

УДК 591.473

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СМЕНЫ ФУНКЦИЙ ПЕРЕДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ НА СТЕПЕНЬ РАЗВИТИЯ МЫШЦ-АНТАГОНИСТОВ В СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

В. И. Перевалов

(Одесский медицинский институт)

Точность и уверенность движений пальцев и кисти обеспечивается сокращением мышц-антагонистов, связанных между собой противоположным действием. Между мышцами-антагонистами, двигающими пальцы и кисть, складываются сложные функциональные взаимоотношения, сказывающиеся на их морфологии. В одном случае совершаются так называемые «фиксированные», или «напряженные» движения, обусловленные одновременным нервным возбуждением и сокращением мышц-антагонистов, в другом — «баллистические» движения, совершающиеся частично по инерции и при расслаблении антагонистов.

Тесная функциональная взаимосвязь антагонистов диктует необходимость комплексного изучения мышц как сгибателей, так и разгибателей пальцев и кисти, а также их иннервационных аппаратов.

Имеющиеся в литературе работы по изучению иннервационных аппаратов интересующих нас мышц страдают отсутствием данных о степени развития самих мышц (Пейсахович, 1954; Лукманов, Сюдюкова, 1957; Байракова, 1957; Бобин, 1958; Кахиани, 1961 и др.). Изучение иннервационного аппарата без учета степени развития и функции мышц привело исследователей к выводу, высказанному в частности Г. И. Пейсаховичем (1954), о значительной и почти не поддающейся учету вариативности строения мышечных нервов. Данное заключение нельзя считать окончательным, поскольку ряд авторов (Карпачев, 1949; Соколов, 1953; Очкуренко, 1957 и др.) при анализе материала не учитывали пол, возраст, вес, а при изучении человека также профессию и стаж работы, с которыми связано ассиметричное развитие мышц и нервов передней конечности. С другой стороны, исследователи, обратившие свое внимание на степень развития мышц предплечья (Цуран, 1882; Войшвилло, 1883; Спирухов, 1941), не учитывали интенсивность и характер их иннервации. Общим недостатком работ приведенных выше авторов является изолированное изучение либо нервов, либо мышц без учета степени развития их морфологических и функциональных антагонистов.

Целью настоящей работы явилось комплексное изучение двигающих пальцы мышц-антагонистов и их иннервационных аппаратов. Материал обработан статистически (Поморский, 1931; Вигдорчик, 1945; Бейли, 1959) с учетом пола, возраста, веса, размера животных и сезона изучения. Для выявления асимметрии изучались и сопоставлялись мышцы и нервы правых и левых конечностей. Исследовано 150 мышц (поверхностные сгибатели пальцев, глубокие сгибатели пальцев и их антагонисты — общие и боковые разгибатели пальцев*), а также иннервационные аппараты этих мышц у представителей различных классов: у земноводных (изучено 20 предплечий зеленых лягушек), у пресмыкаю-

* Названия мышц даны по Д. М. Автократову (1928).

щихся (10 предплечий болотных черепах), у птиц (10 предплечий ливийских голубей), у млекопитающих (10 предплечий собак). Исследование проведено методом макро-микроскопической препаровки по В. П. Воробьеву с последующими нейро- и миометрией и изучением внутреннего строения мышц. Материал изучали сразу после умерщвления животных. Данные наблюдений проанализированы математическим методом (методом произведений) с установлением степени достоверности полученных результатов.

У каждого из представителей исследованных классов в основе движений пальцев лежит антагонизм как отдельных мышц, так и мышечных групп. Взаимоотношения мышц-антагонистов обусловлены функцией передней конечности и различны у исследованных животных. Наиболее постоянны топографические и функциональные взаимоотношения антагонистов пальцев. Почти у всех выбранных нами животных пальцы сгибают и разгибают одни и те же мышцы. Исключением является представитель класса птиц — ливийский голубь, пальцы которого редуцированы до трех и утратили функцию, присущую пальцам всех остальных исследованных животных. Движения их обладают ничтожно малой амплитудой и поэтому не имеют существенного функционального значения, а пальцевые мышцы (имеются ввиду изученные нами длинный и короткий разгибатели, а также поверхностный и глубокий сгибатели пальцев) участвуют в основном в движениях кисти, причем (благодаря своему расположению) уже не как антагонисты, а как синергисты. Здесь мы встречаемся со случаем изменения в процессе эволюции функции мышцы-антагониста на прямо противоположную: разгибатели пальцев, обычно являющиеся также и разгибателями кисти, становятся ее сгибателями. Высота организации исследованных животных и условия их существования сказались на сложности устройства мышц-антагонистов, действующих на их пальцы: у представителя класса земноводных — зеленой лягушки пальцы сгибает лишь длинная ладонная мышца; у представителя выше стоящего класса пресмыкающихся — болотной черепахи — уже две мышцы: поверхностный и глубокий сгибатели пальцев, которые, однако, начиная с ладонного апоневроза, морфологически объединены общей сухожильной частью. Естественно, что такое единство обуславливает синхронность сгибания всех фаланг пальцев. Подобной структурой сгибателей пальцев у болотной черепахи объясняется малая дифференцировка функции ее передней конечности, локомоция которой требует от мышц-сгибателей пальцев мощности и силы, а не быстроты и ловкости. Антагонистом сгибателей пальцев у зеленой лягушки и у болотной черепахи является одна мышца — общий разгибатель пальцев.

У ливийского голубя функция сгибания пальцев осуществляется двумя полностью разделенными мышцами — глубоким и поверхностным сгибателями пальцев. Изменяется и соотношение количества мышц-антагонистов: двум длинным сгибателям пальцев противостоит уже не один, как у болотной черепахи, а два разгибателя пальцев. У собаки из длинных мышц сгибают пальцы глубокий и поверхностный сгибатели, разгибают — общий разгибатель пальцев и боковой разгибатель пальцев.

Изучение степени развития мышц-антагонистов, действующих на пальцы у исследованных животных, показало, что объем сгибателей превосходит объем разгибателей у представителей всех классов: у ливийского голубя — в 1,593 раза; у зеленой лягушки — в 2,017 раза; у болотной черепахи — в 3,017 раза; у собаки — в 6,341 раза.

Учитывая специфику действия пальцевых мышц ливийского голубя, мы не можем данные о соотношении объемов его мышц-сгибателей и

разгибателей анализировать наряду с соответствующими данными о мышцах представителей других классов, у которых наблюдается постепенное увеличение разницы объемов мышц—сгибателей и разгибателей пальцев за счет увеличения объема первых. При этом степень развития мышц—сгибателей пальцев соответствует положению класса животных на филогенетической лестнице: на первой ее ступени по степени развития мышц—сгибателей пальцев стоит представитель класса земноводных, на второй — представитель класса пресмыкающихся и на третьей — представитель класса млекопитающих.

Естественно, что больший объем сгибателей пальцев, например, у болотной черепахи по сравнению с объемом сгибателя пальцев у зеленой лягушки объясняется не принадлежностью первой к более высоко стоящему классу позвоночных животных, а исключительно функциональными свойствами конечности болотной черепахи и ее более сложной по сравнению с передней конечностью зеленой лягушки локомотивной. В частности, более сильное развитие мышц—сгибателей пальцев болотной черепахи обусловлено тяжестью ее корпуса, оснащенного массивным панцирем.

Сгибатель пальцев зеленой лягушки, не являясь основным двигателем, своим сокращением в момент отталкивания лягушки лишь координирует положение передней части ее туловища во время полета. Пальцеходящая собака стоит на пути совершенствования поступательного движения. У нее сильно развиты мышцы — сгибатели пальцев, что дает ей возможность резко и сильно отталкиваться от почвы (прыгать) и принимать на конечности тяжесть корпуса при приземлении. Беговые качества собаки характеризует в основном степень развития глубокого сгибателя пальцев, ведающего движениями концевых фаланг, на которые приходится первая и основная нагрузка. Демонстративным в этом отношении является различие между объемами глубокого и поверхностного сгибателей пальцев собаки. Объем первого равен 218 см^3 , второго — 101 см^3 , т. е. объем глубокого сгибателя пальцев на 117 см^3 больше.

Для мышц—сгибателей и разгибателей пальцев зеленой лягушки и болотной черепахи характерно расположение волокон, параллельное длиннику мышцы, вследствие чего их коэффициенты статичности равны 1.

Высокой степенью перистости отличаются пальцевые мышцы-антагонисты ливийского голубя, коэффициент статичности которых колеблется в пределах 4,11—7,24. Наиболее совершенно внутреннее строение мышц-антагонистов представителя класса млекопитающих. В них как бы объединены наиболее рациональные черты исследованных нами мышц-антагонистов представителей более низко стоящих классов: одна часть каждой их мышцы состоит из длинных мышечных волокон, обладающих динамическими свойствами, а другая — из коротких, обеспечивающих возможность нести статические нагрузки.

Иннервация сгибателей пальцев зеленой лягушки и болотной черепахи осуществляется одним срединным нервом, ливийского голубя — двумя нервами — срединным и локтевым. Общий разгибатель, а также боковой разгибатель пальцев иннервируются только лучевым нервом. К сгибателям пальцев у всех исследованных животных подходит в среднем 26 первичных (отходящих от основных нервных стволов) нервных ветвей, а к разгибателям пальцев — 10 ветвей. Перед входом в сгибатели пальцев первичные нервы делятся на 103 веточки, перед входом в разгибатели пальцев — всего на 43 веточки. Соответственно и ветви нервов, иннервирующих сгибатели пальцев, толще аналогичных ветвей нер-

вов, иннервирующих разгибатели. Необходимо отметить, что нервных ветвей, входящих в мышцы-антагонисты у представителя класса млекопитающих — собаки намного больше, чем у представителей всех филогенетически более низких классов. Так, если в сгибатели пальцев зеленой лягушки входит в среднем 4,6 ветви, болотной черепахи — 11,6 ветви и ливийского голубя — 6,2 ветви, то в сгибатели пальцев собаки входит 38,2 ветви. Нервные волокна в непосредственно вступающих в мышцу ветвях, как правило, расположены более рыхло, чем в первичных ветвях. Основной тип вхождения нервных ветвей в пальцевые мышцы-антагонисты магистральный. Место вхождения преобладающего количества нервных ветвей в мышцу (главные «мышечные ворота») расположено в проксимальной ее половине. У зеленой лягушки и ливийского голубя «мышечные ворота» антагонистов расположены ближе к середине мышцы, у болотной черепахи и собаки — ближе к проксимальному концу.

Ведущим, основным фактором, формирующим как мышечную, так и нервную ткань изученных нами мышц-антагонистов является функция, выполняемая передними конечностями животных. При этом количественное обеспечение мышц-антагонистов нервной тканью у представителей исследованных классов подчиняется определенной закономерности: из двух мышц-антагонистов равного объема иннервируется лучше та, которая развивает большее усилие. К мышцам одинакового объема, независимо от того, в правой или в левой половине тела они расположены, идет одинаковое количество первичных нервных ветвей. В единичных случаях встречается отклонение от этого правила, но тогда соответственно увеличению количества нервных ветвей, входящих в мышцу, уменьшается их диаметр. В итоге при различном количестве первичных нервных ветвей две одинаково развитые мышцы одинаково интенсивно иннервируются.

На 1 см³ мышечной ткани приходится первичный нерв толщиной: у ливийского голубя — 1,211 мм, у болотной черепахи — 0,81 мм, у зеленой лягушки — 0,37 мм, у собаки — 0,0098 мм.

Как видно из приведенных данных, уменьшения диаметров первичных нервных ветвей мышц-антагонистов у представителей исследованных классов соответственно их положению на филогенетической лестнице не наблюдается. Мышцы-антагонисты представителя класса млекопитающих снабжены значительно более тонкими (более, чем в 100 раз) первичными нервными ветвями по сравнению с мышцами-антагонистами представителей ниже стоящих классов. Уменьшение диаметра первичных нервных ветвей мышц-антагонистов у представителя класса млекопитающих при увеличивающейся сложности внутримышечной структуры и координации движений свидетельствует о более совершенной регуляции деятельности мышц-антагонистов предплечий со стороны центральной нервной системы.

Наши исследования показали, что нервная и мышечная ткани антагонистов развиваются гармонично. Но на их основании нельзя говорить о большой вариабильности количественной иннервации мышц. Мы обнаружили, что морфологические показатели мышц (объем, длина, ширина мышечной и сухожильной частей, анатомический и физиологический поперечники) правых и левых конечностей животных совпадают. Данные нашего исследования согласуются с выводами Е. П. Ильина (1964) об отсутствии у животных асимметрии развития конечностей.

ЛИТЕРАТУРА

- Автократов Д. М. 1928. Курс анатомии домашних птиц. М.—Л.
- Байракова Р. Г. 1957. Макроскопическая структура и иннервация разгибательной группы мышц предплечья человека. Сб. тр. каф. норм. анатомии Башкирского мед. ин-та. Уфа.
- Бейли Н. 1959. Статистические методы в биологии. Изд-во «Мир».
- Бобин В. В. 1958. Плечевое сплетение, его длинные ветви и связи между ними. Тр. Крымского гос. мед. ин-та.
- Вигдорчик Н. А. 1945. Применение статистики в клинике Л.
- Войшвилло И. 1883. Материалы к учению об отношении калибра нервов к коже и мышцам человека. Военно-мед. журн., ч. 148, кн. 12, отд. 2.
- Ильин Е. П. 1964. Функциональная асимметрия (праворукость) в эволюционном аспекте. Вестн. Ленинград. ун-та, сер. биол., в. 4, № 21.
- Карпачёв Д. М. 1949. К морфологии и топографии лучевого нерва. Тр. Воронежск. гос. мед. ин-та, т. 20.
- Кахиани С. Н. 1961. Плечевое сплетение и его длинные ветви. Тбилиси.
- Лукманов С. З., Сюндюкова Г. У. 1957. Иннервация мышц передней поверхности предплечья человека. Сб. научн. тр. каф. норм. анат. Башкирск. мед. ин-та.
- Очкурено А. М. 1957. Места вхождения сосудов и нервов в мышцы плеча и предплечья. Автореф. канд. дисс. Львов.
- Пейсахович Г. И. 1954. Материалы к обоснованию мышечной пластики на плече и предплечья. Автореф. докт. дисс., т. 1. X.
- Поморский Ю. Л. 1931. Вариационная статистика. Л.
- Соколов Ю. С. 1953. К морфологии нервно-сосудистых ворот мышц плеча и предплечья. Автореф. канд. дисс.
- Спирюхов И. А. 1941. Сравнительная анатомия мускулатуры предплечья, действующей на карпальный сустав, с изучением внутренней структуры мускулов. Тр. Бурият-Монгольского зоовет. ин-та, в. 2.
- Цуран И. 1882. О соотношении антагонистов мышц конечностей человеческого тела. Докт. дисс. СПб.

Поступила 6.XII 1967 г.

ON THE EFFECT OF FUNCTION CHANGE OF PECTORAL LIMBS
ON THE DEGREE OF DEVELOPMENT OF MUSCLES-ANTAGONISTS
IN COMPARATIVE-ANATOMICAL TREATMENT

V. I. Perevalov

(Medical Institute, Odessa)

Summary

The degree of development and structure of muscles-antagonists moving the fingers and structure of their innervation apparatuses are in a direct dependence on the function which is performed by pectoral limbs of the animals. The flexors of the fingers are developed considerably greater than the extensors and the difference between them is the greater the higher is the phylogenetic position of the animals. The flexors of the fingers are also innervated better than the extensors. During the process of evolution the intramuscular structure of the antagonists perfects and complicates, permitting them to endure equally both dynamic and static loadings.

Nervous and muscular tissues of the antagonists develop harmoniously and their quantitative interrelation depends on functional properties of the muscles: dynamic muscles are innervated better than statical ones. The muscles-antagonists of right and left forearms and their innervation apparatuses are developed identically.