

МОРФОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

П. П. Гамбарян

К вопросу о функции перистых мышц

(Представлено В. А. Фанарджяном 11.III.1957)

Имеется ряд гипотез относительно функциональной целесообразности перистой структуры мышц у позвоночных (1, 2). В настоящей работе рассматривается особый вид взаимодействия сухожилия и мышцы, при котором функциональная целесообразность перистой структуры мышц может найти новое объяснение.

Физиологическая затрата мышечной энергии практически одинакова, как в случае активной работы, когда мышца приводит в движение сустав, так и в случае „статической“ работы мышцы, когда ее роль заключается в препятствии нежелательному смещению, в фиксации какого-либо положения тела или его части. Сила, которую должна была бы прилагать мышца в последнем случае, может быть очень велика. Сопротивление вредному движению может оказывать и сухожилие, но в этом случае нежелательный люфт делал бы сустав вообще неуправляемым. Поэтому и для „статической“ работы сустава необходимо наличие мышцы, хотя нагрузка может практически целиком ложиться на сухожилие, а роль мышцы сводиться к управлению сухожилием. В таких случаях мышца действует согласно принципу, называемому нами принципом растяжки, объяснением которому может служить следующий пример: нить  $ABC$  закреплена в двух точках  $A$  и  $C$ . В точке  $B$  на нить действует сила  $P$  (рис. 1). При постоянной вели-

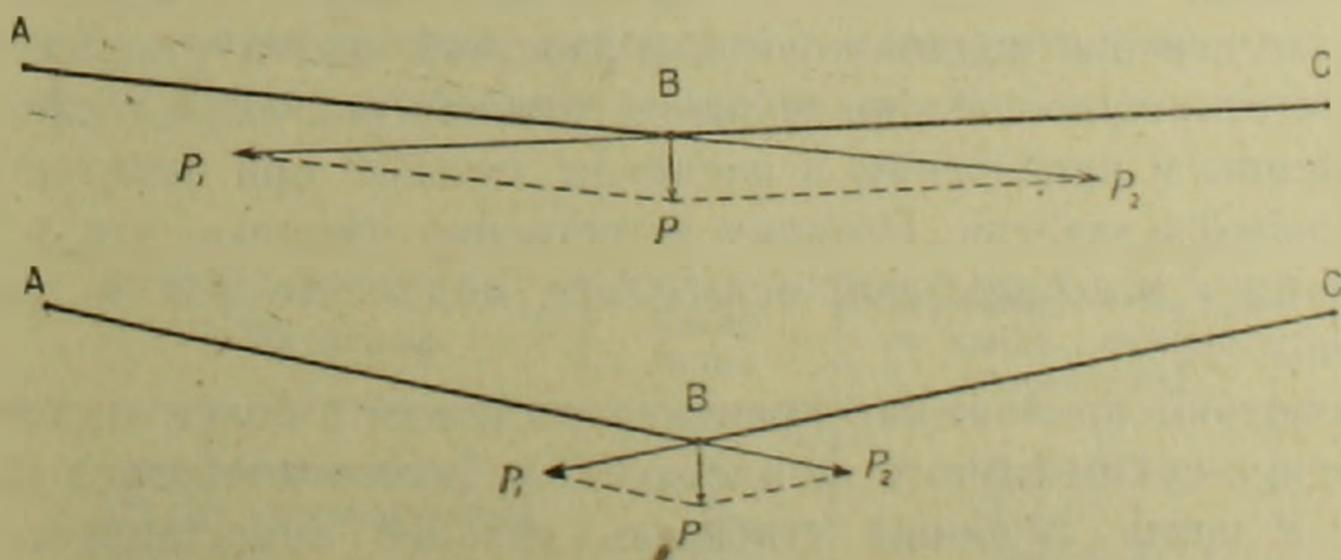


Рис. 1. Схема зависимости силы слагающих  $P_1$  и  $P_2$  от изменения угла в месте прогиба  $ABC$  (принцип растяжки).  $P$  — сила, действующая на нить  $ABC$ .

чине силы  $P$  усилие на точки  $A$  и  $C$ , равное  $P_1$ , будет возрастать по мере приближения угла  $ABC$  к  $180^\circ$ .

Вероятно принцип растяжки может найти широкое применение для понимания функции тех перистых мышц, у которых внутреннее сухожилие закрепляется на обеих костях сустава. Такие мышцы обычно называются мышцами-связками (<sup>3</sup>).

Для примера разберем работу перистых мышц-связок в плечевом суставе у лошади. Подлопаточная ( $AC$ ) и заостренная ( $A_1C_1$ ) мышцы лошади схематически могут быть представлены в виде сухожилий, которые начинаются на лопатке (рис. 2, I) и оканчиваются соответственно на большом и малом буграх плечевой кости. К этим сухожилиям подходят мышечные волокна от подлопаточной и заостренной ямок.

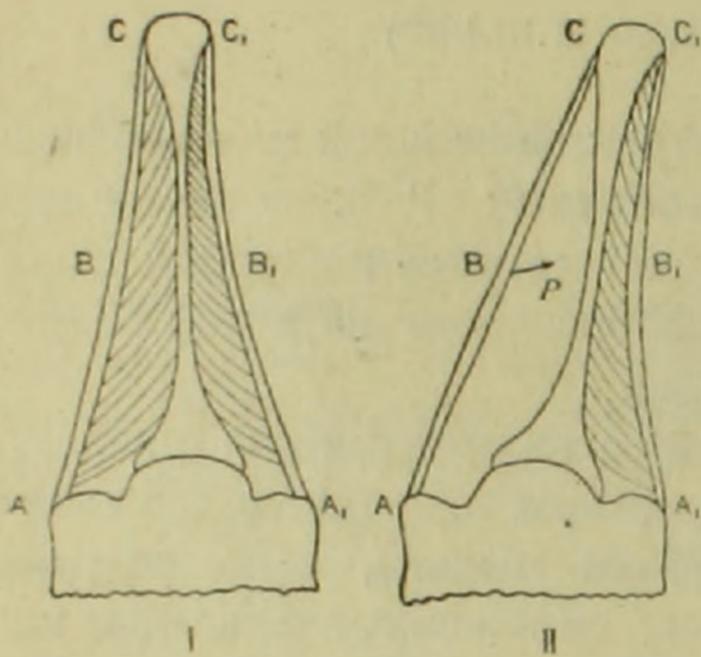


Рис. 2. Схема работы подлопаточной и заостренной мышц лошади. I — спокойное положение; II — отведение в плечевом суставе.  $ABC$  — сухожилие подлопаточной мышцы;  $A_1B_1C_1$  — сухожилие заостренной мышцы  $P$  — сила отдельного мышечного волокна.

Разберем работу отдельного мышечного волокна, силу которого изобразим в виде вектора  $P$ , приложенного к сухожилию  $ABC$  в точке  $B$ . При отведении в плечевом суставе сухожилие подлопаточной мышцы  $ABC$  натягивается (рис. 2, II) и угол в месте прогиба в точке прикрепления волокна увеличивается. В силу действия принципа растяжки постоянная сила  $P$  может при этом противостоять увеличенной нагрузке на сухожилие. Таким образом, в связи с приспособлением к бегу галопом, у лошадей происходит ограничение всех движений в плечевом суставе, кроме движений в сагиттальной плоскости. Поэтому заостренная и подлопаточная мышцы, ограничивающие отведение и приведение в плечевом суставе, становятся перистыми мышцами-связками, что приводит к усилению их сопротивления вредным движениям за счет принципа растяжки.

Преобразование подлопаточной и заостренной мышц у лошади позволяет достигнуть достаточно большой статической силы сопротивления отведению и приведению в плечевом суставе при небольшой затрате мышечной энергии. Поэтому естественно ожидать, что у лошади произойдет относительное ослабление подлопаточной и заостренной мышц (табл. 1).

Рассмотрим приложение принципа растяжки в более чистом виде для мышечно-сухожильного комплекса глубокого сгибателя пальцев у крота. У крота глубокий сгибатель пальцев представляет собой мощное сухожилие, которое начинается на медиальной надмыщелке плечевой кости  $A$  (рис. 3, I) и оканчивается на когтевых фалангах  $C$ .

Таблица 1

Животные	Число видов	Вес мышцы в % к общему весу мышц передних и задних конечностей	
		подлопаточная	заостная
Лошадь*	1	0,9	1,4
Парнокопытные	6	1,3—1,5	2,6—3,2
Хищные	14	1,7—3,4	1,0—3,2
Грызуны	23	1,6—3,2	1,5—2,3

Приблизительно на середине длины этого сухожилия от костей предплечья к нему подходит мышечное брюшко  $BD$ , которое прикрепляется к сухожилию под углом  $150^\circ$ .

Это брюшко является единственным сократимым звеном глубокого сгибателя пальцев крота. Мышечная часть глубокого сгибателя пальцев крота слабее, чем у всех других изученных млекопитающих (табл.2).

При копании когти крота давят на землю с большой силой. Чем сильнее нагрузка на когти, тем больше угол  $ABC$  за счет натяжения сухожилия приближается к  $180^\circ$ . Это позволяет силе  $P$  противостоять большому натяжению сухожилия.

Действие силы (вектор  $P$ ) на сухожилие  $ABC$  максимально при угле  $90^\circ$ , однако дальнейшее увеличение угла приводит к превалированию полезной слагающей (силы сгибания пальцев) над слагающей, работающей на отрыв „нерабочего“ проксимального конца сухожилия (у лошади—сопротивления приведению и отведению в плечевом суставе над отрывом сухожилия подлопаточной и заостной мышцы от лопатки).

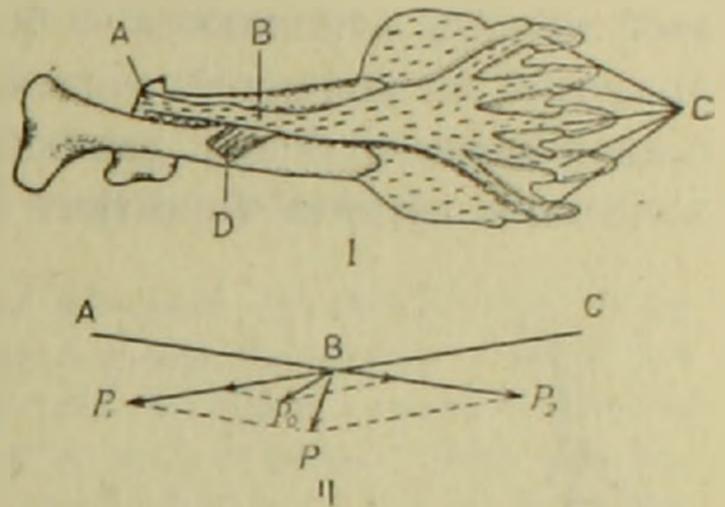


Рис. 3. Схема работы глубокого сгибателя пальцев крота. I—строение глубокого сгибателя пальцев; II—схема зависимости слагающих от угла прикрепления мышечных волокон к сухожилию. А—начало сухожилия на медиальном надмыщелке; С—окончание на пальцах;  $BD$ —мышечное брюшко глубокого сгибателя пальцев;  $P-P_0$ —сила глубокого сгибателя пальцев;  $P_1$ —слагающая, работающая на сгибание пальцев;  $P_2$ —слагающая, работающая на отрыв сухожилия от медиального надмыщелка плечевой кости.

Таблица 2

Животные	Число видов	Вес мышцы в % к весу мышц передних конечностей
Крот обыкновенный	1	0,6—0,7
Другие насекомоядные	5	1,1—4,1
Грызуны	23	2,2—5,9
Хищники	14	2,5—5,1
Копытные	7	1,9—3,7

\* По Удовину и Яншину (\*).

У крота во время раздвижения земли пальцы выпрямлены и мышечное брюшко *BD* подходит к сухожилию под углом  $150^\circ$ . При других же движениях, когда натяжение на сухожилие невелико и угол в месте прогиба уменьшен, мышечное брюшко переходит в сухожилие под углом почти в  $180^\circ$ , что, естественно, резко усиливает действие этой мышцы на сгибание пальцев. Таким образом, функция глубокого сгибателя пальцев крота двойная. При больших напряжениях на сухожилие, при раздвижении земли лапами он работает статически (по принципу растяжки), а при малых напряжениях на сухожилие—динамически (сгибает пальцы).

Разберем еще один более сложный пример. У слонов латеральная головка четырехглавой мышцы бедра пятиперистая. Сухожилия этой мышцы начинаются на большом вертеле бедренной кости и оканчиваются на коленной чашечке. Роль латеральной головки четырехглавой мышцы бедра двойная: она является активным разгибателем коленного сустава (при беге и ходьбе) и „статически“ сопротивляется

сгибанию коленного сустава (при стоянии). Понять роль латеральной головки четырехглавой мышцы бедра можно только при рассмотрении ее работы в разных условиях движения коленного сустава:

1. Динамическая работа—при ходьбе и беге слонов. Перистая структура латеральной головки четырехглавой мышцы бедра значительно увеличивает ее физиологический поперечник, что улучшает условия работы во время разгибания коленного сустава.

2. „Статическая“ работа—при стоянии. Огромная тяжесть тела стремится согнуть коленный сустав (рис. 4, I). При этом латеральная головка четырехглавой мышцы бедра у слона растягивается, и все ее

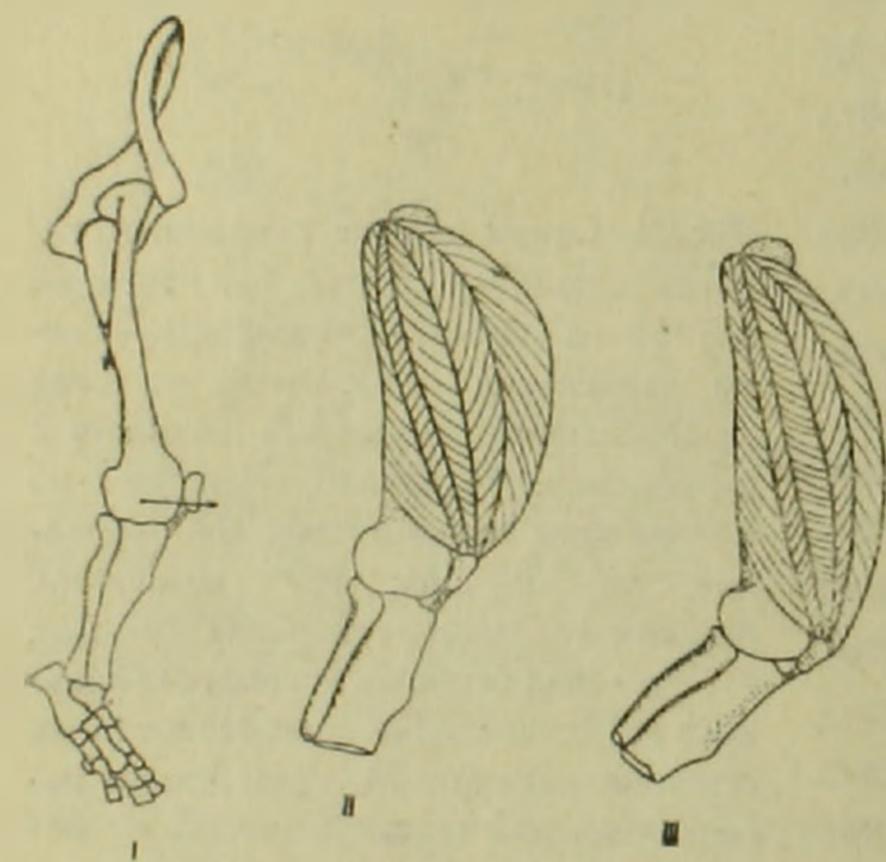


Рис. 4. Схема работы латеральной головки четырехглавой мышцы слона. I—схема действия силы тяжести на сгибание коленного сустава; II—схема спокойного состояния латеральной головки четырехглавой мышцы слона; III—изменения в положении сухожилий латеральной головки четырехглавой мышцы при сгибании коленного сустава.

пять сухожилий выпрямляются. Таким образом, сопротивление сгибанию коленного сустава осуществляется силой естественного тонуса латеральной головки четырехглавой мышцы бедра. Кроме того, самое внутреннее сухожилие латеральной головки четырехглавой мышцы бедра у слонов является вогнутым (рис. 4, II) и к нему приложим принцип растяжки, так как при сгибании этого сустава (рис. 4, III) су-

хожилия выпрямляются, что позволяет без дополнительных затрат энергии противостоять повышенной нагрузке на коленный сустав.

При полном снятии нагрузки коленный сустав у слонов может сгибаться почти на  $90^\circ$ . Это происходит, по-видимому, за счет некоторого сдвижения костей голени в коленном суставе вперед под действием четырехглавой мышцы бедра.

Описанный принцип статической работы перистых мышц позволяет при уменьшении затраты мышечной энергии создать достаточно сильное сопротивление невыгодным движениям.

Зоологический институт  
Академии наук Армянской ССР

Պ. Պ. ՂԱՄԲԱՐՅԱՆ

### Փետրածև մկանների Ֆունկցիայի հարցի վերաբերյալ

Ստատիկ աշխատանքին հարմարվելու դեպքում փետրածև մկանների ջլերը ամրանում են երկու ոսկրների վրա, իսկ մկանային թելիկների կծկումը ազդում է ջլերի վրա մեր կողմից նշված ձգման օրենքի հիման վրա: Վերջինս կարելի է բացատրել հետևյալ օրինակով՝ ABC թելն ամրացված է երկու կետերում՝ A և C, B կետում թելի վրա ազդում է P ուժը (նկ. 1): P ուժի կայուն մեծությամբ դեպքում ձգվածությունը A և C կետերի վրա հավասար կլինի P<sub>1</sub>-ի, որը մեծանում է ABC անկյունը  $180^\circ$  մոտեցնելիս:

Այս օրենքով աշխատող մկանների օրինակ կարող են հանդիսանալ՝ 1) ձիու m. supraspinatus և m. infraspinatus մկանները, որոնք զործում են որպես դիմադրություններ ուսային գոտում հետ տանելու և մոտ բերելուն. 2) փղի m. vastus lateralis մկանը, որը աշխատում է ծնկային հողը պահպանել բացված վիճակում. 3) խլուրդի m. flexor digitorum profundus մկանը, որը դաստակը պահում է բացված վիճակում:

### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> П. Ф. Лесгафт, Основы теоретической анатомии, т. I, 1905. <sup>2</sup> А. А. Ухтомский, Собрание сочинений, т. III, 1952. <sup>3</sup> А. Ф. Климов, Анатомия домашних животных, т. I, 1954. <sup>4</sup> Г. М. Удовин, К. И. Яншин, Тр. Чкаловского сельхоз. института, т. IV, вып. I, стр. 66—86, 1951.