

А.В.Самсонова

## ВКЛАД П.Ф.ЛЕСГАФТА В БИОМЕХАНИКУ

### *Введение*

Выдающийся анатом, П.Ф.Лесгафт один из немногих понимал недостатки описательной анатомии. В предисловии к первому изданию «Основ теоретической анатомии» он указывал: «Анатомия до настоящего времени, как и большая часть биологических наук, изучалась исключительно описательно, в таком состоянии предмет, понятно, не имеет значения науки, не дает никаких понятий и общих положений для выяснения значения форм и строения человеческого и, вообще, животного организма» (П.Ф.Лесгафт, 1905.- С. VII). В связи с этим, П.Ф.Лесгафт решил разработать новую науку – теоретическую анатомию, предметом которой являлось усвоение основной идеи построения человеческого организма и выявление его формы на основании этой идеи.

П.Ф.Лесгафт знал, что живой организм нельзя изучать с помощью одного метода. Он указывал: «Описательный анатом знает только мертвый материал. Механику недостаточно известен ни живой, ни мертвый механизм, чтобы правильно уяснить существующие при этом отношения и структуры. Физиолог будет исследовать функцию живого организма только путем экспериментов. Любое одностороннее исследование, проведенное только с помощью одного метода, недостаточно объективно, чтобы исчерпать гармонические проявления жизни» (П.Ф.Лесгафт, 1968).

Именно поэтому, разрабатывая теоретические основы анатомии, П.Ф.Лесгафт привлекал большой фактический материал, который затем лег в основу других наук, в частности, биомеханики.

Какие же разделы биомеханики освещены в трудах П.Ф.Лесгафта?

### *Раздел 1. Механические свойства биоматериалов.*

В биомеханике в настоящее время существует раздел, характеризующий механические свойства биоматериалов. К этим свойствам относятся: прочность, вязкость, жесткость, релаксация.

В своем труде «Основы теоретической анатомии» П.Ф.Лесгафт (1905) рассматривает следующие механические характеристики биологических тканей: крепость<sup>1</sup> на растяжение и сжатие, а также коэффициент упругости на растяжение и сжатие.

Под крепостью на растяжение он понимал «сопротивление ткани действию приложенной к ней тяжести, стремящейся разломить или разорвать ее» С.21. Под крепостью на сжатие П.Ф.Лесгафт понимал противодействие ткани силе, стремящейся сжать или уплотнить ее.

Рассматривая упругие свойства ткани П.Ф.Лесгафт приводит данные о коэффициентах упругости. Под коэффициентом упругости П.Ф.Лесгафт понимает силу «...напряжения, которая требуется для того, чтобы удлинить вдвое призму определенной длины с поперечником, равным величине, принятой за единицу (1 мм<sup>2</sup>, 1 см<sup>2</sup>)... Величина коэффициента упругости обратно пропорциональна способности тела растягиваться» (П.Ф.Лесгафт, 1905.– С. 21).

Сопоставляя механические свойства биологических тканей с другими материалами (табл.1), П.Ф.Лесгафт (1905) пишет: « Из сравнения этих данных оказывается, что крепость плотного костного вещества на растяжение доходит до крепости желтой меди, равняется крепости соснового дерева и превышает крепость цинка и «дубового дерева» С. 23. И далее «...коэффициент упругости плотного костного вещества в четыре или даже в пять раз больше, чем свинца, вдвое больше дерева, почти равняется ½ олова и 1/3 желтой меди» С. 23. Сопоставляя упругие свойства других биоматериалов П.Ф.Лесгафт указывает: «...упругость костного хряща в 43 раза больше упругости сухожилия, а последнее в 11-16 раз более упруго, чем костная ткань. Стенки артерий в 2299 раз более

---

<sup>1</sup> Вместо крепости в настоящее время используется понятие прочность

упруги, чем сухожилие» С. 43. Таким образом, в своем труде «Основы теоретической анатомии» П.Ф.Лесгафт обобщил имеющиеся к тому времени знания о механических свойствах биоматериалов.

Таблица 1

Механические свойства биологических тканей и материалов (по: П.Ф.Лесгафту, 1905)

Название материала	Крепость, кг/мм <sup>2</sup>		Коэффициент упругости, кг/мм <sup>2</sup>		Предел упругости, кг/мм <sup>2</sup>	
	на растяжение	на сжатие	на растяжение	на сжатие	на растяжение	на сжатие
плотная костная ткань	9,25 – 12,41	12,56 – 16,8	1819 – 2710	–	–	–
костный хрящ	1,51	2,72	3,8 – 5,8	–	–	–
реберный хрящ	0,17	1,57	0,8 – 1,0	–	–	–
сухожилия m.plantaris	6,94	–	166,9	–	–	–
стенки артерий	0,16	–	0,0726	–	–	–
канат	3,76 – 6,77	–	–	–	–	–
сосна	10,5	5,25	1250	–	2,9	2,15
дуб	8,1	5,3	1200	80	2,7	1,8
желтая медь (латунь)	12,5	7,3	6500	2400	4,9	–
цинк	5,5	–	9500	3560	2,3	–
свинец	1,3	5,2	500	187	1	–

## Раздел 2. Строение костной ткани и соединение костей

Второй проблемой, которой в настоящее время занимается биомеханика, является особенности строения органа в зависимости от действующих на этот орган сил. С одной стороны, органы человека, например, кости, должны

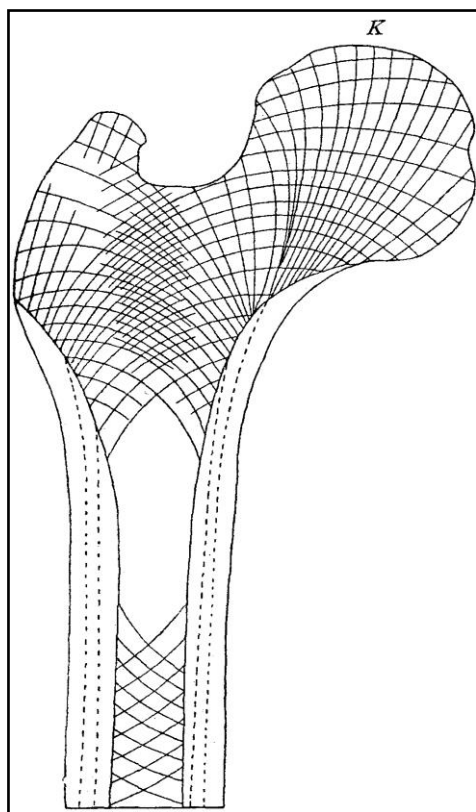
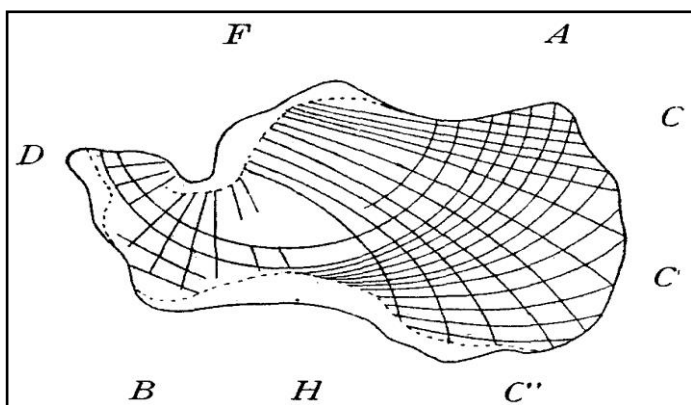


Рис.1

выдерживать большие напряжения, с другой – они должны быть достаточно легки. Как организм или природа решают эту задачу? П.Ф.Лесгафт по этому поводу приводит очень любопытный фактический материал. «Прежде предполагали – пишет он, – что перекладины губчатого вещества располагаются без всякой правильности и значения. Профессор Гумфри в Кембридже первый обратил внимание на постоянство и правильность постройки губчатого вещества в телах позвонков. Затем Герман Мейер в Цюрихе выяснил, что губчатое вещество имеет совершенно определенную правильную постройку, изменяющуюся только смотря по месту положения данной кости.

В обществе естествоиспытателей, где Мейер показывал свои препараты, присутствовал математик, профессор Кульман. При осмотре этих препаратов, он заметил, что перекладины губчатого вещества построены во многих частях человеческого тела по точно таким же линиям, какие проводятся математиками в графической статике при построении тел, имеющих такую же форму, как предъявленные кости, и служащих для противодействия таким же силам, какие действуют и на кость.

В подтверждение своих слов он нарисовал кран, имеющий вид верхней половины бедренной кости человека, и предложил своим ученикам начертить на нем линии, необходимые для противодействия силе, которая давит сверху на верхний конец бедренной кости. Оказалось, что начерченные ими линии



были так же расположены, как и перекладины губчатого вещества верхнего конца бедренной кости» С. 78-79. На рис. 1, 2 и 3 показано строение губчатого вещества бедренной кости, пятки и позвонка.

«Из всего этого следует –

пишет Рис.2 далее П.Ф.Лесгафт, что если построить тело из согнутых перекладин, расположенных по направлению кривых сжатия и растяжения, то этим устраняется сила передвижения, и оказывается наибольшее сопротивление сжатию и растяжению, производимым тяжестью. Такое тело в состоянии выдерживать, не разрушаясь, такое же отягощение, как если бы оно состояло из сплошной массы» С. 82.

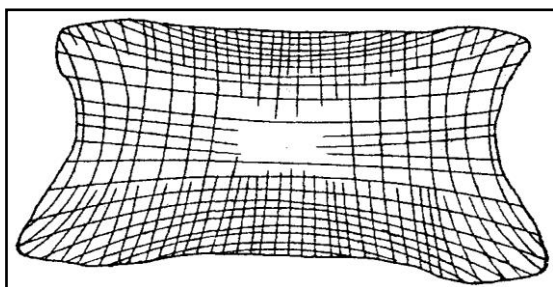


Рис.3

Рассматривая соединения костей П.Ф.Лесгафт обращает внимание на своды и анализирует, как устроена стопа. С одной стороны, стопа должна выдерживать большие нагрузки, с другой – быть хорошим амортизатором. Устройство стопы по классификации П.Ф.Лесгафта

относится к параболическим сводам, рис.4. «Параболические своды состоят из одной короткой ветви, сферического отдела (cb), где обыкновенно непосредственно действует тяжесть, и другой длинной ветви, собственно параболического отдела (ca), которая выгодно может приспособляться к опоре при передвижении. Так как первая ветвь должна отличаться своей крепостью, то она всего менее будет разъединена суставами, и именно, только посредине надвое. Длинная ветвь свода, отличающаяся своей подвижностью, должна быть разъединена суставами пропорционально своей длине; так что если короткая ветвь относится к длинной как 1:4, и в короткой будет один сустав, то

в длинной их должно быть четыре. Такие своды встречаются, следовательно, в частях, где сопротивляемость одной части должна быть соединена с подвижностью другой части, как напр. в сводах стопы» С. 197-198.

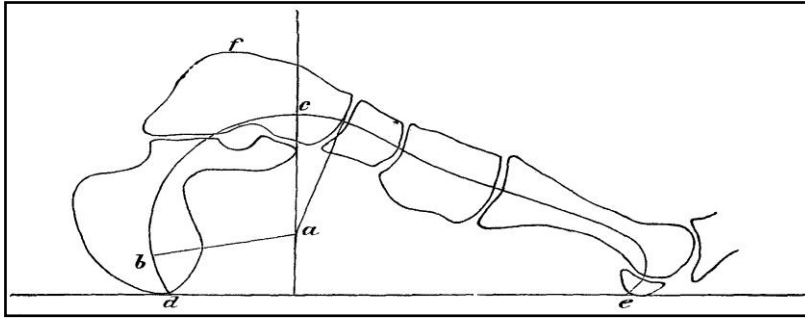


Рис.4

### Раздел 3. Зависимость силы мышц от различных факторов

П.Ф.Лесгафта очень интересовала зависимость работы мышцы от анатомических факторов. Он пишет: «Абсолютная сила мышцы тем больше, чем больше количество мышечных волокон, поэтому она определяется суммой поперечников всех ее мышечных пучков, или так называемым физиологиче-

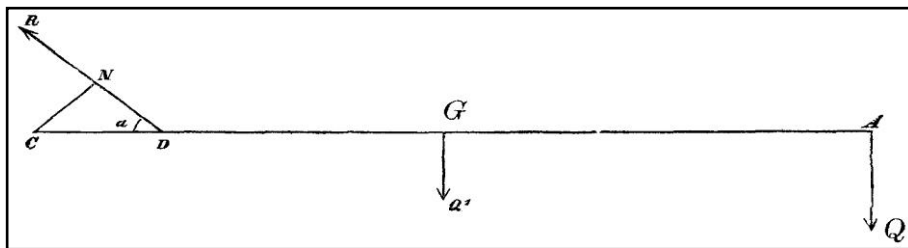


Рис.5

ским поперечником» С. 246. И далее: «Работа, которую в состоянии произвести мышца, определяется

не только ее поперечником, но и многими другими механическими условиями: кроме количества мышечных волокон, мышечная работа будет зависеть также от величины поверхности опоры мышцы, от величины поверхности приложения сил, от отношения мышцы к рычагу, на который она действует» С. 247.

Для расчета зависимости силы, развиваемой мышцей от места прикрепления, длины рычага и веса груза П.Ф.Лесгафт, рис. 5 приводит формулу (1):

$$R = \frac{Q \cdot AC + Q' \cdot CG}{CD \cdot \sin \alpha} \quad (1),$$

где:  $Q$  – вес груза;  $CD$  – расстояние от оси вращения до места прикрепления мышцы;  $Q'$  – вес рычага,  $CG$  – расстояние от оси вращения до ЦТ рычага,  $AC$  – длина рычага.

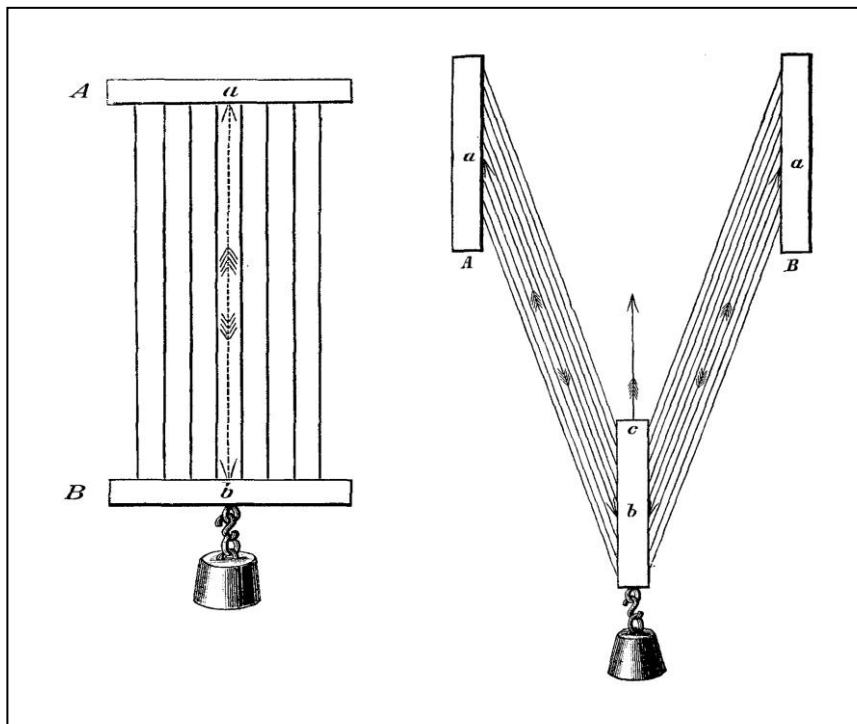


Рис.6

Помимо этого П.Ф.Лесгафт подробно рассматривает зависимость силы, проявляемой мышцей от хода мышечных волокон (рис.6).

Совершенно новой является классификация мышц в зависимости от их морфометрических характеристик.

П.Ф.Лесгафт различает мышцы сильные и мышцы ловкие. Он пишет: «...мышцы по преимуществу сильные начинаются и прикрепляются к большим поверхностям, удаляясь по мере увеличения поверхности прикрепления от опоры рычага на которой он действует; физиологический поперечник таких мышц относительно мал, несмотря на что они могут проявить большую силу при небольшом напряжении, почему и не так легко утомляются. Они действуют преимущественно всюю своею массою и не могут производить мелких оттенков при движении; силу свою они проявляют с относительно малою скоростью и состоят чаще всего из коротких мышечных волокон. Мышцы второго типа, отличающиеся ловкостью в своих действиях, начинаются и прикрепляются на небольших поверхностях, близко к опоре рычага, на который действуют; физиологический поперечник их относительно велик, они действуют с большим напряжением, скорее утомляются, состоят чаще всего из длинных волокон и



могут действовать отдельными своими частями, производя различные оттенки движений. Это будут мышцы, допускающие главным образом ловкие и быстрые движения» С. 249-250.

Характеристики некоторых мышц различных типов приведены в табл.2

Таблица 2

Морфометрические характеристики сильных и ловких мышц

(по: П.Ф.Лесгафту, 1905)

Тип мышц	Мышцы	Площадь прикрепления, см <sup>2</sup>		Вес, г	Объем, см <sup>3</sup>	Длина волокна, см	Физиол. поперечник, см <sup>2</sup>
		начало	прикрепление				
СИЛЬНЫЕ	m. gluteus maximus	342,79	47,77	523,1	515,3	19,5	25,8
	m. quadriceps femoris	274,61	96,86	914,3	883,8	11,2	81,7
	m. triceps surae	215,31	7,45	–	–	–	27,98
	m. extensor trunci comm..	271,66	234,04	–	–	–	30,1
ЛОВКИЕ	m. deltoideus	14,56	10,51	249,8	239,6	11,5	21,0
	m. pronator teres	20,12	3,66	28,4	27,3	5,5	4,8
	m. radialis internus	13,42	0,35	19,1	18,3	5,6	3,4
	m. ulnaris internus	12,60	0,71	27,3	26,0	4,8	5,5

Анализируя влияние силы тяжести, П.Ф.Лесгафт сравнивает вес мышц-сгибателей и мышц-разгибателей верхних и нижних конечностей. «Так по измерениям братьев Вебер вес разгибателей на нижней конечности относится к весу сгибателей как 2918,75: 1320, 85, или, как 1:0,574; по измерениям доктора Цурана (на основании измерения десяти конечностей) это отношение будет как 3293,88: 1803, 28 или как 2:1. Для верхней конечности по измере-

ниям Цурана оказывается, что разгибатели относятся к сгибателям как 796,34: 829, 95 или как 1: 1, 042» С. 248.

### *Выводы:*

В своем труде «Основы теоретической анатомии» П.Ф.Лесгафт рассмотрел следующие смежные с биомеханикой проблемы:

1. механические свойства биологических тканей;
2. особенности строения и соединения костей в зависимости от действующих на них сил;
3. особенности функционирования перистых мышц;
4. морфометрические характеристики мышц (длина волокна, площадь поверхности опоры, расстояние от места прикрепления мышцы от оси вращения в зависимости от противодействия внешним силам и функции в организме).

На основе анализа морфометрических характеристик мышц П.Ф.Лесгафт предложил новую классификацию скелетных мышц (мышцы сильные и мышцы ловкие).

### *Литература*

1. Лесгафт П.Ф. Основы теоретической анатомии. Изд. 2-е ч.1.– СПб: Товарищество Художественной печати, 1905.– 351 с.
2. Лесгафт П.Ф. Избранные труды по анатомии.– М.: Медицина, 1968.– С. 370.