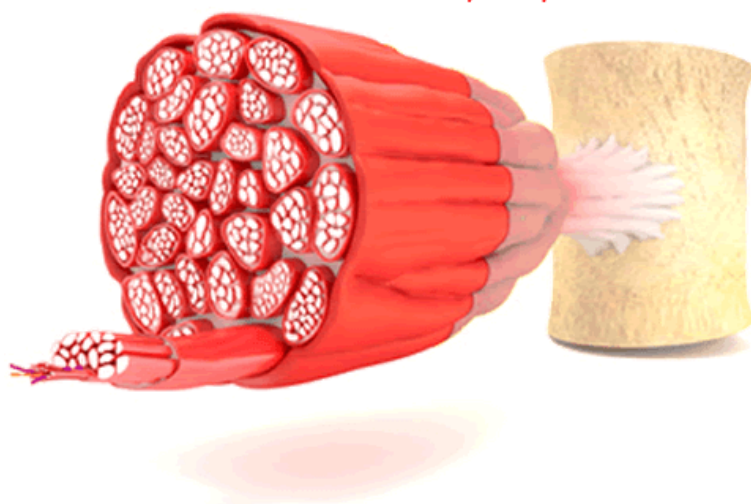


Мое почтение, дамы и господа!

В эту пятницу нас ждет еще одна интересная заметка из цикла "Muscle Inside", и посвящена она будет более полному раскрытию темы мышечных волокон. По прочтении Вы узнаете, как совершенно точно измерить м.в., какими их типами представлены мышечные группы и как они откликаются на различный вид тренинга и его параметры. Не факт, что все осилим в этой части, но мы ведь никуда и не торопимся.

### *Мышечные волокна и тренировки. Часть 1*



Итак, занимайте свои места в зрительном зале, мы начинаем.

## **Мышечные волокна: тонкий анализ и настройка**

Это уже шестая по счету статья в данном цикле. В крайней мы говорили о том, [как и сколько восстанавливаются мышцы](#). Если Вы еще не в курсе этой информации, обязательно с ней ознакомьтесь, мы же идем дальше и сегодня поговорим про мышечные волокна более узко и научно. И все это для того, чтобы раз и навсегда разобраться, как же все-таки стоит тренировать ту или иную мышечную группу, и верно ли Вы это делаете сейчас.

И действительно, Вы не задавались вопросом, откуда взялись разные типы/сет-количественные схемы тренинга? Почему Вася тяжело тренирует ноги два раза в неделю и его результаты минимальны, а Петру достаточно один раз в две недели заглянуть в зал, **60** минут поработать с низом и - вуаля, его ноги выглядят не в пример лучше его друга? Все дело в том, что один из них попал в нужное русло – тот тип тренинга, который лучше всего подходит мышечным волокнам его ног, а другой – только в процессе этого пути.

Всю подноготную мы и разберем далее по тексту. Поехали нудить!

### **Примечание:**

Для лучшего усвоения материала все дальнейшее повествование будет разбито на подглавы.

## Зачем изучать и как измерить свой тип мышечного волокна?



В одной из статей, посвященной мышечным волокнам, мы говорили, что для измерения преобладающего типа существует тест одноповторного максимума (1РМ). Кроме того, все мы знаем о таком явлении, как гипертрофия – увеличение размера мышц, которое служит наиболее распространенной адаптацией мускулов к силовому обучению. Однако также существуют несколько других адаптаций скелетной мышцы к силовому тренингу, в частности - сдвиг в мышечном волокне, изменения длины пучка, прикрепление мышечных волокон к сухожилию в перистых мышцах, изменения факторов на внеклеточном и клеточном уровнях, влияющие на специфическое напряжение, которые вызывают увеличение отношения сила-размер.

Такие адаптации могут быть полезны для спортсменов, участвующих в силовых видах спорта, и поэтому требуют исследования.

Традиционными причинами исследования мышечных волокон являются:

- влияние м.в. на соотношение сила-размер отдельных мышц (удельное напряжение). Принято считать, что мышечные волокна типа **II** проявляют большую силу, чем волокна **I** типа;
- влияние типа волокна на скорость сокращения мышц. Многочисленные исследования обнаружили, что мышечные волокна типа **II** демонстрируют значительно более быструю скорость сокращения мышц, чем **I** типа;
- влияние м.в. на программирование гипертрофии. Традиционно было принято считать, что мышечные волокна типа **II**, в условиях силовых тренировок, имеют тенденцию в большей степени увеличиваться в области поперечного сечения, чем мышечные волокна типа **I**. Однако наблюдения большей гипертрофии в мышечных волокнах типа **II** потенциально могут быть функцией типа применяемой силовой программы тренировки, нежели отзывчивостью этого конкретного типа мышечных волокон.

Для точного исследования мышц на предмет того, какие волокна в какой мышечной группе преобладают, в спортивной практике/медицине используют три основных метода/способа:

1. гистохимическое окрашивание миозина АТФазой;
2. ионная идентификация МНС (главный комплекс гистосовместимости);
3. биохимическая идентификация метаболических ферментов.

Скорее всего, указанные методы и названия встречаются Вам впервые, но именно они (а не тест 1 РМ) позволяют с ювелирной точностью классифицировать мышечные волокна человека.

Разберем каждый из способов.

### **№1. Гистохимическое окрашивание миозина АТФазой**

Этот процесс объединяет отдельные мышечные волокна на основании интенсивности их окрашивания. Последние различаются между мышечными волокнами из-за различий в их рН-чувствительности. Различия косвенно обеспечивают относительную информацию между мышечными волокнами о скорости, с которой происходит гидролиз АТФ. Основные три окрашивания миозина АТФазы называются соответственно типами мышц **I**, **IIA** и **IIB** (или **IIХ**).

### **№2. Ионная идентификация МНС**

Этот процесс включает использование иммуногистохимии для дифференциации/объединения отдельных мышечных волокон в основе различных изоформ тяжелой цепи миозина. Каждое мышечное волокно может содержать более одной изоформы МНС. Таким образом, хотя в человеческой скелетной мышце имеется только три изоформы, существует еще много гибридных мышечных волокон, содержащих мышечные волокна с несколькими различными изоформами в одном и том же мышечном волокне. Основные три изоформы миозина - МНСI, МНСIIa и МНСIIb, что соответствует тип **I** (медленные) и тип **II** (быстрые) волокна.

### **№3. Биохимическая идентификация метаболических ферментов**

Этот процесс объединяет информацию, полученную из гистохимии миозина АТФазы, с гистохимией некоторых ферментов, которые участвуют в энергетическом обмене. В таких случаях для определения мышечных волокон используется волоконное типирование миозина АТФазой. Затем анализируют ферменты, чтобы предоставить информацию о метаболических путях. Это приводит к описанию мышечных волокон как аэробных/окислительных, так и анаэробных/гликолитических и, в конечном счете, трех разных типов волокон: быстродействующие гликолитические, быстродействующие окислительные и медленного окисления.

#### **Примечание:**

Образцы мышечных волокон для измерений берутся посредством проведения биопсии мышц – отбор мышечного образца с четырехглавой мышцы бедра путем разрезания кожного покрова. До проведения процедуры атлет не должен тренироваться минимум на протяжении **3-5** дней. В идеале перед началом занятий, если Вы настроены на серьезные результаты, выступления на сцене, крайне желательно измерить (каким-либо из трех указанных выше способов) тип мышечных волокон. Это позволит Вам сразу же верно выбрать тренировочную схему и идти к атлетичной фигуре много быстрее своих коллег.

Идем далее и теперь пройдемся по...

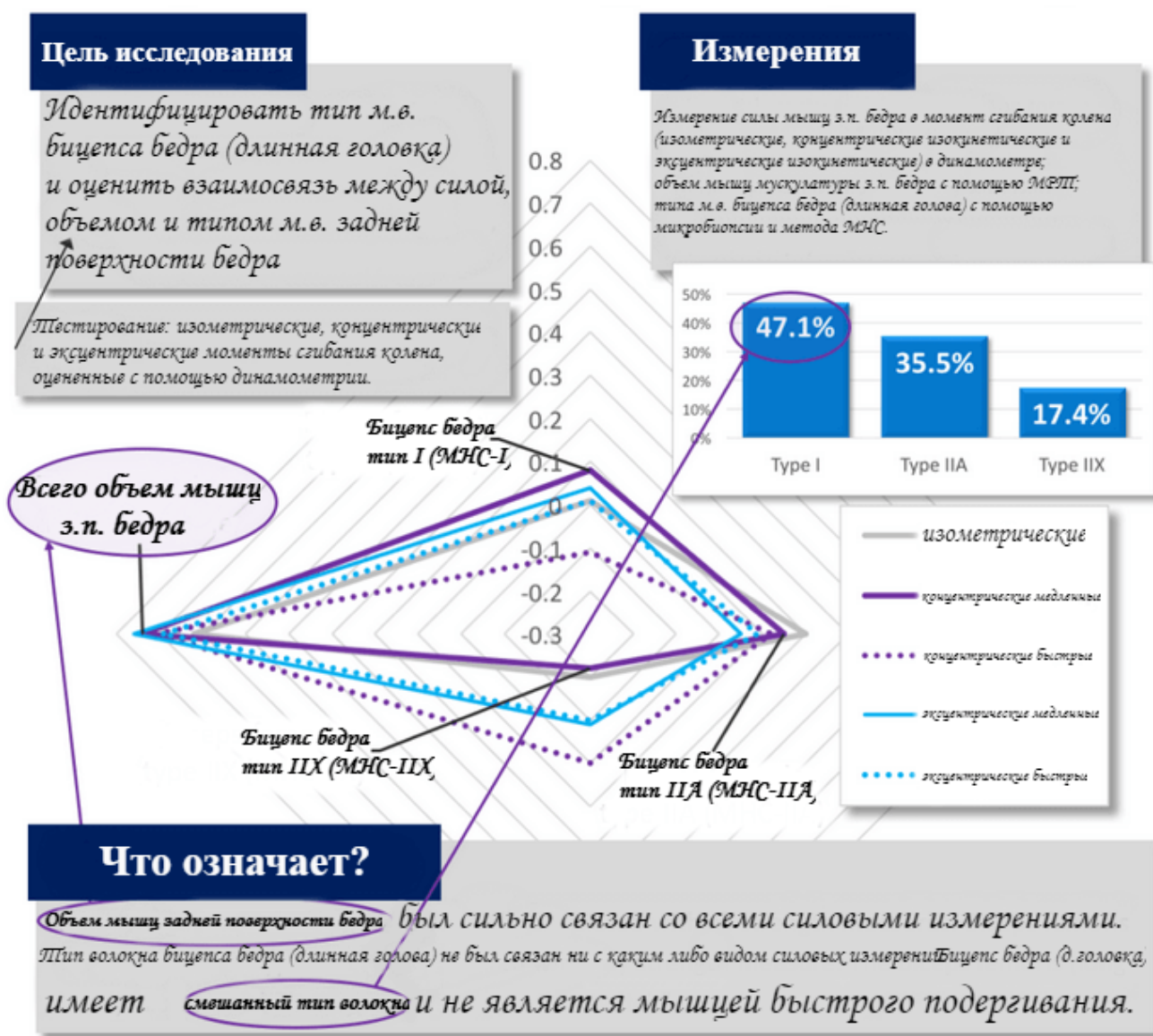
### **Свойства мышечных волокон. Результаты исследований**

Всего принято выделять три характеристики м.в.:

#### **№.1 Сила одиночного волокна**

Обычно считается, что быстрые волокна подергивания сильнее, чем их медленные собратья. Другими словами мы ожидаем обнаружить, что мышечные волокна типа II демонстрируют гораздо большую максимальную силу, чем мышечные волокна I типа. Однако в действительности м.в. II лишь немного сильнее, чем м.в. I типа. Это отражается в отсутствии сильной поперечной зависимости между типами мышечных волокон и максимальной изометрической или динамической прочностью.

Результаты исследований (Evangelidis P.E, Massey G.J. 2016, Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports) "Бицепс бедра" – это не волокна быстрого подергивания? Тип волокна не предсказывает силу?"



## №2. Сдвиги типа волокна и увеличение силы после тренировки

Отсутствие какой-либо большой разницы в силе одного волокна между различными мышечными волокнами отражается в отсутствии взаимосвязи между долгосрочными повышениями силы и сдвигами типа волокна. Изменения в удельном напряжении (отношение сила-размер) после силовой тренировки не объясняются изменениями типа мышечных волокон. Удельное напряжение является лучшим предиктором (средством прогнозирования) повышения силы после тренировки.

## Цель исследования

Выяснить, могут ли изменения в пропорции типа м.в. объяснить изменения в напряженности мышц квадрицепса после длительной силовой программы обучения, у неподготовленных мужчин.

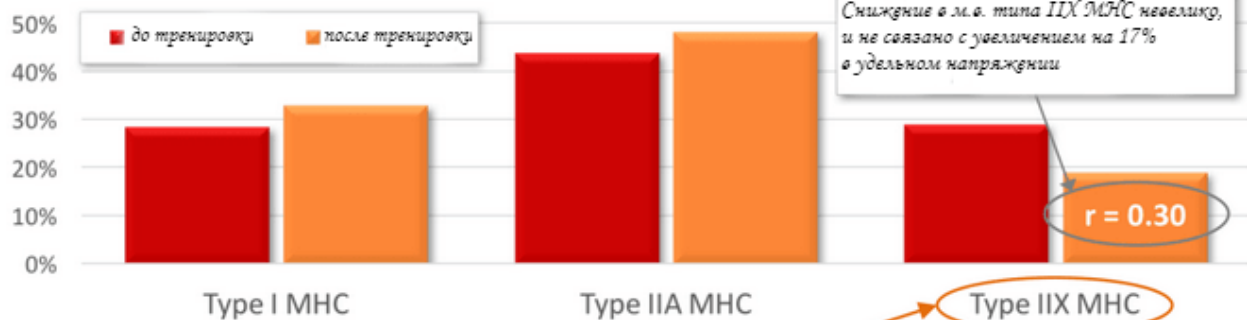
Удельное напряжение - это отношение максимальной произвольной мышечной силы и площади поперечного сечения мышцы. Это сила мышцы по сравнению с их размером. В этом исследовании удельное напряжение увеличилось на 17% после тренинга.

Тренинг: 3 тренировки в неделю в течение 9 недель. Каждая тренировка составляла 4 сета по 10 повторений упражнения разгибание 1 ноги с нагрузкой 80% от 1 РМ.

Что было измерено?

## Измерения

- Максимальное добровольное изометрическое сжатие (МВС) момента разгибания колена в динамометре; объем мышцы, физиологическая площадь поперечного сечения (PASA), длина пучка (FL) и угол прикрепления м.в. к сухожилию (РА), ультразвук; длина продольного сустава надколенника (МА), МРТ; коактивация бицепса бедра, EMG; добровольная активация с интерполированными подергиваниями; пиковая выходная мощность (РРО) 1 ноги в эргометре изокINETического цикла; тип м.в. (изоформа МНС) из биопсии мышц; максимальная сила и скорость изолированного одиночного волокна



## Что означает?

Изолированная сила одиночного волокна, как правило, имеет тенденцию к увеличению в процессе силовых тренировок, что указывает на то, что плотность упаковки миофибрилл не возрастала и не вызвала увеличения в удельном напряжении.

Пропорция м.в. тип IIХ снизилась после силовой тренировки, но это изменение не было связано с увеличением на 17% удельного напряжения. Это означает, что изменения в типе м.в. не способствуют увеличению удельного напряжения (соотношение сила-размер), которое часто наблюдается после силового тренинга.

## №3. Скорость сокращения мышечного волокна

Один из факторов, по которому отличаются м.в., является скорость их сокращения. Мышечные волокна типа IIА и типа IIВ (IIХ), по-видимому, имеют значительно более быстрые скорости сокращения, чем мышечные волокна I типа. Это видно из тесной взаимосвязи между областью мышечного волокна типа IIВ и скоростью развития силы (RFD) как в изометрических, так и в динамических тестах прочности.

Несмотря на то, что волокна типа IIВ, скорее всего, быстрее по разным причинам, более высокие значения RFD могут возникать частично из-за того, что волокна типа IIВ естественно больше и, следовательно, имеют более низкую цитоплазматическую резистентность. Это может опосредовать более быстрые потенциальные скорости действия через сарколемму мышечных волокон.

## Цель исследования

Оценить взаимосвязь между размером мышцы, типом м.в., силой, скоростью развития силы (RFD) и скоростью проводимости м.в. (MFCV)

Что было измерено?

## Измерения

- Состав тела, измеренный с помощью DEXA;  $\dot{V}O_2$  - макс, измеренный в инкрементном протоколе беговой дорожки; взрывное динамическое усилие, измеренное при вертикальном прыжке; максимальная изометрическая сила (MIF) и RFD в жим ногами; MFCV каждого типа волокна в широкой латеральной мышце бедра, измеренной с помощью внутримышечных электродов; тип мышечного волокна, измеренный с помощью биопсий и гистохимии АТФазы



MFCV - это скорость, с которой потенциалы действия распространяются вдоль сарколемы м.в.

Корреляции м/у MFCV и RFD измерениями

Частичные корреляции, показывающие влияние относительной площади м.в. IIX на взаимосвязь между MFCV и RFD



## Что означает?

**MFCV** сильно связан с RFD во многих измерениях; MFCV сильно положительно связан с размером м.в. (и относительной областью м.в. IIA и IIX), но отрицательно связан с относительной площадью мышечного волокна I типа. **Относительная площадь волокна IIX** частично объясняет взаимосвязь между MFCV и RFD, возможно потому, что эти более крупные волокна, которые имеют более низкую цитоплазматическую резистентность.

**Общий вывод:** хотя все типы волокон имеют примерно равную силу одиночного волокна, мышечные волокна типа II демонстрируют гораздо более быструю скорость сокращения, чем мышечные волокна I типа. Таким образом, более высокая доля мышечных волокон типа II может быть полезной для силовых видов спорта (например, тяжелая атлетика).

Следующее на очереди тема...

## Генетика и тип мышечных волокон

Существуют данные, свидетельствующие о том, что когда человек демонстрирует преобладание мышечных волокон типа I в одной мышце, он также демонстрирует преобладание мышечных волокон типа I и в различных других мышцах. Однако степень, до которой генетика и окружающая среда несут ответственность за преобладающий тип мышечного волокна у любого конкретного человека, до конца неясны.

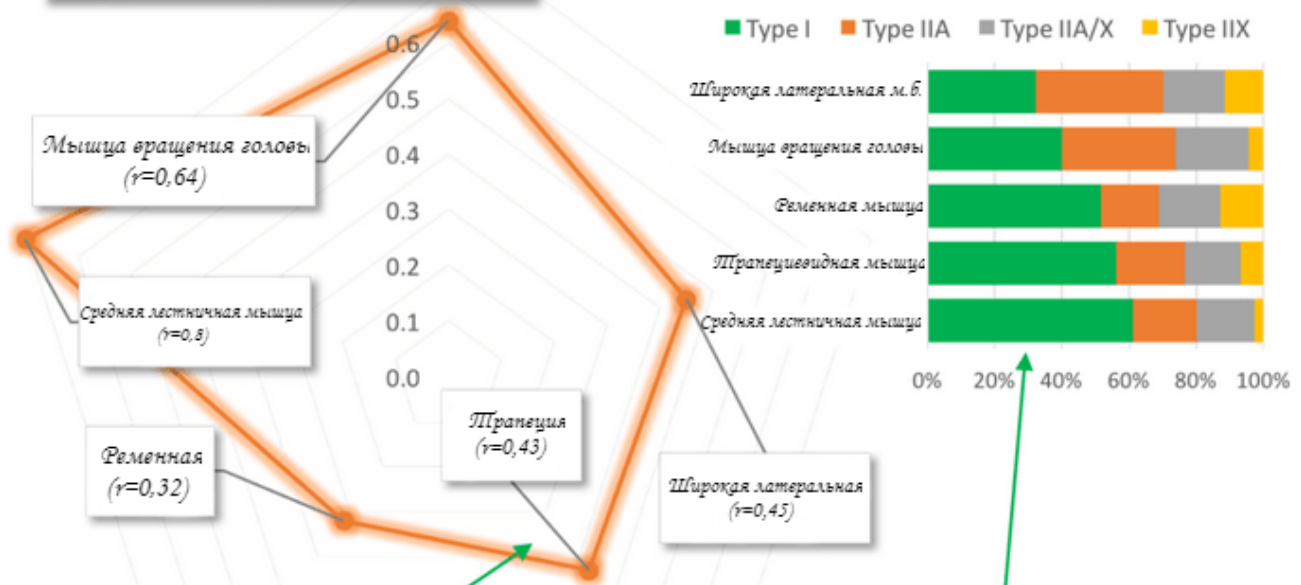
## Цель исследования

Узнать, связан ли тип м.в. одной мышцы с общим средним типом м.в. во всех тестируемых группах мышц

➔  
**Что было измерено?**

## Измерения

- Образцы мышц, взятые при вскрытии у 12 испытуемых, перенесших внезапную смерть, в возрасте 18-65 лет; композиции м.в. из 5 мышц, оцененных иммуногистохимией



## Что означает?

Каждая из тестируемых мышц обнаруживала различия в **типах м.в.** Тем не менее, для каждого испытуемого были установлены **взаимосвязи** между общими средними и одиночными типами мышечных волокон. То есть, некоторые индивиды показывают более быстрые мышцы, другие более медленные.

## Генетика и отзывчивость мышц на тренинг

Некоторое тестирование генотипа позволило определить, какие люди будут лучше реагировать на более тяжелые нагрузки и меньшее количество повторений, а какие - на более легкие нагрузки и большее количество повторений. Однако в настоящее время неясно, вызван ли этот эффект различиями в мышечных волокнах. Возможно, что эффект опосредован другими факторами.

## Цель исследования

Проверить метод прогнозирования потенциала развития взрывной силы и качества аэробной выносливости спортсменов, в ответ или на тяжелую или легкую нагрузки силового тренинга, применительно к панели из 15 генов полиморфизмов

Что было измерено?

## Измерения

- Высота прыжка, СМД тест  
- 3-минутный циклический тест  
- анализ генов из образцов слюны, с помощью алгоритма DNAFit Peak Performance, где 15 генов полиморфизмов, связанных с мощностью или выносливостью, были оценены с помощью нескольких точек (0, 1, 2, 3 или 4) в соответствии с ожидаемым эффектом по способности мощность/выносливость

Тренинг: 2 тренировки в неделю в течение 8 недель, используя либо тяжелую (10 сетов по 2 повторения), либо легкую (3 сета по 15-20 повторений) схему работы с нагрузкой, или согласованную, либо несогласованную с генотипом мощности или выносливости



## Что означает?

**Согласование** генотипа мощности с тренингом тяжелой нагрузкой и согласование генотипа выносливости с тренингом легкой нагрузки, привели к превосходным результатам по сравнению с неправильным сопоставлением одних и тех же генотипов с противоположными типами тренинга.

**Общий вывод:** силовые атлеты, как правило, демонстрируют большую долю мышечных волокон типа **IIA**, в то время как выносливые спортсмены имеют тенденцию “нести в себе” большую долю мышечных волокон **I** типа. Тренировки могут играть определенную роль в изменении/смещении типа волокна. Вероятно, существует большой генетический компонент, который определяет тот или иной тип волокна. Это может привести к смещению критериев отбора при проведении кросс-поперечных исследований для групп спортсменов.

Это мы рассмотрели некоторые исследования в отношении свойств мышечных волокон и генетических факторов, теперь давайте разберем...

## Мышечные группы и волокна. Где какие?

Процесс изменения пропорций м.в. или преобразования одного типа в другой с помощью тренинга, это возможный, но очень сложный и трудоемкий процесс. Поэтому для построения скульптурного тела очень важны изначально преобладающие м.в. отдельных мышц.

### Примечание:

Там, где мышца имеет тенденцию демонстрировать преобладание в отношении одного типа мышечных волокон, маловероятно, что она изменится, чтобы отобразить совершенно другой преобладающий тип волокна даже после обширной тренировки.



Следовательно, тренировка для максимального развития мышц, скорее всего, требует сосредоточения внимания на преобладающем мышечном волокне, который уже существует в данной мышце.

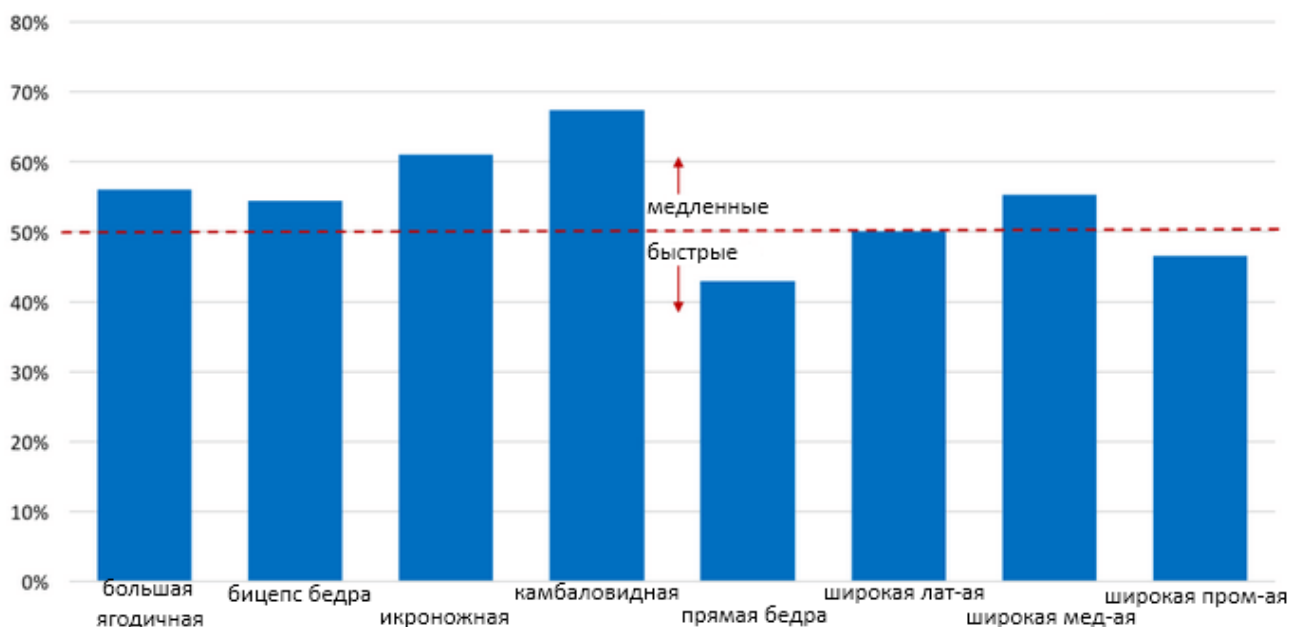
Рассмотрим каждую мышечную группу и выясним, какой тип волокон в ней преобладает. И начнем с...

## I. Мышечные волокна нижней части тела:

Низ это “ходяче-ходунковый” механизм тела, и в целом все мышечные группы ног демонстрируют тенденцию к увеличенной доле мышечных волокон типа I (по сравнению с мышцами верхней части тела). Среди всех мускульных единиц низа подошвенные сгибатели демонстрируют самую высокую долю мышечных волокон I типа, а разгибатели коленного сустава показывают самую низкую долю этих же волокон.

Исследователи собрали большую часть всех доступных в настоящее время данных и свели их в сборный график средних значений м.в. по каждой мышечной группе.

### СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ м.в. типа I НИЗА ТЕЛА НА ОСНОВАНИИ РЯДА ИССЛЕДОВАНИЙ



Дадим некоторые пояснения в отношении мышечных групп низа.

### №1. Разгибатели бедра (ягодицы и бицепс бедра)

Многочисленные исследования говорят о том, что в бицепсе бедра преобладают медленные (тип I) мышечные волокна. Вот некоторые результаты исследований, проведенных в разные года:

- 48% (Dahmane et al. 2005; 2006; Evangelidis et al. 2016);
- 50% (Pierrynowski & Morrison, 1985);
- 55% (Garrett et al. 1984);
- 67% (Johnson et al. 1973).

Что касается большой ягодичной мышцы (делающей весь объем жени), то волокна тип I в ней также имеют несколько явно выраженную тенденцию. Вот некоторые результаты исследований, проведенных в разные года:

- **52%** (Johnson et al. **1973**);
- **60%** (Sirca & Susec-Michieli **1980**).

## **№2. Подошвенные сгибатели и икры**

Мышечные волокна подошвенных сгибателей (камбаловидные мышцы) это на **80-95%** медленные волокна. В тоже время икроножные представляют собой микс из волокон типа **I** и типа **II** с тенденцией к увеличению доли мышечных волокон типа **I** в диапазоне от **50** до **76%**.

Различие в типе мышечных волокон камбаловидных и икроножных мышц представляет собой полезную возможность для программирования силовых тренировок голени (икроножные+камбаловидные мышцы вместе). Смешанный тип мышечных волокон (со склонностью к медленным) икр представляет собой двухкомпонентную (два сустава) мускулатуру, в то время как очень медленные волокна камбаловидных – однокомпонентную.

Присаживаясь для выполнения подошвенного сгибания, икроножные вступают в фазу недостаточной активности, весь фронт работ выполняют камбаловидные (больше рекрутированы). С другой стороны, при выполнении “стоячих” упражнений икроножные более активны. Таким образом, упражнения подошвенного сгибания могут принести наибольшую выгоду мышечным волокнам типа **I**.

## **№3. Разгибатели колена**

Прямая мышца бедра (rectus femoris) проявляет небольшую тенденцию к большей пропорции мышечных волокон типа **II**. При этом исследования сообщают о диапазоне от **30** до **50%** пропорции мышечного волокна **I** типа. С другой стороны, четырехглавая мышца бедра (квадрицепс, один сустав) проявляют небольшую тенденцию к мышечным волокнам типа **I**, при этом исследования сообщают о диапазоне между **44 - 64%** пропорции мышечного волокна **I** типа.

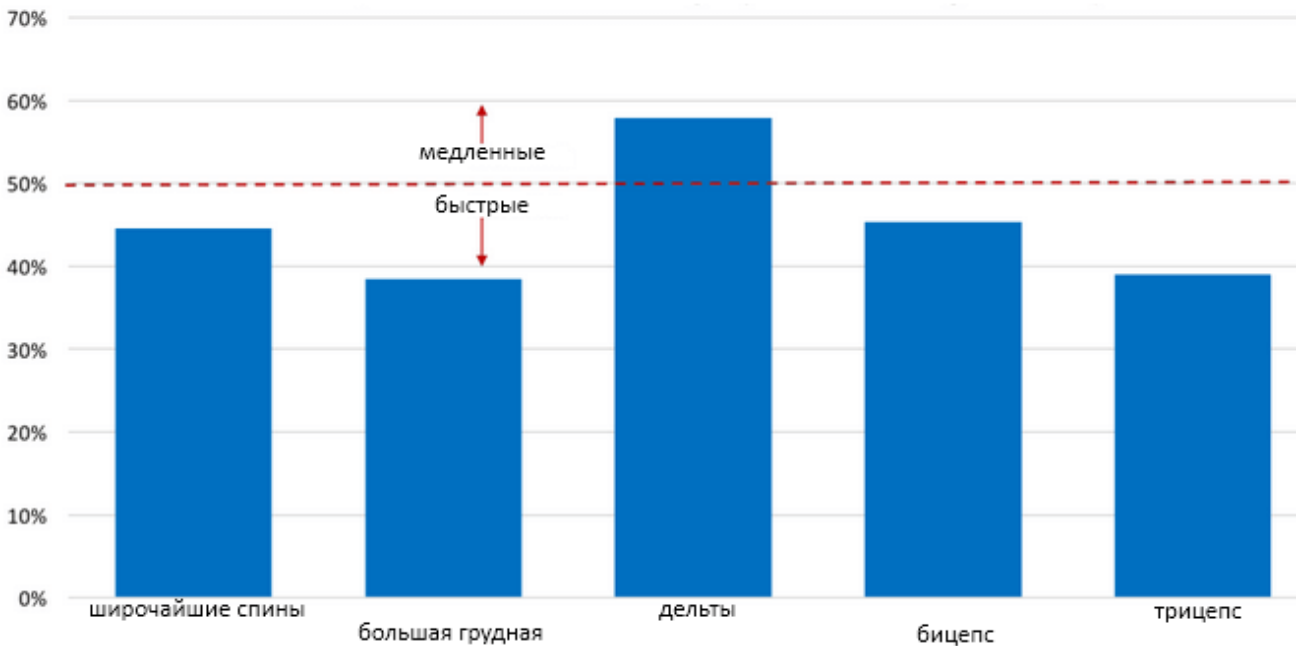
Поскольку прямая мышца бедра – это двухкомпонентная (два сустава) мускулатура, многосуставные упражнения на разгибание колена/сгибание бедра (например, [прямые выпады](#)) предпочтительно использовать (для проработки этой мышцы) с большим весом. В то время как односуставные упражнения на разгибание колена (например, [разгибания ног сидя в тренажере](#)) с более легким весом целесообразно использовать для проработки квадрицепса.

## **II. Мышечные волокна верхней части тела:**

В целом мышцы верхней части тела демонстрируют тенденцию к снижению доли мышечных волокон типа **I** по сравнению с м.в. низа тела.

Исследователи собрали большую часть всех доступных в настоящее время данных и свели их в сборный график средних значений м.в. по каждой мышечной группе.

## СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ м.в. типа I ВЕРХА ТЕЛА НА ОСНОВАНИИ РЯДА ИССЛЕДОВАНИЙ



Дадим некоторые пояснения в отношении мышечных групп верха.

### №1. Проксимальные мышцы

Плечи являются единственной группой мышц верхней части тела, которая проявляет тенденцию к увеличению доли мышечных волокон типа I. Грудные мышцы (*pectoralis major*) являются смешанными с быстрым подергиванием, тип II. Многочисленные исследования показали, что широчайшие мышцы спины практически идеально (в некоторых исследованиях - 50 на 50%) сбалансированы в отношении медленных и быстрых мышечных волокон.

#### Примечание:

Последнее, наиболее актуальное по дате, исследование (Paoli et al. 2015) с использованием новых методов дало результаты всего в 30% в отношении волокон типа I. Поэтому не исключено, что с совершенствованием методов в будущем может обнаружиться, что в широчайших заложена большая доля волокон быстрого подергивания.

### №2. Дистальные мышцы

Трицепсы и бицепсы являются смешанными с быстрым подергиванием тип. Причем у последних это соотношение стремится к показателю 50 на 50%.

Как мы видим, различные мышцы показывают различные пропорции типов мышечных волокон. Таким образом, тренировка для увеличения размера мышц может потребовать сосредоточения внимания на преобладающих типах мышечных волокон для каждой группы мышц. Нижняя часть тела имеет "медленную тенденцию" – преобладают медленные м.в., верхняя - быструю.

Общий вывод по тренировкам на низ/верх и количеству отдыха (на основании последней статьи - "Сколько восстанавливаются мышцы") сведен в таблицу.

НИЗ ТЕЛА	Мышечная группа	Преобладающий тип волокон	Схема тренинга
	ягодицы	медленные	меньше вес, повторения от 20
	квадрицепс		
	икроножные		
	камбаловидные		
	икроножные		
	прямая мышца бедра	быстрые	большой вес, повторения до 10
	широчайшие спины	быстрые	большой вес, повторения до 10
	грудные		
	бицепс		
	трицепс		
	дельты	медленные	меньше вес, повторения от 20
	пресс	быстрые/медленные	умеренный вес + повторения 15-30
Схема тренировок	ПОНЕДЕЛЬНИК - НИЗ, ЧЕТВЕРГ - ВЕРХ ИЛИ ВТОРНИК - ВЕРХ, ПЯТНИЦА - НИЗ		

Собственно, это мы рассмотрели только базовую, не тренировочную теорию - так сказать цветочки. И смотря на счетчик слов заметки, а он уже перевалил за **2200** слов, я понимаю, что за ягодками мы пойдем в другой раз. Как, потерпите до следующей пятницы? Молчание - знак согласия :) Значит, так и поступим.

## Послесловие

Теоретическое научное и детальное погружение в тему мышечных волокон – вот что сегодня у нас произошло. Такие заметки всегда тяжелы к усвоению, однако “выхлоп” от них очень высокий: Вы начнете много обдуманней подходить к формированию своих тренировочных схем, отдыху и, в конечном итоге, найдете самый короткий путь к воображаемым сейчас в голове формам. Ну, а коль это так, то наши работы стоят потраченных усилий!