

ли, что применяемый в спортивной практике форсированный метод тепловых процедур вызывает такие неприятные ощущения как слабость, головокружение, жажда, сонливость, снижение работоспособности.

## ВЫВОДЫ

1. Применение парной процедуры оказывает хороший эффект при сгонке веса и позволяет снизить массу тела до уровня весовой категории. Вместе с тем, многократное посещение парной оказывает серьёзное влияние на динамику сердечно-сосудистой системы, выражающееся в увеличении частоты сердечных сокращений от 65 уд./мин в начале банной процедуры до 152 уд./мин на 6-м заходе через 90 минут от её начала.

2. Субъективная оценка эффективности мероприятий при сгонке веса показала, что применяемый форсированный метод вызывает такие неприятные ощущения как слабость, головокружение, жажда, снижение работоспособности, сонливость.

3. Форсированный метод сгонки веса необходимо применять с учётом индивидуальных особенностей спортсмена, под контролем врачей, специалистов.

## Список литературы

1. Аракелян В.Б. Регулирование веса тела в процессе подготовки высококвалифицированных борцов к ответственным соревнованиям. - М., 2005.
2. Боголюбова В.М. (Россия), Матей М. (Чехия) Сауна.-М.: Медицина, 1999.
3. Геселевич В.А., Аракелян В.Б., Левченко Н.П. Методы сгонки веса у борцов - мастеров спорта // Спортивная борьба: Ежегодник. -М., 1989.
4. Дмитриев Р.М., Арацилов М.С. Особенности подготовки борцов, снижающих вес // Спортивная борьба: Ежегодник. -М., 1989.
5. Кафаров К.А. Гигиеническая оценка влияния некоторых восстановительных средств (сауна) на высококвалифицированных спортсменов. -М.: ГЦОЛИФК: Сборник научных трудов, 1986.
6. Лаптев А.П. Гигиена. -М.: ФиС, 1987.

**А.П. Исаев, Р.У. Гаттаров, А.А. Густомясов,  
С.А. Личагина**  
Южно-Уральский государственный университет

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И АСИММЕТРИЯ ВЕДУЩИХ МЫШЦ СПОРТСМЕНОВ В ПЕРИОД РАСЛАБЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ

В большинстве работ, посвящённых анализу проблемы моторных асимметрий, представлены данные тестирования верхних конечностей [1,5,14]. По мнению Е.П. Ильина, врождённой асимметрии ног в отношении силы мышц нет, она возникает в связи со спортивной специализацией. Аналогичной точки зрения придерживается и Г.И. Черняев, который, в частности, приводит данные, свидетельствующие о сравнительной независимости силы передней группы мышц голени от вида спортивной специализации. Заключение об отсутствии асимметрий по силовым и скоростно-силовым показателям нижних конечностей вытекает также из работы Т.П. Юшкевича [20], А.П. Шеина [18].

Цель настоящей работы состояла в проверке гипотезы о генетически предопределённом отсутствии билатеральных различий в структурно-функциональной организации одноимённых модулей сенсомоторного аппарата верхних и нижних конечностей. В задачи исследования входило получение количественных оценок асимметрий некоторых функциональных показателей мышц спортсменов различных видов спорта.

Среди учёных присутствуют различные точки зрения

в интерпретации данных ЭМГ. Наиболее чётко отработаны методики изменения скорости проведения по двигательным и сенсорным волокнам. Электромиография как метод диагностики изучает, прежде всего, электрическую активность периферического аппарата нервной системы и вследствие этого сегодня называется нейроэлектромиография (НЭМГ).

Каждый вид спорта представляет специфические требования к нервно-мышечной системе. Однако в спорте исследований НЭМГ проведено не столь много [3,9,10,4]. Ю.С. Юсевич [19] приводит данные для нормальной мышцы и отражает суммарную активность большого числа ДЕ при максимальном сокращении. Частота интерференционной кривой первого типа в норме около 50 Гц, амплитуда 1-2 мк В.

Второй тип ЭМГ характеризуется относительно редкой ритмической активностью, возникающей в покое. Этот тип имеет частоту 6-200 Гц, амплитуду 50-150 мк В, второй б тип – 21-50 Гц, 300-500 мк В.

Второй тип (б) свидетельствует о менее грубом поражении мотонейронов, и в начальных стадиях заболевания лучше выявляется при тонических пробах [12]. Страдание мотонейронов передних рогов спинного мозга и моторных ядер ствола головного мозга или поражение на уровне эфферентных проводящих путей приводит к «выпадению» ряда ДА, а в случае реиннервации – к укрупнению сохранных ДЕ.

Третий тип ЭМГ наблюдается при супрасегментарных процессах и включают в себя два подтипа: частые ритмические разряды при треморе и усилии активности покоя при экстрапирамидной ригидности – четвёртый тип ЭМГ характеризуется биоэлектрическим молчанием мышц при попытке произвольного сокращения.

Исследование проводилось на нейроэлектромиографе (НЭМГ) формы Нейро СОФТ. Обследовались спортсмены ряда видов спорта: кикбоксеры (n=11), волейболистки (n=23), ориентировщики (n=12), ориентировщицы (n=13). Фактические результаты исследований представлены нами в первом номере журнала «Теория и практика физической культуры» [8]. Приводим наиболее характерные ЭНМГ для волейболисток, кикбоксеров, ориентировщиц и ориентировщиков (рис. 1-4).

У кикбоксеров билатеральная асимметрия наблюдалась во всех нейроэлектромиографических составляющих в состоянии релаксации. В период напряжения мышцы значительно возросла асимметрия ключевых мышц в показателях максимальной асимметрии, суммарной амплитуды. В 10% всех компонентов НЭМГ отмечалось биологическое молчание в период расслабления левой стороны мышц и в 17,5% случаев – в правой части мышц тела. В период напряжения данный феномен не наблюдался. Биологическое молчание отмечались с левой стороны. Максимальная амплитуда левой стороны мышц в модельных значениях расслабления - напряжения увеличилась на 27,68%, а правая – на 1224,92%. Соответственно средняя амплитуда 30,85% и 303,97%. Суммарная амплитуда на 456,14% и 1451,92%. Средняя частота – на 286,48% и 2290%. Отношение амплитуды и частоты слева в период релаксации и напряжения имело прирост 7,64% и справа – снизилась на 50,71%. Следовательно, существенные билатеральные различия отмечались в максимальной амплитуде НЭМГ и отношениях амплитуды к частоте.

Протокол обследования

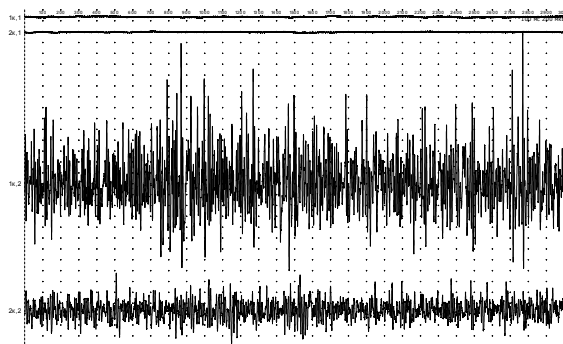
**Пациент:** Корочанцева Евгения Андреевна, 14 лет

**Дата:** 18.08.2005

Волейболистка

## 1. Поверхностная ЭМГ. Интерференционная кривая

1к: пр., Biceps brachii, Musculocutaneus, C5 C6  
2к: лев., Biceps brachii, Musculocutaneus, C5 C6

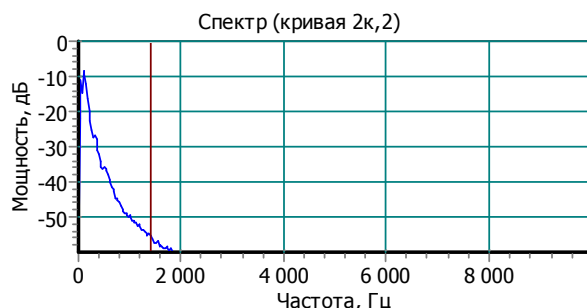
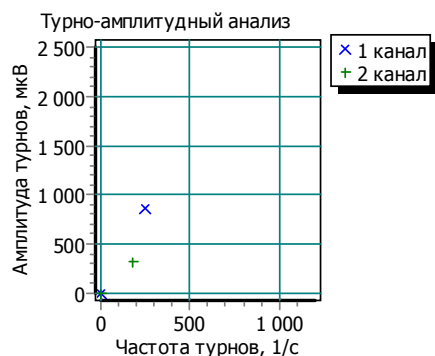


Турно-амплитудный анализ

| Кривая | Макс. ампл., мкВ | Сред. ампл., мкВ | Сум. ампл., мВ/с | Сред. част., 1/с | Ампл./част., мкВ*с |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1к,1   | 58,4             | 0                | 0                | 0                |                    |
| 2к,1   | 44               | 0                | 0                | 0                |                    |
| 1к,2   | 4368             | 858              | 215              | 250              | 3,43               |
| 2к,2   | 1308             | 333              | 60,4             | 182              | 1,83               |

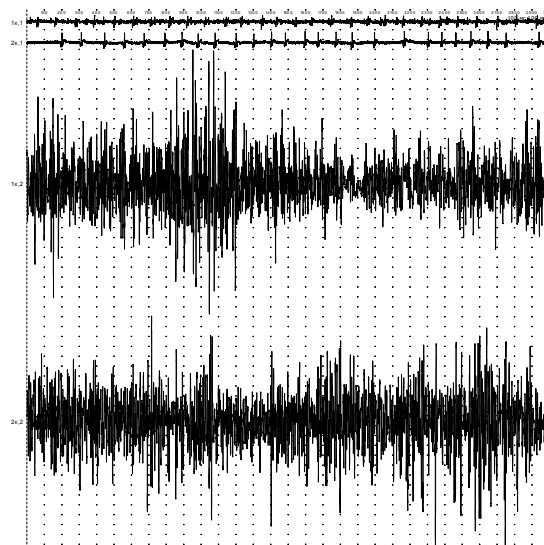
Кривая 2к,2

| Средняя част., Гц | Медиана част., Гц | Ср. кв. знач., мВ | Средн. знач., мВ | Мощность 1400 Гц, 1/млн |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| 87,7              | 82                | 0,16              | 0,12             | 2,91                    |



## 2. Поверхностная ЭМГ. Интерференционная кривая

1к: лев., Triceps brachii, Radialis, c6 C7 C8 T1  
2к: пр., Triceps brachii, Radialis, c6 C7 C8 T1



Турно-амплитудный анализ

| Кривая | Макс. ампл., мкВ | Средн. ампл., мкВ | Сум. ампл., мВ/с | Средн. част., 1/с | Ампл./част., мкВ*с |
|--------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1к,1   | 142              | 104               | 0,14             | 1,33              | 78,1               |
| 2к,1   | 185              | 143               | 1,24             | 8,67              | 16,5               |
| 1к,2   | 2666             | 417               | 150              | 360               | 1,16               |
| 2к,2   | 2332             | 479               | 153              | 319               | 1,5                |

Кривая 2к,2

| Средняя част., Гц | Медиана част., Гц | Ср. кв. знач., мВ | Средн. знач., мВ | Мощность 1400 Гц, 1/млн |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| 150               | 131               | 0,24              | 0,18             | 11,4                    |

Приведённые данные следует рассматривать как дальнейший поиск в разрешении столь важной проблемы. Представляется возможным считать, что векторные суждения базируются на фрагментарных данных, а не на интегративной оценке нейромоторных взаимоотношений как верхних, так и нижних конечностей. Можно предположить, что врожденная доминантность ведёт к оптимизации физиологических функций в меняющихся условиях внешней и внутренней среды организма. Однако эти морфофункциональные изменения сугубо индивидуальны и зависят от пороговых величин механизмов сокращения мышц и развития их сосудистого русла.

В модели настоящего исследования нами активизировались быстрые мышечные волокна с высоким порогом активации мотонейрона. Сами по себе спортивные мышечные воздействия не могут кардинально изменить число медленных и быстрых мышечных волокон в мышце. Расслабление и напряжение мышц вызывает изменение скоростей укорочения скелетных мышц согласно с уравнением А.Хилла [16]. Основной тезис, вытекающей из уравнения: чем больше ускорение мышцы, тем меньшую силу она развивает. Это связано с ростом концентрации ионов  $Ca^{2+}$  в саркоплазме. Основными причинами снижения силы мышцы при её ускорении является увеличение скорости отсоединения поперечных мостиков от

актина [13]. Это, в свою очередь, снижает средство ионов  $\text{Ca}^{2+}$  с местами связывания на тропонине С и высвобождает ионы  $\text{Ca}^{2+}$  из тропонина. В результате снижается активность тропонин-тропомиозинового комплекса и тропомиозина блокирует места связывания на активных филаментах для поперечных мостиков миозина. В результате снижается сила мышцы при сокращении.

Состояние нейроэлектрмиографических характеристик у ориентировщиков (1 разряд кмс) мышц левой и правой стороны тела в период релаксации свидетельствует о менее выраженной асимметрии по сравнению с кикбоккерами (кмс, мс, мсмк). При этом биологическое молчание с левой стороны мышц тела различных групп мышц пяти обследуемых компонентах составил 37,50%, а с правой – 35,99%. Следует отметить, что феномен биологического молчания наблюдался в одних и тех же мышцах. В период напряжения асимметрия проявлялась наиболее ярко в максимальной амплитуде, средней амплитуде ведущих мышц. Биологического молчания мышц при напряжении не отмечалось, а в период релаксации оно было в следующих мышцах: *Biceps brachii*, *Triceps brachii*, *Vastus medialis*, *Gluteus maximus* (левая) *Triceps brachii*, *Vastus medialis*, *Biceps femoris brevis*, *Gluteus maximus*. У мужчин ориентировщиков билатеральная симметрия в состоянии расслабления проявлялась в показателях максимальной амплитуды, средней амплитуды, суммарной амплитуды у средней частоты к отношениям амплитудных и частотных характеристик НЭМГ. При этом биологическое молчание наблюдалось в *Triceps brachii* и *Erector trunci* (spinal) мышц левой стороны тела (20%) и *Erector trunci* (spinal) правой стороны тела (10%).

Асимметрия в период напряжения ярко проявлялась при максимальной и средней амплитуде, средней частоте, суммарной амплитуде. Приоритетно выглядели мышцы, наиболее адекватные специфике соревновательной деятельности в избранном виде спорта. Анализ результатов балатериальных различий свидетельствует об их наличии в верхних и нижних конечностях. Ретроспективный анализ спортивной литературы свидетельствует о наличии генетически предопределённой «толковой ноги», «ударной руки», «ведущей руки». Различия наблюдаются в темповых и силовых характеристиках. Однако с ростом спортивного мастерства эти различия на уровне КМС и МС (19-21 год) сглаживаются, а в отдельных случаях выравниваются.

Сокращениями скелетных мышц управляет соматически нервная система, посредством которой регулируются не только рефлекторные мышечные реакции, но и произвольные сокращения мышц, необходимые для активного взаимодействия человека со средой [13]. Нервные центры головного и спинного мозга координируют активность соматической и вегетативной нервной системы и согласуют друг с другом их ответные реакции. Рассматривая скелетную мышечную систему, необходимо остановиться на уровнях организации системы регуляции:

- местная саморегуляция (поддержание физиологических констант);
- спинной, продолговатый мозг, железы внутренней секреции (мышечная деятельность активизирует систему организма);
- гипоталамус, лимбическая система, кора больших полушарий обеспечивают выработку критериев оценки функционального состояния, настройку режимов работы 1-го и 2-го уровней, гарантирующих изменение вегетативных функций и поведения организма с целью оптимизации его жизнедеятельности.

Существующие 3 уровня структурной организации системы регуляции допускают ряд типов управления:

- по возмущению, или адаптивная регуляция;
- по отклонению, или гомеостатическая регуляция;
- по упреждению, или опережающая регуляция.

При этом действуют механизмы отрицательной обратной связи, включаемые при рассогласовании имеющихся и должных параметров. Кроме этого, одним из свойств реактивности организма на различные раздражители является «правило исходного состояния» Вильдера. Деление механизмов регуляции жизнедеятельности на нервные и гуморальные условно, т.к. они не разделены. Например, гормоны (катехоламины) оказывают воздействие на мембранные процессы в скелетных мышцах ( $\text{Na/K}$  насос), сама же секреция гормонов управляется нервной системой. В процессе долговременной адаптации в спорте происходит формирование новых функциональных систем. Системообразующим фактором является потребность в конкретном результате приспособительной деятельности [2,15]. При этом параметры получаемого результата постоянно анализируются за счёт обратной афферентации.

Скелетная мышца, доведённая до утомления длительным возбуждением её моторного нерва, под влиянием дополнительного возбуждения симпатических волокон начинает вновь отвечать интенсивными сокращениями (феномен Орбели-Гинецинского). Возбуждение симпатических волокон не вызывает сокращения скелетной мышцы, но при утомлении мышцы повышает её возбудимость и ускоряет протекающие в ней биологические процессы, оказывая адаптационно-трофическое влияние.

Амплитудные характеристики НЭМГ в состоянии релаксации отражают динамику нервных и метаболических процессов и их регуляцию. В период максимального напряжения и утомления мышц возникают специфические сдвиги. Скелетные мышцы способны утилизировать аланин, аспартат, глутамат и аминокислоты с разветвлённой целью [6]. Результаты определения содержания инозин монофосфата и степени активации фосфорилизы показали, что ИМФ не может стимулировать активность фермента в такой степени, чтобы это было достаточно для обеспечения соответствующих скоростей гликолиза при интенсивных мышечных сокращениях [21,27]. Установлено, что тренировка значительно ослабляет симпатoadреналовые ответы организма на напряжённую физическую нагрузку.

В развитие потенциала действия мышечного волокна включают электрический, химический потенциал кольцевой пластинки. Иногда возникает пресинаптический нервно-мышечный блок вследствие возникновения на постсинаптической мембране комплекса «АХ – рецептора», который разрушается после каждого импульса ферментом ацетилхолинстеразой. При длительной высокочастотной импульсации мотонейрона АХ не успевает разрушаться и накапливаться в синаптической щели. Способность постсинаптической мембраны к генерации ПКП снижается и развивается частичный или полный блок [11]. Совокупность процессов, обуславливающих распространение потенциала действия вглубь мышечного волокна, выход ионов кальция из СГР, взаимодействие сократительных белков и укорочение мышечного волокна, называют «электрическими сопряжениями». Скелетные мышцы человека состоят из ДЕ трёх типов: медленные, неустойчивые; быстрые, устойчивые к утомлению; быстрые, легкоустойчивые.

Регуляция силы сокращения мышц ЦНС использует три механизма: результаты числа активных ДЕ, регуляцию частоты импульсации мотонейронов, синхронизацию активности ДЕ во времени. Доминантность полушария определяет постепенное адаптивное развитие (в онтогенезе) рабочей гипертрофии мышц контралатеральной руки, не связанное с увеличением числа функционирую-

щих ДЕ и количеством мышечных волокон, входящих в их состав. Предполагается также, что особенности постнатального морфогенеза иннервационного аппарата мышц и развития их сосудистого русла накладывают определенный отпечаток на латерализацию и функциональные характеристики, придавая им стохастический характер. Тем не менее, в каждом конкретном случае при попытках сопоставления контрактильных и активационных характеристик одноименных мышц левой и правой конечностей, эти различия, не связанные с доминантностью одного из мозговых полушарий, прослеживаются, что, в частности, может быть обусловлено предтестовой асимметрией уровня фоновой капилляризации одноименных мышц, и, соответственно, неравномерностью количества функционально активных мышечных волокон. Учитывая это обстоятельство, становится очевиден физиологический смысл т.н. «предстартовой разминки» спортсменов. Стохастичность моторных асимметрий у здоровых субъектов определяется также флуктуациями состояния центральных и периферических сенсомоторных структур, изменяющихся под влиянием различных эндогенных и экзогенных факторов, в совокупности формирующих текущее функциональное состояние двигательного аппарата в целом, и отдельных его элементов в частности [18].

Величина кровоснабжения сокращающихся мышц зависит от системы расширения мышечных сосудов, метаболических и физических факторов, механического препятствия кровотоку и размеров мышечных групп.

Нами выявлены существенные различия в состоянии НЭМГ у представителей скоростно-силовых видов спорта (кикбоксинг, волейбол) и циклического (ориентирование). Значительные различия амплитудных и частотных характеристик наблюдались как в период релаксации, так и напряжения мышц у представителей различных видов спорта.

#### Список литературы

- Аставацатуров М.И. О происхождении праворукости в функциональной асимметрии мозга // Научная медицина. - 1923. - №11. - С.76-90.
- Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. - М.: Медицина, 1975. - 157с.
- Высочин Ю.В. Активная миорелаксация и саморегуляция в спорте / Ю.В. Лукьянов: Монография. - СПб.: ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 1987. - 85с.
- Высочин Ю.В. Влияние сократительных и релаксационных характеристик мышц на рост квалификации спортсменов / Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко, В.А. Чувев и др. // Теория и практика физической культуры. - 2003. - №6. - С. 23-25.
- Гинсбург В.В. Об асимметрии конечностей человека // Природа. - 1947. - №8. - С.42-46.
- Грехем Терри. Метаболизм аминокислот скелетных мышц и образование аммиака при физических нагрузках / Терри Грехем, Джеймс Раш, Дейв Мак-Лин // Метаболизм в процессе физической деятельности / Под ред. М. Харгрисса. - Киев: Олимпийская литература, 1998. - С. 144 - 187.
- Ильин Е.П. О функциональной асимметрии ног // Материалы 8-й науч. конф. по вопр. морфологии, физиологии биохимии мышечной деятельности. - М.: Физкультура и спорт, 1964. - С. 98-99.
- Исаев А.П. Особенности сократительных и релаксационных характеристик мышц у спортсменов высоких квалификаций различных видов спорта / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров, С.А. Кабанов, Ю.Н. Романов // Теория и практика физической культуры. - 2006. - №1. - С. 28 - 33.
- Латаш М.Л. Синхронизация разрядов двигательных единиц при произвольном мышечном сокращении с одновременной мышечной вибрацией // Физиология человека. - 1994. - Т.20, №3. - С. 98 - 103.
- Лупандин Ю.В. Влияние поздних тонических рефлексов на активность дельтовидных мышц человека / Ю.В. Лупандин, А.Ю. Мейгал, О. Хянинен // Физиология человека. - 1995. - Т. 21, №3. - С. 75-80.
- Метаболизм в процессе физической деятельности / Под ред. М. Харгрисса. - М.: Олимпийская литература, 1998. - 285с.
- Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2003. - 264с.
- Нормальная физиология человека: Учебник для высших учебных заведений / Под ред. академика РАМН Б.И. Ткаченко. - 2-е изд. испр. и доп. - М.: ОАО «Изд-во «Медицина», 2005. - 928с.
- Смирнова В.Д. О проявлении функциональной асимметрии у школьников / В.Д. Смирнова, Т.Г. Горбачев // 13-й съезд Всесоюз. физиолог. общества им. А.П. Павлова. - Л.: Наука, 1979. - Т.2. - С. 296 - 297.
- Судаков К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: Курс лекций. М.: Медицина, 2000. - 784с.
- Хилл А. Механика мышечного сокращения. Старые и новые опыты. Пер. с англ. Ю.А. Шоронова; Под ред. и с предисл. акад. Г.М. Франка. - М.: Мир, 1972. - 175с.
- Черняев Г.И. Характеристика силы отдельных групп мышц у членов некоторых Олимпийских команд стран / Г.И. Черняев // Материалы 8-й науч. конф. по вопросам морфологии, физиологии и биохимии мышечной деятельности. - М.: Физкультура и спорт, 1964. - С. 280-281.
- Шейн А.П. Асимметрия некоторых биомеханических и биоэлектрических характеристик произвольной и вызванной активности мышц верхних и нижних конечностей у здоровых субъектов / А.П. Шейн, Г.А.Криворучко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». - Челябинск: ЮУрГУ, 2005. - №4 (23). - С. 37-46.
- Юсевич Ю.С. Электромиография в клинике нервных болезней. - М.: Медгиз, 1958. - 128с.
- Юшкевич Т.П. Скоростно-силовые характеристики различных мышечных групп // Теория и практика физической культуры. - 1978. - №5. - С. 34-35.
- Aragon J.J. Jna possible rollof IMP in the regulation of proshophorylase activity in skeletal muscle / J.J.Aragen. K.Tornheim, J.M. Lowenstein // FEBS Lett. - 1980. - 117 (Sup-pe). K.56-64.
- Bloom, S.R. Differences in the metabolic and hormonal responses to exercise between racing cyclists and untrained individuals / S.R. Bloom; R.H. Johnson; D.M., Park; et.al. // J. Physiol. - 1976. - Vol. 258. - P. 1-18.
- Finnerup N.B. Can medical audit change elctctromyographic practice? / N.B. Finnerup. B. Johnsen, A. Fuglsang-Frederiksen et. al. // Electroencephalogr Clin Neurophysiol. - 1998. - N 109(6). - P. 496-501.
- Hartley, L.H. Multiple hormonal responses to prolonged exercise in physical training / L.H., Hartley; J.W., Mason; R.P., Hogan; et.al. // J. Appl. Physiol. - 1972. - Vol. 33. - P. 607-610.
- Koivisto, V. Influence of physical training on the fuelhormone response to prolonged lowintensity exersercise / V.Koivisto, R. Yendles, Enadel et.al // Metabolism. - 1982. Vol.31. - P. 192-197.
- Mendenhall, L.A. Ten daus jf exercise training reduces glucose production and utilization during moderate - intensity exercise / L.A., Mendenhall; S.C., Swansen; D.U. Habash; et.al. // Amer. J.Physiol. - 1994. - Vol. 266 (Endocrinol. Metab. №29). - E. 136-143.
- Rahim Z.H.A. Metabolis adaptation in phosphorylase kinasedeficitncy. changes in metabolite concentrations during tetanic stimulation of mouse leg muscles. / Z.H.A. Rahim, D. Perrett, G. Lutay et. al. // Biochem. J. - 1980. - Vol. 186. - P. 331-341.