

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА «ПОЯСНИЧНЫЕ ПОЗВОНКИ – ОКОЛОПОЗВОНОЧНЫЕ МЫШЦЫ» У ЛЮДЕЙ В ВОЗРАСТЕ 35-59 ЛЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

© Иванов М.А.¹, Яшина И.Н.¹, Клочкова С.В.², Яшин Ф.Д.¹

¹ Курский государственный медицинский университет (КГМУ)

Россия, 305041, Курская область, г. Курск, ул. К. Маркса, д. 3

² Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН)

Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Цель – выявление половых и возрастных отличий структурной организации поясничных позвонков и паравертебральных мышц.

Материалы и методы. Исследование выполнено на компьютерных томограммах поясничного отдела позвоночника 220 женщин (19 в возрасте 35-44 лет и 201 в возрасте 45-59 лет) и 147 мужчин (15 в возрасте 35-44 лет и 132 в возрасте 45-59 лет). Исследовалось 12 параметров в каждом сегменте позвонков-паравертебральные мышцы. Применялись непараметрическая статистика и факторный анализ методом главных компонент.

Результаты. Прямые измерения позвонков указывают на наличие половых отличий по ширине, высоте и длине тел позвонков в сегментах L1-L3. Выявлены достоверные отличия (при $p=0,01$) между размерами позвонков у мужчин и женщин в возрасте 35-44 лет в длине тела позвонка L2 (у женщин 3,44-3,96 см, у мужчин 3,73-4,07 см). Выявлена зависимость изменения размеров позвонков ($p<0,05$) у женщин в длине позвоночного отверстия в сегменте L1, у мужчин в нижней ширине тела позвонков L2, L4, верхней ширины тела позвонка L4, длине остистого отростка L2, углу его инклинации в L3. Структурная организация комплекса «поясничные позвонки-паравертебральные мышечные массивы» у представителей разных полов отличается. У женщин в возрасте 35-44 лет ключевую роль играют 8 параметров, у мужчин – 26, с возрастом у мужчин снижается до 14. У женщин возрастная перестройка связана с перераспределением факторных нагрузок и сохранением их числа, у мужчин сопровождается снижением числа задействованных параметров.

Заключение. Структурная организация комплекса «поясничные позвонки – паравертебральные мышечные массивы» обладает ярко выраженным половым диморфизмом, возрастные отличия структурной организации у мужчин и женщин протекают по-разному, изначально более адаптированная система «позвоночный столб – паравертебральные мышцы» мужчин с возрастом претерпевает изменения, проявляющиеся повышением ее структурированности.

Ключевые слова: поясничный позвонок; паравертебральные мышцы.

Иванов Михаил Александрович – аспирант кафедры анатомии человека, КГМУ, г. Курск. ORCID iD: 0000-0003-3745-7218. E-mail: ivanovma_spb@mail.ru

Яшина Ирина Николаевна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры анатомии человека, КГМУ, г. Курск. ORCID iD: 0000-0001-6235-2309. E-mail: bik2709@rambler.ru (автор, ответственный за переписку)

Клочкова Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека медицинского института, РУДН, г. Москва. ORCID iD: 0000-0003-2041-7607. E-mail: swetlana.chava@yandex.ru

Яшин Федор Денисович – студент, КГМУ, г. Курск. ORCID iD: 0000-0002-4876-4275. E-mail: fedaryashin@yandex.ru

Общепризнанным сегодня является мнение о том, что строение позвоночного столба взрослого человека связано с особенностями индивидуального развития осевого скелета в пренатальном онтогенезе [1-3]. Совокупность филогенетических и индивидуальных особенностей строения позвоночника предопределяет его дальнейшее развитие «под нагрузкой» на протяжении всей жизни человека [4, 5]. Нарастающая по экспоненте вариативность геометрии, как отдельных позвонков, так и всего позвоночного столба в целом, как сложной биомеханической системы, подвижной во всех плоскостях, в ряде случаев приводит к его недостаточной стабильности. Последнее обстоятельство может компенсироваться длительное время за счет работы так называемого «мышечного каркаса»,

представленного околопозвоночными мышцами и мышцами спины. Такая компенсация дополнительно уже к существующему состоянию позвоночного столба усугубляет патологию, изменяя его геометрию, и рано или поздно приводит к проявлению клинических симптомов [6], проявляющейся практически в любом возрасте человека [7, 8].

По этой причине изучение возрастных и половых особенностей строения, внутрипопуляционной анатомической изменчивости отдельных позвонков и позвоночника в целом, равно как и морфофункционального состояния мышц, выпрямляющих позвоночник, является актуальным. Однако чаще всего для этого используются методы описательной статистики, критерии сравнения независимых выборок, кото-

рые не в полной мере выявляют весь спектр половых и возрастных изменений. В современных научных медицинских исследованиях для выявления скрытых закономерностей все чаще используются многомерные методы математического анализа данных [9, 10].

Цель данного исследования – выявление половых и возрастных отличий структурной организации поясничных позвонков и паравертебральных мышц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на томограммах грудного и поясничного отделов позвоночника 220 женщин (19 в возрасте 35-44 лет и 201 в возрасте 45-59 лет) и 147 мужчин (15 в возрасте 35-44 лет и 132 в возрасте 45-59 лет). Томограммы пациентов были деперсонифицированы. Отбор томограмм спиральной компьютерной томографии проводился на основании отсутствия жалоб и рентгенологических признаков заболеваний опорно-двигательного аппарата, в том числе и дегенеративно-дистрофических, сколиоза, деформации грудной клетки, переломов позвонков в анамнезе, подтвержденной остеопении, что подтверждалось экспертом врачом-рентгенологом. Критериями исключения из исследования явились диагностированные рентгенологически полисегментарный остеохондроз 2 степени и выше, деформирующий спондилез, межпозвонковый и реберно-позвоночный остеоартроз, фиксирующий лигаментоз (болезнь Форестье), деформации и изменения структуры позвонков, онкологические заболевания.

Томограммы получены на КТ-аппарате Aquilion 16 TSX-101A (Япония) с толщиной среза 1 мм, индексом реконструкции 0,5 мм. Система обеспечивает низкоконтрастное разрешение, равное 2 мм, при 0,3% и высококонтрастное разрешение, равное 0,35 мм, по осям x, y и z. Рутинные мультисрезовые спиральные КТ исследования осуществляются с использованием тонких срезов, обеспечивая получение высокоточных 3D и мультипланарных реконструкций, получаемых из изотропных вокселей. Оборудование для компьютерной томографии было заранее откалибровано с использованием асинхронного фантома контроля качества. Применяемая мультисрезовая технология системы Aquilion позволяет получить истинно изотропные объемные данные.

Измерения на томограммах проводили в трех плоскостях с помощью лицензированного программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer на ноутбуке Lenovo IdeaPad

3 15ITL6/15.6"/Core i3-1115G4/4/HDD1TB/noOS по известной методике [11].

Все данные, полученные в ходе исследования, обрабатывались при помощи статистического пакета Microsoft Excel и Trial версиями программ STATISTICA 11.0 и IBM SPSS STATISTICS 20.

После проверки распределения на нормальность по критерию Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса и отсутствию нормального распределения по ряду параметров было принято решение использовать непараметрические статистики: оценка медианы – Me, интерквартильного диапазона Q1–Q3. Для сравнения размеров позвонков и ширины мышечных массивов у лиц разных возрастных групп и пола использовался U-критерий Манна-Уитни.

Поскольку целью данного исследования явилось выявление половых и возрастных отличий структурной организации поясничных позвонков человека и паравертебральных мышц для достижения поставленной цели применили факторный анализ методом главных компонент.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты прямой остеометрии позвонков существенно не отличались от результатов, полученных морфологами Саратовской научной школы. Они указывают на наличие половых отличий по таким параметрам, как ширина, высота и длина тел позвонков, которые просматриваются в верхних поясничных сегментах [1, 12]. Результаты прямой органометрии представлены в таблицах 1-2.

В ходе данного исследования статистически достоверные отличия (при $p=0,01$) между размерами позвонков у мужчин и женщин выявлены только по длине тела у L2 в возрастной группе 35-44 лет. Ее величина у женщин располагалась в интерквартильном диапазоне Q1-Q3 3,44-3,96 см, у мужчин – 3,73-4,07 см.

Оценивая зависимость изменения размеров поясничных позвонков и околопозвоночных мышц, у женщин выявлены статистически достоверная зависимость от возраста по ДПО в сегменте L1 ($p=0,04$), у мужчин выявлена зависимость от возраста у нижней ширины тела позвонков L2, L4 ($p=0,04$), верхней ширины тела позвонка L4 ($p=0,03$), ДОО L2 ($p=0,02$), УОО L3 ($p=0,03$).

С целью выявления скрытых закономерностей был произведен факторный анализ методом главных компонент. Результаты факторного анализа приведены в таблицах 3-4.

Таблица 1

Table 1

Размеры позвонков и паравертебральных мышц у женщин и мужчин возрастной группы от 35 до 44 лет

The size of the vertebrae and paravertebral muscles in women and men aged 35 to 44 years

Параметр Parametr		L1 m	L1 f	L2 m	L2 f	L3 m	L3 f	L4 m	L4 f	L5 m	L5 f
ШТПв WVBu	Q1	3.84	3.93	4.13	4.21	4.64	4.7	5.18	4.88	4.83	4.74
	Me	3.99	4.11	4.26	4.38	4.72	4.84	5.24	5.22	5.06	4.95
	Q3	4.07	4.15	4.32	4.48	4.97	4.98	5.36	5.58	5.28	5.1
ШТПн WVBl	Q1	4.11	4.04	4.46	4.57	4.93	4.77	4.42	4.33	4.96	5.15
	Me	4.25	4.18	4.67	4.81	5.06	4.97	4.78	4.61	4.99	5.31
	Q3	4.33	4.35	4.9	5.13	5.18	5.11	4.96	4.88	5.15	5.65
ДТП LVB	Q1	3.43	3.45	3.73	3.44	3.49	3.34	3.57	3.42	3.29	3.37
	Me	3.76	3.63	3.85	3.63	3.53	3.44	3.71	3.52	3.33	3.51
	Q3	3.97	3.93	4.07	3.96	3.63	3.51	3.87	3.86	3.43	3.62
ВТП HVB	Q1	2.54	2.51	2.5	2.51	2.67	2.71	2.96	2.91	2.66	2.62
	Me	2.58	2.58	2.74	2.65	2.7	2.74	2.99	2.98	2.67	2.71
	Q3	2.69	2.61	2.87	2.75	2.72	2.75	3	3.06	2.69	2.77
ШПО WVF	Q1	2.46	2.39	2.22	2.12	2	1.99	2.14	2.15	2.63	2.63
	Me	2.52	2.5	2.33	2.29	2.36	2.13	2.3	2.38	2.65	2.75
	Q3	2.6	2.56	2.35	2.41	2.47	2.29	2.3	2.68	2.81	2.81
ДПО LVF	Q1	1.61	1.68	1.68	1.64	1.66	1.58	1.76	1.7	1.52	1.51
	Me	1.82	1.74	1.69	1.69	1.69	1.61	1.79	1.78	1.63	1.57
	Q3	1.83	1.82	1.72	1.75	1.7	1.74	1.88	1.87	1.7	1.7
ДОО LSP	Q1	2.69	2.8	3.33	3.21	3.33	3.22	3.19	3.18	3.51	3.13
	Me	2.91	2.87	3.34	3.46	3.4	3.41	3.34	3.53	3.57	3.36
	Q3	2.93	2.99	3.62	3.56	3.68	3.59	3.56	3.65	3.67	3.56
МПР ITRD	Q1	6.91	7	7.12	6.38	7.98	7.56	7.27	7.67	7.99	8.17
	Me	7.02	7.22	7.78	7	8.12	7.96	7.91	7.94	8.46	8.45
	Q3	7.28	7.35	7.98	7.49	8.26	8.34	7.97	8.74	8.8	8.69
ШММп WPMMr	Q1	5.61	5.56	5.81	5.75	6.17	6	6.45	6.39	6.37	6.12
	Me	5.65	5.6	5.86	5.88	6.5	6.44	6.47	6.78	6.41	6.51
	Q3	5.68	5.72	5.91	6.08	6.92	6.66	6.98	6.92	6.61	6.6
ШММл WPMMl	Q1	5.4	5.54	5.05	5.08	7.11	6.59	6.39	6.22	6.82	6.46
	Me	5.57	5.61	5.09	5.26	7.16	6.85	6.42	6.47	6.97	6.81
	Q3	5.6	5.7	5.34	5.36	7.2	6.99	6.67	6.86	6.97	6.96
УОО AISP	Q1	41.28	48.45	43.96	46.55	50.63	51.65	47.17	49.68	55.56	53.88
	Me	45.84	51.07	47.19	53.89	51.2	54.66	51.08	56.08	57.08	59.04
	Q3	46.86	54.79	47.23	55.57	57.7	56.62	52.97	59.99	63.9	62.61
УТП AAS	Q1	166.46	165.86	163.51	160.78	158.14	159.54	161.09	161.68		
	Me	167.51	167.27	163.8	162.62	160.7	161.45	162.45	162.7		
	Q3	168.72	170.87	165.13	164.19	161.93	162.85	163.18	165.58		

Примечание: на этой и последующих таблицах и рисунках: ШТПв – верхняя ширина тела позвонка, ШТПн – верхняя ширина тела позвонка, ДТП – длина тела позвонка, ВТП – высота тела позвонка, ШПО – ширина позвоночного отверстия, ДПО – длина позвоночного отверстия, ДОО – длина остистого отростка, МПР – расстояние между поперечными отростками, ШММп, л – ширина околопозвоночного мышечного массива правого и левого, УОО – угол отхождения остистого отростка, УТП – угол между передней поверхностью тел позвонков.

Notes: at this and next tables and figures: WVBu – the upper width of the vertebral body, WVBl – the lower width of the vertebral body, LVB – the length of the vertebral body, HVB – the height of the vertebral body, WVF – the width of the vertebral foramen, LVF – the length of the vertebral opening, LSP – the length of the spinous process, ITRD – the distance between the transverse processes, WPMMr, WPMMl – the width of the paravertebral muscle mass of the right and left), AISP – the angle of inclination of the spinous process, AAS – the angle between the anterior surfaces of the vertebral bodies.

Таблица 2

Table 2

Размеры позвонков и паравертебральных мышц у женщин и мужчин возрастной группы от 45 до 59 лет

The size of the vertebrae and paravertebral muscles in women and men aged 45 to 59 years

Параметр Parametr		L1 m	L1 f	L2 m	L2 f	L3 m	L3 f	L4 m	L4 f	L5 m	L5 f
ШТПВ WVBu	Q1	3.89	3.89	4.25	4.19	4.7	4.68	5.03	5.1	4.8	4.78
	Me	3.99	4	4.42	4.37	4.85	4.81	5.32	5.37	4.95	4.9
	Q3	4.11	4.11	4.62	4.57	5	4.97	5.54	5.65	5.08	5.07
ШТПН WVBI	Q1	4.09	4.11	4.53	4.48	4.83	4.87	4.35	4.38	4.94	5.11
	Me	4.22	4.23	4.81	4.78	5	5.02	4.63	4.62	5.11	5.32
	Q3	4.32	4.34	5.06	5.05	5.16	5.18	4.86	4.92	5.29	5.6
ДТП LVB	Q1	3.43	3.38	3.38	3.45	3.28	3.31	3.38	3.37	3.25	3.32
	Me	3.62	3.54	3.62	3.63	3.39	3.41	3.54	3.63	3.42	3.46
	Q3	3.79	3.76	3.84	3.84	3.53	3.54	3.79	3.79	3.55	3.59
ВТП HVB	Q1	2.52	2.52	2.57	2.57	2.7	2.7	2.87	2.88	2.67	2.66
	Me	2.58	2.59	2.68	2.66	2.73	2.73	2.98	2.96	2.73	2.71
	Q3	2.66	2.66	2.78	2.78	2.76	2.75	3.06	3.07	2.79	2.77
ШПО WVF	Q1	2.46	2.43	2.14	2.1	1.9	1.95	2.13	2.13	2.64	2.65
	Me	2.55	2.53	2.29	2.26	2.08	2.11	2.36	2.31	2.73	2.73
	Q3	2.67	2.64	2.45	2.42	2.25	2.34	2.52	2.48	2.81	2.81
ДПО LVF	Q1	1.65	1.66	1.65	1.64	1.57	1.58	1.75	1.76	1.54	1.53
	Me	1.71	1.72	1.69	1.69	1.63	1.64	1.87	1.87	1.61	1.63
	Q3	1.77	1.77	1.74	1.74	1.69	1.7	1.99	1.95	1.67	1.7
ДОО LSP	Q1	2.74	2.77	3.07	3.12	3.32	3.25	3.25	3.19	3.26	3.2
	Me	2.86	2.87	3.28	3.32	3.45	3.41	3.41	3.35	3.42	3.44
	Q3	2.96	2.95	3.47	3.53	3.54	3.55	3.58	3.51	3.63	3.6
МПР ITRD	Q1	6.85	6.87	6.57	6.5	7.5	7.74	7.83	7.78	8.14	8.16
	Me	7.06	7.14	6.95	6.95	7.94	7.99	8.18	8.12	8.45	8.47
	Q3	7.28	7.29	7.41	7.36	8.33	8.3	8.49	8.6	8.84	8.9
ШММп WPMMr	Q1	5.56	5.55	5.72	5.82	6.29	6.1	6.3	6.31	6.21	6.24
	Me	5.64	5.64	5.88	5.93	6.53	6.37	6.55	6.59	6.55	6.5
	Q3	5.75	5.74	6.09	6.08	6.74	6.62	6.89	6.9	6.82	6.74
ШММл WPMMl	Q1	5.48	5.5	5.2	5.16	6.63	6.66	6.06	6.15	6.63	6.6
	Me	5.56	5.59	5.32	5.29	6.82	6.82	6.3	6.39	6.85	6.83
	Q3	5.66	5.74	5.46	5.44	7.08	7.05	6.6	6.61	7.06	7.06
УОО AISP	Q1	47.3	46.45	43.69	43.93	51.49	51.98	49.22	48.36	57.23	50.88
	Me	51.22	49.87	49.06	48.59	55.59	54.92	53.19	52.73	60.45	56.59
	Q3	55.37	54.22	52.66	53.46	58.26	58.16	56.98	55.85	64.22	62.65
УТП AAS	Q1	167.14	167.28	162.04	160.37	159.79	159.36	161.4	161.17		
	Me	169.05	169.06	163.99	162.45	161.5	161.56	162.83	162.6		
	Q3	170.42	170.84	165.21	163.97	163.34	163.49	164.43	164.28		

Как видно из данных таблицы 3, в структурной организации поясничного отдела позвоночника женщин в возрасте 35-44 лет выявлено 8 параметров. Так, в верхних поясничных сегментах L1-L2 ключевую роль играет нижняя ширина тела позвонка. На наш взгляд, это подтверждает опорную роль переднего отдела позвоночника при формировании поясничного лордоза. В сегменте L3 ключевая роль принадлежит высоте тела позвонка. В сегментах L2 и L4 ведущую роль играют правые окологрунто-

ные мышечные массивы и угол отхождения остистого отростка, лимитирующий объем движений в этом отделе.

В возрастной группе 45-59 лет происходит перераспределение факторных нагрузок на исследуемые параметры со снижением роли ШММп в сегменте L2 и ростом его влияния в сегментах L1 и L4. Также у женщин этого возраста в верхних поясничных сегментах росло влияние расстояния между поперечными отростками, увеличивающими площадь опоры

Таблица 3

Table 3

Результаты факторного анализа методом главных компонент поясничных позвонков
и паравертебральных мышц у женщин

The results of factor analysis by the method of the main components of women's lumbar vertebrae and paravertebral muscles

Параметр Parametre	35-44 лет / 35-44 years					45-59 лет / 45-59 years				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
ШТПВ / WVBu	0,07	0,61	-0,56	-0,37	-0,43	0,30	-0,29	-0,74	-0,43	0,07
ШТПН / WVBl	0,90	0,75	0,22	-0,24	-0,18	0,42	-0,14	-0,26	0,18	-0,84
ДТП / LVB	-0,32	-0,69	-0,01	-0,28	-0,31	0,44	-0,37	0,22	-0,38	-0,79
ВТП / HVb	0,39	-0,52	-0,21	-0,47	0,79	0,50	-0,51	0,50	-0,25	0,00
ШПО / WVB	-0,52	0,32	-0,71	-0,55	0,58	0,43	0,32	-0,56	0,51	-0,27
ДПО / LVF	-0,51	0,37	0,64	0,42	-0,06	0,10	-0,29	-0,46	-0,05	-0,34
ДОО / LSP	-0,09	-0,16	0,63	-0,12	0,10	0,40	-0,15	0,09	0,15	0,02
МПР / ITRD	-0,22	-0,28	0,05	0,65	-0,57	0,73	-0,33	0,04	0,09	0,00
ШММп / WPMMr	0,65	0,76	0,64	0,74	-0,53	0,79	-0,90	0,01	0,81	0,34
ШММл / WPMMl	0,33	0,55	0,64	0,03	0,30	0,64	-0,54	-0,07	0,11	-0,14
УОО / AISP	-0,66	-0,75	-0,29	-0,74	0,09	0,27	0,16	-0,23	0,15	0,24
УТП / AAS	0,02	0,55	0,51	-0,58		0,02	-0,80	0,09	-0,51	
Общ. дисперсия / Total variance	2,62	2,70	2,48	2,83	2,54	1,47	1,49	1,37	1,39	1,73
Выдел. дисперсия / %Cumulate	0,42	0,42	0,41	0,44	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42	0,44

Таблица 4

Table 4

Результаты факторного анализа методом главных компонент поясничных позвонков
и паравертебральных мышц у мужчин

The results of factor analysis by the method of the main components of men's lumbar vertebrae and paravertebral muscles.

Параметр Parametre	35-44 лет / 35-44 years					45-59 лет / 45-59 years				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
ШТПВ / WVBu	0,47	0,78	0,12	-0,38	0,19	0,79	0,81	-0,41	-0,16	-0,04
ШТПН / WVBl	-0,94	-0,77	0,82	-0,30	-0,70	0,73	0,79	0,07	-0,17	0,09
ДТП / LVB	0,60	-0,73	0,92	0,57	-0,61	0,30	0,34	-0,72	0,42	0,05
ВТП / HVb	0,39	0,42	0,76	0,78	-0,84	0,05	0,27	0,30	-0,68	0,45
ШПО / WVB	-0,06	0,24	-0,50	-0,72	-0,48	0,08	0,12	-0,37	-0,12	-0,79
ДПО / LVF	-0,98	0,54	0,98	0,87	-0,77	-0,31	-0,36	-0,12	0,33	-0,54
ДОО / LSP	-0,96	-0,91	-0,70	0,39	-0,58	-0,17	0,02	-0,29	-0,23	-0,06
МПР / ITRD	0,49	0,64	0,26	-0,13	0,04	0,48	-0,24	-0,28	-0,26	-0,76
ШММп / WPMMr	0,04	-0,71	0,13	-0,76	-0,92	0,75	-0,58	-0,82	-0,72	-0,36
ШММл / WPMMl	0,78	-0,51	-0,65	-0,77	-0,28	-0,68	0,71	-0,84	-0,64	0,24
УОО / AISP	-0,15	-0,62	-0,67	-0,97	-0,95	-0,57	0,31	0,03	-0,43	-0,77
УТП / AAS	-0,79	0,96	0,31	0,05		0,37	0,74	-0,22	0,68	-0,26
Общ. дисперсия / Total variance	4,98	5,54	4,85	4,75	4,95	1,55	1,51	1,58	1,53	1,57
Выдел. дисперсия / %Cumulate	0,41	0,46	0,40	0,40	0,41	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

и принимающими активное участие в формировании мягкого каркаса спины. Снижается роль угла между телами первого и второго поясничных позвонков, что может свидетельствовать об изменении центра масс тела женщины в этом возрастном периоде. Ширина и длина тел позвонков уменьшают свое влияние на протяжении всего поясничного отдела, достигая минимальных значений факторных нагрузок у L5.

У мужчин в структурной организации поясничного отдела позвоночника в возрасте

35-44 лет выявлено 26 параметров – таблица 4, что свидетельствует о больших адаптивных способностях поясничного отдела позвоночника у мужчин. Так, в верхних поясничных сегментах L1-L3 ключевую роль играет нижняя ширина тела позвонка, значение факторных нагрузок которой достигает максимума у L3.

На наш взгляд, это подтверждает опорную роль переднего отдела позвоночника при формировании поясничного лордоза. В нижних поясничных сегментах L3-L5 ключевая роль

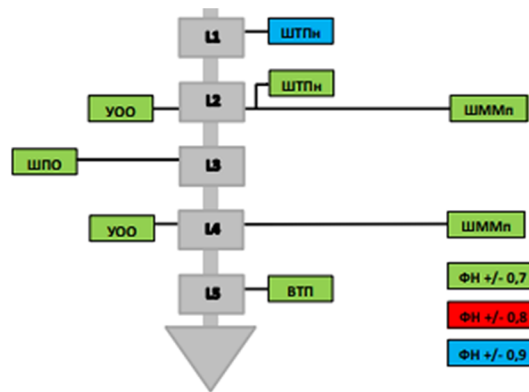


Рис. 1. Структурная организация комплекса «позвонок-околопозвоночные мышцы» у женщин 35-44 лет.

Fig. 1. Structural organization of women's "vertebrae-paravertebral muscles" complex aged 35-44 years.

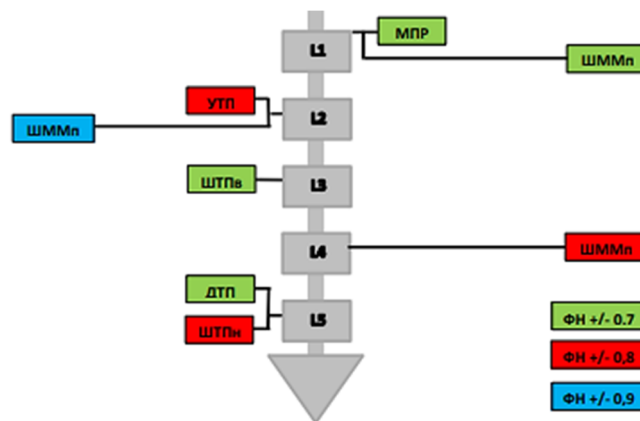


Рис. 2. Структурная организация комплекса «позвонок-околопозвоночные мышцы» у женщин 45-59 лет.

Fig. 2. Structural organization of women's "vertebrae-paravertebral muscles" complex aged 45-59 years.

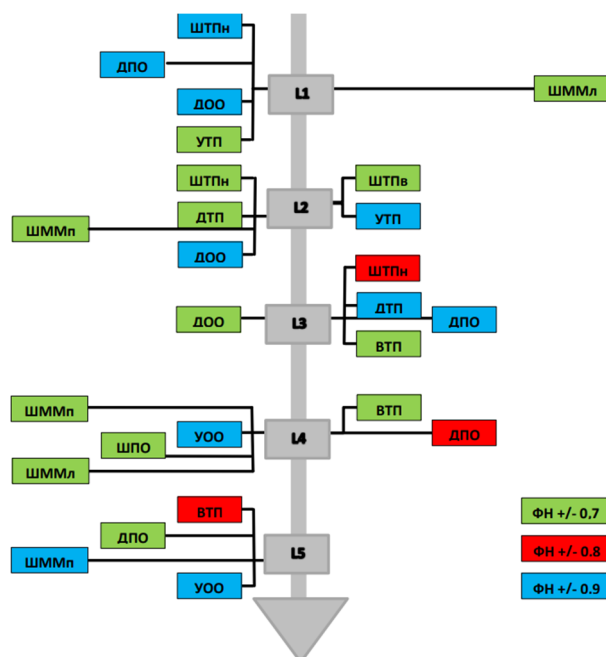


Рис. 3. Структурная организация комплекса «позвонок-околопозвоночные мышцы» у мужчин 35-44 лет.

Fig. 3. The structural organization of men's "vertebrae-paravertebral muscles" complex aged 35-44 years.

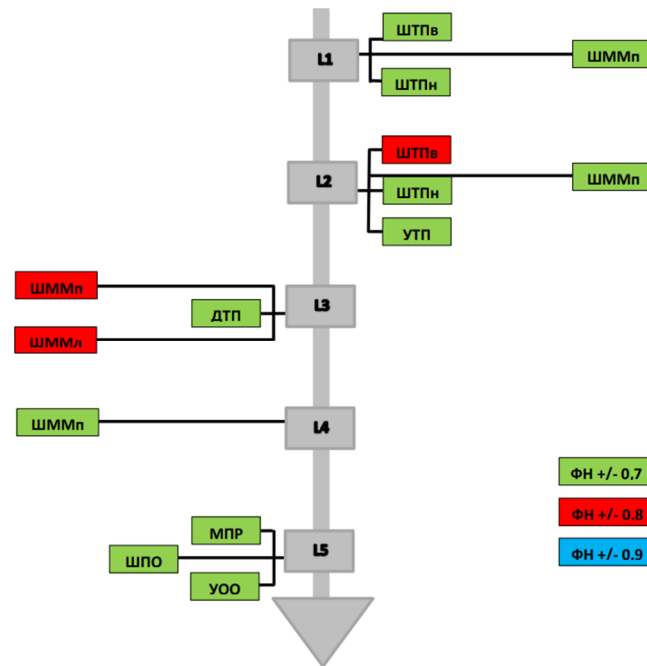


Рис. 4. Структурная организация комплекса «позвонок–околопозвоночные мышцы» у мужчин 45-59 лет.

Fig. 4. The structural organization of men's "vertebrae-paravertebral muscles" complex complex aged 45-59 years.

принадлежит высоте тела позвонка. В сегментах L2 и L4, L5 ведущую роль играют правые околопозвоночные мышечные массивы с отрицательными факторными нагрузками и угол отхождения остистого отростка (L4 и L5). Отрицательные факторные нагрузки определяются между телами первого и второго поясничных позвонков. Но в отличие от женщин наблюдаются максимальные факторные нагрузки между телами второго и третьего поясничных позвонков, на вершине поясничного лордоза.

В возрастной группе 45-59 лет происходит снижение числа параметров, задействованных в структурной организации поясничного отдела позвоночника и паравертебральных мышц, у мужчин до 14. Увеличивается влияние ширины тела позвонка в верхних поясничных сегментах L1 и L2, снижается влияние ДТП L3. У мужчин этого возраста происходит перераспределение факторных нагрузок на ШММп и ШММл. В отличие от мужчин в возрасте 35-44 лет в этой возрастной группе увеличивается влияние правого мышечного массива L1. Отрицательные факторные нагрузки ширины мышечных массивов испытывает сегмент L3. Снижается до 0,7 влияние УТП между вторым и третьим позвонками.

Проведенный анализ позволил создать математические модели поясничного отдела позвоночного столба и паравертебральных мышц, которые представлены на рисунках 1-4, и программу ЭВМ прогнозирования развития патологии позвоночного столба «Sanus dorsum – здо-

ровая спина» (авторское свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024618701, заявка № 2024616210, дата поступления – 28.03.2024 г., дата государственной регистрации – 16.04.2024 г. (Иванов М.А., Яшина И.Н., Пучнина Е.С.). При построении данных моделей использовались параметры с факторными нагрузками $\pm 0,7$ и выше.

В результате проведенного исследования выявлено, что структурная организация комплекса «поясничные позвонки-паравертебральные мышечные массивы» у представителей разных полов отличается. У женщин в возрасте 35-44 лет ключевую роль играют 8 параметров, у мужчин – 26. Возрастная перестройка структурной организации комплекса «поясничные позвонки-паравертебральные мышечные массивы» у мужчин и женщин протекает по-разному. У женщин этот процесс связан с перераспределением факторных нагрузок и сохранением их числа, у мужчин сопровождается снижением числа задействованных параметров и более выраженным перераспределением факторных нагрузок среди не утративших свое влияние параметров, что указывает на большую перестройку организационной структуры.

Таким образом, на основании анализа полученных данных мы сделали следующие выводы:

1. По данным факторного анализа установлено, что структурная организация комплекса «поясничные позвонки – паравертебральные

мышечные массивы» обладает ярко выраженным половым диморфизмом.

2. Возрастные отличия структурной организации комплекса «поясничные позвонки-паравертебральные мышечные массивы» у мужчин и женщин протекают по-разному.

3. Изначально более адаптированная система «позвоночный столб – паравертебральные мышцы» мужчин с возрастом претерпевает большие изменения, проявляющиеся повышением ее структурированности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Автор заявляет об отсутствии финансирования.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Исследование выполнено на компьютерных томограммах поясничного отдела позвоночника 367 человек. Исследование проводилось в соответствии со стандартами Good Clinical Practice и принципами Хельсинкской декларации, 2013 г. До включения в исследование получены одобрение РЭК при ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России (протокол № 10 от 9.11.2020.) и письменное информированное согласие обследуемых.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Иванов М.А. – анализ и интерпретация данных, написание текста статьи; Яшина И.Н. – разработка концепции и дизайна; Ключкова С.В. – проверка критически важного интеллектуального содержания; Яшин Ф.Д. – получение цифровой информации с томограмм.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Анисимова Е.А. Закономерности изменчивости размеров и формы позвонков докрестцового отдела позвоночного столба. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2009;2(10):3–13 [Anisimova E.A. Patterns of variability in the size and shape of the vertebrae of the precostal spine. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki*. 2009;2(10):3–13. (in Russ.)]. EDN: LAKOWH.
2. Sewell W., Kusumi K. Birth Genetic analysis of molecular oscillators in mammalian somitogenesis: clues for studies of human vertebral disorders. *Defects Res C Embryo Today*. 2007;81(2):111–120. DOI: 10.1002/bdrc.20091.
3. Snodgrass J.J. Sex differences and aging of the vertebral column. *J Forensic Sci*. 2004;49(3):458–463.
4. Prescher A. Anatomy and pathology of the aging spine. *Eur J Radiol*. 1998;27(3):181–195. DOI: 10.1016/s0720-048x(97)00165-4.
5. Rühli F.J., Müntener M., Henneberg M. Age-dependent changes of the normal human spine during adulthood. *Am J Hum Biol*. 2005;4:460–469. DOI: 10.1002/ajhb.20403.
6. Poorghasamians E., Aggabao P.C., Wren TAL, Ponrartana S., Gilsanz V. Vertebral cross-sectional growth: A predictor of vertebral wedging in the immature skeleton. *PLoS One*. 2017;12:e0190225. DOI: 10.1371/journal.pone.0190225.
7. Rojas C.V., Olivares J.I., Tutor P.M., Sánchez M., Alemán Aguilera I. Ontogeny of morphological variations in the vertebral column: Prevalence and bony variability in young Spanish children. *Ann Anat*. 2022;240:151888. DOI: 10.1016/j.aanat.2022.151888.
8. Gilsanz V., Wren TAL, Ponrartana S., Mora S., Rosen C.J. Sexual Dimorphism and the Origins of Human Spinal Health. *Endocr Rev*. 2018;39(2): 221–239. DOI: 10.1210/er.2017-00147.
9. Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б., Каданцева К.К., Кузовлев А.Н., Переходов С.Н., Лихванцев В.В. Многофакторный анализ в клинической медицине. *Анестезиология и реаниматология*. 2021;1(5):64–70. [Yadgarov M.YA., Berikashvili L.B., Kadanceva K.K., Kuzovlev A.N., Perekhodov S.N., Lihvancev V.V. Multivariate analysis in clinical medicine. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2021;1(5): 64–70 (in Russ.)]. DOI: 10.17116/anaesthesiology202105164. EDN: SAUUXM.
10. Яшина И.Н., Иванов А.В., Иванов М.А., Самаха А.А. Системная организация плечевых костей человека. *Морфология*. 2019;155(1):40–47. [Yashina I.N., Ivanov A.V., Ivanov M.A., Samaha A.A. Systemic organization of the human humerus. *Morfologiya*. 2019;155(1):40–47 (in Russ.)]. EDN: KIVYG.
11. Иванов М.А., Яшина И.Н., Ключкова С.В., Яшин Ф.Д. Системные взаимоотношения строения грудных позвонков и околопозвоночных мышц у мужчин зрелого возраста с избыточным весом. *Человек и его здоровье*. 2023;26(4):65–71 [Ivanov M.A., Yashina I.N., Klochkova S.V., Yashin F.D. System relationships of the thoracic vertebrae anatomy and surrounding muscles in overweight men. *Humans and their health*. 2023;26(4):65–71 (in Russ.)]. DOI: 10.21626/vestnik/2023-4/05. END: LOFUWQ.
12. Емкужева О.Л., Анисимова Е.А., Щуковский В.В., Анисимов Д.И. Изменчивость абсолютных и относительных размеров тел поясничных позвонков. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(6):141 [Emkuzhev O.L., Anisimova E.A., Shchukovskij V.V., Anisimov D.I. Variability of absolute and relative size of lumbar vertebral bodies. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015;(6):141 (in Russ.)]. EDN: VJPROX. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23331> (дата обращения: 18.06.2024)

Поступила в редакцию 30.05.2024

Подписана в печать 25.09.2024

Для цитирования: Иванов М.А., Яшина И.Н., Ключкова С.В., Яшин Ф.Д. Структурная организация комплекса «поясничные позвонки – околопозвоночные мышцы» у людей в возрасте 35-59 лет по результатам факторного анализа методом главных компонент. *Человек и его здоровье*. 2024;27(2):30–38. DOI: 10.21626/vestnik/2024-2/04. EDN: LOMLVQ.

STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE COMPLEX "LUMBAR VERTEBRAE AND PARAVERTEBRAL MUSCLES" OF PEOPLE AGED 35-59 YEARS ACCORDING TO RESULTS OF FACTOR ANALYSIS BY THE METHOD OF PRINCIPAL COMPONENTS

© *Ivanov M.A.¹, Yashina I.N.¹, Klochkova S.V.², Yashin F.D.¹*

¹ **Kursk State Medical University (KSMU)**

3, K. Marx Str., Kursk, Kursk region, 305041, Russian Federation

² **Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)**

6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation

Objective – to find sexual and age differences of the lumbar vertebrae and paravertebral muscles array structural organization.

Materials and methods. Computed tomograms of the lumbar spine of 220 women (19 aged 35-44 years and 201 aged 45-59 years) and 147 men (15 aged 35-44 years and 132 aged 45-59 years) were used. At each segment of the vertebrae-paravertebral muscles there are 12 parameters were measured. Nonparametric statistics and factor analysis by the principal component method also were used.

Results. Direct measurements of the vertebrae show the presence of sexual differences in the width, height and length of the vertebral bodies in the L1-L3 segments. Significant differences were revealed (at $p=0.01$) between the vertebral sizes in men and women aged 35-44 years in the length of the L2 vertebral body (in women 3.44-3.96 cm, in men 3.73-4.07 cm). The dependence of changes in the size of the vertebrae ($p<0.05$) in women in the length of the vertebral opening in the L1 segment, in men in the lower body width of the vertebrae L2, L4, upper body width of the L4 vertebra, the length of the spinous process L2, the angle of its incline in L3. The structural organization of the complex "lumbar vertebrae-paravertebral muscles" in representatives of different sexes are different. In women aged 35-44 years, 8 parameters play a key role, in men – 26, with age in men it decreases to 14. In women, age adjustment is associated with the redistribution of factor loads and the preservation of their number, in men it is accompanied by a decrease in the number of parameters involved.

Conclusion. The structural organization of the complex "lumbar vertebrae - paravertebral muscle arrays" has a well pronounced sexual dimorphism. Age-related differences of the both sexes structural organization proceed differently; the initially more adapted men's "vertebral column – paravertebral muscles" system undergoes changes with age, manifested by rising it's structurality.

Keywords: lumbar vertebra; paravertebral muscles.

Ivanov Michail A. – Post-graduate student of the Department of Human Anatomy, KSMU, Kursk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-3745-7218. E-mail: ivanovma_spb@mail.ru

Yashina Irina N. – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at Department of Human Anatomy, KSMU, Kursk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-6235-2309. E-mail: bik2709@rambler.ru (corresponding author)

Klochkova Svetlana V. – Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor at Department of Human Anatomy, RUDN, Moscow, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-2041-7607. E-mail: swetlana.chava@yandex.ru

Yashin Fedor D. – Student, KSMU, Kursk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-4876-4275. E-mail: fedaryashin@yandex.ru

CONFLICT OF INTEREST

The author declares the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The author states that there is no funding for the study.

COMPLIANCE WITH PRINCIPLES OF ETHICS

The research is realized according to Good Clinical Practice standards and the principles of the Declaration of Helsinki, 2013. There are computed tomograms of the lumbar spine of 367 people. Design of the current research is approved by the Ethics Committee at the KSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation (Protocol No. 10 of 9.11.2020.) and the written informed consent of the subjects were obtained.

AUTHORS CONTRIBUTION

Ivanov M.A. - data analysis and interpretation, writing the text of the article; Yashina I.N. - concept and design development; Klochkova S.V. - verification of critical intellectual content; Yashin F.D. - obtaining digital information from tomograms.

Received 30.05.2024

Accepted 25.09.2024

For citation: Ivanov M.A., Yashina I.N., Klochkova S.V., Yashin F.D. Structural organization of the complex "lumbar vertebrae and paravertebral muscles" of people aged 35-59 years according to results of factor analysis by the method of principal components. *Humans and their health*. 2024;27(2):30–38. DOI: 10.21626/vestnik/2024-2/04. EDN: LOMLVQ.