

- Флеров К. К. О древнейших жвачных.— Бюл. МОИП, отд. биол., 1971, № 6, с. 52—58.
- Шмальгаузен И. И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных.— М., 1947.— 540 с.
- Bohlin B. Die Familie Giraffidae mit besonderer Berücksichtigung der fossilen Formen aus China.— *Paleontologia Sinica* s.C.vol.IV, fasc.I. Peking, 1926, s. 178, taf. XII.
- Fréchot S. De l'Okapi et des affinités des Giraffides avec les Antilopes.— *Bull. Mus. Hist. Natur. Belgique*, 22, N 1.
- Grasse P. P. *Traite de Zoologie*, t. XVII, Paris, 1955.— 1170 s.

Институт зоологии
АН УССР

Поступила в редакцию
1.III 1977 г. .

УДК 599.591.471.32

О. Я. Пилипчук

ИЗМЕНЕНИЯ МОМЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ ПО ДЛИНЕ ПОЗВОНОЧНИКА У ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Вопрос о сопротивляемости различных участков позвоночного столба изгибающим нагрузкам, возникающим под влиянием внешних сил (гравитации, сокращения мускулатуры и инерции), недостаточно изучен. Большинство исследователей пытались решать его путем изучения формы, структуры и функции тел позвонков и межпозвоночных дисков. При этом справедливо авторы считают, что разные области позвоночного столба испытывают неодинаковые нагрузки, в связи с чем неодинаковы величина, форма и размеры тел позвонков. (Mutel, 1921; Gallois a.o., 1925; Батуев, 1954; Осинский, 1969; Пилипчук, 1976 и др.).

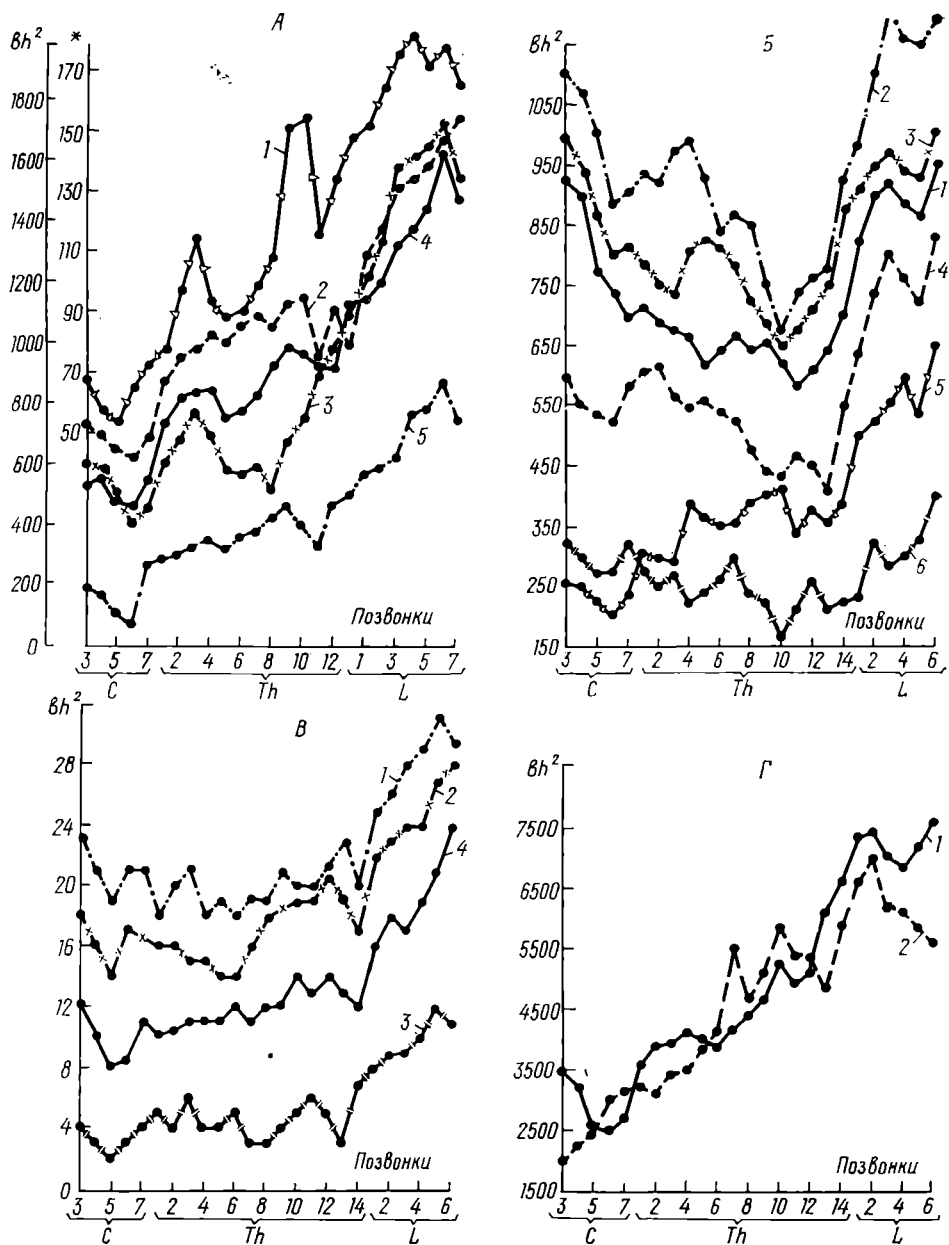
На наш взгляд, для решения этого вопроса необходимо знание физико-механических свойств тел позвонков и межпозвоночных дисков, а также моментов инерции или сопротивлений различных компонентов скелета позвоночника.

Объектом нашего исследования были скелеты позвоночного столба представителей четырех семейств хищников: из собачьих волк (*Canis lupus* L.) — 3; динго (*Canis dingo* Blumenb.— 1; шакал (*Canis aureus* L.) — 2; домашняя собака (*C. familiaris* L.) — 4; енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides* G.) — 2, песец (*Alopex lagopus* L.) — 1; из кошачьих рысь (*Felis lynx* L.) — 2; пума (*F. concolor* L.) — 1; барс (*F. uncia* L.) — 1, гепард (*Acinonyx jubatus* Schgab.) — 1, камышовый кот (*F. chaus* L.) — 3; из куньих горностай (*Mustela erminea* L.) — 2, соболь (*Martes zibellina* L.) — 2, лесная куница (*M. martes* L.) — 2, каменная куница (*M. foina* L.) — 2, из медвежьих бурый медведь (*Ursus arctos* L.) — 2, черный медведь (*Ursus thibetans* L.) — 1.

Высоту и ширину каудальной поверхности тел позвонков измеряли штангенциркулем. Моменты сопротивлений вычисляли по формуле, $W = \frac{1}{6}bh^2$, где W — момент сопротивления, b — ширина, h — высота фермы*, примененной Слайпером (1946) и Антонюком (1970). Расчеты проводили с помощью электронно-счетной машинки «Электроника».

На рисунке представлена изменчивость моментов сопротивлений позвонков по длине позвоночного столба для представителей 4 семейств отряда хищных. Следует подчеркнуть, что при возрастании нагрузки на

* Слайпер и Антонюк сравнивают позвоночный столб с несущей фермой моста.



Изменение моментов сопротивлений тел позвонков по длине позвоночника хищных млекопитающих:

А — семейство кошачьих: 1 — камышовый кот, 2 — пума, 3 — гепард, 4 — барс, 5 — рысь; Б — семейство собачьих: 1 — динго, 2 — волк, 3 — енотовидная собака, 4 — домашняя собака, 5 — песец, 6 — шакал; В — семейство куньих: 1 — каменная куница, 2 — соболь, 3 — горностай, 4 — лесная куница; Г — семейство медвежьих: 1 — бурый медведь, 2 — черный медведь. bh^2 — момент сопротивления, С — шейные позвонки, Т — грудные позвонки, Л — поясничные позвонки. * — шкала для показателей bh^2 камышового кота.

участок позвоночника, возрастает момент сопротивления его компонентов, а чем ниже по величине момент сопротивления, тем больше подвижность в этом участке позвоночника. Поэтому каждую кривую (рисунок) мы рассматриваем соответственно двум функциям тел позвонков и межпозвоночных дисков — опорной и двигательной.

Изменение моментов сопротивлений позвонков по длине позвоночника в общих чертах сходно у всех исследованных хищников, однако в деталях оно неодинаково у представителей разных семейств. Наиболее сходно изменение у видов собачьих и кошачьих, более разнообразно у куньих, а у медвежьих заметно отличается от других семейств. Это позволяет считать, что, во-первых, все отделы позвоночника исследуемых животных сходно реагируют на изменение характера локомоции и, во-вторых, что все пальцеходящие (собачьи и кошачьи) сходны по характеру статолокомоции, в то время как стопоходящие (куньи) объединяют животных с различным образом жизни (полудревесные и древесные, полуводные и водные, наземные и роющие формы), а медвежьи по этим характеристикам составляют обособленную группу.

Сходство кривых у различных представителей данного семейства объясняется не только их родством, но и сходством строения, функции их конечностей и позвоночного столба. Известно, что подвижность спинного отдела обуславливает быстрое движение животного, и что это хорошо выражено у бегающих различными способами хищников (парный галоп, рысь, разные формы шага и т. д.). В силу этого позвоночник хищников способен изгибаться в сагиттальной плоскости в циклах бега. Моменты сопротивления позвонков наглядно указывают на такие приспособления, обеспечивающие большую или меньшую прочность и подвижность по длине позвоночника животного. Эти показатели тем более переменны, чем более разнообразен характер движения животных. Так как изгиб (сопротивление нагрузкам) оси тела животного зависит не только от тел позвонков, но и от других компонентов, влияющих на прочность позвоночника как конструкции (остистые, поперечно-реберные и суставные отростки, мускулы и связки), то прочность и подвижность позвоночного столба обуславливается всеми этими компонентами. Прочность и подвижность соединений смежных позвонков, является, по-видимому, наиболее лабильным качеством в онто- и филогенезе. Это наглядно видно при сопоставлении трех различных отделов позвоночного столба: шейного, грудного и поясничного у каждого животного и у различных животных.

Шейный отдел. У всех хищных (за исключением черного медведя) в шейном отделе наблюдается понижение моментов сопротивлений, что связано с понижением прочности у одних животных до C_4 — C_5 (куньи), у других до C_6 (собачьи, кошачьи), а у бурого медведя до последнего шейного позвонка. Это объясняется неодинаковым характером подвижности данного участка позвоночного столба у разных животных и согласуется с мнением Слайпера (1946) о том, что основное назначение шейного отдела состоит в укреплении связи туловища с головой и обеспечении ей подвижности. Иными словами, функция и строение шеи во многом зависят от массы и функции головы. Так, например, при увеличении общего веса головы и усилении функции челюстного аппарата, естественно, изменяются соотношения мышечных моментов, необходимых для удержания головы и обеспечения ее подвижности. При этом шейные позвонки увеличиваются в объеме (по сравнению с грудными), развивается сложная система отростков позвонков, служащих для прикрепления связок и мышц. Особенно хорошо развиты крылья атланта и зубовидный отросток эпистрофея, так как к ним прикрепляются мышцы, осуществляющие основные движения головы.

Сильное развитие мускулов и связок в шейном отделе (в частности *ligamentum nuche*), а также шейный лордоз тел позвонков позволяют предположить, что в области шеи позвонки и межпозвоночные диски сопротивляются не только изгибу, но и давлению по длиннику позвоноч-

ного столба, и поэтому сопротивляемость шейного отдела зависит, главным образом, от связок и мускулов. С этим согласуются и данные наших исследований — моменты сопротивлений уменьшаются по длине шейного отдела в каудальном направлении. Увеличение этих моментов в местах соединения шеи с головой и с грудным отделом указывает на необходимость усиления прочности соединений в этих местах. Середина шейного отдела наименее прочная и соответственно служит для обеспечения максимальной подвижности головы в целом.

Грудной отдел. Только у медвежьих моменты сопротивлений тел позвонков в грудном отделе равномерно возрастают в каудальном направлении, свидетельствуя об увеличении прочности соединений позвонков. У других хищников моменты сопротивления почти одинаковы, но только до антиклинальной области. У кошачьих и особенно у собачьих наблюдается резкое уменьшение моментов сопротивлений на уровне 10—12-го грудных позвонков, в то время как у куньих эта область приходится на 12—14-й позвонки. Такое уменьшение моментов сопротивлений указывает на снижение прочности соединений позвонков в этих участках. К этому следует добавить, что названные позвонки, как правило, не несут поперечно-реберных отростков, а другие отростки развиты слабо и не препятствуют разнообразным движениям. Все это делает данную область наименее прочной и самой подвижной. Вероятно, подвижность этих участков не позволяет телам позвонков иметь такую высоту, которая требуется для противодействия высоким нагрузкам. Именно эти участки играют основную роль в увеличении амплитуды разброса грудных и тазовых конечностей при локомоции животного. Пока мы не можем объяснить, почему локомоторные участки приходятся на разные грудные позвонки у разных хищников. Однако наши данные позволяют судить о двигательной и опорной функциях этих участков, о характере распределения нагрузок, позволяя тем самым определить наиболее уязвимые места позвоночного столба в целом. То, что в краиниальном участке грудного отдела моменты сопротивлений почти одинаковы, объясняется участием грудной клетки, а также высотой остистых отростков, упрочняющих этот отдел позвоночника.

Мы не можем согласиться с данными литературы о том, что грудной отдел является самой слабой областью в позвоночном столбе животных. Определение моментов сопротивлений показало, что если в шейном и особенно поясничном отделах наблюдается большой перепад этих показателей, то в грудном отделе они более сходные, и что самыми слабыми в позвоночном столбе являются участки антиклинальной области.

Поясничный отдел. Сходство показателей моментов сопротивлений в поясничном отделе позвоночника у собачьих и кошачьих несомненно объясняется сходством типа опоры и способов бега, а также ограниченностью набора нелокомоторных функций конечностей и числа возможных поз животных. При этом необходимо заметить, что у собачьих максимальная величина момента сопротивления изгибу в поясничном отделе приходится на 4-й и 5-й позвонки, в то время как у кошачьих на 6-й, а на последних снижается. Уменьшение моментов сопротивления в каудальном участке поясницы вызван уменьшением высоты и увеличением ширины тел позвонков. Это указывает на увеличение сопротивляемости каудального участка поясницы к латеральным (боковым) изгибам, на снижение сопротивляемости изгибам в сагиттальной плоскости. Поперечно-овальная форма тел позвонков на сегментальном разрезе обеспечивает подвижность в сагиттальной плоскости, наилучшим образом обеспечивая размах сгибательно-разгибательных движений в пояснично-крестцовом соединении.

Рост моментов сопротивлений у кунных в сторону последнего поясничного позвонка позволяет предположить действие большой нагрузки на него. Приведенные данные позволяют предполагать, что позвоночный столб кунных эволюировал параллельно таковому кошачьих и собачьих. Выпрямление туловища при стоянии на задних ногах у медведей увеличивает нагрузку на каудальную часть позвоночника и требует значительной прочности тел позвонков. Наибольшему сжатию при этом подвержены тела позвонков и межпозвоночные диски поясничного отдела.

Таким образом, будучи принципиально сходным у представителей разных семейств хищников, позвоночный столб обладает существенными различиями у разных видов животных. Видовые различия касаются, главным образом, характера сочетания прочности, подвижности, жесткости и эластичности по длине позвоночника. Эти различия зависят от характера статолокомоции и формировались в процессе исторического развития данной группы животных. Определение моментов сопротивлений тел позвонков позволяет уточнить представление о роли фактора нагрузки в морфо-физиологическом прогрессе организмов.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонюк А. А. Сравнительно-морфологические исследования позвоночника некоторых ластоногих.— Изв. ТИНРО, 1970, 70, с. 87—95.
- Батусов В. В. Анатомия межпозвоночных дисков у человека и некоторых млекопитающих: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Пермь, 1954.— 16 с.
- Осинский П. А. Функциональные корреляции строения позвоночника и таза четвероногих млекопитающих.— В кн.: Тр. VII Всесоюз. съезда анат., гистол. и эмбриол., Тбилиси: Мецниереба, 1969.— 657 с.
- Пилипчук О. Я. Морфология и биомеханика скелета пояснично-крестцового отдела позвоночника некоторых млекопитающих: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Киев, 1976.— 26 с.
- Gallois, Japiot. Architectura interieure des vertebrates.— Rev. Chirurg, 1925, 63, p. 688—708.
- Mutiel M. Des festeurs contribuant a l'orientation des travees osseuses du corps vertebral.— С.К. R. Assoc. Anat., 1921, 16 p. 263.
- Slijper E. J. Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals.— Verhandly. Konigl. Akad. Nederland. 1946, 42, N 5, p. 1—128.

Институт зоологии
АН УССР

Поступила в редакцию
28.IX 1977 г.

УДК 591.112:591.481.1

Ю. П. Антипчук, С. Ф. Манзий, Л. П. Осинский, В. Х. Хоматов

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА У НЕКОТОРЫХ ПАРНОПАЛЫХ И ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Гемодинамика головного мозга млекопитающих во многом мало известна (Edelman, 1972). Большинство исследований посвящено особенностям физиологии и в меньшей мере морфологии сосудов, подходящих к артериальному кольцу основания головного мозга (Клосовский, 1951; Савицкий, 1956; Лунец, 1965; Москаленко, Филановская, 1967; Лабадзе, Мчедлишвили, 1975; Москаленко и др., 1975; Мчедлишвили и др., 1977 и др.).