

УДК 599.3'.9.591.177.

## К МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ КРЕСТОВИДНЫХ СВЯЗОК КОЛЕННОГО СУСТАВА НЕКОТОРЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

А. М. Высоцкий

(Институт зоологии АН УССР)

Морфо-функциональному анализу связочного аппарата, и в частности связок коленного сустава человека, посвящен ряд работ отечественных (Лесгафт, 1892; Лысенков, 1923; Николаев, 1950; Савельев, 1964 и др.), и зарубежных (Fick, 1904; Brantigan a. Voschell, 1941; Bargnatt, 1953). ученых. В меньшей степени изучены связки колена в сравнительно-анатомическом аспекте (Климов, 1927; Акаевский, 1939; Davison, 1944; Касьяненко, 1950; Абельянц, 1950, 1961). Единства взглядов на структуру и функцию крестовидных связок нет. Так, П. Ф. Лесгафт (1892) полагал, что *ligamentum cruciatum anterior* коленного сустава человека испытывает максимальное напряжение в момент максимального разгибания коленного сустава. При сгибании сустава связка расслабляется, и только в фазе максимального сгибания она снова напрягается и скручивается по длине. *Ligamentum cruciatum posterior* также максимально напряжена в фазе крайнего разгибания сустава. При сгибании она постепенно напрягается с последовательным включением волокон (от передней к задней части). П. Ф. Лесгафт писал, что крестовидные связки содействуют укреплению коленного сустава в период между максимальным сгибанием и максимальным разгибанием его. Г. С. Абельянц (1950, 1961) считает, что крестовидные связки коленного сустава копытных обеспечивают постоянный контакт суставных поверхностей костей бедро-берцового сустава, а в фазах максимального сгибания и разгибания являются тормозами флексорно-экстензорных движений. Другие исследователи (Brantigan a. Voschell, 1941) придерживаются мнения, что эти связки, работая в ассоциации с коллатеральными, помогают контролировать боковые вращения голени на бедре и что обе крестовидные связки туго натянуты во всех фазах сгибания и разгибания. Поэтому они имеют большое значение в сохранении нормального анатомического взаимоотношения между мышцами большеберцовой и бедренной костей. Фик (Fick, 1904) считал главной функцией *ligamentum cruciatum anterior* ограничение внутренней ротации голени. В. И. Савельев (1964) утверждает, что *ligamentum cruciatum anterior* предотвращает переднее скольжение голени по мышцам бедра, а *ligamentum cruciatum posterior* — заднее.

Для выяснения роли крестовидных связок в биомеханике коленного сустава мы изучали их форму, топографию, гистоструктуру, степень напряжения и смещаемость у стопо-, пальце- и фалангоходящих млекопитающих. Были сделаны линейные промеры связок в трех положениях коленного сустава: крайнего сгибания, крайнего разгибания и в срединном положении; определяли некоторые механические характеристики этих связок (табл. 1). Установлено, что в строении связок различных животных при значительном сходстве имеются определенные различия, обусловленные типом опоры.

Таблица 1

## Линейные промеры (мм) крестовидных связок коленного сустава некоторых млекопитающих

Вид	Передняя крестовидная связка				Задняя крестовидная связка			
	длина	ширина	толщина		длина	ширина	толщина	
Медведь бурый ( <i>Ursus arctos L.</i> )	38	32	12	9	13	3,0	2,1	1,5
Макак резус ( <i>Macacus rhesus</i> Aп d e b.)	14	12	5	4	7	2,5	2,0	1,5
Собака домашняя ( <i>Canis familiaris L.</i> )	25	5	9	6	4	1,2	2,0	3,0
Волк ( <i>C. lupus L.</i> )	22	7	9	5	12	2,5	2,0	2,5
Коза домашняя ( <i>Capra hircus L.</i> )	30	20	8	5	8	3,0	2,0	3,0
Овца домашняя ( <i>Ovis orientalis L.</i> )	32	24	8	5	5	1,5	2,0	2,5
Свинья дикая ( <i>Sus scrofa L.</i> )	30	22	7	7	8	1,8	1,8	2,0
Осел домашний ( <i>Equus asinus L.</i> )	32	18	10	8	12	3,0	2,2	3,0
Лошадь домашняя ( <i>Eq. caballus L.</i> )	43	30	15	14	13	2,0	2,0	2,0

Причесание: ширина связки — это medio-lateralный, толщина — передне-задний промеры.

У всех исследованных нами животных в *ligamentum cruciatum anterius* можно выделить два пучка — внутренний длинный и наружный короткий. Веерообразно расширенный дистальный конец уплощенного дорсоплантарно внутреннего пучка прикреплен в углублении на суставной поверхности медиального мышцелка большеберцовой кости впереди дорсальной межбугорковой ямки. Отсюда пучок направляется вверх — назад и несколько латерально. В средней своей трети он перекрещивается и прочно срастается с наружным пучком, нижний конец которого прикреплен в задней межбугорковой ямке суставной поверхности большеберцовой кости. Проксимальные концы обоих пучков зафиксированы в межмышцелковой вырезке бедра на внутренней поверхности латерального мышцелка, причем внутренний пучок извит на 90° так, что медиальные волокна его проксимального конца в середине связки выходят на переднюю поверхность и в дистальном конце становятся латеральными волокнами. В нижней трети внутренний пучок связки пересекает под прямым углом передняя мениско-берцевая связка медиального мениска. Одноименная связка латерального мениска проходит между внутренним и наружным пучками, отделяя их друг от друга весьма четко у фалангоходящих (коза домашняя, овца домашняя и свинья дикая) и менее четко у пальцеходящих (собака домашняя, волк). У стогоходящих (медведь бурый, макак резус) подобного разделения нет.

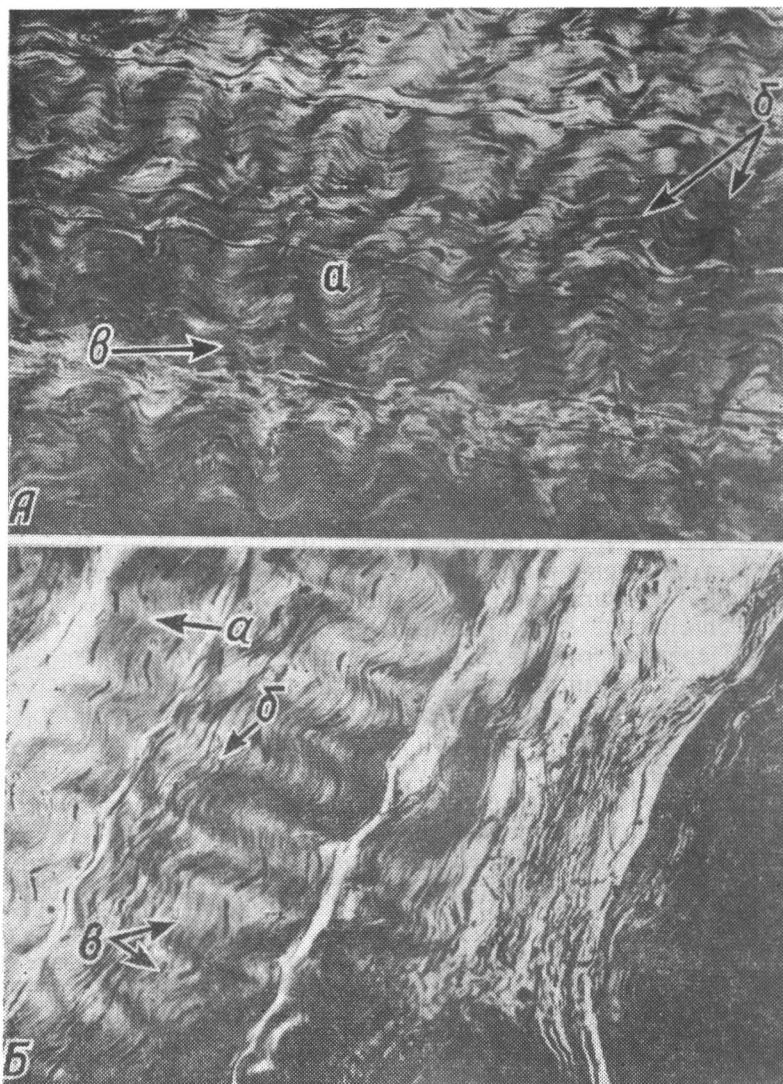
*Ligamentum cruciatum posterior* также состоит из внутреннего и наружного пучков, х-образно пересекающихся в средней трети их длины. Проксимальный конец внутреннего пучка закреплен на переднем крае межмышцелковой вырезки бедра, а проксимальный конец наружного пучка достигает внутренней поверхности медиального мышцелка этой кости. По сравнению с *ligamentum cruciatum anterior* эта связка расположена более отвесно, и лишь нижний конец ее отклонен назад и несколько медиально. В среднем отделе связка под прямым углом перекрещивается с *ligamentum cruciatum anterior*, обходя последнюю с медиальной стороны. Несколько расширенный дистальный конец связки прикреплен в подколенной вырезке большеберцовой кости и на плантарной поверхности ее медиального выщелка.

Сходство микроструктуры крестовидных связок проявляется в том, что связки всегда построены из коллагеновых и эластичных волокон и клеток фибробластического типа. Волокна ориентированы преимущественно продольно, всегда волнисто извиты, причем на периферии и в кон-

Таблица 2  
Ширина и степень извитости крестовидных связок млекопитающих

Вид	Передняя крестовидная связка			Задняя крестовидная связка		
	ширина пучков, мк	степень извитости		ширина пучков, мк	степень извитости	
		количество волн на отрезке связки длиной 0,5 мм	амплитуда волн, мк		количество волн на отрезке связки длиной 0,5 мм	амплитуда волн, мк
Медведь бу́рый	150—700	7—8	3—5	50—900	7—8	10—12
Макак резус	50—150	Слабо выражена		60—230	5—6	5—8
Собака до-машиная	50—700	8—10	5	600—1500	Слабо выражена	
Волк	100—500	15—18	5	100—800	4—5	5
Свинья дикая	150—600	8—10	10—12	200—800	4—5	5—8
Коза домаш-ния	100—350	7—8	5—10	150—600	5—6	3—5

цевых отделах связок сильнее, чем в глубине и в срединном отделе. Ядра клеток фибробластического типа на периферии и в концевых отделах связки овальной формы, в глубине и в срединном отделе — удлиненные, палочковидные и даже изогнутые (параллельно волнистым изгибам пучков коллагеновых волокон). В глубине крестовидных связок пучки воло-



Крестовидная связка коленного сустава козы домашней (тангенциальный срез):

*A* — передняя связка; *B* — задняя связка; *α* — пучки коллагеновых волокон; *β* — эластические волокна; *γ* — клетки фибробластического ряда (орсенин—гематоксилин—световой зеленый, об. 20, ок. 15).

кон II и III порядков длиннее, чем на периферии, плотно прилежат друг к другу, хотя между ними имеется слой нежноволокнистой рыхлой соединительной ткани. В периферических слоях связок эти пучки направлены в основном косо, различной толщины, между ними находится большое количество переплетающихся эластических волокон толщиной от 0,5 до

1 мк. Они сосредоточены, как правило, вблизи кровеносных сосудов, особенно в периферических слоях и концевых отделах связки. В глубине связки имеются очень тонкие (до 0,5 мк) эластические волоконца, идущие параллельно пучкам I и II порядка. Следует отметить то, что у исследованных пальце- и фалангоходящих животных волокна задней крестовидной связки сгруппированы в более толстые и менее волнообразно изгибающиеся пучки, чем волокна передней связки, зато у стопоходящих (медведь бурый и макак резус) волокна задней крестовидной связки больше извиты (табл. 2).

Видовые различия передней крестовидной связки и различия, связанные с типом опоры животных, касаются прежде всего амплитуды и частоты волнообразных изгибов ее волокон. Волны с наибольшей амплитудой наблюдали в связке свиньи дикой и козы домашней, а наибольшая частота их у волка, дальше в порядке убывания этого признака идут собака и коза домашняя, медведь бурый, макак резус (рисунок).

Мы изучили изменения степени натяжения отдельных пучков каждой крестовидной связки в продолжении всей дуги сгибательно-разгибательных движений конечности в коленном суставе. Оказалось, что обе эти связки как бы притормаживают сгибание и разгибание конечности в суставе благодаря нарастающему натяжению и напряжению волокон в крайних фазах дуги и передаче этого напряжения от одного пучка к другому. Так, в максимально разогнутом коленном суставе натянуты и удлинены на 1,5—2,0 мм наружные пучки крестовидных связок, а в крайней фазе сгибания сустава — их внутренние пучки (удлинение то же). В средней трети дуги движений и те и другие пучки связок натянуты умеренно.

Такое нарастающее торможение движений в коленном суставе играет важную роль в демпферности конечности в предотвращении механических повреждений ее. Этому способствует «запас» на растяжение в виде волнообразных изгибов волокон связок. Перерезание крестовидных связок ведет к увеличению объема сгибательно-разгибательных движений в суставе и к возникновению нетипичных для данного животного вращательных движений. Следовательно, крестовидные связки не только тормозят движения коленного сустава в крайних фазах сгибания — разгибания, но и препятствуют ротационным движениям, делая сустав более устойчивым.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абельянц Г. С. 1950. Коленный сустав некоторых домашних копытных (функциональный анализ). Тр. Киев. вет. ин-та, т. X.
- Его же. 1961. О типах строения коленного сустава млекопитающих. Тез. докл. 6-го Всесоюз. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов (8—14 июля 1958 г.). К.
- Акаевский А. И. 1939. Анатомия северного оленя. Л.
- Касьяновко В. Г. 1950. Функциональный анализ суставов тазовой конечности некоторых млекопитающих. Тр. Ин-та зоол. АН УССР, т. 5. К.
- Климов А. Ф. 1927. Конечности сельскохозяйственных животных. М.
- Лесгафт П. Ф. 1892. Основы теоретической анатомии. СПб.
- Лысенков Н. К. 1923. Общая анатомия органов движения. Одесса.
- Николаев Л. П. 1950. Руководство по биомеханике в применении к ортопедии, травматологии и протезированию, ч. II. К.
- Савельев В. И. 1964. Строение связок коленного сустава человека. Автореф. канд. дисс. М.
- Vaughn C. H. 1953. Locking of the knee Joint. J. Anat. London, v. 87.
- Brantigan O. C. and Voschell A. F. 1941. The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint. J. of Bone and Joint Surgery, v. 23.
- Davison A. 1944. Mammalian anatomy. Philadelphia.
- Fick R. 1904. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Jena.

**ON MORPHO-FUNCTIONAL ANALYSIS OF CRUCIATE  
LIGAMENTS OF KNEE JOINT IN SOME MAMMALS****A. M. Vysotsky**

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

*Summary*

It is established that in structure and function of cruciate ligaments of knee joint there are essential differences in plantigrade, digitigrade and unguligrade animals. Cruciate ligaments not only brake the flexing-extending movements in the knee joint in the extreme phases, but also hinder the rotation movements, making the joint more stable.