

УДК 591.177:599

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОСТИ СКЕЛЕТА ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА НЕКОТОРЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

О. Я. Пылыпчук

(Институт зоологии АН УССР)

Для изучения биомеханики опорно-двигательного аппарата весьма удобны рентгенологические методы исследования, позволяющие проводить непосредственное наблюдение за смещениями различных компонентов скелета на живых интактных животных. Эти методы позволяют анализировать не только локомоторные акты в целом, но и их отдельные фазы, определять роль в локомоции отдельных звеньев, суставов и компонентов локомоторного аппарата. Первую попытку использования рентгенологического метода при изучении функции позвоночника сделал Бакке (Bakke, 1931). Однако лишь через два десятилетия начинают широко применять рентгенологические методики для функциональных исследований позвоночника (Рубашева, 1947, 1953; Junghanns, 1952; Buetti-Bäumli, 1954; Винтергальтер, 1966; Косинская, 1961, 1968; Фиалков, 1966; Линденбратен, Пудова, 1969. Эти исследования объяснили ряд важных особенностей подвижности позвоночника, главным образом шейного отдела позвоночника человека. Литературных же данных о рентгенологических исследованиях подвижности пояснично-крестцового отдела позвоночника животных мы не нашли.

Целью нашего исследования является выяснение роли скелета пояснично-крестцового отдела позвоночника в локомоторных движениях млекопитающих. В своей работе мы широко использовали метод рентгенографии и рассматривали животных, далеких в систематическом отношении и различных по характеру передвижения. Нами изучен пояснично-крестцовый отдел позвоночника 12 представителей 5 отрядов млекопитающих: из насекомоядных (Insectivora): еж обыкновенный (*Erinaceus europaeus* L.), крот обыкновенный (*Talpa europaea* L.); из зайцеобразных (Lagomorpha): кролик домашний (*Oryctolagus cuniculus* L.); из хищных (Carnivora): собака домашняя (*Canis familiaris* L.); из непарнокопытных (Peryssodactyla): лошадь домашняя (*Equus caballus* L.); из парнокопытных (Artyodactyla): коза домашняя (*Capra hircus* L.). Работу проводили по методике М. А. Хаджиева и Н. Б. Пудовой (1972). В зависимости от размеров животного использовали рентгенпленку 18×24 или 30×40. Свежеприготовленный скелетно-связочный препарат крестцово-поясничного отдела позвоночника помещали на кассету с рентгенопленкой, а на него центрировали пучок рентгеновских лучей с расстояния 75 см. Напряжение на установке РУД—100—20, 63—90 кв, сила тока — 60 ма и выдержка 0,4—6 сек. Режим съемки зависит от толщины препарата.

Для каждого животного было сделано по 6 снимков пояснично-крестцового отдела позвоночника в следующих позициях: 1) сбоку при расслабленном позвоночнике; 2) сбоку при вентральном сгибании; 3) сбоку при дорсальном сгибании; 4) передне-задняя рентгенография выпрямленного позвоночника; 5 и 6) передне-задние рентгенографии пояснично-крестцового отдела, согнутого вправо и влево.

Анализ рентгенограмм, сделанных при вентральном и дорсальном сгибаниях, позволяет определить амплитуду подвижности позвоночника в сагиттальной плоскости. Размах этого движения мы выражаем двумя показателями: угловыми отклонениями и краевым приближением тел позвонков. Угол отклонения определяли для каждой пары смежных позвонков. Для этого на рентгенограмму 1-й позиции накладываются рентгенограммы 2-й и 3-й позиций таким образом, чтобы контуры каудально расположенных позвонков совпали. Угол отклонения измеряется по смещению дорсального контура тела впереди расположенного позвонка при помощи прозрачного транспортира. Измерение угловых отклонений мы начинали с соединения *os sacrum* — последний поясничный позвонок (L_6) и т. д., в работе пользовались негатоскопом.

Некоторые результаты измерения углового отклонения тел позвонков представлены в табл. 1. У стопоходящих (ежа, крота) при вентральном сгибании самые большие угловые отклонения тел позвонков наблюдаются в соединениях позвонков L_3 — L_4 . Каудально и краниально от них подвижность уменьшается. Иная картина у пальце- и фалангоходящих: у кролика наибольшее угловое отклонение в соединении L_4 — L_5 , а у собаки, лошади и козы — между последним поясничным позвонком и *os sacrum*. Аналогично изменяется величина углового отклонения тел позвонков при дорсальном сгибании позвоночника.

Следует оговориться, что у исследованных нами животных при расслабленном позвоночнике наблюдаются три типа нормального искривления: выраженный кифоз, умеренный кифоз и прямой позвоночник. Из табл. 1 видно, что у животных с хорошо выраженным кифозом пояснично-крестцового отдела размах сгибания в вентральную сторону значительно больше, чем в дорсальную (кролик). При умеренном кифозе размах движений в обе стороны почти одинаков (собака, лошадь, коза). При прямом позвоночнике размах вентрального сгибания меньше дорсального (еж). По-видимому, величина углового отклонения и характер распределения этой подвижности по длине позвоночника зависит от типа нормальной кривизны пояснично-крестцового отдела позвоночника.

На подвижность позвоночника влияет форма кривизны пояснично-крестцового отдела и различаются две формы кривизны: дугообразная и смешанная. Для первой типичен дугообразный изгиб с наибольшим радиусом на уровне L_3 — L_4 (у кролика), для второй формы каудальный отрезок кривизны имеет форму дуги, а краниальный — прямой линии (собака, коза).

Вторым показателем, характеризующим предел подвижности пояснично-крестцового отдела позвоночника, является величина краевого приближения тел позвонков. При вентральном сгибании сближаются вентральные углы тел позвонков, дорсальные удаляются, при дорсальном — сближаются дорсальные углы тел позвонков, а удаляются вентральные. Мы определяли расстояние между наиболее удаленными точками вентральных и дорсальных углов тел соседних позвонков при вентральном и дорсальном сгибаниях позвоночника. Для сравнения делали соответствующие измерения по боковому снимку пояснично-крестцового отдела в расслабленном состоянии.

Результаты измерения краевого приближения тел позвонков представлены в табл. 2. Пределы краевого приближения у стопоходящих (еж) составляют 1 мм; у пальцеходящих (кролик, собака) 2—4 мм. Даже при максимальных сгибаниях позвоночника костные части позвонков не соприкасаются. Это объясняется наличием межпозвоночных дисков, действующих как буферные системы, и фиксирующим действием эластических связей, соединяющих дуги и остистые отростки позвонков.

**Угловые отклонения тел позвонков при сгибаниях в сагиттальной
и горизонтальной плоскостях (измерено по 3 животных каждого вида)**

Животное	Нумерация соединяющих позвонков	Величина угла (град.) при сгибании позвоночника					
		вентральном		дорсальном		боковом	
		М	min—max	М	min—max	М	min—max
Еж обыкновенный	L ₁ —L ₂	6	5—6	9	6—11	11	10—13
	L ₂ —L ₃	6	4—8	10	8—11	12	11—13
	L ₃ —L ₄	10	9—11	12	12—12	15	13—17
	L ₄ —L ₅	8	7—8	13	13—14	14	14—14
	L ₅ —L ₆	6	4—8	10	9—11	17	15—19
	L ₆ —Sac _r	3	2—4	15	14—16	14	12—15
Крот обыкновенный	L ₁ —L ₂	26	25—28	13	12—14	13	10—15
	L ₂ —L ₃	26	21—26	16	15—17	12	11—14
	L ₃ —L ₄	28	26—29	18	16—19	14	12—16
	L ₄ —L ₅	24	25—30	16	14—18	17	16—19
	L ₅ —L ₆	25	22—27	14	12—15	18	15—20
	L ₆ —Sac _r	26	24—28	15	13—16	13	10—15
Кролик домашний	L ₁ —L ₂	17	17—30	5	5—8	17	15—19
	L ₂ —L ₃	18	10—30	6	4—8	11	6—18
	L ₃ —L ₄	18	14—25	7	5—9	12	9—15
	L ₄ —L ₅	19	12—20	7	4—9	13	8—19
	L ₅ —L ₆	9	5—13	6	4—8	8	6—10
	L ₆ —L ₇	8	5—11	8	7—10	3	3—6
	L ₇ —Sac _r	8	5—13	24	15—33	7	6—9
Собака домашняя	L ₁ —L ₂	8	5—10	6	5—6	11	7—16
	L ₂ —L ₃	7	5—9	4	5—7	10	6—15
	L ₃ —L ₄	7	4—10	8	8—8	9	8—10
	L ₄ —L ₅	4	3—5	7	6—7	8	6—10
	L ₅ —L ₆	4	3—5	8	7—9	6	5—6
	L ₆ —L ₇	7	5—9	8	8—8	5	3—7
	L ₇ —Sac _r	15	13—17	13	11—17	8	6—9
Коза домашняя	L ₁ —L ₂	12	11—14	7	6—9	9	8—10
	L ₂ —L ₃	9	8—11	11	9—12	7	6—8
	L ₃ —L ₄	7	6—8	6	6—7	5	4—7
	L ₄ —L ₅	10	9—12	9	9—10	5	5—5
	L ₅ —L ₆	13	13—15	12	11—15	0	0—0
	L ₆ —Sac _r	14	10—18	13	10—16	1	3—6
Лошадь домашняя	L ₁ —L ₂	—	—	—	—	—	—
	L ₂ —L ₃	—	—	—	—	—	—
	L ₃ —L ₄	—	—	—	—	—	—
	L ₄ —L ₅	—	—	—	—	—	—
	L ₅ —L ₆	—	—	—	—	—	—
	L ₆ —Sac _r	18	17—19	14	13—15	—	—

Таблица 2

Величина краевого приближения позвоночных тел (мм) в норме и при сгибании в сагиттальной плоскости (измерено по 3 животных каждого вида)

Животное	Нумерация соединяющихся позвонков	Положение позвоночника					
		нормальное		вентральное сгибание		дорсальное сгибание	
		М	min-max	М	min-max	М	min-max
Еж обыкновенный	L ₁ —L ₂	1,1	1,0—1,2	1,0	1,0—1,1	1,2	1,1—1,4
	L ₂ —L ₃	1,2	1,1—1,4	0,9	0,7—1,1	1,3	1,2—1,6
	L ₃ —L ₄	1,3	1,2—1,4	1,0	0,6—1,2	1,3	1,1—1,6
	L ₄ —L ₅	1,5	1,2—1,8	1,3	1,3—1,6	1,5	1,4—1,7
	L ₅ —L ₆	1,7	1,6—2,0	1,2	1,0—1,3	1,9	1,8—2,1
	L ₆ —Sac _r	1,3	1,1—1,4	1,2	1,1—1,5	1,7	1,5—2,0
Кролик домашний	L ₁ —L ₂	2,4	2,3—2,5	1,8	1,5—1,9	3,0	2,5—3,5
	L ₂ —L ₃	2,6	2,4—2,8	2,1	1,6—2,4	3,1	2,6—3,8
	L ₃ —L ₄	3,4	3,1—3,8	2,5	1,7—2,9	3,5	3,2—4,2
	L ₄ —L ₅	3,7	3,3—4,0	2,6	2,0—3,0	3,5	3,2—4,8
	L ₅ —L ₆	4,0	3,6—4,3	3,1	3,0—3,2	4,1	3,5—5,0
	L ₆ —L ₇	4,7	4,6—4,7	3,1	2,1—3,8	4,9	4,7—5,1
	L ₇ —Sac _r	5,8	4,9—7,1	3,9	2,4—5,3	6,5	5,6—7,4
Собака домашняя	L ₁ —L ₂	3,8	4,3—6,5	4,5	3,5—5,7	7,1	7,0—7,3
	L ₂ —L ₃	5,0	4,5—6,0	4,3	3,5—5,6	6,8	6,2—7,3
	L ₃ —L ₄	5,5	4,9—6,0	4,7	4,2—5,7	7,7	7,2—7,6
	L ₄ —L ₅	5,9	5,5—6,4	5,0	4,8—5,1	7,2	6,4—8,3
	L ₅ —L ₆	6,6	6,0—7,0	5,7	4,8—6,8	7,7	6,3—7,9
	L ₆ —L ₇	7,7	6,6—8,4	5,2	4,2—6,1	8,6	8,0—9,2
	L ₇ —Sac _r	13,0	10,2—10,6	6,9	4,2—8,3	16,0	10,8—12,3
Коза домашняя	L ₁ —L ₂	6,7	6,6—7,2	6,2	6,0—6,3	8,8	8,7—9,0
	L ₂ —L ₃	7,2	7,2—7,5	6,4	6,3—6,6	10,6	10,1—12,2
	L ₃ —L ₄	7,5	7,3—7,8	6,9	6,7—6,9	8,4	8,5—8,7
	L ₄ —L ₅	7,7	7,7—7,9	7,2	7,1—7,5	8,2	8,0—8,3
	L ₅ —L ₆	7,7	7,6—7,9	7,0	7,0—7,0	9,7	9,5—9,9
	L ₆ —Sac _r	12,0	10,0—13,0	8,2	8,1—8,4	14,0	13,5—14,7
Лошадь домашняя	L ₁ —L ₂	—	—	—	—	—	—
	L ₂ —L ₃	—	—	—	—	—	—
	L ₃ —L ₄	—	—	—	—	—	—
	L ₄ —L ₅	—	—	—	—	—	—
	L ₅ —L ₆	—	—	—	—	—	—
	L ₆ —Sac _r	18,8	18,6—19,0	17,8	16,9—18,8	22,9	22,5—33,4

Из табл. 2 видно, что наибольшее краевое приближение тел позвонков при вентральном и дорсальном сгибаниях наблюдается в соединении L₅—L₆ и L₆—L₇, а также в соединении последнего поясничного позвонка с крестцовыми позвонками. Однако подвижность в этих сегментах не всегда наибольшая. Об этом свидетельствуют наши измерения углового отклонения тел позвонков при сгибаниях позвоночника. По-видимому, функция позвоночника обусловлена состоянием пульпозного ядра (nucleus pulposus), испытывающего постоянное давление и равномерно передающего это давление на фиброзное кольцо (annulus fibrosus).

Величину взаимного смещения позвонков пояснично-крестцового отдела позвоночника при сгибаниях вправо и влево мы определяли только по угловым отклонениям. Наши данные показали, что подвижность исследуемого отдела при сгибании вправо равна аналогичной подвижности этого отдела при сгибании влево. Из табл. 1 видно, что у всех исследованных животных самыми подвижными являются соединения L_3-L_4 и L_4-L_5 . В каудальном направлении подвижность снижается. В месте соединения позвонков L_6-L_7 у кролика и L_5-L_6 у козы угловое отклонение тел позвонков равно 0° .

Итак, можно сказать, что у исследованных животных размах движений пояснично-крестцового отдела позвоночника в каждом соединении позвонков различный и зависит от образа жизни и типа передвижения животного. Амплитуда движений в горизонтальной плоскости больше, чем в сагиттальной. У одних животных наибольший размах движений в сагиттальной плоскости обеспечивает передний участок пояснично-крестцового отдела (еж, крот), у других — средний (кролик), а у третьих — его задний участок (собака, лошадь, коза). В целом же наименее подвижен в сагиттальной плоскости пояснично-крестцовый отдел копытных (коза, лошадь).

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Винтергальтер С. Ф. 1966. Метод рентгенографии для диагностики опухолей мягких тканей опорно-двигательного аппарата, Л.
- Косинская Н. С. 1961. Дегенеративно-дистрофические поражения костно-суставного аппарата. Л.
- Её же. 1968. Возможности выявления по рентгенологическим данным состояния компенсации нарушений функций костно-суставного аппарата. Л.
- Линденбратен Л. Д., Пудова Н. Б. 1969. Двигательная функция шейного отдела позвоночника в разные возрастные периоды (Рентгенологическое исследование). В кн.: «Радиология-диагностика». Т. 10, № 6. Берлин.
- Рубашева А. Е. 1947. Индивидуальная анатомия и рентгеноостеология позвоночника и их значение для клиники. Вестн. рентгенологии и радиологии, т. XXVI. в. 5—6.
- Её же. 1953. Рентгенодиагностика хрящевых узлов позвоночника. Врачебное дело, № 9.
- Фиалков Л. Б. 1966. Функциональное рентгенологическое исследование шейного поясничного отделов позвоночника в норме и при некоторых патологических процессах. Автореф. канд. дисс. Л.
- Хаджиев М. А., Пудова Н. Б. 1972. Методика рентгенологического исследования функции шейного отдела позвоночника. В кн.: «Новые методики и функциональные пробы в практику врача». М.
- Vakke S. N. 1931. Röntgenologische Beobachtungen über die Bewegungen der Wirbelsäule. Stockholm.
- Buetti-Bäumli L. 1954. Functionell Röntgendiagnostik der Wirbelsäule. Thieme. Stuttgart.
- Junghanns H. 1952. Die «functionelle Röntgenuntersuchung» der Halswirbelsäule. Fortschr. Röntgenstrahlen, B. 76, N 5.

Поступила 20.XI 1973 г.

ROENTGENOLOGICAL STUDY OF THE MOBILITY OF A SKELETON OF THE LUMBO-SACRAL REGION IN CERTAIN MAMMALS

O. Ya. Pylypchuk

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

Summary

The article deals with the results of roentgenological study of the structure and expanse of movements in the lumbo-sacral region of mammals with different kind of support. The value of loin mobility as a whole and mobility distribution among the interior, middle and posterior regions of the loin are established, the dependence of this function on the animal mode of life and habit of motion is determined.