. Vertebral body and posterior element morphology: the normal spine in middle life. *Spine*, 1988, v. 13, № 10, p. 1082–1086.
20. Weill A., Chiras J., Simon J.M. et al. Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology*, 1996, v. 199, № 1, p. 241–247.

Поступила в редакцию 02.04.09

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF LUMBAR VERTEBRA OF AN ADULT PERSON AND THE FEASIBILITY OF THEIR BODY VOLUME PREDICTION IN PERCUTANEOUS VERTEBROPLASTY

I.V. Gaivoronskiy, V.A. Manukovskiy and A.V. Katz

Using the material obtained from 96 human corpses (480 skeletal vertebra), the linear parameters of vertebra were studied. The research objective was to study morphometric characteristics of lumbar vertebra of an adult person taking into consideration the individual and sexual variability, and to estimate the feasibility of calculation of a vertebra body volume with reference to percutaneous vertebroplasty. The results of research have demonstrated the general patterns of modification of linear and volumetric parameters of L_1 – L_5 vertebra; it was shown that the values of linear parameters for the male samples were bigger than those for the female samples. The length of an axis of operational action, the linear and angular sizes of pedicles of vertebral arch were independent on gender factor, but, as a rule, gradually changed from L_1 to L_5 . On the basis of comparison of the calculated and measured volumes of lumbar vertebra bodies, it is concluded that the mathematical model proposed by us has sufficiently high accuracy.

Key words: *lumbar vertebra, morphometry, variability, mathematical modeling, man.*

Department of Human Anatomy, Military Medical Academy, St. Petersburg