Остеометрическая диагностика порядковой локализации, пола и длины тела человека по скелетированным поясничным позвонкам

Д.м.н., проф. В.Н. ЗВЯГИН[1], дипл. М.К. КАРАПЕТЯН[2]

Osteometric determination of ordinal localization, sex, and body length in man from skeletonized lumbar vertebrae

V.N. ZVYAGIN, M.K. KARAPETYAN

[1]Лаборатория идентификационных исследований (зав. — проф. В.Н. Звягин) Российского центра судебно-медицинской экспертизы (дир. — проф. В.В. Колкутин) Минздравсоцразвития России, Москва; [2]кафедра антропологии (зав. — проф. В.П. Чтецов) биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Исследованы размерные характеристики поясничных позвонков (L1—L5) на трех остеологических коллекциях (304 мужчины, 181 женщина), по программе 14 признаков. По данным многомерного дискриминантного анализа, наибольшая точность порядковой классификации по общей диагностической модели (L1—L5) выявлена для L5 (93,76%) и меньшая — для L2 (56,45%). При коррекции результатов по нескольким дискриминантным моделям точность правильной классификации возрастает: L1 — 77,65%, L2 — 81,61%, L3 — 79,82%, L4 — 81,99%. По результатам многомерного дискриминантного анализа, диагностика половой принадлежности изолированных поясничных позвонков реальна в 87,7—88,8% случаев, по их совокупности — в 93,8%. Определение длины тела с помощью уравнений множественной регрессии по единичным позвонкам возможно с точностью ±6,22—6,45 см, по их комплексу — с точностью ±6,02 см. Во всех этих случаях следует учитывать половую принадлежность и возрастной период человека. Разработанные методики могут использоваться в судебно-медицинской практике при экспертизе скелетированных останков.

Ключевые слова: поясничные позвонки, остеометрия, пол, длина тела, порядковая локализация, дискриминантный анализ, регрессионный анализ.

Dimensional characteristics of lumbar vertebrae (L1—L5) were obtained by examination of three osteologic collections containing a total of 304 male and 181 female vertebrae. The multimetric (14 parameters) discriminative analysis has demonstrated that the highest accuracy of ordinal localization based on the general diagnostic model (L1—L5) was obtained for L5 (93,76%) and the lowest one for L2 (56,45%). Correction of the results using several discrimination models improved the accuracy of classification to 76,65% (L1), 81,61% (L2), 79,82% (L3), and 81,99% (L4). Diagnosis of gender identity of isolated lumbar vertebrae by multimetric discriminative analysis proved to be possible in 87,7—88,8% of the cases; this figure amounted to 93,8% if the totality of these vertebrae was included in the analysis. The accuracy of body length measurements using multiple regression equations was estimated at ±6,22—6,45 cm for individual vertebrae and ±0,62 cm based on the complete set of them. In all these cases, sex and age of the subjects should be taken into consideration. It is concluded that the proposed methods can be used in forensic medical practice for the identification of skeletonized bone remains.

Key words: lumbar vertebrae, osteometry, sex, body length, ordinal localization, discriminative analysis, regression analysis.

При судебно-медицинской экспертизе разрозненных поясничных позвонков применению диагностических моделей предшествует определение их порядкового номера. Однако существующие рекомендации [1] весьма субъективны и не имеют статистически надежного обоснования.

Диагностика половой принадлежности по скелетированным поясничным позвонкам (далее L1, L2, L3, L4, L5) в настоящее время проводится по методикам Д.Д. Джамолова [2], реже Р. Янкаускаса [5, 6], основанным на одномерном дискриминантном анализе. Вместе с тем их точность недостаточно высока, а принятие экспертных решений зачастую носит формальный характер.

Разработка способов восстановления длины тела по поясничному отделу позвоночника в основном была проведена на трупах [7, 9], за исключением работы G. Tilbbetts [10]. К сожалению, рекомендуемые уравнения не рассчитаны на европеоидов и не применимы для единичных позвонков.

Цель данной статьи — восполнить указанные пробелы.

Материал и методы

В работе использованы:

— остеологическая коллекция и база остеометрических данных лаборатории идентификационных исследований РЦСМЭ по поясничным позвонкам от взрослых лиц (228 мужчин, 145 женщин) русской национальности, умерших в 1974—1975 гг. Средняя длина тела у мужчин 172 см, у женщин 162 см [1];

— остеологическая коллекция (середина XX века) кафедры антропологии МГУ (41 мужчина, 20 женщин; возраст 20—55 лет). Средняя длина тела у мужчин 164 см, у женщин 156 см;

© В.Н. Звягин, М.К. Карапетян, 2010

© Суд.-мед.эксперт., 2010

[1]e-mail: oilrcsme@mail.ru

[2]e-mail: marishkakar@hotmail.ru

— остеологическая коллекция (XVI—XIX веков) кафедры анатомии, гистологии и антропологии медицинского факультета Вильнюсского университета (35 мужчин, 16 женщин; возраст 25—55 лет). Средняя длина тела у мужчин 166 см, у женщин 160 см.

На каждом позвонке измеряли 14 признаков (штангенциркуль, координатный циркуль) с точностью 0,1 мм:

X1 — наибольшее расстояние между поперечными отростками;

X2, 3, 4 — соответственно передняя, задняя и средняя высота тела позвонка;

X5, 6 — соответственно верхний и нижний сагиттальный диаметр тела позвонка;

X7, 8, 9 — соответственно верхняя, нижняя и средняя ширина тела позвонка;

X10 — расстояние между верхними суставными отростками позвонка (наибольшее расстояние между их суставными поверхностями);

X11 — расстояние между нижними суставными отростками позвонка (наибольшее расстояние между их суставными поверхностями);

X12 — длина остистого отростка позвонка (по верхнему краю);

X13 — ширина пластинки дуги позвонка (в месте ее сужения под верхними суставными отростками);

X14 — высота пластинки дуги позвонка (с правой стороны в месте отхождения остистого отростка от пластинки, параллельно поверхности).

Размеры брали без учета остеофитов.

Обработку результатов проводили методом дискриминантного и регрессионного анализа в пошаговом варианте с использованием пакета программ Statistica 7.0.

Восемь индивидов из общей выборки исключены из анализа и составили группу верификации, на которой были протестированы разработанные методики.

Результаты и обсуждение

1. Определение порядковой локализации

Для практического использования рассчитаны 5 диагностических моделей для разных комбинаций позвонков, основанных на дискриминантном анализе (табл. 1—5). Точность классификации порядковой локализации позвонков (см. табл. 1) максимальна для L5 (93,8%) и минимальна для L2 (56,4%), для других позвонков — от 71,4 до 77,4%. Аналогичная картина характерна для моделей, приведенных в табл. 2 и 3. Поэтому, если существует вероятность принадлежности позвонка к L2, следует воспользоваться диагностическими моделями, приведенными в табл. 4—5. Точность классификации L2 по этим моделям составляет соответственно 77,6 и 81,6%.

При наличии полного комплекта поясничных позвонков их порядковую локализацию следует определять путем проверки конгруэнтности суставов соседних позвонков. Использование дискриминантных уравнений с этой целью имеет смысл лишь при экспертизе единичных позвонков или отсутствии конгруэнтности нескольких позвонков. После измерения конкретного позвонка значения признаков необходимо подставить в уравнения (см. табл. 1) и решить их. Позвонок относится к тому порядковому номеру, где значение дискриминантной функции наибольшее. Вычисляется разница (*l*) между максималь-

Таблица 2. **Коэффициенты дискриминантных функций для диагностики порядковой локализации L1—L4**

Признак	L1	L2	L3	L4
X11	0,031	0,107	0,256	0,582
X1	−0,153	−0,025	0,106	−0,054
X3	0,203	0,013	−0,469	−1,044
X2	3,680	4,122	4,498	5,008
X7	−1,286	−1,324	−1,363	−1,033
X12	0,196	0,345	0,362	0,144
X13	0,028	0,063	0,118	0,387
X4	3,261	2,962	2,836	2,879
X6	1,679	1,254	0,871	1,303
X5	−0,601	−0,243	−0,071	−0,394
X10	1,169	1,078	1,012	0,915
X8	1,905	2,021	2,248	2,149
X14	1,445	1,382	1,412	1,251
X9	0,293	0,176	0,118	0,120
Константа	−162,785	−172,829	−183,804	−190,909
Точность классификации, %	76,04	58,06	70,97	81,99

Таблица 1. **Коэффициенты дискриминантных функций для диагностики порядковой локализации L1—L5**

Признак	L1	L2	L3	L4	L5
X13	−0,095	−0,080	−0,048	0,185	0,628
X1	−0,099	0,042	0,183	0,016	0,035
X3	0,514	0,358	−0,052	−0,488	−1,409
X11	0,001	0,044	0,152	0,422	0,543
X12	0,327	0,479	0,524	0,368	0,025
X2	3,223	3,595	3,875	4,246	5,182
X9	0,173	0,065	0,007	0,061	0,781
X8	1,413	1,498	1,682	1,574	0,572
X7	−0,695	−0,719	−0,726	−0,444	−0,098
X6	1,959	1,639	1,345	1,804	1,271
X5	−0,712	−0,464	−0,396	−0,779	−0,102
X14	1,491	1,416	1,430	1,269	0,944
X4	2,930	2,671	2,564	2,591	2,408
X10	0,964	0,907	0,864	0,792	0,783
Константа	−158,661	−168,666	−178,632	−182,592	−192,061
Точность классификации, %	75,81	56,45	71,43	77,37	93,76

Таблица 3. **Коэффициенты дискриминантных функций для диагностики порядковой локализации L1—L3**

Признак	L1	L2	L3
X1	–0,271	–0,149	–0,030
X13	0,777	0,872	1,054
X3	0,640	0,411	–0,089
X2	3,672	4,148	4,551
X4	3,526	3,209	3,072
X12	0,238	0,358	0,347
X11	–0,262	–0,179	–0,016
X10	1,477	1,345	1,241
X6	2,481	2,042	1,671
X5	–1,491	–1,114	–0,930
X8	1,276	1,375	1,599
X9	–0,186	–0,337	–0,442
Константа	–165,461	–175,154	–186,638
Точность классификации, %	76,73	59,91	78,16

Таблица 4. **Коэффициенты дискриминантных функций для диагностики порядковой локализации L1—L2**

Признак	L1	L2
X1	–0,277	–0,154
X12	0,079	0,168
X4	3,629	3,337
X2	3,737	4,217
X3	1,061	0,801
X9	–0,036	–0,220
X13	0,809	0,939
X10	1,402	1,274
X8	1,525	1,637
X11	0,190	0,260
Константа	–168,240	–178,917
Точность классификации, %	77,65	75,34

Таблица 5. **Коэффициенты дискриминантных функций для диагностики порядковой локализации L2—L3**

Признак	L2	L3
X1	–0,141	–0,008
X3	0,241	–0,288
X13	0,896	1,048
X2	4,075	4,496
X11	–0,310	–0,150
X10	1,217	1,083
X6	3,240	2,793
X8	1,235	1,445
X5	–1,807	–1,567
X9	–0,324	–0,419
X4	3,466	3,338
Константа	–169,800	–179,907
Точность классификации, %	81,61	79,82

ным значением и самым близким к нему. Форма экспертных выводов определяется по функции P*I* [4]:

— решение практически достоверное — при $I \geqslant 3{,}1$ (соответствует P*I*>0,95);

— решение вероятное — при условии $1{,}2 \leqslant I \leqslant 3{,}0$ (соответствует $0{,}75 \leqslant PI \leqslant 0{,}95$);

— отказ от решения (решение неопределенное) — при $I \leqslant 1{,}1$ (соответствует $PI \leqslant 0{,}75$).

Например, при решении дискриминантной функции (см. табл. 1) наибольшие значения имеют L3 и L4 при L3>L4 и I=3,56. Следовательно, представленный на экспертизу позвонок может быть достоверно отнесен к L3, поскольку значение функции P*I*>0,95.

В том случае, если (см. табл. 1) не удалось достоверно отнести конкретный позвонок к определенному номеру, то следует воспользоваться дискриминантными функциями (см. табл. 2 и 3).

Как показывает наш опыт, при экспертизе единичных позвонков достоверно определить порядковый номер удается после использования 2—3 моделей.

Выявление двух и более поясничных позвонков, имеющих один и тот же порядковый номер, обычно указывает на их принадлежность нескольким скелетам.

Тестирование полученных моделей на группе верификации было успешным для всех L1—L5, и лишь в одном случае решение оказалось неопределенным.

2. Диагностика половой принадлежности

По результатам пошагового дискриминантного анализа (табл. 6—8) диагностика пола возможна как по изолированным позвонкам (точность 87,7—88,8%), так и по их комплексу (точность 93,8%).

Во всех случаях половая принадлежность позвонков у мужчин определяется лучше, чем у женщин, на что уже обращалось внимание [1].

Напомним, что процент правильной диагностики пола по поясничным позвонкам по методике [2] составляет 74%, по методике [5, 6] — 62% (при уровне вероятности 0,9 и выше). Таким образом, точность этих методик заметно уступает нашей.

Решающее правило и формы экспертных выводов приведены в разделе 1.

В том случае, если достоверно определяется разная половая принадлежность представленных изолированных поясничных позвонков, то формулируется вывод об их принадлежности разным скелетам.

Тестирование полученных моделей на группе верификации дало одно неверное решение. Полученный результат для изолированных позвонков указывал на вероятно женский пол, в то время как истинный пол был мужским. При использовании комплексной диагностической модели (см. табл. 8) вывод о поле перешел в категорию неопределенного решения. Следовательно, таких ошибок можно избежать.

3. Прогнозирование длины тела

Модели диагностики длины тела человека (ДТ) по поясничным позвонкам разрабатывали на материале РЦСМЭ (228 мужчин, 145 женщин), причем пол, возраст и ДТ были достоверно известны.

Результаты пошагового регрессионного анализа представлены ниже. Пол и возраст включены в уравнения в качестве независимых переменных (Sx — пол; Age — возраст в баллах (1—5): 1 — до 20 лет; 2 — 20—35 лет; 3 — 36—60 лет; 4 — 61—74 года; 5 — 75 лет и старше).

Первый поясничный позвонок (L1):

ДТ=131,779–5,045(Sx)+0,960(X3)–1,924(Age)+0,494(X5)+0,275(X10)±6,45 см; (R=0,661).

Второй поясничный позвонок (L2):

ДТ=128,852–4,967(Sx)+1,133(X3)–1,841(Age)+0,406(X5)+0,246(X10)±6,41 см; (R=0,667).

Третий поясничный позвонок (L3):

ДТ=117,308–4,634(Sx)+1,024(X2)–2,147(Age)+0,555(X6)+0,310(X12)+0,159(X10)±6,28 см; (R=0,684).

Таблица 6. **Коэффициенты дискриминантных функций для определения половой принадлежности по изолированным позвонкам (L1, L2, L3)**

Признак	L1		L2		L3	
	м	ж	м	ж	м	ж
X1	0,645	0,557	0,510	0,437	0,592	0,503
X2					3,423	3,712
X3	5,291	4,963	4,042	3,804	2,480	2,085
X4	6,811	6,323	6,607	6,222	4,873	4,510
X5			1,432	1,175	3,032	2,756
X6	1,916	1,625				
X7	3,494	3,117	1,954	1,740	0,004	–0,316
X8			3,461	3,103	4,332	4,108
X9			–1,851	–1,599	–0,991	–0,813
X13			3,002	2,824	2,134	1,976
X14	2,585	2,412	2,358	2,225		
Константа	–324,601	–269,060	–350,798	–296,540	–352,729	–300,673
Точность диагностики, %	91,7	83,9	90,8	83,2	89,6	84,5

Таблица 7. **Коэффициенты дискриминантных функций для определения половой принадлежности по изолированным позвонкам (L4, L5)**

Признак	L4		L5	
	м	ж	м	ж
X1	0,801	0,713		
X2	3,163	3,418	5,078	4,830
X3	2,111	1,733	3,076	2,781
X4	5,452	4,952	3,658	3,341
X5			3,765	3,479
X6	3,178	2,946		
X7	3,280	2,881	2,928	2,652
X11	1,028	0,939	1,288	1,156
Константа	–343,162	–289,776	–337,166	–285,543
Точность диагностики, %	89,6	84,5	89,2	85,9

Таблица 8. **Коэффициенты дискриминантных функций для определения половой принадлежности по комплексу позвонков**

Признак	Коэффициенты		Признак (продолжение)	Коэффициенты	
	м	ж		м	ж
X1(L1)	0,314	0,238	X6(L1)	1,080	0,796
X1(L3)	0,371	0,332	X7(L1)	–0,678	–0,840
X1(L4)	0,494	0,445	X8(L2)	0,556	0,352
X2(L3)	1,259	1,562	X8(L3)	3,415	3,297
X2(L4)	–0,689	–0,171	X9(L1)	2,723	2,360
X2(L5)	2,568	2,229	X9(L2)	–2,573	–2,212
X3(L1)	4,197	3,595	X9(L5)	–0,025	0,111
X3(L2)	–4,123	–3,608	X10(L1)	1,946	2,011
X3(L4)	1,971	1,549	X10(L4)	0,248	0,155
X3(L5)	2,001	1,759	X10(L5)	0,827	0,774
X4(L1)	6,022	5,528	X14(L1)	2,632	2,456
X4(L5)	1,418	1,250	Константа	–434,353	–367,508
			Точность диагностики, %	95,5	90,8

Четвертый поясничный позвонок (L4):

ДТ=109,577–3,867(Sx)+0,840(X2)–2,149(Age)+0,358(X5)+0,108(X1)+0,247(X12)+0,123(X11)+0,226(X8)±6,23 см; (R=0,692).

Пятый поясничный позвонок (L5):

ДТ=113,853–4,028(Sx)+0,708(X2)+0,784(X6)–2,134(Age)+0,100(X1)+0,186(X12)+0,135(X11)+0,379(X3)–0,190(X7)±6,22 см; (R=0,695).

Все поясничные позвонки (L1—L5):

ДТ=113,502–4,503(Sx)+0,784(X2,L4)+0,674(X6,L5)–1,881(Age)+0,2211(X1,L4)–0,182(X1,L3)+1,033(X3,L2)+0,267(X10,L2)–0,662(X2,L1)±6,02 см; (R=0,717).

Точность диагностики ДТ по изолированным поясничным позвонкам ± 6,22—6,45 см. Для всех поясничных позвонков ±6,02 см. Точность этого уравнения сопоставима с таковой при определении ДТ по таким костям, как плечевая и лучевая [8], и близка к результатам (±6,66—6,87 см), полученным при измерении поясничного отдела трупов [3, 7, 9].

4. Рекомендации

При применении рассчитанных нами дискриминантных и регрессионных моделей советуем вначале определить порядковую локализацию имеющихся в наличии позвонков, затем половую принадлежность. Возрастной период можно диагностировать по методике [2] или по общему состоянию скелета. И лишь с учетом всех этих результатов можно рассчитать ДТ. Вывод о принадлежности поясничных позвонков одному или нескольким скелетам следует делать по совокупности полученных данных.

Выводы

1. Остеометрическое исследование поясничных позвонков допускает определение их порядковой локализации, пола и длины тела человека. Разработанные методики могут использоваться в судебно-медицинской практике при экспертизе скелетированных останков.

2. Наибольшая точность порядковой классификации по общей диагностической модели (L1—L5) выявлена для L5 (93,76%), затем для L1, L3 и L4 (71,43—77,37%) и меньшая — для L2 (56,45%). При коррекции результатов по нескольким дискриминантным моделям точность правильной классификации возрастает: L1 — 77,65%, L2 — 81,61%, L3 — 79,82%, L4 — 81,99%.

3. По результатам многомерного дискриминантного анализа, диагностика половой принадлежности изолированных поясничных позвонков реальна в 87,7—88,8% случаев, их совокупности — в 93,8%.

4. Определение длины тела с помощью уравнений множественной регрессии по единичным позвонкам возможно с точностью ±6,22—6,45 см, по их комплексу — с точностью ±6,02 см. Во всех случаях необходимо учитывать половую принадлежность и возрастной период человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джамолов Д.Д.* Видовая, половая и возрастная характеристика поясничных позвонков для задач судебно-медицинского отождествления личности: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 1976.
2. *Джамолов Д.Д.* Методические рекомендации об определении видовой, половой и возрастной принадлежности поясничных позвонков скелета взрослого человека. М 1978.
3. *Ковалев А.В.* Идентификация личности по особенностям строения грудной клетки и позвоночника: Дис. ...д-ра мед. наук. Ст-Петербург 1996.
4. *Урбах В.Ю.* Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М 1975; 252.
5. *Янкаускас Р.* Половой диморфизм в остеометрических характеристиках позвоночника у литовцев. В кн.: Внедрение в практику новых методов судебной медицины и криминалистики. Каунас 1987; 105—106.
6. *Янкаускас Р.* Морфологические особенности позвоночного столба и факторы его изменчивости: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Вильнюс 1988.
7. *Jason D.R., Taylor K.* Estimation of stature from the length of cervical, thoracic, and lumbar segments of the spine in American whites and blacks. J Forensic Sci 1995; 40: 1: 59—62.
8. *Malinowski A., Bozilow W.* Podstawy antropometrii: metody, techniki, normy. Warszawa — Lodz 1997; 335—336.
9. *Terazawa K., Akabane H., Gotouda H. et al.* Estimating stature from the length of the lumbar part of spine in Japanese. Med Sci Law 1990; 30: 4: 354—357.
10. *Tilbbetts G.L.* Estimation of stature from the vertebral column in American blacks. J Forens Sci 1981; 26: 4: 715—723.